

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DUYGUSAL GÖRÜNTÜLERİN LÜMİNANS DÜZEYLERİNİN**  
**EEG ÜZERİNDEKİ ETKİSİ**

**DOKTORA TEZİ**

**Kübra EROĞLU**

**MART 2020**  
**TRABZON**



**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DUYGUSAL GÖRÜNTÜLERİN LÜMİNANS DÜZEYLERİNİN  
EEG ÜZERİNDEKİ ETKİSİ**

**Kübra EROĞLU**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde  
“DOKTOR (ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ)”  
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 10.02.2020  
Tezin Savunma Tarihi : 10.03.2020**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Temel KAYIKÇIOĞLU  
İkinci Danışman : Prof. Dr. Onur OSMAN**

**Trabzon 2020**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında**

**Kübra EROĞLU Tarafından Hazırlanan**

**DUYGUSAL GÖRÜNTÜLERİN LÜMİNANS DÜZEYLERİNİN  
EEG ÜZERİNDEKİ ETKİSİ**

**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 25/02/2020 gün ve 1844 sayılı  
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda  
DOKTORA TEZİ  
olarak kabul edilmiştir.**

**Jüri Üyeleri**

**Başkan : Prof. Dr. Osman EROĞUL**

**Üye : Prof. Dr. Temel KAYIKÇIOĞLU**

**Üye : Prof. Dr. Ali GANGAL**

**Üye : Prof. Dr. Cemal KÖSE**

**Üye : Prof. Dr. İnan GÜLER**

  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**Prof. Dr. Asim KADIOĞLU**

**Enstitü Müdürü**

## ÖNSÖZ

Bu doktora tez çalışması, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Elektronik Mühendisliği Bilim Dalı Doktora Programı'nda ve İstanbul Arel Üniversitesi Etik Kurulu'nun 10432314-200.00.00-18 sayılı izni ile onaylanmasından sonra hazırlanmıştır. Çalışma kapsamında, farklı duygusal içeriklere sahip görüntülerin görsel işlenmesi sırasında, görüntü lüminans düzeyinin beyin aktivitesi üzerindeki etkileri araştırıldı. Görsel işleme sırasında EEG kayıtlarında parlaklık etkisinin gözlemlendiği zaman pencereleri, frekans bantları ve elektrot noktaları, beyin aktivitesinin spektral güç dağılımları kullanılarak ortaya konuldu.

Tez çalışma sürecimde bilimsel bilgi ve desteğini esirgemeyen danışmanım Prof. Dr. Temel KAYIKÇIOĞLU'na ve tüm çalışma sürecim boyunca kıymetli vaktini ayırıp, fikir ve görüşleriyle bana yol gösteren, kendinden çok şey öğrendiğim değerli ikinci danışmanım Prof. Dr. Onur OSMAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

EEG kayıtlarının alınması ve deney düzeneğinin oluşturulmasındaki katkılarından ötürü kıymetli hocam Doç. Dr. Pınar KURT'a teşekkürü borç bilirim.

Doktora sürecim boyunca bana sabır gösteren, hayatım boyunca sevgi ve desteklerini hep hissettiğim, mevcudiyetleriyle yaşamımı anlamdıran başta annem, babam olmak üzere tüm kardeşlerime içtenlikle teşekkür ederim.

Bu tezin bundan sonraki çalışmalara ışık tutması temennisiyle.

Kübra EROĞLU  
Trabzon, 2020

## TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Doktora Tezi olarak sunduğum “Duygusal Görüntülerin Lüminans Düzeylerinin EEG Üzerindeki Etkisi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Temel KAYIKÇIOĞLU’nun sorumluluğunda tamamladığımı verileri/ örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/ analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/ yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

10/03/2020

Kübra EROĞLU

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET .....	IX
SUMMARY .....	X
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	XI
TABLolar DİZİNİ.....	XV
SEMBOLLER DİZİNİ .....	XVIII
1. GENEL BİLGİLER .....	1
1.1. Giriş .....	1
1.1.1. Problemin Tanımı ve Önemi.....	1
1.1.2. Literatür Araştırması.....	3
1.1.3. Araştırmanın Amacı.....	6
1.1.4. Araştırmanın Hipotezi.....	7
1.2. Temel Kavramlar .....	8
1.2.1. Sinir Hücresi .....	8
1.2.1.1. Sinir Hücresinin Yapısı.....	8
1.2.1.2. Sinir Hücreleri Arası İletim .....	9
1.2.2. Beyin .....	11
1.2.2.1. Beyin Lobları .....	13
1.2.2.2. Beyin Görüntüleme Teknikleri .....	15
1.2.3. Elektroensefalogram (EEG).....	15
1.2.3.1. EEG Elektrotlarının Yerleştirilmesi.....	16
1.2.3.2. EEG Frekans Bantları .....	18
1.2.3.3. Elektrofizyolojik Beyin İncelemeleri.....	19
1.2.3.3.1. Olay İlişkili Potansiyeller .....	20
1.2.3.3.2. Olay İlişkili Salınımlar.....	20
1.2.4. Duygu.....	21
1.2.4.1. Duygunun Boyutları .....	22
1.2.4.2. Duyum ve Algı.....	23
1.2.5. Görsel Sistem .....	24

1.2.5.1.	Gözün Anatomik Yapısı .....	24
1.2.5.2.	Görme Nasıl Gerçekleşir?.....	26
1.2.5.3.	Kortikal Görme Yolları.....	29
1.2.5.4.	Aşağıdan-Yukarı ve Yukarıdan-Aşağı Görsel Bilgi İşleme .....	30
1.2.5.5.	Kortikal Görmenin Hiyerarşik Yapısı.....	31
1.2.5.6.	Görsel Sistemle İlgili Kortikal Yanıtlar .....	32
1.2.5.7.	Görsel Sistem Uyarıları.....	33
1.2.5.7.1.	Uluslararası Duygusal Resim Sistemi (UDRS).....	34
1.2.5.8.	Görsel Uyarıların Fiziksel Özellikleri.....	35
1.2.5.8.1.	Lüminans .....	35
1.2.5.8.2.	Parlaklık .....	35
1.2.5.8.3.	Kontrast.....	36
1.2.5.8.4.	Uzamsal Frekans .....	37
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	38
2.1.	Materyal .....	38
2.1.1.	Katılımcılar .....	38
2.1.2.	Görsel Uyarılar.....	38
2.1.3.	DeneySEL Prosedür .....	41
2.1.4.	EEG Veri Kayıtlama .....	43
2.1.5.	Davranışsal Veri .....	44
2.2.	Yöntem.....	45
2.2.1.	Ön İşleme .....	45
2.2.1.1.	EEG Verilerinin Zaman Dilimlerine (Epok) Ayrıştırılması .....	45
2.2.1.2.	Normalizasyon .....	46
2.2.1.3.	Filtreleme .....	47
2.2.1.3.1.	Çentik Filtre .....	47
2.2.1.3.2.	Ortalama Filtre .....	47
2.2.2.	EEG Verilerinin Ön Analizi .....	48
2.2.2.1.	EEG Verilerinin Genlik-Zaman Analizi .....	48
2.2.2.1.1.	Parlaklık Etkisinin Gözlemlendiği Zaman Pencerelerinin Belirlenmesi .....	50
2.2.2.2.	EEG Verilerinin Frekans-Zaman Analizi .....	51
2.2.2.2.1.	Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü (KZFD) Yöntemi .....	51
2.2.2.2.1.1.	Sürekli Zamanlı Sinyal İçin KZFD.....	53
2.2.2.2.1.2.	Ayrık Zamanlı Sinyal İçin KZFD.....	53

2.2.3.	Öz Nitelik Çıkarma .....	58
2.2.3.1.	İstatistiksel Analiz İçin Öz Nitelik Çıkarma .....	59
2.2.3.2.	Sınıflandırma İçin Öz Nitelik Çıkarma .....	61
2.2.4.	İstatistiksel Analiz .....	64
2.2.4.1.	İstatistiksel Kavramlar .....	64
2.2.4.1.1.	İstatistiksel Hipotez ve Karar Verme .....	64
2.2.4.1.1.1.	Hipotez Kurma .....	65
2.2.4.1.1.2.	Anlamlılık Düzeyinin Belirlenmesi .....	66
2.2.4.1.1.3.	Dağılımının Belirlenmesi .....	67
2.2.4.1.1.4.	Test İstatistiğinin Kestirimi .....	68
2.2.4.1.1.5.	Karar ve Yorum .....	69
2.2.4.2.	İstatistiksel Test Yöntemleri .....	70
2.2.4.2.1.	t-Testi .....	70
2.2.4.2.2.	Bağımlı Gruplarda t-Test .....	70
2.2.4.2.3.	Bağımsız Gruplarda t-Test .....	71
2.2.4.2.4.	Tek Örneklem t-Test .....	72
2.2.4.2.5.	Varyans Analizi (ANOVA) .....	73
2.2.4.2.6.	Tek Yönlü ANOVA .....	74
2.2.4.2.7.	Tekrarlı Ölçümler ANOVA .....	76
2.2.4.2.8.	Post-Hoc Testleri .....	78
2.2.4.2.8.1.	Bonferroni Prosedürü .....	78
2.2.4.2.8.2.	Tukey Testi .....	79
2.2.5.	Sınıflandırma .....	79
2.2.5.1.	k-EYK Yakın Komşuluk (k-EYK) .....	79
2.2.5.2.	Destek Vektör Makinası (DVM) .....	80
2.2.5.3.	Kısmi En Küçük Kareler Regresyon (KEKKR) .....	82
2.2.5.4.	Sınıflandırmada Algoritmalarının Performans Değerlendirme Ölçütleri .....	83
2.2.5.4.1.	K-Katlı Çapraz Doğrulama .....	84
2.2.5.4.2.	Karmaşıklık Matrisi .....	84
2.3.	Veri Setlerinin Oluşturulması .....	85
2.3.1.	İstatistiksel Analizler İçin Veri Setlerinin Oluşturulması .....	85
2.3.2.	Sınıflandırma İçin Veri Setlerinin Oluşturulması .....	87
3.	BULGULAR .....	89
3.1.	İstatistiksel Analiz Bulguları .....	89



3.1.1.	Hoş Uyarılar İçin Elde Edilen Öz Niteliklerin İstatistiksel Analiz Bulguları .....	89
3.1.2.	Nahoş Uyarılar İçin Elde Edilen Öz Niteliklerin İstatistiksel Analiz Bulguları .....	92
3.1.3.	Nötr Uyarılar İçin Elde Edilen Öz Niteliklerin İstatistiksel Analiz Bulguları .....	94
3.2.	İstatistiksel Bulguların Kafatası Üzerindeki Topolojik Gösterimi .....	96
3.2.1.	Hoş Uyarılara Ait İstatistiksel Bulgular İçin Topolojik Gösterim .....	96
3.2.2.	Nahoş Uyarılara Ait İstatistiksel Bulgular İçin Topolojik Gösterim .....	97
3.2.3.	Nötr Uyarılara Ait İstatistiksel Bulgular İçin Topolojik Gösterim .....	99
3.3.	Davranışsal Verilerin Performans Değerlendirme Bulguları.....	100
3.4.	Sınıflandırma Bulguları .....	100
3.4.1.	k-EYK, DVM ve KEKKR Sınıflandırma Bulguları.....	101
3.4.2.	En iyi Bant ve Kanal Kombinasyonları Kullanılarak k-EYK, DVM ve KEKKR Sınıflandırma .....	103
3.4.3.	Oylama ile Sınıflandırma Bulgularının İyileştirilmesi .....	106
3.4.4.	En İyi Bant-Kanal Kombinasyonu Sonrası k-EYK, DVM, KEKKR ve Oylama Kullanılarak Elde Edilen Sınıflandırma Performans Değerlendirme Bulguları .....	106
4.	SONUÇLAR VE TARTIŞMA .....	129
5.	ÖNERİLER.....	135
6.	KAYNAKLAR .....	137
7.	EKLER.....	149
	ÖZGEÇMİŞ	

Doktora Tezi

ÖZET

DUYGUSAL GÖRÜNTÜLERİN LÜMİNANS DÜZEYLERİNİN EEG ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Kübra EROĞLU

Karadeniz Teknik Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı  
Danışman: Prof. Dr. Temel KAYIKÇIOĞLU  
2020, 148 Sayfa, 34 Sayfa Ek

Yapılan tez çalışmasının amacı, görsel uyaranların algısal özelliği olan parlaklığın bu uyaranların görsel işlenmesi sırasında oluşan beyin aktivitesi üzerindeki etkisinin incelemesidir. Çalışmada beyinin, görüntü parlaklığındaki değişikliklere verdiği tepki, farklı lüminans seviyelerine sahip (orijinal ve parlak), farklı duygusal görüntüler (hoş, hoş olmayan ve nötr) kullanılarak karşılaştırmalı olarak araştırıldı. Araştırma hem istatistiksel hem de sınıflandırma yöntemleri kullanılarak gerçekleştirildi. Çalışmada 31 sağlıklı katılımcının 14 farklı elektrot bölgesine ait elektroensefalografi (EEG) kayıtları kullanıldı. Kısa süreli Fourier dönüşümü ile EEG kayıtlarının güç spektrogramları elde edildi. Bu spektrogramlardan çıkarılan öz nitelikler, üç farklı duygusal içerik için orijinal ve parlak gruplar arasında istatistiksel yöntemlerle karşılaştırıldı. İstatistiksel analiz sonuçları, görsel uyaranların parlaklığının, frekansa, zamana, elektrot noktasına ve görüntünün içeriğine bağlı olarak beyin tepkilerinin gücünü değiştirdiğini ortaya koydu. Tüm bu işlemlerin ardından, hoş, nahış ve nötr görüntüler için orijinal ve parlak gruplardan elde edilen öz nitelikler iki grup arasında sınıflandırıldı. Sınıflandırma sonuçları, nötr, hoş ve nahış görüntülerin orijinal ve parlak versiyonları için elde edilen öz niteliklerin farklı sınıflandırma yöntemleri kullanılarak % 71-81 doğrulukla ayrıştırılabileceğini ortaya koydu. Elde edilen tüm sonuçlar, görsel uyaran parlaklığının, beyin korteksinde, aktivite gücündeki değişim ile temsil edilebileceğini ortaya koydu.

**Anahtar Kelimeler:** EEG, lüminans, parlaklık, UDRS, KZFD, görsel işleme, duygu.

PhD. Thesis

SUMMARY

THE EFFECT OF LUMINANCE LEVELS OF EMOTIONAL IMAGES ON EEG

Kübra EROĞLU

Karadeniz Technical University  
The Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Electrical-Electronics Engineering Graduate Program  
Supervisor: Prof. Dr. Temel KAYIKÇIOĞLU  
2020, 148 Pages, 34 Pages Appendix

The aim of the thesis study is to examine brightness effect, which is the perceptual property of visual stimuli, on the brain activity that occurs during the visual processing of these stimuli. In this study, responses of the brain to changes in brightness of image was investigated comparatively using different emotional images (pleasant, unpleasant and neutral) with different luminance levels (original and bright). The research was carried out using both statistical and classification methods. Electroencephalography (EEG) records of 14 different electrode regions of 31 healthy participants were used in this study. Power spectrograms of EEG recordings were obtained with short-time Fourier transform. The features extracted from these spectrograms were compared with statistical methods between the original and bright groups for three different emotional contents. Statistical findings revealed that the brightness of visual stimuli varies the power of brain responses depending on frequency, time, electrode point and image content. After all these processes, the features obtained from the original and bright groups for pleasant, unpleasant and neutral images were classified between the two groups. The classification results revealed that the features obtained for the original and bright versions of neutral, pleasant and unpleasant images can be separated by 71-81% accuracy using different classification methods. All results revealed that the brightness of the visual stimulus can be represented on the brain cortex by the change in power of activity.

**Key Words:** EEG, luminance, brightness, IAPS, STFT, visual processing, emotio.

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. Sinir hücresinin yapısı .....	9
Şekil 1.2. Sinir hücresinde dinlenme, depolarizasyon, repolarizasyon ve hiperpolarizasyon .....	11
Şekil 1.3. Beynin bölümleri.....	12
Şekil 1.4. Beyin lobları .....	13
Şekil 1.5. 10-20 elektrot sistemine göre elektrot yerleşimi, <b>a)</b> elektrot yerleştirilmiş kafanın soldan görünümü, <b>b)</b> elektrot yerleştirilmiş kafanın üstten görünümü, <b>c)</b> elektrot noktalarının genel görünümü .....	17
Şekil 1.6. a) Bipolar elektrot bağlantısı, b) unipolar elektrot bağlantısı.....	18
Şekil 1.7. Duygunun boyutsal düzlemde (valans-uyarılma) ifade edilmesi .....	22
Şekil 1.8. Manikin Kendini-Değerlendirme Ölçeği (Self-Assessment Manikin/ SAM).....	23
Şekil 1.9. İnsan gözündeki temel yapılar.....	25
Şekil 1.10. a) Görüntüsünün retina da odaklanması, b) Foto-reseptörlerin yakın görüntüsü .....	27
Şekil 1.11. a) Görsel sistemde görme işleminin gerçekleştiği birincil görsel yolun üç ana bölgesinin (LGN, optik sinir ve görsel korteks) yandan görünümü, b) retinadan bazı sinir liflerinin, optik kiazmada beynin karşı tarafına nasıl geçtiğini gösteren beynin altından görünümü.....	29
Şekil 1.12. Görsel algının hiyerarşik çerçevesi .....	32
Şekil 1.13. OİP yanıt örnekleri .....	33
Şekil 1.14. Farklı kontrast ve uzamsal frekans seviyelerine sahip ızgara uyarıcı örnekleri. Izgara uyarıcı örnekleri arasında soldan sağa doğru uzamsal frekans artmakta, yukarıdan aşağıya doğru ise kontrast azalmaktadır .....	36
Şekil 2.1. Delta OHM HD 2302.0 lüminans ölçer .....	39
Şekil 2.2. UDRS görüntülerinin orijinal ve parlak versiyonları; a) sırasıyla orijinal hoş, orijinal nötr ve orijinal nahoş görüntü örnekleri; b) sırasıyla parlak hoş, parlak nötr ve parlak nahoş görüntü örnekleri.....	41
Şekil 2.3. Deneysel prosedürün gerçekleştirildiği laboratuvar ortamı. a) Faraday kafesi ile izole edilmiş deney odası, b) deney odasının içi, c) teknik gereçler. ....	42
Şekil 2.4. Deneysel prosedür .....	43
Şekil 2.5. Easycap kep sisteminde elektrotların yerleşimi .....	44
Şekil 2.6. EEG veri analizi blok diyagramı .....	45

Şekil 2.7.	EEG işaretlerinin 1500 ms uzunluğundaki epoklara ayrıştırılması.....	46
Şekil 2.8.	a) Ham EEG sinyali, b) Normalize edilmiş EEG sinyali .....	47
Şekil 2.9.	a) ORIJİNAL <sub>hoş</sub> , ORIJİNAL <sub>nahoš</sub> ve ORIJİNAL <sub>nötr</sub> veri grupları için 14 kanala ait ortalama genlik grafikleri, b) PARLAK <sub>hoş</sub> , PARLAK <sub>nahoš</sub> ve PARLAK <sub>nötr</sub> veri grupları için 14 kanala ait ortalama genlik grafikleri .....	49
Şekil 2.10.	14 kanal için orijinal ve parlak veri grupları arasındaki ortalama güç farkı; a) Hoş görsel uyaranlar için orijinal ve parlak gruplar arasındaki ortalama güç farkı, b) Nahoš görsel uyaranlar için orijinal ve parlak gruplar arasındaki ortalama güç farkı, c) Nötr görsel uyaranlar için orijinal ve parlak gruplar arasındaki ortalama güç farkı. ....	50
Şekil 2.11.	Nötr görsel uyaranlar için orijinal ve parlak gruplara ait epok ortalamalarının güç spektrogramları arasındaki fark (14 kanal için ayrı ayrı) .....	55
Şekil 2.12.	Nahoš görsel uyaranlar için orijinal ve parlak gruplara ait epok ortalamalarının güç spektrogramları arasındaki fark (14 kanal için ayrı ayrı) .....	56
Şekil 2.13.	Hoş görsel uyaranlar için orijinal ve parlak gruplara ait ortalama EEG güç spektrogramları arasındaki fark (14 kanal için ayrı ayrı) .....	57
Şekil 2.14.	Öz nitelik çıkarma akış şeması.....	59
Şekil 2.15.	a) Tek yönlü sağ kuyruk testi için red bölgesi; b) Tek yönlü sol kuyruk testi için red bölgesi; c) Çift yönlü testi için red bölgesi. ....	66
Şekil 2.16.	Standart normal eğri (0.05 kritik bölge ve 0.95 kabul bölgesi için).....	67
Şekil 2.17.	Tekrarlı Ölçümler ANOVA için varyans dağılımı.....	76
Şekil 2.18.	Doğrusal SVM.....	80
Şekil 3.1.	Hoş içerikli görsel uyaranların kullanıldığı deney koşulları için T <sub>1</sub> , T <sub>2</sub> , T <sub>3</sub> , T <sub>4</sub> , T <sub>5</sub> ve T <sub>6</sub> zaman aralıklarının her birinde delta, teta, alfa, beta ve gama frekans bantlarında parlaklık etkisinin gözlemlendiği elektrot noktaları .....	97
Şekil 3.2.	Nahoš içerikli görsel uyaranların kullanıldığı deney koşulları için T <sub>1</sub> , T <sub>2</sub> , T <sub>3</sub> , T <sub>4</sub> , T <sub>5</sub> ve T <sub>6</sub> zaman aralıklarının her birinde delta, teta, alfa, beta ve gama frekans bantlarında parlaklık etkisinin gözlemlendiği elektrot noktaları .....	98
Şekil 3.3.	Nötr içerikli görsel uyaranların kullanıldığı deney koşulları için T <sub>1</sub> , T <sub>2</sub> , T <sub>3</sub> , T <sub>4</sub> , T <sub>5</sub> ve T <sub>6</sub> zaman aralıklarının her birinde delta, teta, alfa, beta ve gama frekans bantlarında parlaklık etkisinin gözlemlendiği elektrot noktaları .....	99
Şekil 3.4.	Sınıflandırma sürecindeki işlem basamakları .....	101
Şekil 3.5.	Nahoš deneysel koşullarına ait, 100-200 ms zaman penceresinde en iyi bant-kanal kombinasyonları için k-eyk, dvm ve kekkr test sınıflandırma doğruluk değerleri % 70 ve üzerinde olan kombinasyonlar .....	113

Şekil 3.6.	Nahoş deneysel koşullarına ait, 300-400 ms zaman penceresinde en iyi bant-kanal kombinasyonları için k-eyk, dvm ve kekkr test sınıflandırma doğruluk değerleri % 70 ve üzerinde olan kombinasyonlar .....	113
Şekil 3.7.	Nahoş deneysel koşullarına ait, 500-600 ms zaman penceresinde en iyi bant-kanal kombinasyonları için k-eyk, dvm ve kekkr test sınıflandırma doğruluk değerleri % 70 ve üzerinde olan kombinasyonlar .....	114
Şekil 3.8.	Hoş deneysel koşullarına ait, 100-200 ms zaman penceresinde en iyi bant-kanal kombinasyonları için k-eyk, dvm ve kekkr test sınıflandırma doğruluk değerleri % 70 ve üzerinde olan kombinasyonlar .....	114
Şekil 3.9.	Nahoş koşullar için, 100-200 ms zaman penceresine ait en iyi bant-kanal kombinasyonlarına ait öz niteliklerin oylama prosedürü ile sınıflandırılması sonucunda doğruluk değerleri % 70 ve üzerinde olan kombinasyonlar .....	116
Şekil 3.10.	Nahoş koşullar için, 300-400 ms zaman penceresine ait en iyi bant-kanal kombinasyonlarına ait öz niteliklerin oylama prosedürü ile sınıflandırılması sonucunda doğruluk değerleri % 70 ve üzerinde olan kombinasyonlar .....	116
Şekil 3.11.	Nötr koşullar için, 400-500 ms zaman penceresine ait en iyi bant-kanal kombinasyonlarına ait öz niteliklerin oylama prosedürü ile sınıflandırılması sonucunda doğruluk değerleri % 70 ve üzerinde olan kombinasyonlar .....	117
Şekil 3.12.	Hoş koşullar için, 100-200 ms zaman penceresine ait en iyi bant-kanal kombinasyonlarına ait öz niteliklerin oylama prosedürü ile sınıflandırılması sonucunda doğruluk değerleri % 70 ve üzerinde olan kombinasyonlar .....	117
Şekil 3.13.	Nahoş deneysel koşullar için (100-200 ms, F <sub>3</sub> / C <sub>3</sub> -Alfa/ Delta/ Teta, kekkr, % 81) oluşturulan 1x6 boyutlu öz nitelik vektörlerindeki 1. Sütun ile 2. Sütun elemanlarına ait saçılım grafiği .....	121
Şekil 3.14.	Nahoş deneysel koşullar için (100-200 ms, F <sub>3</sub> / C <sub>3</sub> -Alfa/ Delta/ Teta, kekkr, % 81) oluşturulan 1x6 boyutlu öz nitelik vektörlerindeki 1. Sütun ile 3. Sütun elemanlarına ait saçılım grafiği .....	121
Şekil 3.15.	Nahoş deneysel koşullar için (100-200 ms, F <sub>3</sub> / C <sub>3</sub> -Alfa/ Delta/ Teta, kekkr, % 81) oluşturulan 1x6 boyutlu öz nitelik vektörlerindeki 1. Sütun ile 4. Sütun elemanlarına ait saçılım grafiği .....	122
Şekil 3.16.	Nahoş deneysel koşullar için (100-200 ms, F <sub>3</sub> / C <sub>3</sub> -Alfa/ Delta/ Teta, kekkr, % 81) oluşturulan 1x6 boyutlu öz nitelik vektörlerindeki 1. Sütun ile 5. Sütun elemanlarına ait saçılım grafiği .....	122
Şekil 3.17.	Nahoş deneysel koşullar için (100-200 ms, F <sub>3</sub> / C <sub>3</sub> -Alfa/ Delta/ Teta, kekkr, % 81) oluşturulan 1x6 boyutlu öz nitelik vektörlerindeki 1. Sütun ile 6. Sütun elemanlarına ait saçılım grafiği .....	123

Şekil 3.18.	Nahoş deneysel koşullar için (100-200 ms, $F_3/ C_3$ -Alfa/ Delta/ Teta, kekkr, % 81) oluşturulan 1x6 boyutlu öz nitelik vektörlerindeki 2. Sütun ile 3. Sütun elemanlarına ait saçılım grafiği .....	123
Şekil 3.19.	Nahoş deneysel koşullar için (100-200 ms, $F_3/ C_3$ -Alfa/ Delta/ Teta, kekkr, % 81) oluşturulan 1x6 boyutlu öz nitelik vektörlerindeki 2. Sütun ile 4. Sütun elemanlarına ait saçılım grafiği. ....	124
Şekil 3.20.	Nahoş deneysel koşullar için (100-200 ms, $F_3/ C_3$ -Alfa/ Delta/ Teta, kekkr, % 81) oluşturulan 1x6 boyutlu öz nitelik vektörlerindeki 2. Sütun ile 5. Sütun elemanlarına ait saçılım grafiği .....	124
Şekil 3.21.	Nahoş deneysel koşullar için (100-200 ms, $F_3/ C_3$ -Alfa/ Delta/ Teta, kekkr, % 81) oluşturulan 1x6 boyutlu öz nitelik vektörlerindeki 2. Sütun ile 6. Sütun elemanlarına ait saçılım grafiği .....	125
Şekil 3.22.	Nahoş deneysel koşullar için (100-200 ms, $F_3/ C_3$ -Alfa/ Delta/ Teta, kekkr, % 81) oluşturulan 1x6 boyutlu öz nitelik vektörlerindeki 3. Sütun ile 4. Sütun elemanlarına ait saçılım grafiği .....	125
Şekil 3.23.	Nahoş deneysel koşullar için (100-200 ms, $F_3/ C_3$ -Alfa/ Delta/ Teta, kekkr, % 81) oluşturulan 1x6 boyutlu öz nitelik vektörlerindeki 3. Sütun ile 5. Sütun elemanlarına ait saçılım grafiği .....	126
Şekil 3.24.	Nahoş deneysel koşullar için (100-200 ms, $F_3/ C_3$ -Alfa/ Delta/ Teta, kekkr, % 81) oluşturulan 1x6 boyutlu öz nitelik vektörlerindeki 3. Sütun ile 6. Sütun elemanlarına ait saçılım grafiği .....	126
Şekil 3.25.	Nahoş deneysel koşullar için (100-200 ms, $F_3/ C_3$ -Alfa/ Delta/ Teta, kekkr, % 81) oluşturulan 1x6 boyutlu öz nitelik vektörlerindeki 4. Sütun ile 5. Sütun elemanlarına ait saçılım grafiği. ....	127
Şekil 3.26.	Nahoş deneysel koşullar için (100-200 ms, $F_3/ C_3$ -Alfa/ Delta/ Teta, kekkr, % 81) oluşturulan 1x6 boyutlu öz nitelik vektörlerindeki 4. Sütun ile 6. Sütun elemanlarına ait saçılım grafiği .....	127
Şekil 3.27.	Nahoş deneysel koşullar için (100-200 ms, $F_3/ C_3$ -Alfa/ Delta/ Teta, kekkr, % 81) oluşturulan 1x6 boyutlu öz nitelik vektörlerindeki 5. Sütun ile 6. Sütun elemanlarına ait saçılım grafiği .....	128

## TABLolar DİZİNİ

### Sayfa No

Tablo 2.1.	UDRS veri tabanından elde edilen hoş, nahoş ve nötr görüntülerin kod numaraları ile bu görüntülerin orijinal ve parlak versiyonlarına ait lüminans değerleri .....	40
Tablo 2.2.	İstatistiksel analiz için oluşturulan öz nitelik kümelerinin her biri için ( $P_{ORIJINALhoş}$ , $P_{ORIJINALnahos}$ , $P_{ORIJINALnötr}$ , $P_{PARLAKhoş}$ , $P_{PARLAKnahos}$ , $P_{PARLAKnötr}$ ), 5 frekans bandında, 6 zaman aralığı için elde edilen (31x14) boyutlu 30 adet öz nitelik matrisi .....	61
Tablo 2.3.	Sınıflandırma için oluşturulan öz nitelik kümelerinin her birinde ( $BP_{ORIJINALhoş}$ , $BP_{ORIJINALnahos}$ , $BP_{ORIJINALnötr}$ , $BP_{PARLAKhoş}$ , $BP_{PARLAKnahos}$ , $BP_{PARLAKnötr}$ ) bulunan, 5 frekans bandında, 6 zaman aralığı için oluşturulmuş 30 adet öz nitelik matrisinin veri gruplarının türlerine göre değişen boyutları.....	63
Tablo 2.4.	Hipotez testi sonuçları .....	67
Tablo 2.5.	Tek örneklem ANOVA tablosu.....	75
Tablo 2.6.	Karmaşıklık matrisi .....	84
Tablo 2.7.	Tekrarlı ölçümler ANOVA testinde grup ortalamaları karşılaştırılırken, grupların birleşik etkilerini incelemek için çeşitli bağımsız değişkenlerden oluşan faktöriyel tasarımların özeti .....	86
Tablo 2.8.	Her üç sınıflandırma yöntemi için kullanılacak eğitim ve test veri kümelerinin boyutları .....	88
Tablo 3.1.	Tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, hoş görsel uyaran koşullarında elde edilen öz nitelikler için <i>lokasyon * durum</i> etkileşiminde istatistiksel anlamlılıkta ( $p\text{-değer} < 0.05$ ) farklılıkların gözlemlendiği zaman pencereleri ve frekans bantları .....	90
Tablo 3.2.	Bağımsız t-test sonuçlarına göre, hoş uyaran deneysel koşulları için, öz nitelik olarak elde edilen ortalama logaritmik güç değerlerinde orijinal ve teta, alfa, beta and gama) ve elektrot noktaları .....	91
Tablo 3.3.	Tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, nahoş görsel uyaran koşullarında elde edilen öz nitelikler için <i>lokasyon * durum</i> etkileşiminde istatistiksel anlamlılıkta ( $p\text{-değer} < 0.05$ ) farklılıkların gözlemlendiği zaman pencereleri ve frekans bantları .....	92
Tablo 3.4.	Bağımsız t-test sonuçlarına göre, nahoş uyaran koşulları için, öz nitelik olarak elde edilen ortalama logaritmik güç değerlerinde orijinal ve parlak gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların gözlemlendiği zaman pencereleri ( $T_1, T_2, T_3, T_4, T_5$ ve $T_6$ ), frekans bantları (delta, teta, alfa, beta and gama) ve elektrot bölgeleri.....	93
Tablo 3.5.	Tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, nötr görsel uyaran koşullarında elde edilen öz nitelikler için <i>lokasyon * durum</i>	



	etkileşiminde istatistiksel anlamlılıkta ( $p$ -değer < 0.05) farklılıkların gözlemlendiği zaman pencereleri ve frekans bantları .....	94
Tablo 3.6.	Bağımsız t-test sonuçlarına göre, nötr uyaran koşulları için, öz nitelik olarak elde edilen ortalama logaritmik güç değerlerinde orijinal ve parlak gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların gözlemlendiği zaman pencereleri (T <sub>1</sub> , T <sub>2</sub> , T <sub>3</sub> , T <sub>4</sub> , T <sub>5</sub> ve T <sub>6</sub> ), frekans bantları (delta, teta, alfa, beta ve gama) ve elektrot bölgeleri .....	95
Tablo 3.7.	Hoş, nahoş ve nötr görüntülerin orijinal ve parlak versiyonları arasındaki değerlik ve uyarılma skorlarının istatistiksel olarak değerlendirilme bulguları .....	100
Tablo 3.8.	k-EYK, DVM ve KEKKR yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilen sınıflandırmada, altı zaman penceresindeki tüm frekans bantları için sınıflandırma doğruluğu % 65'in üzerinde olan kanallar .....	103
Tablo 3.9.	Farklı zaman pencereleri için en iyi bant ve kanal kombinasyonları .....	105
Tablo 3.10.	Oylama prosedüründe kullanılan kritere göre olası durumlar sonucu tahmin edilen etiketler .....	106
Tablo 3.11.	Nötr, nahoş ve hoş görsel uyaran koşullarına ait, en iyi bant-kanal kombinasyonları kullanılarak, 100-200 ms zaman penceresi için, k-eyk, dvm, kekkkr ve oylama sonrası elde edilen sınıflandırıcı performans değerlendirme bulguları .....	107
Tablo 3.12.	Nötr, nahoş ve hoş görsel uyaran koşullarına ait, en iyi bant-kanal kombinasyonları kullanılarak, 100-200 ms zaman penceresi için, k-eyk, dvm, kekkkr ve oylama sonrası elde edilen sınıflandırıcı performans değerlendirme bulguları devamı .....	108
Tablo 3.13.	Nötr, nahoş ve hoş görsel uyaran koşullarına ait, en iyi bant-kanal kombinasyonları kullanılarak, 200-300 ms zaman penceresi için, k-eyk, dvm, kekkkr ve oylama sonrası elde edilen sınıflandırıcı performans değerlendirme bulguları .....	109
Tablo 3.14.	Nötr, nahoş ve hoş görsel uyaran koşullarına ait, en iyi bant-kanal kombinasyonları kullanılarak, 300-400 ms zaman penceresi için, k-eyk, dvm, kekkkr ve oylama sonrası elde edilen sınıflandırıcı performans değerlendirme bulguları .....	109
Tablo 3.15.	Nötr, nahoş ve hoş görsel uyaran koşullarına ait, en iyi bant-kanal kombinasyonları kullanılarak, 300-400 ms zaman penceresi için, k-eyk, dvm, kekkkr ve oylama sonrası elde edilen sınıflandırıcı performans değerlendirme bulguları devamı .....	110
Tablo 3.16.	Nötr, nahoş ve hoş görsel uyaran koşullarına ait, en iyi bant-kanal kombinasyonları kullanılarak, 400-500 ms zaman penceresi için, k-eyk, dvm, kekkkr ve oylama sonrası elde edilen sınıflandırıcı performans değerlendirme bulguları .....	111
Tablo 3.17.	Nötr, nahoş ve hoş görsel uyaran koşullarına ait, en iyi bant-kanal kombinasyonları kullanılarak, 500-600 ms zaman penceresi için, k-eyk, dvm, kekkkr ve oylama sonrası elde edilen sınıflandırıcı performans değerlendirme bulguları .....	112

- Tablo 3.18. En iyi bant-kanal kombinasyonlarından elde edilen öz nitelikler kullanılarak gerçekleştirilen, k-EYK, DVM, KEKKR ve oylama sınıflandırma sonuçlarına göre; nötr, naHoş ve Hoş koşullarda, farklı zaman aralıklarının her biri için, en yüksek sınıflandırma doğruluğunun ortaya çıktığı sınıflandırıcı ve optimum bant-kanal kombinasyonları ..... 119
- Tablo 3.19. En iyi bant-kanal kombinasyonlarından elde edilen öz nitelikler kullanılarak gerçekleştirilen sınıflandırma sonuçlarına göre, naHoş deneysel koşullarda en yüksek sınıflandırma doğruluğunu (% 81) veren kekkr sınıflandırıcı için karmaşıklık matrisi. .... 119
- Tablo 3.20. En iyi bant-kanal kombinasyonlarından elde edilen öz nitelikler kullanılarak gerçekleştirilen sınıflandırma sonuçlarına göre, Hoş deneysel koşullarda en yüksek sınıflandırma doğruluğunu (% 77.08) veren oylama sınıflandırma seçeneği için karmaşıklık matrisi ..... 120
- Tablo 3.21. En iyi bant-kanal kombinasyonlarından elde edilen öz nitelikler kullanılarak gerçekleştirilen sınıflandırma sonuçlarına göre, nötr deneysel koşullarda en yüksek sınıflandırma doğruluğunu (% 74.19) veren kekkr sınıflandırıcı için karmaşıklık matrisi ..... 120

## SEMBOLLER DİZİNİ

<b><math>\mu</math>V</b>	: Mikro volt
<b>A/D</b>	: Analog/dijital
<b>BT</b>	: Bilgisayarlı tomografi
<b>BDI</b>	: Beck Depresyon Envanteri (Beck Depression Inventory)
<b>BAI</b>	: Beck Anksiyete Envanteri (Beck Anxiety Inventory)
<b>dB</b>	: Desibel
<b>cd</b>	: kandela (candela)
<b>EEG</b>	: Elektroensefalogram
<b>fMRI</b>	: Fonksiyonel manyetik rezonans görüntüleme
<b>GAP</b>	: Çenova duygusal resim veritabanı/ The Geneva Affective Picture Database
<b>Hz</b>	: Hertz
<b>K<sup>+</sup></b>	: Potasyum iyonu
<b>KS</b>	: Kontrast seviyesi
<b>LGN</b>	: Lateralgenükleus
<b>mm</b>	: Mili metre
<b>MR</b>	: Manyetik rezonans
<b>ms</b>	: Mili saniye
<b>mV</b>	: Mili volt
<b>Na<sup>+</sup></b>	: Sodyum iyonu
<b>NAPS</b>	: Nencki duygusal resim sistemi/ The Nencki Affective Picture System
<b><math>\Theta</math></b>	: Teta
<b>OİP</b>	: Olay ilişkili potansiyel
<b>OİS</b>	: Olay ilişkili salınım
<b>PET</b>	: Pozitron emisyon tomografi
<b>SAM</b>	: Manikin kendini değerlendirme ölçeği (Self assesment Manikin)
<b>UDRS</b>	: Uluslararası duygusal resim sistemi
<b>Valans</b>	: Duygusal değerlendirme
<b>VEP</b>	: Görsel uyarılmış potansiyel (visula evoked potential)
<b>A</b>	: Alfa
<b>B</b>	: Beta
<b><math>\delta</math></b>	: Delta

$\Upsilon$	: Gama
$D$	: Önceki ve sonraki durum örneklerinin farkı
$S_{fark}$	: Farkların sapması
$S_H$	: Farkların standart hatası
$n$	: Örneklem büyüklüğü
$\bar{X}_1 - \bar{X}_2$	: Grup ortalamaları arasındaki fark
$S_{ortak}^2$	: Örneklem varyanslarının ağırlıklı ortalaması
$S_{(X_1-X_2)}$	: Grup ortalamaları arasındaki farkın standart hatası
$n_1$	: Grup örneklem büyüğü
$n_2$	: Grup örneklem büyüğü
$S_1$	: Örneklem standart sapması
$S_2$	: Örneklem standart sapması
$\bar{X}$	: Örneklem ortalaması
$\mu$	: Popülasyon ortalaması
$S_x$	: X ortalamasının tahmin edilen standart hatası
$S$	: Örneklem standart sapması
$m_i$	: i'inci gruptaki örnek boyutu
$y_{ij}$	: i'inci gruptan elde edilen j'inci örnek
$\bar{y}_i$	: i'inci gruptaki örneklerin ortalaması
$S_i$	: i'inci gruptaki örneklerin standart sapması
$m$	: toplam örnek sayısı
$\bar{y}$	: tüm örneklerin ortalaması
<b>GKT</b>	: Genel kareler toplamı
<b>GAKT</b>	: Gruplar arası kareler toplamı
<b>GİKT</b>	: Grup içi kareler toplamı GKT
$\bar{y}$	: tüm örneklerin ortalaması
$d_E$	: Öklid uzaklığı
<b>KEKKR</b>	: Kısmi en küçük kareler regresyon
<b>DVM</b>	: Destek vektör makine
<b>k-eyk</b>	: k- en yakın komşuluk
<b>KEKK</b>	: Kısmi en küçük kareler analizi

## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

#### 1.1.1. Problemin Tanımı ve Önemi

Görsel işleme, göz ile başlayıp beyinde sonuçlanan paralel süreçlerin hakim olduğu karmaşık bir ağıdır. Bu karmaşık ağın girdilerini günlük çevremizde bulunan yüzey ve nesnelere yansıyan ışık dizisi oluşturur. Dış dünyadan gelen ışık bilgisi göz aracılığıyla toplanıp burada elektriksel sinyallere dönüştürülür. Bu sinyallerin beyine iletilip, yorumlanması sonucunda ise görme olayı gerçekleşir. Tüm bu süreç görünüşte çok hızlı ve zahmetsizce oluşmasına rağmen, sürecin arkasında göz ve beyinin birlikte hareket ettiği son derece organize, dinamik ve hiyerarşik bir ağ yapısı bulunur. Bu ağ yapısı, beyinin farklı bölgelerindeki kortikal aktivitelerin, farklı zaman pencerelerinde ve çoklu frekanslarda paralel aktivitesini gerektirir.

Görsel işleme sırasında, beynimizde doğası henüz tamamen çözülememiş birçok elektriksel aktivite meydana gelir. Psikoloji, nöro bilim ve nöro pazarlama gibi farklı disiplinlerde çalışan çok sayıda araştırmacı bu aktivitelerin nasıl oluştuğu, hangi duysal-bilişsel süreçlere karşılık geldiği ve bu süreçleri etkileyen parametrelerin neler olduğu konusuna büyük ilgi göstermektedir. Konuyla ilgili literatürde çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar arasında üzerinde en yoğun olarak araştırma yapılan konu, farklı duygusal içeriklere sahip görüntüler (hoş/ nahoş/ nötr) karşısında insan beyinde oluşan yanıtlar ile, bu görüntülerin insanlarda oluşturduğu duygusal durum arasında bir ilişki olup olmadığının araştırılmasıdır. Başka bir ifadeyle görsel uyarıların duygusal içeriğinin, duygusal değerlendirme üzerindeki etkileri beyin yanıtları aracılığıyla incelenmektedir. Bu çalışmalar kapsamında; dış dünyanın yansıması olan görüntülerin beyinde oluşturduğu yanıtların, bu görüntülerin duygusal içeriklerine göre nasıl değiştiği, bu yanıtların duygusal içeriklere göre nasıl sınıflandırıldığı, görüntülerin duygusal içeriğinin davranışlarımız üzerindeki etkilerinin neler olduğu ve bu etkilerin kortikal yanıtlarda nasıl temsil edildiği gibi araştırma başlıkları ayrıntılı olarak incelenmektedir. Araştırmalarda beyin aktivite görüntüleme yöntemi olarak sıklıkla elektroensefalografi (EEG) kullanılmaktadır. Görsel uyaran olarak uluslararası duygusal resim sistemi

(UDRS/ IAPS- International Affective Picture System), Cenevre duygusal resim veri tabanı (GAPED -The Geneva Affective Picture Database) ve Nencki duygusal resim sistemi (NAPS-The Nencki Affective Picture System) gibi dünyaca kabul gören veri tabanlarındaki standartlaştırılmış görüntüler tercih edilmektedir. Bunlar arasında sıklıkla tercih edilen UDRS veri tabanı, deneylerde kullanılmak üzere standartlaştırılmış duygusal görüntüler içermektedir. Bu görüntüler duygu boyutlarını ifade eden uyarılma, duygusal değerlik ve baskınlık parametrelerine göre standardize edilmiştir. Bu nedenle, özellikle duygusal süreçlerin araştırıldığı deneysel psikoloji araştırmalarında çok fazla tercih edilmekte olup, bu çalışmalarda genellikle duyguları tetikleyen uyaranlar olarak kullanılmaktadırlar. Bununla birlikte bilindiği üzere duygusal görüntüler sahip oldukları içerik bilgisi dışında renk, uzamsal frekans, ton, kontrast ve lüminans gibi çeşitli fiziksel parametrelerle de temsil edilirler. Tüm bu fiziksel parametrelerin duygusal değerlendirme üzerindeki etkileri konusunda ise net bir bilgiye sahip değiliz. Duygusal uyaranların kullanıldığı literatür çalışmaları incelendiğinde görülmektedir ki, duygusal görüntülerin en önemli fiziksel parametrelerinden biri olan lüminans değerleri birbirlerinden farklılık göstermektedir. Lüminans düzeylerindeki bu farklılığın bahsi geçen bu çalışmalarda elde edilen beyin sinyallerini etkileyip etkilemediği ve eğer bir etki varsa bunun ne düzeyde olduğu ise bilinmemektedir. Fiziksel bir ölçüm olan lüminansın algısal ölçümü parlaklık olarak tanımlanır. Parlaklık, ışığın fizyolojik olarak algılanmasının nicel olmayan göstergesini temsil eder (Bull, D., 2014). Algısal işlemenin en önemli kaynaklarından biri olduğu öne sürülen parlaklığın (Valberg, 2005), dolayısıyla lüminansın, literatürde yer alan görsel işleme çalışmalarında incelenen kortikal aktivite üzerinde belirgin etkilerinin olması beklenmektedir. Görsel uyaranların içeriklerinden ayrı olarak, bu uyaranların algısal bir özelliği olan lüminans düzeyinin de nöral aktiviteyi, dolayısıyla duysal, bilişsel ve davranışsal süreçlerimizi etkileme potansiyeline sahip olabileceği düşünülmektedir.

Görsel işleme sırasında, görsel uyaranların fiziksel özelliklerine (renk, uzamsal frekans, kontrast, duygusal içerik ve boyut vb.) ait bilgilerin beyinde nasıl ayrıştırıldığı ve işlendiği karmaşık ve ilgi çeken bir konu olmuştur. Bireylerin görsel uyaranları nasıl algıladığı ve onlara ne tür anlamlar yüklediği büyük ölçüde bilgi birikimleri ve yaşam deneyim alanlarıyla ilişkilidir. Bununla birlikte bu uyaranların fiziksel parametrelerinin bu algı üzerindeki etkisi ise halen daha tam olarak bilinmemektedir. Çok sayıda araştırmacı, görsel işleme sırasında uyaran etkisiyle meydana gelen duysal ve bilişsel aktivitelerin doğasını, nasıl oluştuğunu ve görsel uyaranın hangi parametrelerinden etkilendiklerini

araştırma konusuna büyük ilgi göstermiştir. Özellikle nöro psikoloji ve nöro pazarlama alanlarındaki duygu değerlendirme ve sınıflandırma araştırmalarında bilhassa duygusal içerikli görsel uyaranların beyinde nasıl işlendiği üzerinde durulmaktadır.

Yapılan tez çalışmasında, duygusal görüntülerin fiziksel bir özelliği olan lüminans değerinin, bir başka ifade ile lüminasın algısal karşılığı olan parlaklığın, beyin aktivitesi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Araştırma kapsamında, görsel uyaranların kullanıldığı literatür çalışmalarında dikkate alınmayan lüminans parametresinin beyin aktivitesi üzerindeki etkileri çok boyutlu olarak (frekans, zaman ve lokasyon) incelenerek, bu çalışmalar kapsamında incelenen beyin yanıtları ve davranışsal bulgularda parlaklık etkisiyle oluşabilecek yanlış yorumlamaların önüne geçilebileceği düşünülmektedir.

### **1.1.2. Literatür Araştırması**

Beynimiz, dış dünyayı temsil eden görsel uyaranlara ait birçok özelliği algılayıp yorumlayan ve bu yorumlara bağlı olarak davranış geliştirmek için uzmanlaşmış olan çok sayıda görsel alandan oluşmaktadır. Farklı disiplinlerden pek çok araştırmacı, görsel bir uyaran etkisiyle uyarılan bu alanlarda meydana gelen elektriksel aktivitenin hangi duysal ve bilişsel süreçlerimize karşılık geldiğini ve bu süreçlerin uyarının hangi özelliklerinden (renk, boyut, kontrast, içerik vb.) etkilendiklerini anlamaya yönelik çalışmalar yapmaktadır. Bu çalışmalarda görsel uyaran olarak uluslararası olarak standartlaştırılmış görüntülerden oluşan veri tabanlarından yararlanılmaktadır. Bu veri tabanları arasında en sık tercih edilen UDRS veri tabanıdır.

UDRS görüntülerinin duygusal içeriğinin beyin aktivitesi üzerindeki etkilerini araştıran çalışmalarda genellikle EEG’de gözlemlenen ve duysal-bilişsel süreçlerin çok iyi göstergeleri olan olay ilişkili potansiyel (OİP) yanıtlarına odaklanılmaktadır. Bu çalışmaların genel bulgusu, beynin duygusal (hoş ve kötü) uyaranlara nötr uyaranlardan daha farklı tepki verdiği (Aftanas, Varlamov, Pavlov, Makhnev ve Reva, 2002; Balconi, Brambilla ve Falbo, 2009; Balconi, Falbo ve Brambilla, 2009; Bamidis vd., 2009; Güntekin ve Başar, 2014; Keil, Stolarova, Moratti ve Ray, 2007). Bununla birlikte, birtakım UDRS çalışmalarında ise duygunun boyutlarını ifade eden duygusal değerlik ve uyarılmanın, elektriksel aktivite üzerindeki farklı etkileri de araştırılmıştır (Cuthbert, Schupp, Bradley, Birbaumer ve Lang, 2000; Delplanque, Silvert, Hot, Rigoulot ve Sequeira, 2006; Feng vd., 2012; Gianotti vd., 2008; N. K. Smith, Cacioppo, Larsen ve

Chartrand, 2003). Bu araştırmalarda duygusal değerliğin OİP bileşenlerini gorsel işlemenin erken zaman pencerelerinde (gorsel uyarın sunumundan sonraki ilk 200 ms içerisinde), uyarılmaninsa geç zaman pencerelerinde (gorsel uyarın sunumundan sonraki 250 ms'den sonra) modüle ettiği raporlanmıştır (Feng vd., 2012; Olofsson, Nordin, Sequeira ve Polich, 2008a; Olofsson ve Polich, 2007). Ayrıca, biręok ęalıřmada, farklı duygusal içeriklere sahip UDRS gorsentulerinin frekans bantlarına gore değişen etkilerinden de bahsedilmiştir (Guntekin ve Başar, 2010a, 2014; Martini vd., 2012; Miskovic ve Schmidt, 2010). Tım bu ęalıřmalar gorsentulerin duygusal iğeriklerinin beyin yanıtlarımız uzerinde etkisi olduğunu ortaya koymaktadır. Dış dunyayı temsil eden duygusal uyarın iğeriklerinin beyin yanıtları uzerinde etkisinin anlaşılması sonrasında, bu bilgi duygu sınıflandırma ęalıřmalarını da beraberinde getirmiştir. Yakın tarihte yapılmış olan pek ęok duygu sınıflandırma ęalıřmalarında duyguları tetiklemek için UDRS gibi gorsel uyarınların bulunduğu veri tabanları kullanılmış olup, bu uyarınların davranışlarımız ve beyin yanıtlarımız uzerindeki etkilerinden yola ęıkarak duygu sınıflandırma araştırmaları geręekleřtirilmiřtir (Aydin, Demirtaş, Ateş ve Tunga, 2016; Frantzidis vd., 2010; Montagu, J. D. ve Coles, E. M., 1968; Tian, Zhang, Pang ve Lin, 2018). Bu ęalıřmalarda da genellikle zaman kilitli OİP yanıtlarından yararlanılmıştır. Duygusal gorsentulerin beyin yanıtları uzerindeki etkilerinin anlaşılması ayrıca noro pazarlama ęalıřmalarının da gelişmesine katkı sağlamıştır (Goto vd., 2019; Harris, Ciorciari ve Gountas, 2019; H. Ma, Mo, Zhang, Wang ve Fu, 2018). Duygusal uyarıcı etkisiyle beyin yanıtlarında ortaya ęıkan karakteristik yanıtlar dikkat yonnelimi, karar verme, hafıza gibi bilşsel sureğler ve davranışlarımız hakkında onemli bilgiler vermektedir. Bu bilgiler aracılığıyla noro pazarlama araştırmalarında, tuketici istekleri, motivasyonel yonnelimleri, hafıza ve karar alma gibi konularda ya da sosyal içerikli reklamların etkinliğinin iyileştirilmesinde onemli bulgular edinilmektedir.

Duygusal içerikli gorsentulerin kullanıldığı bu ve benzeri literatür ęalıřmaları incelendiğinde gorselmektedir ki, ęalıřmalarda kullanılan gorsentulerin en onemli fiziksel parametrelerinden biri olan luminans değerleri birbirlerinden farklılık gostermektedir. Luminans duzeylerindeki bu farklılığın bu ęalıřmalarda elde edilen beyin sinyallerini etkileyip etkilemediği ve eğer bir etki varsa bunun ne duzeyde olduğu ise bilinmemektedir. Oysa ki, algısal işlemenin en onemli kaynaklarından biri olduğu one surulen parlaklığın (Valberg, 2005), gorsel işleme ęalıřmalarında incelenen kortikal aktivite uzerinde belirgin etkilerinin olması beklenmektedir.



Görsel uyaranlar ton, boyut, kontrast, uzamsal frekanslar vb. gibi görüntünün düşük seviye duysal özelliklerini temsil eden ölçülebilir fiziksel özellikleri ile karakterize edilirler. Düşük seviye özellikler, görsel işlemede bir sonraki algısal organizasyonun temelini oluştururlar. Yüksek seviye özellikler ise düşük seviye özelliklerin düzenlemesinden doğarlar (Rouw, Kosslyn ve Hamel, 1997). Düşük seviye özelliklerin ventral akış hiyerarşisinde (Aftanas vd., 2002; Gianotti vd., 2008) erken görsel bölgelerde işlendiği, yüksek seviye kategorik çıkarımların ise ileri temporal lobun da dahil olduğu sonraki bölgelerde gerçekleştiğine dair yaygın bir kabul vardır (Long, Yu ve Konkle, 2018). Görsel bilgi işleme sırasında EEG'de gözlenen kortikal aktivitenin görsel uyaranla ilgili düşük seviyeli bu parametrelerden etkilenip etkilenmediği, eğer bir etki varsa duysal-bilişsel süreçlerin hangi basamaklarında (duysal işleme, dikkat, algılama, karar verme, hafıza vb.) etkin olduğu tam olarak bilinmemektedir. Bu konu özellikle nöro bilim, psikoloji ve nöro pazarlama dünyasının ilgisini çekmektedir. Bir takım çalışmalar, görsel uyaranlarının bazı fiziksel özellikleriyle kortikal aktivitenin modüle edildiğine dair kanıtlar sağlamışlardır. Örneğin, doğal görüntüler karşısında oluşan erken görsel uyarılmış potansiyel (visual evoked potential-VEP) bileşenlerinin, görüntülerin uzamsal frekansı ile önemli ölçüde modüle edildiği raporlanmıştır (Ghodrati, Ghodousi ve Yoonessi, 2016; Hansen, Jacques, Johnson ve Elleberg, 2011; Hansen, Johnson ve Elleberg, 2012). Benzer şekilde modelleme çalışmaları, görüntüleri sınıflandırmak için uzaysal frekans içeriğini kullanmışlardır (Ghodrati vd., 2016; Torralba ve Oliva, 2003). Görsel uyaran parlaklığının görsel bilgi işleme üzerindeki etkisi ise birçok çalışmada, farklı tip uyaranlarla ve farklı bakış açılarıyla değerlendirilmiştir (Bieniek, Frei ve Rousselet, 2013; Jiang ve Bian, 2013; Johannes, Münte, Heinze ve Mangun, 1995; Lakens, Semin ve Foroni, 2012; Meier, Robinson, Crawford ve Ahlvers, 2007; Sobolewski, Holt, Kublik ve Wróbel, 2011; Valdez ve Mehrabian, 1994; Yuan vd., 2007). Örneğin, tek taraflı olarak parlatılmış çubuk uyaranlarının kullanıldığı bir çalışmada, uyaran parlaklığının arka N95 (80-110 ms), oksipital P1 (110-140 ms) ve parietal N1 (130-180 ms) bölgelerinde daha yüksek OİP genliğine sahip olduğu rapor edildi (Johannes vd., 1995). EEG içermeyen ve zevk uyandırıcı baskınlık duygu modelinin kullanıldığı bir çalışmada, doyunluk ve parlaklığın duyguları güçlü ve tutarlı bir şekilde etkilediği bildirildi (Valdez ve Mehrabian, 1994). EEG içermeyen başka bir çalışmada ise davranış analizleri yapıldı, UDRS görüntülerinin parlaklık seviyelerinin görüntülerin değerlik dereceleri ile ilişkili olduğu bulundu. Araştırmada, koyu UDRS görüntülerinin daha olumsuz, parlak UDRS

görüntülerinin ise daha olumlu değerlendirildiği raporlandı (Lakens, Fockenberg, Lemmens, Ham ve Midden, 2013a). Bu ve benzeri çalışmalar, uyaran parlaklığının hem davranışsal veriler hem de görsel ve duygusal süreçler üzerinde etkili olduğuna dair net kanıtlar ortaya koymuştur. Bu nedenle, parlaklığın duygusal görsel uyaranlara cevap olarak beyin salınımlarını modüle edip etmediğini ve bunun nasıl gerçekleştiğini araştırmak önemli bir sorun haline gelmiştir. Konuyla ilgili yakın tarihte az sayıda çalışma yapılmış olup, bu çalışmalar parlaklık etkisini kapsamlı olarak ele almamıştır. Örneğin bir grup yazar, nötr ve erotik UDRS görüntülerinin parlaklığının kortikal aktivite üzerindeki etkisini sadece iki bileşen (N2 ve EPN) üzerinde araştırmışlardır. Çalışmalarında, orijinal erotik sahnelerin parlak muadillerine göre daha büyük N1 genliği ortaya koyduğunu bildirmişlerdir (Schettino, Keil, Porcu ve Müller, 2016). Yakın tarihte yapılan az sayıda çalışmada ise, görsel uyaran lüminans değeri, olası parlaklık etkisini önlemek için belirli bir değerde sabit tutulmuştur (Bekhtereva, Craddock ve Müller, 2015; Costa vd., 2014; Güntekin ve Başar, 2010b; Güntekin, Femir, Gölbaşı, Tülay ve Başar, 2017; Leyh, Heinisch, Kungl ve Spangler, 2016; Mavratzakis, Herbert ve Walla, 2016; Müller ve Gundlach, 2017; Schettino vd., 2016). Ancak bununla birlikte, görsel uyaranların parlaklığının bu uyaranlar karşısında oluşan beyin aktivitesini etkileyip etkilemediği ise halen daha net değildir. Olası parlaklık etkisi, görsel bilgi işleme sırasında beyin aktivitemizi dolayısıyla algılarımızı, bilişsel süreçlerimizi ve davranışlarımızı da yönlendirebilir. Konuyla ilgili kendi yaptığımız bir diğer spesifik çalışmada ise (Kurt, Eroğlu, Bayram Kuzgun ve Güntekin, 2017) duygusal görüntülerin parlaklığının kortikal aktivite üzerindeki etkisi sadece delta frekans bandı için araştırıldı. Çalışmada, parlak, nahoş görüntülerin, orijinal nahoş görüntülere kıyasla daha düşük delta tepkisi oluşturduğu ortaya konmuştur. Ancak, duygusal görsel uyaranların parlaklığının görsel işleme üzerindeki etkisinin tüm frekans bantlarında, geniş bir zaman aralığı ve farklı elektrot noktaları için daha ayrıntılı ve çok boyutlu olarak incelenmesi gerekmektedir.

### **1.1.3. Araştırmanın Amacı**

Yapılan tez çalışmasının amacı, farklı duygusal içeriklere sahip görsel uyaranların (hoş, nahoş ve nötr) algısal bir özelliği olan parlaklığın bu uyaranların görsel işlenmesi sırasında oluşan beyin aktivitesi üzerindeki etkilerini EEG kayıtları üzerinde incelemektir. Bu etki uyaran içeriğine bağlı olarak, görsel uyaran karşısında ortaya çıkan kortikal

aktivitenin oluşum zamanı, frekans bandı ve gözlemlendiği beyin bölgesine göre çok boyutlu olarak araştırıldı. Bu amaçla, farklı duygusal içeriklere sahip (hoş, nahoş ve nötr) görüntülerin orijinal ve parlak versiyonlarının sunumu sırasında elde edilen elektrofizyolojik yanıtların güç spektrogramları üç farklı duygusal içerik için orijinal ve parlak gruplar arasında istatistiksel olarak karşılaştırıldı. Karşılaştırma sonrası, EEG kayıtları üzerinde parlaklık etkisinin gözlemlendiği zaman pencereleri, frekans bantları ve elektrot noktaları belirlendi. Bununla birlikte çalışmaya katılan her bireyden bu görüntüler (hem orijinal hem de parlak versiyonları) karşısında elde edilen davranışsal veriler alınıp bu verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi gerçekleştirildi. Böylece, farklı içerikli duygusal görüntülerin parlaklığının hem elektrofizyolojik yanıtlar hem de davranışsal yanıtlar üzerindeki etkisi birbirine paralel ve çok boyutlu olarak araştırıldı.

Bununla birlikte, çalışmada istatistiksel araştırmalara paralel olarak; nötr, hoş ve nahoş görüntü gruplarının her birinin orijinal ve parlak versiyonları arasında sınıflandırılma işlemi gerçekleştirildi. Buradaki amaç, görsel uyaran parlaklığının beyin aktivitesi üzerindeki etkisini istatistiksel yöntemlere paralel olarak sınıflandırma çalışmaları ile de ortaya koymaktır.

#### **1.1.4. Araştırmanın Hipotezi**

Gerçekleştirilen araştırma kapsamındaki hipotezlerimiz aşağıda sıralanmıştır;

1. Görsel uyaranların sunumu karşısında beyinde oluşan elektrofizyolojik aktivite bu uyaranların fiziksel bir özelliği olan lüminans düzeyinden etkilenir,
2. Görüntü lüminans değerinin beyin aktivitesi üzerindeki etkisi, görüntünün duygusal içeriğine göre (hoş, nahoş ve nötr) farklılaşan şekillerde ortaya çıkar,
3. Tüm bu etkiler, görsel işleme sırasında EEG’de gözlemlenen elektrofizyolojik aktivitenin meydana geldiği zaman penceresi, frekans bandı ve elektrot noktalarına göre değişim gösterir ve bu değişimler elektrofizyolojik yanıtların güç spektrogramları aracılığıyla incelenebilir.

Bu hipotezlerin değerlendirilmesiyle birlikte, görsel uyaranların kullanıldığı çalışmalarda dikkate alınmayan lüminans parametresinin beyin aktivitesi üzerindeki etkileri; uyaran içeriği, uyaran karşısında ortaya çıkan kortikal aktivitenin oluşum zamanı, frekans bandı ve beyin bölgesine göre çok boyutlu ve kapsamlı olarak ortaya konulacaktır.

Yapılan tez çalışmasının sonuçları duygu değerlendirme, duygusal görüntü sınıflandırma, beyin-bilgisayar araştırmaları ve nöro pazarlama gibi görsel duygusal uyaranların kullanıldığı görsel işleme çalışmalarında lüminans gibi önemli bir parametrenin dikkate alınması gerekliliğini vurgulamakta ve bu konuda araştırmacılara yol göstermektedir. Bununla birlikte çalışma sonuçları, görsel işlemenin altında yatan beyin dinamikleri ve bu dinamikleri etkileyen parametreler konusunda önceki literatüre katkı sağlayacaktır.

## **1.2. Temel Kavramlar**

Bu bölümde tez çalışmasında kullanılan temel kavramlardan bahsedilecektir.

### **1.2.1. Sinir Hücresi**

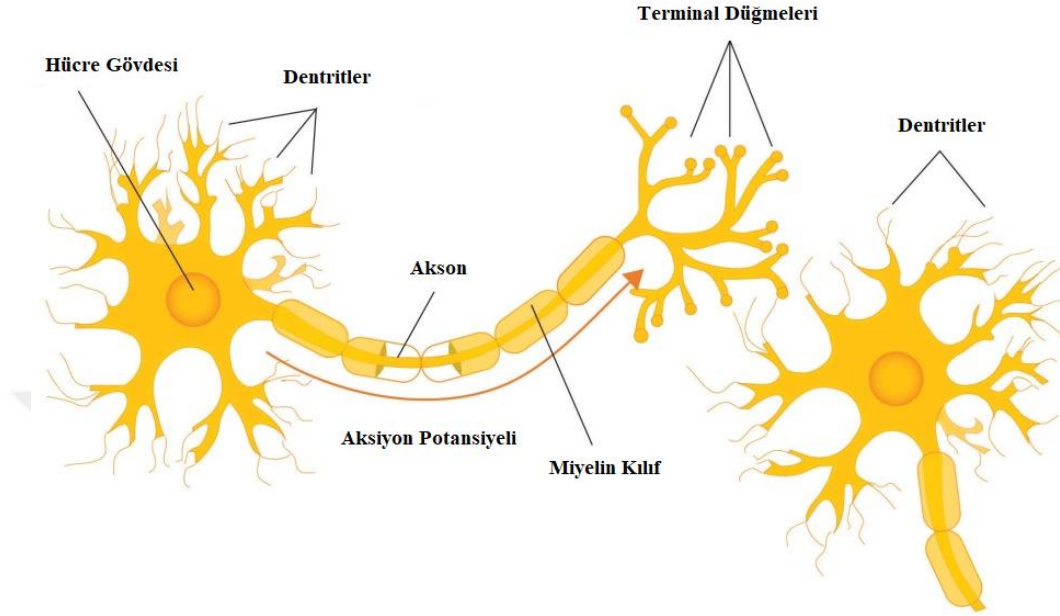
Sinir sistemi, nöron olarak bilinen 100 milyardan fazla sinir hücresinden oluşur. Nöronların görevi, vücudun içerisinde ve dışarısından gelen uyarıları almak, değerlendirmek ve gerekli bölgelere iletmektir.

#### **1.2.1.1. Sinir Hücresinin Yapısı**

Sinir hücresi (nöron), üç ana bölümden oluşur (Şekil 1.1). Bunlar, hücrenin çekirdeğini içeren ve hücreyi canlı tutan hücre gövdesi (soma), diğer hücrelerden gelen bilgiyi toplayan ve bu bilgileri somaya gönderen dallanmış ağaçsı lifler şeklindeki dentritler ve hücre gövdesinden diğer nöronlara veya kas ve salgı bezlerine bilgi aktaran akson olarak isimlendirilen uzun kısımdır.

Aksonlar uç kısımlarına doğru dallanmakta ve her dalın ucunda bir terminal düğmesi bulunmaktadır (Stangor ve Walinga, 2010). Akson, genellikle Schwann hücrelerinden oluşan miyelin kılıf adı verilen yalıtıcı bir tabaka ile kaplıdır (Malmivuo, J. ve Plonsey, R., 1995). Miyelin kılıf, bir nöronun aksonunu çevreleyen, yalıtkan olarak işlev gören ve elektrik sinyalinin daha hızlı iletilmesine izin veren yağ dokusu tabakasıdır. Aksonun miyelin kılıfı olmayan düzenli aralıklardaki boşluklarına Ranvier boğumu denilir.

Aksondan gelen elektriksel uyarı bu boğumlardan sıçrayarak ilerler. Ranvier boğumu sinirsel uyarıların iletimini kolaylaştırır (Stangor ve Walinga, 2010).



Şekil 1.1. Sinir hücresinin yapısı (Stangor ve Walinga, 2010).

### 1.2.1.2. Sinir Hücreleri Arası İletim

Organizmanın iç ve dış ortamından kaynaklanan etmenler (basınç, ısı, ışık vb.) uyarı, uyarıların sinir hücresinden geçerken oluşturduğu elektrokimyasal değişikliklere ise impuls denilmektedir. Bir sinir hücresinde impuls oluşum sürecinin anlaşılabilmesi için ilk olarak impuls oluşum öncesi sinir hücresi zar yapısı ve hücre zarında meydana gelen elektriksel değişimler ayrıntılı olarak incelenmelidir.

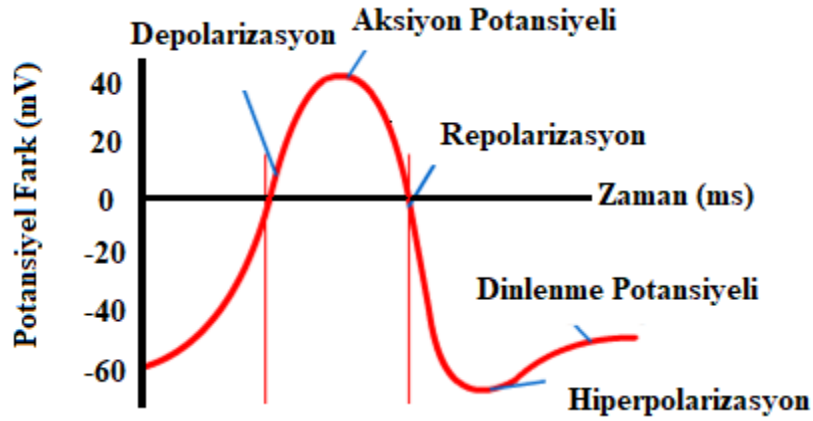
Hücre zarının öncelikli görevi hücre zarından diğer tarafa neyin geçip neyin geçmeyeceğinin düzenlenmesidir. Hücre zarı fosfolipit çift tabakalı bir yapıdır. Bu nedenle sadece hidrofobik çekirdek içinden geçebilen maddeler zardan doğrudan yayılabilirken, hidrofilik olarak tanımlanan yüklü parçacıklar ise hücre zarından doğrudan geçemezler. Fakat transmembran proteinleri, özellikle de kanal proteinleri (sodyum/ potasyum pompası) bu geçişi mümkün kılar (Waugh ve Grant, 2014).

Vücuttaki birçok hücrede olduğu gibi, sinir hücrelerinde de hücre zarında bulunan yüklü iyon parçacıkları hücre zarının iki yüzeyi arasında elektrik yükü farkı oluşturmaktadır. İki yüzey arasında oluşan yük farkı ‘membran potansiyeli’ni oluşturur.

Henüz uyarılmamış olan sinir hücresindeki bu potansiyel fark ‘dinlenme potansiyeli’ olarak adlandırılır. Dinlenme potansiyeli yaklaşık olarak  $-70$  mili volt (mV) civarındadır. Bu durum hücre zarının her iki tarafındaki iyon konsantrasyonunu düzenleyen sodyum / potasyum pompası olarak adlandırılan taşıyıcı proteinlerle sağlanır. Sodyum/ potasyum pompası, sodyum iyonlarını ( $\text{Na}^+$ ) sitoplazmadan hücre dışına, potasyum iyonlarını ( $\text{K}^+$ ) ise hücre dışından hücre içerisine taşıyarak hücrenin her iki tarafındaki iyon konsantrasyonunu düzenler. Hücre dışındaki  $\text{Na}^+$  iyonlarının sayısı hücre içerisindeki  $\text{K}^+$  iyon sayısından fazla olduğu için dinlenme halindeki sinir hücresinin içi negatif, dışı ise pozitif yüküyle yüklüdür.

Dinlenme durumundaki sinir hücresi uyarıldığında, hücre zarının  $\text{Na}^+$  ve  $\text{K}^+$  iyonlarına karşı geçirgenliğinde değişim meydana gelir. Bu değişim ile  $\text{Na}^+$  iyonları hücre dışından hücre içerisine taşar ve ‘depolarizasyona’ neden olur. Dinlenme potansiyeli azalmaya başlar ve yaklaşık  $50$  mV civarında eşik seviyeye ulaştığında ‘aksiyon potansiyeli’ oluşur. Nöronlar arası iletişimin temeli bu potansiyele dayanır. Aksiyon potansiyeli oluşturacak şiddetteki uyarana eşik uyarı denilmektedir. Eşik ve eşik üstündeki uyarılar aksiyon potansiyelleri oluştururlar. Depolarizasyon süreci çok hızlı gerçekleşir ve bu süreçte bir nöronun uzunluğu boyunca sinir impulsunun birkaç milisaniyede iletilmesi sağlanır (Waugh ve Grant, 2014). Depolarizasyon sürecinin ardından hücre içine sodyum iyonları girişi durdurulur ve hücre içindeki potasyum iyonları sitoplazma dışına doğru akmaya başlar. Bu aşamada hücre içi tekrar negatif, hücre dışı ise pozitif yüklü hale gelir. Bu duruma ise ‘repolarizasyon’ denilmektedir. Potasyum kanallarının kapanma süreci yavaş gerçekleştiği için hücre dışına fazla potasyum iyonu çıkışı gerçekleşir. Bu süreçte hücre iç potansiyeli  $-85$  mV değerine kadar düşebilir. Bu duruma ise hiperpolarizasyon denilmektedir.

Bir sinir hücresinde impuls iletimi sırasında gerçekleşen elektriksel süreçler sırasıyla (dinlenme, depolarizasyon, repolarizasyon ve hiperpolarizasyon) yukarıda anlatılmış olup Şekil 1.2 ile özetlenmiştir.

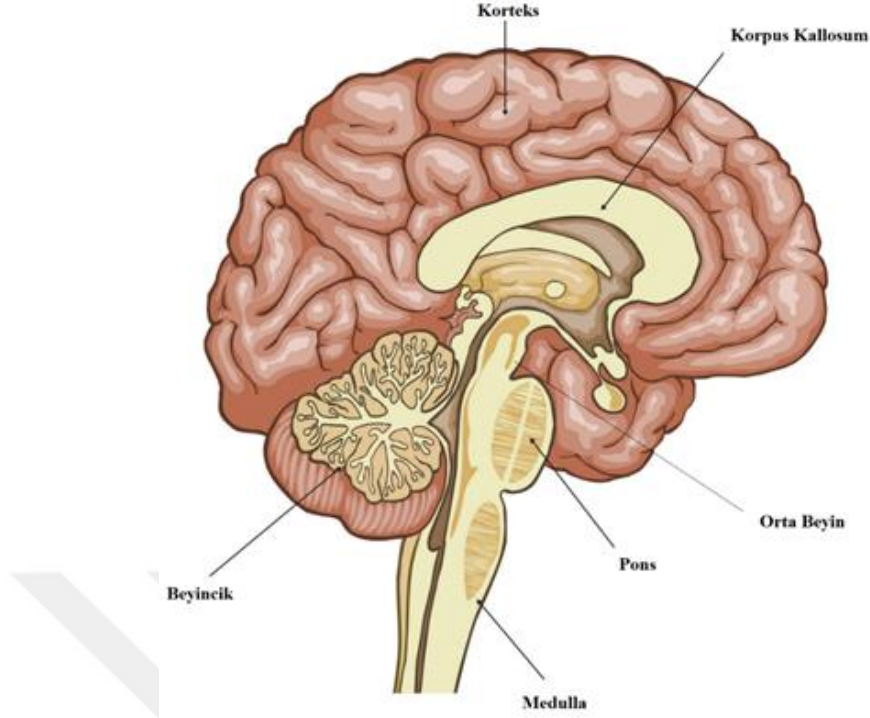


Şekil 1.2. Sinir hücresinde dinlenme, depolarizasyon, repolarizasyon ve hiperpolarizasyon

Yeterince güçlü olan elektrik sinyali, diğer sinir hücreleriyle iletişime geçmek için aksona ardından akson terminal düğümlerine geçer. Terminal düğümleri ile diğer sinir hücreleri arasındaki iletişim ise nörotransmitter isimli kimyasallar aracılığıyla gerçekleşir (Stangor ve Walinga, 2010). Nörotransmitterler nöronun içinde üretilir ve akson terminalinde veziküllerde depolanır. Diğer bir ifadeyle nöronlar diğer sinir hücreleri ile iletişime geçmek için kimyasal haberciler üretmektedirler. Bir aksiyon potansiyeli akson terminaline ulaştığında, nörotransmitterler sinaps olarak isimlendirilen hücreler arasındaki boşluğa salınırlar. Sinaptik boşluk boyunca yayılan nörotransmitterler alıcı sinir hücresinin zarı üzerindeki reseptör proteinlerine bağlanırlar. Böylece nörotransmitterler aracılığıyla verici nörondan gelen mesaj, alıcı nöron zarının üzerindeki reseptörlere iletilir.

### 1.2.2. Beyin

Sinir sisteminin komuta merkezi olan beyin omurilikle birlikte merkezi sinir sisteminin bir parçasıdır. Milyarlarca sinir hücresinden oluşmaktadır. Duyu organları aracılığıyla dış dünyadan ve vücudumuzdan gelen bilgileri alır, yorumlar ve kaslara iletir. Kafatası içerisinde korunan insan beyni serebrum, beyincik ve beyin sapı olmak üzere üç ana bölümden oluşmaktadır (Şekil 1.3).



Şekil 1.3. Beynin bölümleri (Stangor ve Walinga, 2010).

Serebrum, beynin en büyük kısmıdır. Sağ ve sol yarımkürelere oluşur. Her yarımküre, lob olarak adlandırılan (frontal, pariyetal, temporal ve oksipital) dört bölüme ayrılır. Serebrum, hareket, duygular, akıl yürütme ve motor kontrolü gibi daha yüksek işlevlerden sorumludur. Serebrum yüzeyi korteks olarak adlandırılır. Korteks milyarlarca sinir hücresinden oluşur. Girintili, çıkıntılı yapıya sahiptir. Böylece beynin yüzey alanı artmaktadır. Kortekste küçük yarıklar sulkus, büyük yarıklar ise fissür olarak adlandırılır. Yarıklar arasında bulunan çıkıntılara girus denilir. Korteksin üst kısmı gri-kahverengi olduğu için burası gri cevher olarak adlandırılır. Korteksin alt tarafı ise beyin alanlarını birbirine bağlayan beyaz aksonlardan oluşmaktadır. Bu nedenle beynin bu kısmı ak madde olarak isimlendirilir.

Beyincik, serebrumun altında, omurilik soğanının üzerinde bulunur. Hemisferium cerebelli denilen iki yan lob ve bunları birleştiren cerebelli'den oluşur. Çizgili kasların uyumlu şekilde çalışması, vücudun duruş ve denge düzenlemesinden sorumludur.

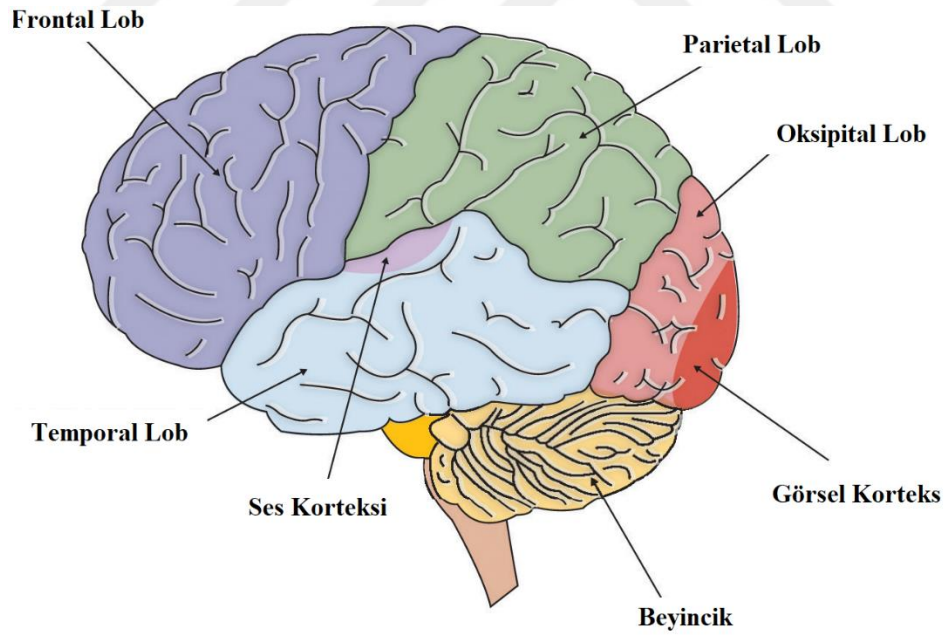
Beyin sapı, serebrum ve beyinciği omuriliğe bağlar. Beyin ile vücut arasındaki sinir bağlantıları buradan geçer, bu nedenle hayati önem taşır. Beyin sapı, orta beyin, pons ve medulla'dan oluşur. Orta beyin görsel, işitsel sistemlere katkı sağlama, motor hareketlere



katkı sağlama, göz hareketlerinin kontrolü, dengeye katkı sağlama gibi önemli görevlere sahiptir. Medulla, beyin sapının alt kısmında bulunur. Kalp ritmi, kan basıncı, nefes alıp verme, yutkunma gibi hayati önem taşıyan işlevleri kontrol eder. Pons, medulla'nın üstünde, orta beyinin altında yer alır. Beyin korteksini beyincik ve medulla'ya bağlar. Latince köprü anlamına gelmektedir. İsminden de anlaşılacağı üzere beyine giren ve çıkan sinyalleri alır ve dağıtır. Nefes alıp vermede omurilik ile beraber görev yapar.

### 1.2.2.1. Beyin Lobları

İnsan beyni sağ ve sol olmak üzere iki yarım küreye ayrılır. İki yarımküre korpus kallozum adı verilen bir lif demetiyle birbirine bağlanmakta ve mesaj geçişini buradan sağlamaktadır. Her iki yarım küre lob olarak adlandırılan dört fonksiyonel bölüme ayrılır; frontal lob, temporal lob, parietal lob ve oksipital lob (Şekil 1.4). Beyin lobları ile sağ-sol yarımküreler arasında karmaşık ilişkiler bulunmaktadır.



Şekil 1.4. Beyin lobları (Stangor ve Walinga, 2010).

Frontal lob, en büyük beyin lobudur. Alnın hemen arkasında yer alır. Parietal lobdan santral sulkus, temporal lobdan lateral sulkus adı verilen bir boşlukla ayrılır. Motor korteks

ve prefrontal korteks olarak ikiye ayrılır. Her birinin ayrı ayrı motor ve bilişsel özellikleri vardır.

Frontal korteksin ön uç bölümleri ve orbital yüzeyi prefrontal lob olarak adlandırılır. Davranışla ilişkilidir. Göz hareketleri, konuşma gibi hareketlerin motor kontrolünü sağlar (Özen ve Rezaki, 2007). Frontal göz bölgesi göz hareketlerini kontrol eden bölümlerle bağlantılıdır. Frontal korteksin arka tarafındaki Broca alanı konuşmayla ilgili motor faaliyetleri için önemlidir. Frontal lobda bulunan önemli bölümlerden biri olan birincil motor korteks akıl yürütme, karar verme, planlama, davranış, dikkat, yargılama, çalışma belleği ve dürtü kontrolü gibi bilişsel süreçlere katılır (Germain, 2015).

Parietal lob, oksipital ve frontal loblar arasında ve temporal lobun üzerinde uzanan serebral korteksin bir kısmıdır. İsmi kafatası duvarı olan parietal kemiğe olan yakınlığından ötürü almıştır (Schmahmann, Pandya, Schmahmann ve Pandya, 2009). Parietal lob bilişsel amaçlar için duyu bilgileri işler ve mekansal ilişkileri koordine eder. Duyum, yazma ve vücut pozisyonunu yönetmekle ilgilidir. Sıcaklık ve dokunma gibi duyu bilgileri yorumlar ve bedenin çeşitli yerlerinden gelen duyu bilgilerin işlenmesinden sorumludur. Parietal lobun diğer görevlerinden bazıları ise şunlardır; ağrı, basınç ve dokunma hissi, vücudun beş duyusunu düzenlemek ve işlemek, hareket ve görsel yönlendirme, konuşma, görsel algı ve tanıma, biliş ve bilgi işleme (Abhang, Gawali ve Mehrotra, 2016).

Temporal lob, ön lobdan yanıl fissürle ayrılır. Başın iki tarafında kulak hizasında yer alır. Duyduğumuz sesleri ve dili yorumlamak için önemli olan birincil işitsel korteks burada bulunur. Temporal lob hafıza ve duyma ile ilgilidir. Koku, tat ve ses duyarımızdan elde edilen bilgileri işler. Ayrıca bellek depolamada rol oynar. Temporal lobun birincil işlevi işitsel sesleri işlemektir. Diğer fonksiyonları; uzun süreli hafıza oluşturma ve yeni bilgilerin işlenmesine yardım etmek, görsel ve sözlü hatıraların oluşumu, koku ve seslerin yorumlanmasıdır (Abhang vd., 2016).

Oksipital lob, beynin arka kısmında, parietal ve temporal lobların arkasında bulunur ve görsel bilgilerin işlenmesinden sorumludur. Oksipital lob, beynin görsel işleme sistemini içerir, gözlerimizden gelen görüntüleri işler ve bu bilgileri bellekte saklanan görüntülerle ilişkilendirir. Dört lobun en küçüğü olan oksipital lob, serebral korteksin arka bölgesinin yakınında, kafatasının arka tarafında bulunur. Beynin birincil görsel işlem merkezidir; diğer fonksiyonları arasında görsel-mekansal işleme, hareket ve renk tanıma bulunur (Abhang vd., 2016).

### 1.2.2.2. Beyin Görüntüleme Teknikleri

Vücudumuzun en karmaşık yapıya sahip organı olan beyinin yapısı ve işleyişi hakkında halen daha çözüm bekleyen pek çok soru mevcuttur. Teknolojideki gelişmeler beyin çalışmalarında bu soruların çözümü için araştırmacılara büyük katkılar sağlamaktadır. Günümüzde çeşitli nöro görüntüleme yöntemleri sayesinde duysal ve bilişsel faaliyetler sırasında beyinde meydana gelen değişikliklerin analizi yapılabilir hale gelmiştir. Bu değişikliklerin araştırılmasında fonksiyonel manyetik rezonans görüntüleme (fMRI), bilgisayarlı tomografi (BT), manyetik rezonans (MR) ve pozitron emisyon tomografi (PET) gibi çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler arasında en popüler ve güvenilir olanlardan birisi de EEG'dir. EEG aynı zamanda acı vermeyen, zararsız bir teknik olması sebebiyle de tercih edilmektedir. Yapılan tez çalışmasında nöro görüntüleme tekniği olarak EEG yöntemi kullanılmıştır.

### 1.2.3. Elektroensefalogram (EEG)

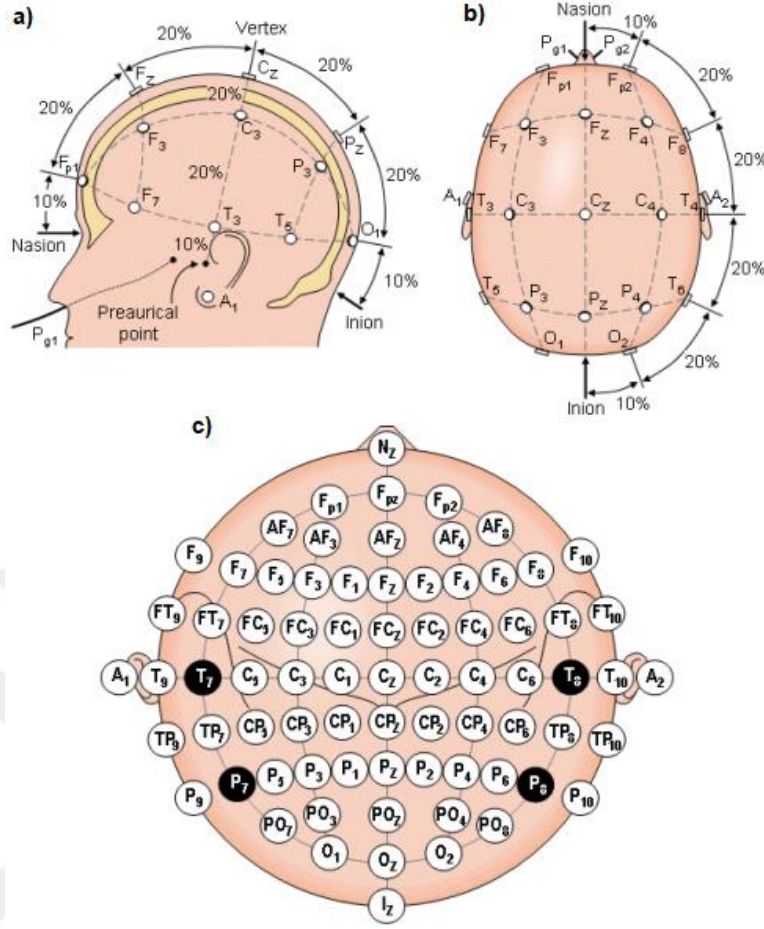
EEG, beyin elektriksel aktivitesini kaydetmek için kullanılan elektrofizyolojik izleme yöntemidir. EEG işaretleri, kafatası üzerine yerleştirilen elektrotlar aracılığıyla ölçülen, düşük genlikli (tepeden tepeye 1-400 mikro volt ( $\mu\text{V}$ )) sinyallerdir. İlk EEG işaretleri 1929 yılında Hans Berger tarafından ortaya konulmuştur (Berger, 1934). Berger, 1930 yılında çalışmasını daha da geliştirerek EEG işaretlerinin göz açıp kapama hareketi ile değiştiğini ortaya koymuştur. 1934 yılında Adrian ve Matthews ise EEG işaretlerinin elektrotlar aracılığı ile alınıp kuvvetlendirilerek kaydedilmesini sağlamışlardır. Beyin aktivitesi hakkında yüksek oranda bilgi barındıran EEG sinyalleri tıbbi teşhis ve araştırmalarda acı vermeyen ve maliyeti düşük bir yöntem olması nedeniyle birçok alanda uzmanlar tarafından sıklıkla kullanılmaktadır.

İnsan zihin aktivitesi ile EEG sinyallerinin genlik ve frekansları yakın ilişki içerisindedirler. Günlük hayatımızda gerçekleştirdiğimiz duysal ve bilişsel birçok faaliyet esnasında (dikkat, karar verme, esneme, yutkunma, görme vb.) insan beyinde farklı elektrofizyolojik aktiviteler gerçekleşmektedir. Bu aktiviteler EEG ile ölçülebilmekte ve araştırmacılara beyin faaliyetleri hakkında önemli bilgiler sağlamaktadırlar. Bununla birlikte EEG işaretleri güçlü arka plan gürültüsüne sahip, düşük genlikli, rastgele işaretler olup görsel olarak yorumlanması güç işaretlerdir. Bu nedenle EEG sinyallerinin analizi için

çeşitli yöntem ve algoritmalar geliştirilmiştir. Bu yöntemler kullanılarak insan beyninin çalışma şekli ve bilinmeyen birçok özelliği anlaşılmasına çalışılmaktadır.

### **1.2.3.1. EEG Elektrotlarının Yerleştirilmesi**

EEG ölçümü kafa üzerine yerleştirilen elektrotlar aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. Elektrotlar aracılığıyla elde edilen kayıtlar kuvvetlendirilerek EEG işaretleri elde edilir. EEG elektrotlarının saçlı kafa derisi üzerine yerleştirilmesi için Uluslararası EEG Federasyonu Birliği (International Federation of Societies) tarafından belirlenmiş olan 10-20 elektrot sistemi standardı kullanılmaktadır. EEG uluslararası 10-20 ölçüm sistemi, 1958 yılında Herbert Jasper tarafından geliştirilmiştir (Cacioppo, Tassinari ve Berntson, 2007). Bu sisteme göre elektrotların kafatası üzerindeki konumu Şekil 1.6 ile gösterilmiştir. 10-20 ölçüm sisteminde elektrotların yerlerini belirleyebilmek için dört anatomik yer işareti kullanılmaktadır. Bunlar; burun ile alının birleştiği kısım olan nasion, başın arka tarafında kafatasının arkadan dışarıya doğru çıkık kısmı olan inion ve sağ-sol kulak kanalları önünde yer alan çukurluklardır. 10-20 standardına göre elektrot noktaları belirlenirken, nasion ile inion noktaları arasındaki mesafe ölçülür ve iki nokta arasındaki hat toplam mesafenin sırasıyla %10, %20, %20, %20, %20, %10'u olacak şekilde aralıklara bölünerek belirlenen noktalara elektrotlar yerleştirilir. Geriye kalan elektrotlar ise bulunan elektrot noktaları ile bir daire oluşturacak şekilde düzenlenir. Böylece farklı kişilerden farklı yerlerde kaydedilen EEG kayıtları için bir standart sağlanmış olur. Kullanılacak elektrot sayısı arttırılmak istenirse, elektrot noktaları arasındaki mesafeler tekrar bölünerek yeni elektrot noktaları oluşturulabilir.

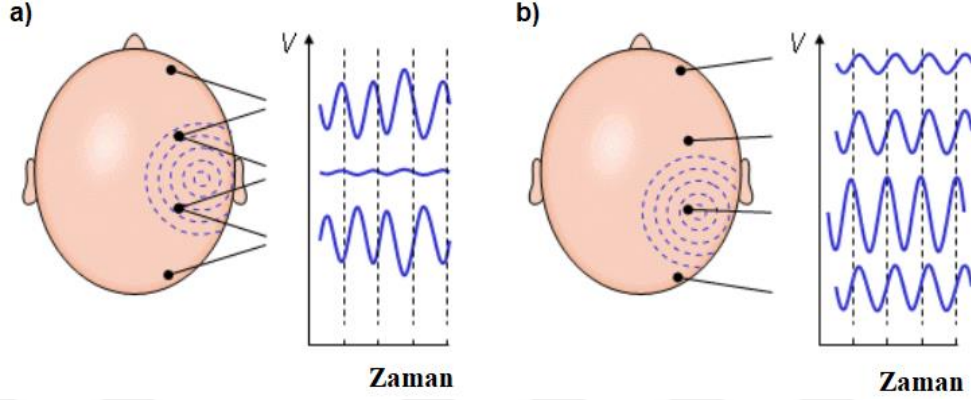


Şekil 1.5. 10-20 elektrot sistemine göre elektrot yerleşimi, **a)** elektrot yerleştirilmiş kafanın soldan görünümü, **b)** elektrot yerleştirilmiş kafanın üstten görünümü, **c)** elektrot noktalarının genel görünümü (Malmivuo, J. ve Plonsey, R., 1995).

Belirlenen elektrot noktalarının isimlendirilmesi için elektrotun bulunduğu beyin lob isminin baş harfleri (**F**rontal, **C**entral, **P**arietal, **T**emporal, **O**ksipital) kullanılmaktadır. Sağ ve sol kulaklara yerleştirilen elektrotlar içinse ‘**A**uricular’ kelimesinin baş harfi olan ‘**A**’ harfi kullanılmaktadır. İsimlendirme yapılırken bu harflerin sağ alt yanında ait oldukları beyin yarım küresine bağlı olarak sol yarım küre ise tek sayı, sağ yarım küre ise çift sayı eklenir. Orta hatta bulunan elektrotlarda ise sayı yerine İngilizce ‘zero’ kelimesinin baş harfi olan ‘**Z**’ harfi kullanılır.

Elektrot bağlantıları unipolar ve bipolar olmak üzere iki şekilde yapılmaktadır (Şekil 1.6). Unipolar bağlantı için merkezi sinir sisteminden uzak olan bir referans noktası seçilerek belirlenen elektrot bölgesinin bu referans noktasına göre potansiyel değişimi

kaydedilir. Bipolar bağlantıda ise birbirine yakın iki referans bölgesi arasındaki potansiyel fark kaydedilir.



Şekil 1.6. a) Bipolar elektrot bağlantısı, b) unipolar elektrot bağlantısı (Malmivuo, J. ve Plonsey, R., 1995).

### 1.2.3.2. EEG Frekans Bantları

EEG dalgaları geniş frekans aralığına (0,5-70 hertz (Hz)) sahip, genlikleri 5-400  $\mu\text{V}$  aralığında değişen ritmik işaretlerdir. Bununla birlikte klinik ve fizyolojik ilgi daha çok ise 0,5-30 Hz aralığına odaklanmıştır. EEG dalgaları frekans içeriklerine göre farklı bantlara ayrılırlar. Bunlar delta ( $\delta$ ), teta ( $\theta$ ), alfa ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ) ve gama ( $\gamma$ ) bantlarıdır.

Delta dalgaları, frekans aralığı 0,5-4 Hz, genlikleri 20-400  $\mu\text{V}$  arasında değişen yüksek genlikli beyin dalgalarıdır. İnsanlarda kaydedilen en yavaş beyin dalgalarıdır. Bebeklerde ve çocuklarda sıklıkla gözlemlenir. Derin uyku, genel anestezi gibi beynin düşük aktivite gösterdiği durumlarla ilişkilendirilirler.

Delta dalgaları ayrıca derin uyku dışındaki farklı beyin fonksiyonları ile de ilişkilendirilir, örneğin uyanık deneklerdeki yüksek frontal delta dalgaları kortikal plastisite ile ilişkilendirilir. Delta bantları bilişsel işlemede, özellikle olay ilişkili çalışmalarda öne çıkan beyin dalgaları olarak bildirilmektedir. Delta bandı, bilişsel işlemin iyi bilinen bir göstergesi olan P300 olay ilişkili potansiyel zirvesine katkı sağlar (Malik ve Amin, 2017).

Teta dalgaları, frekans aralığı 4-8 Hz, genlikleri 5-100  $\mu\text{V}$  arasında değişen beyin dalgalarıdır. Teta ritimlerine fronto-santral bölgelerde yaygın olarak rastlanır ve genellikle uyusukluk veya yüksek duygusal durumlarla ilgilidir (Scher, 2017). Genç erişkinlerin

yaklaşık % 35'i rahat uyanıklık sırasında fronto-santral kafa bölgelerinde maksimum olan aralıklı teta ritmi gösterir (Fields, M., Marcuse, L. ve Yoo, J. Y., 2016).

Alfa dalgaları, frekans aralıkları 8-13 Hz, genlikleri 2-10  $\mu$ V arasında değişen dalgalarıdır. Normal yetişkinlerde, uyanıklık sırasında ve rahat durumdayken, özellikle zihinsel aktivite olmadığı durumlarda alfa dalgaları kendiliğinden ortaya çıkabilir. Gözlerin kapalı olduğu durumlarda, parietal bölgelerde alfa dalgaları belirgindir (Malik ve Amin, 2017).

Beta dalgaları, frekansları 13-30 Hz, genlikleri ise 1-5  $\mu$ V arasında değişen beyin dalgalarıdır. Beynin en yüksek aktivite düzeyine karşılık gelmektedir. Beta ritimleri sağlıklı bireylerde korteksin çeşitli bölgelerinde bulunabilir. Korteksin posterior bölgeleriyle karşılaştırıldığında, frontal veya santral bölgelerde daha sıklıkla görülür (Kropotov, 2008). Beta aktivitesinin tamamen olmaması, EEG'nin diğer özelliklerine bağlı olarak bir anormallik olduğunu gösterebilir (Fields, M., Marcuse, L. ve Yoo, J. Y., 2016). Yoğun düşünme, odaklanmış dikkat durumu, duysal bilgi işleme ve hızlı göz hareketlerinin bulunduğu uyku evrelerinde görülmektedir.

Gama dalgaları, frekans aralıkları 30-100 Hz arasında değişen hızlı salınımlardır. Genellikle bilinçli algı sırasında ortaya çıkarlar. Temporal bölgelerde görülen yüksek gama aktivitesi hafıza süreçleriyle ilişkilidir. Yapılan çalışmalar, gama aktivitesinin dikkat, çalışma hafızası ve uzun süreli hafıza süreçlerinde yer aldığını bildirmiştir (Jensen, Kaiser ve Lachaux, 2007; Malik ve Amin, 2017).

### **1.2.3.3. Elektrofizyolojik Beyin İncelemeleri**

Beyin sinir hücrelerinin çeşitli sebeplerle (görsel, işitsel, koku, dokunma vb.) uyarılması zaman-bağımlı elektriksel akımların oluşmasına neden olmaktadır. Beynin bu uyaranlara verdiği cevaplar OİP ya da olay ilişkili salınımlar (OİS) olarak ortaya çıkmaktadır. Günümüzde, bir uyaran karşısında beyin aktivitesinde meydana gelen bu değişimleri (OİP/ OİS), EEG kayıtlarında normal aktiviteden ayırmak mümkün hale gelmiştir. Böylelikle araştırmacılar tarafından duysal ve bilişsel pek çok beyinsel süreç altında yatan nöral mekanizma incelenebilir hale gelmektedir.

### 1.2.3.3.1. Olay İlişkili Potansiyeller

OİP'ler, duyuşsal, duyuşsal veya bilişsel olaylar karşısında kortekste oluşan elektriksel tepkinin doğrudan ölçüldüğü EEG kayıtlarıdır. Bu potansiyeller, duyu, motor veya bilişsel olaylar karşısında zamanla kilitli çok sayıda aksiyon potansiyelinin toplamı olarak, EEG'de gözlemlenen beyinde indüklenmiş voltaj dalgalanmalarıdır. Genellikle uyarana karşı yanıt olarak üretilirler. OİP'ler, arka plan EEG aktivitesine göre oldukça küçüktürler (1-30  $\mu$ V). Bu nedenle, belirgin olarak gözlemlenebilmeleri için sinyal ortalama prosedürü kullanılması gerekmektedir. Pozitif OİP sinyalleri 'P' harfi ile (P100, P300 vb.), negatif OİP sinyalleri 'N' harfi ile (N100, N400 vb.) gösterilirler. Harflerin sağ tarafındaki rakamlar, uyarıcı sonrasında ortaya çıkma zamanlarını milisaniye cinsinden göstermektedir (Sanei ve Chambers, 2007). Bazı çalışmalarda ise bu rakamlardaki sıfır değerleri gösterilmez (Örneğin; P1, P3, N1, N4 vb.)

OİP'ler çeşitli bilişsel paradigmlar için duyuşsal süreçlerin bir göstergesi olarak kabul edilirler (Amrhein, Mühlberger, Pauli ve Wiedemann, 2004). Dış uyaranlar sunulduğunda kortikal aktivite hakkında önemli bilgiler sağlarlar.

OİP'ler uyarım sonrası ortaya çıkma zamanlarına göre erken ve geç bileşenlere ayrılırlar. Erken bileşenler (C100, N100, P100 vb.), uyarım sonrası yaklaşık ilk 200 ms içerisinde ortaya çıkarken, geç bileşenler (N200, P200, P300 vb.) ise uyarım sonrası yaklaşık 200 ms'den sonra ortaya çıkmaktadırlar.

Erken OİP bileşenleri uyarının temel duyuşsal bilgi işlemlerini yansıtırken, geç OİP bileşenleri uyarının algısal ve bilişsel işlenmesini yansıtmaktadır (Portella vd., 2012). Erken ve geç OİP örnekleri hakkında genel bilgiler bölüm 1.2.5.5'de verilecektir.

### 1.2.3.3.2. Olay İlişkili Salınımlar

Bir uyarım sonrası beyin yanıtlarında ortaya çıkan salınımlara OİS denilmektedir. OİP'lerin frekans analizi sonucunda elde edilirler. OİS'lar da, tek bir frekans değil, birden çok frekans bileşeni (delta, teta, alfa, beta ve gama) vardır. Her bir frekans aralığındaki OİS, beyindeki birden çok fonksiyonu temsil eder. Örneğin, delta salınımları karar verme, teta salınımları ise daha çok odaklanmış dikkatle ilgilidir. Teta salınımları bellek işlemleriyle de ilişkilendirilir (Herrmann, Strüber, Helfrich ve Engel, 2016; Wolfgang Klimesch, 1999). EEG alfa salınımları duyuşsal uyarılma sırasında modüle edilirler



(Schürmann ve Başar, 2001). Ayrıca hafızayı yansıtırlar (Herrmann vd., 2016; W. Klimesch, n.d.). Beta salınımları sensorimotor etkileşimi gerektiren bilişsel görevler sırasında modüle edilmektedir (Kilavik, Zaepffel, Brovelli, MacKay ve Riehle, 2013; W. Klimesch, n.d.). Tam kortikal bölgeye bağlı olarak, gama salınımları bilginin dikkatle işlenmesiyle yakından ilgilidir (Fries, Reynolds, Rorie ve Desimone, 2001; Herrmann vd., 2016; Womelsdorf ve Fries, 2006). OİS'lar ile ilgili literatür araştırmaları incelendiğinde, OİS'ların temsil ettiği düşünülen beyin fonksiyonlarına yönelik pek çok bulgu daha ortaya çıkmaktadır.

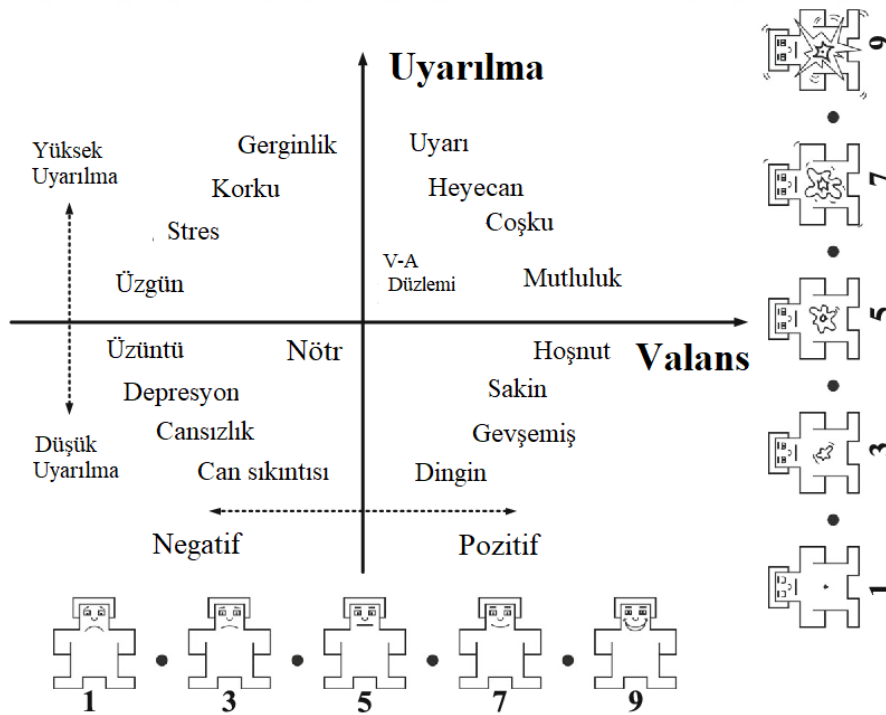
#### 1.2.4. Duygu

Duygu tanımının yapılabilmesi için ilgili literatür araştırıldığında pek çok tanımla karşılaşmaktadır. Bu sebeple evrensel bir duygu tanımı yapmak zordur. Bununla birlikte, psikolojide, duygu, psikolojik değişikliklerle sonuçlanan bir inanç hali olarak tanımlanabilir. Bu da, kişinin bu duygu durumundaki düşünce ve davranışlarını yansıtan fiziksel değişikliklerle sonuçlanır (Sreeja, PS, Mahalakshmi, 2017). Duygular, insanların diğer insanlar ve dış dünya ile iletişim kurmalarında ve kendi davranış biçimlerini oluşturmada önemli birer araçtır. Bu sebeple pek çok bilimsel araştırma disiplinde duyguların insanların fizyolojik ve bilişsel süreçleri üzerindeki etkilerine dair araştırmalar yapılmaktadır.

Geleneksel olarak duygular iki farklı bakış açısıyla değerlendirilmektedir. Bunlardan birisi ayrık duygu modeli (Ekman ve Davidson, 1994; Izard, 2007), diğeri ise boyutsal duygu modelinin (Barrett vd., 2007; Russell, 1980) kullanıldığı yaklaşımlardır. Ayrık model yaklaşımında duygular, pozitif ve negatif içerikli olmak üzere farklı isim etiketleriyle (sinir, korku, hüzn, nefret, neşe ve hayret) ifade edilirler. Boyutsal duygu modeli yaklaşımında ise duygular isimleri ile değil de, valans (duygusal değerlik) ve uyarılma olmak üzere iki boyut ile ifade edilmektedir. Böylece, herhangi bir duygu standart olarak belirlenen duygu kategorileri ile tanımlanamadığında ya da birden çok kategori ile tanımlanmak istendiğinde çok boyutlu bir uzayda, bir bölge ya da nokta ile temsil edilebilmektedir. Yapılan bu tez çalışmasında kullanılan veri tabanındaki görüntülerin içeriği her bir birey tarafından öznel olarak değerlendirilirken (davranışsal veri) boyutsal duygu modeli yaklaşımı kullanılmıştır.

### 1.2.4.1. Duygunun Boyutları

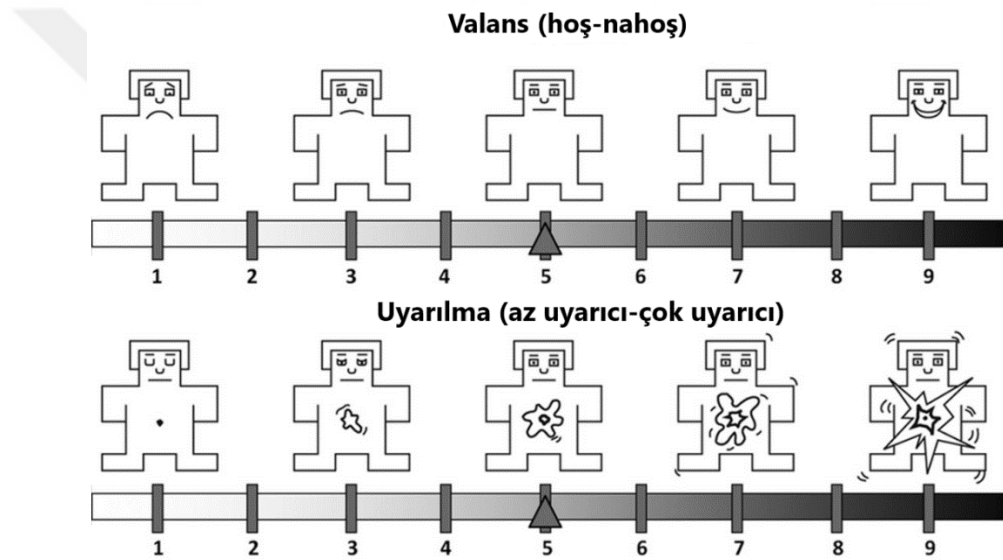
Boyutsal duygu modeline göre, duygular Şekil 1.7'deki gibi bir daire üzerinde valans-uyarılma düzleminde gösterilmektedir. Dairenin yatay eksenini duygunun valans boyutunu, dikey eksenini ise uyarılma boyutunu temsil etmektedir. Daire bu eksenler ile dört parçaya bölünür. Valans boyutu duygunun niteliğini ifade etmekte olup, valans ekseninin sol tarafı negatif duyguları sağ tarafı ise pozitif duyguları belirtmektedir. Eksende sağdan sola doğru duygular, hoşnutluk ile hoşnutsuzluk arasında değişen ifadelerle tanımlanmıştır. Aynı şekilde uyarılma boyutu ise aktivasyon düzeyini ifade etmekte olup, uyarılma ekseninin alt tarafı aktif olmayan duyguları üst tarafı ise aktif duyguları belirtmektedir. Eksende aşağıdan yukarıya, sakinlikten heyecanlıya doğru değişen ifadeler tanımlanmıştır. Daire üzerinde üst sağ bölge yüksek uyarılma pozitif valans bölgesi, üst sol bölge yüksek uyarılma negatif valans bölgesi, alt sol bölge düşük uyarılma negatif valans bölgesi ve alt sağ bölge ise düşük uyarılma pozitif valans bölgesini oluşturmaktadır. Bu tanımlamalara göre örneğin 'mutlu' duygusu yüksek uyarılma pozitif valans şeklinde ifade edilebilmektedir.



Şekil 1.7. Duygunun boyutsal düzleminde (valans-uyarılma) ifade edilmesi

Boyutsal duygu modelinde, duygusal tepkileri ölçmek amacıyla Manikin Kendini-Değerlendirme Ölçeği (Self Assessment Manikin-SAM) (Bradley ve Lang, 1994) ve feeltrace (Cowie vd., 2000) gibi ölçekler kullanılmaktadır. Sunulan tez çalışmasında duygusal tepki ölçümü SAM ölçeği (Şekil 1.8) kullanılarak gerçekleştirilmiş ve sonuçlar davranışsal veri olarak kaydedilmiştir.

SAM aracılığıyla duygusal içerikli görüntülerin deneklerde oluşturduğu duygusal değerlik ve uyarılma düzeyleri denekler tarafından puanlanarak (1-9) belirlenir. SAM testinde, duygusal değerlik derecelendirmesinde 1 en naohş, 9 en hoş ve uyarılma düzeyinin derecelendirilmesinde ise 1 en az uyarıcı, 9 en çok uyarıcı olarak puanlandırılır.



Şekil 1.8. Manikin Kendini-Değerlendirme Ölçeği (Self-Assessment Manikin/SAM).

#### 1.2.4.2. Duyum ve Algı

Algının amacı, dünya hakkında bilgi toplamak ve onu anlamlı hale getirmektir (E. E. Smith, Kosslyn ve Şahin, 2014). Görme, işitme, koklama, tatma ve dokunma gibi duysal sistemler aracılığıyla alınan duysal bilgi bu sistemlerde öncelikli olarak ayrıştırılır, sonrasında ise duysal deneyimin değişik yönlerini seçici olarak işleyen farklı bileşenlerin bilgileri bir araya getirilerek algı oluşturulur. Algılama beş farklı duyu organımız aracılığıyla farklı şekillerde gerçekleştirilmekte olup, bu tez çalışmasında araştırılan konu gereği görsel algı üzerinde durulacaktır.

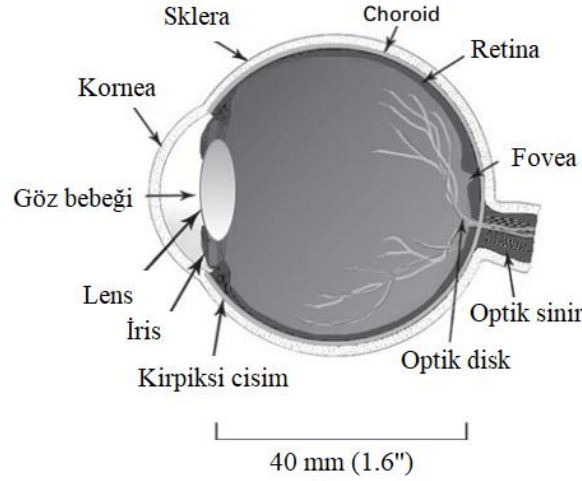
Görsel sahnelerin algılanması gözde başlayıp beyinde sonuçlanan karmaşık bir süreçtir. Bu süreçte görsel sahnelerden yansıyan ışık gözden içeri girer ve burada elektriksel sinyallere dönüştürülür. Ardından bu sinyal beynin ilgili bölümlerine iletilip yorumlanmakta ve görsel algı gerçekleşmektedir. Görsel algılama sürecinde meydana gelen paralel işlemler günümüzde halen daha tam anlamıyla çözümlenebilmiş değildir. Bu karmaşık süreçte göz ve beynin pek çok bölgesi aktif olarak görev almaktadır. Özellikle kortikal görme sırasında beynin büyük bir kısmı bu sürece katkı sağlar. Görsel uyarılara ait bilginin algılanması sırasında görsel sahnelerin renk, hareket, boyut ve şekil gibi pek çok fiziksel parametresinin yanında bu uyarının duygusal içeriği, hafıza ile bağlantısı gibi bir takım parametrelerde bu sahnenin algılanması üzerinde etkilidir.

### **1.2.5. Görsel Sistem**

Dış dünyanın algılanması göz ile başlayıp beyinde sonlanan paralel süreçlerin hakim olduğu karmaşık bir ağıdır. Göz, dış ortamdan gelen ışığın elektriksel sinyale çevrildiği, beyin ise bu sinyalin işlenerek yorumlandığı organdır. Bu iki organın iş birliği ile çalışması sonucunda görme olayı gerçekleşir. Bu nedenle dış dünyadaki herhangi bir uyarı ve bu uyarıyı nasıl algıladığımızı anlayabilmek için öncelikli olarak göz ve beyindeki kortikal görme alanlarının işlevlerinin iyice anlaşılması gerekmektedir.

#### **1.2.5.1. Gözün Anatomik Yapısı**

Göz dış dünyadan gelen ışığın elektriksel sinyale çevrilmesinde rol oynayan organdır. Şekil 1.9'da insan gözünün en temel yapıları gösterilmektedir. Göz üç bölümden meydana gelir; sert tabaka, damar tabaka ve ağ tabaka.



Şekil 1.9. İnsan gözündeki temel yapılar (Daugherty, 2009).

**Sert Tabaka (Göz Akı):** Gözün en dışında bulunan beyaz renkli kısımdır. Bağ dokudan oluşur. Gözü dış etkilerden korur.

**Kornea:** Sert tabaka gözün ön kısmında bombeleşerek saydam tabakayı (kornea) meydana getirmektedir. Kornea damarsız tabakadır. Göze gelen ışığı kırarak göz bebeğinden geçirir. Gözün içini dışarıdan gelecek olumsuz etkilerden korur.

**Sklera:** Göz küresine koruyucu kılıf oluşturur. Sert fibröz yapılı bir tabakadır. Beyaz renklidir.

**Damar Tabaka:** Sert tabakanın altında, gözün orta kısmında bulunur. Gözün beslenmesini sağlayan damarlardan oluşur. Görme sinirleri ve ışığa duyarlı hücreler bu tabakada yer alır.

**İris:** Damar tabaka, gözün ön kısmında göze rengini veren irisi oluşturur. Göze giren ışık miktarı iris ile çevrili göz bebeği tarafından kontrol edilir. Işığın az olduğu ortamlarda iris genişleyerek gözbebeğinin büyümesini, çok olduğu ortamlarda daralarak gözbebeğinin küçülmesini sağlar.

**Göz Bebeği:** İrisin ortasında bulunan açıklıktır. İris aracılığıyla büzülüp gevşeyerek göze giren ışık miktarını ayarlar.

**Camsı Cisim:** Göz merceği ile ağ tabaka arasındaki boşluğu dolduran kısımdır. Göz merceğinin konumunu korumasını sağlar.

**Ağ Tabaka (Retina):** Gözün iç duvarını kaplayan sinir tabakasıdır. Kornea'dan kırılarak göze giren ışık ışınları bu tabakada bulunan foto reseptörler (koni ve çubuk) aracılığıyla elektriksel sinyallere çevrilip göz sinirine iletilirler. Optik sinir (göz siniri),

retina tabakasından çıkan sinir liflerinin gözün bir noktasında birleşerek gözden çıkıp beyine kadar devam etmektedir.

**Kör Nokta:** Ağ tabakada bulunan görme sinirlerinin göz yuvarlağının arka kısmından çıktığı yerdir. Bu nokta ışığa duyarlı değildir ve burada görüntü oluşmaz.

**Sarı Leke:** Görüntünün meydana geldiği yerdir. Kör noktanın üst kısmında bulunan çukur bölgedir.

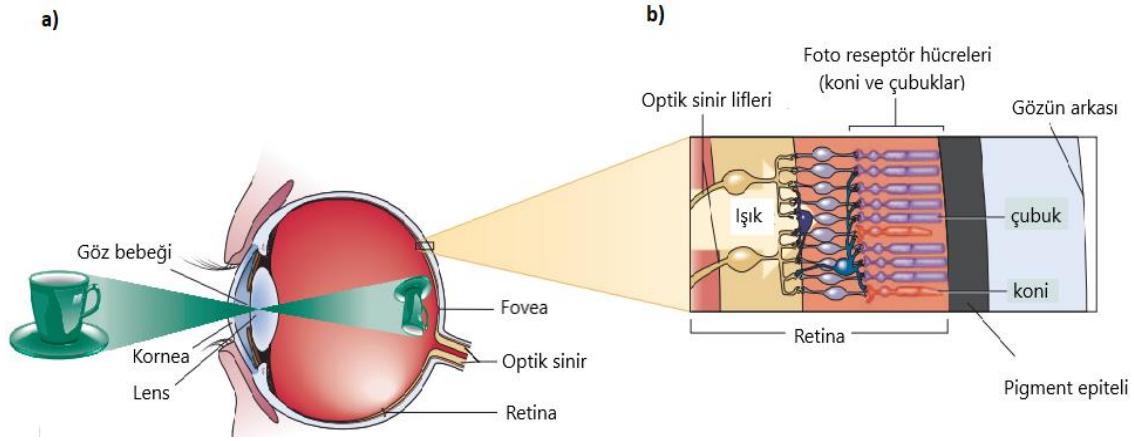
**Göz Merceği (Lens):** Ağ tabaka gözün ön kısmında göz merceğini oluşturur. İnce kenarlı bir mercektir. Göz merceği ışığı kırarak görüntüyü sarı leke üzerine düşürür.

### 1.2.5.2. Görme Nasıl Gerçekleşir?

Görme olayı iki aşamada gerçekleşir. İlk aşama dışarıdan gelen uyarıların korneadan retinaya gelerek burada elektriksel sinyallere dönüştürülmesi, ikinci aşama ise bu sinyallerin beyine taşınıp burada ilgili merkezlerde işlenerek kortikal algıya dönüştürülmesidir. Öncelikli olarak görme işleminin korneadan retinaya kadar olan kısmından bahsedilecektir.

Görme ilk olarak gözde başlar. Göz, çapı yaklaşık 40 mm olan küresel bir yapıdır (Daugherty, 2009). Dış dünyadan gözümüze düşen ışık ilk olarak kornea adı verilen tabakada kırılır ve buradan irisle çevrili göz bebeğine girer. Göz bebeğinden geçen ışık gözün en iç zarında, retinada ters bir görüntü oluşturmak için göz merceğinde tekrar kırılır (Şekil 1.10 a). Retina birkaç katmandan oluşmaktadır. Bu katmanlardan birisi retina pigment epitelidir (Şekil 1.10 b). Bu katman, ışığı algılayıp elektriksel darbelere dönüştüren ve optik sinirler aracılığıyla beyine iletilmesini sağlayan foto reseptörler içerir. İki tür foto reseptör vardır, çubuklar ve koniler (Şekil 1.10 b). Koniler aydınlıkta renkli görme ile ilişkili, çubuklar ise alacakaranlıkta renksiz görme ile ilişkili foto reseptörlerdir. Çubukların sayısı konilere göre daha fazladır. Tüm katman boyunca yaklaşık 100 milyon tane dağılmış halde bulunurlar. Konilere göre ışığa karşı daha hassastırlar. Çubuklar ışık yoğunluğunu algılayıp, rengi algılayamazlar. Düşük ışık yoğunluğunda işlev görebilir olup, gece görüşü için hayati öneme sahiptirler. Konilerin sayısı ise yaklaşık 6-7 milyon kadardır. Bunlar, retinanın merkezine yakın yaklaşık 1.5 mm çapında dairesel bir bölgede yoğun bir şekilde bulunurlar. Bu bölge göz çukuru (fovea) olarak isimlendirilir (Daugherty, 2009). Fovea görüşümüzün en keskin olduğu noktadır.

Üç tip görüşü ayırt edebiliriz. Karanlık ortamlarda sadece çubuk reseptörler aktiftir ve çubuklar renkleri ayırt edemez, bu nedenle nesnelere gri tonlarında algılarlar. Bu durum gece görüşü olarak isimlendirilir. Aydınlik ortamlarda ise koni reseptörler aktiftir. Koni reseptörler renkleri algılamamızı sağlarlar. Bu durum gündüz görüşü olarak isimlendirilir. Loş ortamlarda ise hem çubuk hem de koni reseptörler aktiftir. Bu durum ise mezopik görüş olarak isimlendirilir (Nizam, 2017). Çubuk ve koni reseptörler aracılığıyla göze gelen ışık elektriksel sinyallere dönüştürülür. Bu sinyaller yorumlanmak üzere beyine iletilir. Optik sinirlerin göz ile bağlantısının olduğu noktaya kör nokta denilmektedir. Kör noktada foto reseptörler bulunmamaktadır.



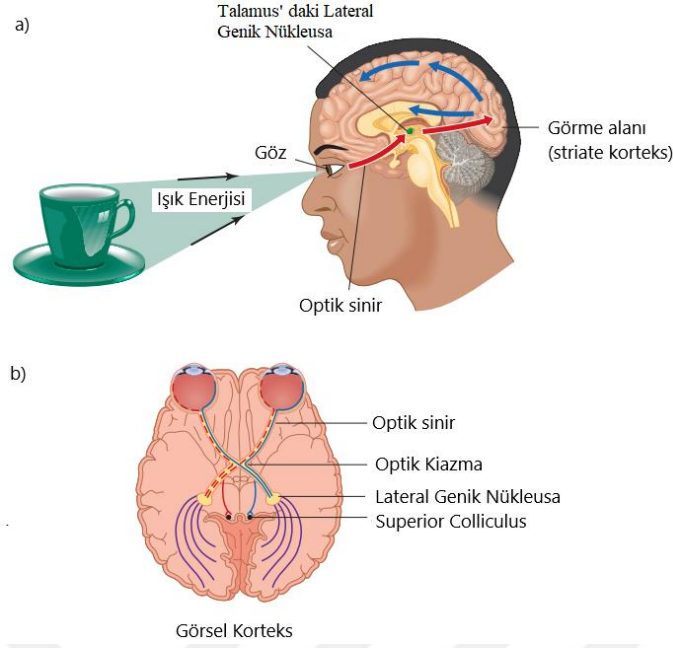
Şekil 1.10. a) Görüntüsünün retina da odaklanması, b) Foto-reseptörlerin yakın görüntüsü (Goldstein, 2005).

Görsel sisteme genel bir bakış olan sinir sinyallerinin retinadan çıktıktan sonra izlediği yol Şekil 1.10 ile ifade edilmiştir. Görme sürecinin ikinci aşaması, retinada oluşturulan elektriksel sinyallerin optik sinir yolları ile beyine taşınıp buradaki ilgili merkezlerde işlenerek kortikal algıya dönüştürüldüğü kısımdır. Foto-reseptörlerde oluşan elektriksel sinyaller retinada bulunan bipolar hücrelerle sinaps yaparak dış tabakada bulunan ganglion hücrelerine iletilirler (Kandel E., 1996). Bipolar hücreler görme yollarının birinci nöronu, ganglion hücreleri ise ikinci nöronudur.

Her bir foto reseptör farklı özelliklere sahip (akson iletim hızı, spektral duyarlılık, parlaklık kontrastına duyarlılık vb.) ganglion hücrelerini (M tipi ve P tipi) uyarır (Kandel E., 1996). Retina ganglion hücrelerinin aksonları optik diskte (papilla) toplanarak gözün arka tarafında demet şeklindeki optik siniri oluştururlar. Optik sinirdeki aksonların çoğu P

tipi ganglion hücrelerinden oluşmaktadır (Kandel E., 1996). Optik sinir, her bir gözden gelen uyarıları beynin ilgili bölgelerine taşıyan yoldur. İki gözden çıkan optik sinirler optik kiazmada bir araya gelirler. Burada, görsel sinyallerin çaprazlanma işlemi gerçekleşir. Kiyazma sırasında her iki gözün nazal (burun tarafından) retinasından gelen sinir lifleri çaprazlaşarak karşı tarafa geçerken, temporal retinadan gelen sinir lifleri çaprazlaşmadan doğrudan karşı tarafa geçerler. Böylece beynin sol yarım küresi, sağ görsel alandan gelen bilgiyi işlerken, sağ yarım küresi ise sol görsel alandan gelen bilgiyi işler. Kiyazmadan sonra sinir lifleri optik traktus ismini alırlar. Optik traktustaki sinir lifleri daha sonra beynin talamus kısmında bulunan lateral geniş nükleus (LGN) bölgesine gelirler. Lateral genikülata ganglionu gelen sinir lifleri burada bir sinaps oluştururlar. LGN, sadece retinadan sinyal almaz. Optik sinirlerdeki liflerin yüzde doksanı LGN'e gelir (yüzde 10'u ise superior koliculus'a gitmektedir). Fakat bu sinyaller LGN'e ulaşan tek sinyal değildirler. LGN ayrıca korteksten, beyin sapından, talamustaki diğer nöronlardan ve LGN'deki diğer nöronlardan gelen sinyalleride alır. Böylece, LGN korteks dahil birçok kaynaktan bilgi alıp çıktısını kortekse gönderir (Daugherty, 2009). LGN'de 6 katmandan oluşmaktadır. İlk iki tabaka magnoselüler tabakalar olarak isimlendirilir. Bu tabakalarda M tipi ganglion hücrelerin aksonları sonlanır. Diğer dört tabaka parvoselüler tabakalar olarak isimlendirilir. P tipi ganglion hücreleri bu tabakalara projekte olurlar (Kolb B., n.d.; Schiller P.H., 1978). LGN hücrelerinin aksonları optik radyasyon oluşturarak oksipital loba yani görme korteksinde Brodmann'ın 17. Alanına projekte olurlar. Bu bölgeye birincil görme korteksi'de denilmektedir. Böylece retina tabakasında elektriksel sinyale dönüştürülen ışık enerjisi görme korteksine iletilmiş olur. Bu olaya retinopi denilmektedir.





Şekil 1.11. a) Görsel sistemde görme işleminin gerçekleştiği birincil görsel yolun üç ana bölgesinin (LGN, optik sinir ve görsel korteks) yandan görünümü, b) retinadan bazı sinir liflerinin, optik kiazmada beyin karşı tarafına nasıl geçtiğini gösteren beyin altından görünümü (Goldstein, 2005).

Şekil 1.11 b, beyin alt kısmından görsel sistemi göstermektedir. Şekilde retinadan gelen sinyallerin beyin diğer tarafına nasıl geçtiği özetlenmiştir. Bu şekil aynı zamanda göz hareketlerinin ve diğer göz davranışlarının kontrol edildiği alan olan superior colliculus'un yerini de göstermektedir (Goldstein, 2005). Şekil 1.11 incelendiğinde optik sinyallerin kortikal beyin alanlarına nasıl iletildiği açıkça gözükmektedir. Buradan da anlaşılacağı üzere görme, göz ve beynin bir arada hareket ettiği karmaşık süreçtir.

### 1.2.5.3. Kortikal Görme Yolları

Birincil görme korteksi kortikal görme işleminin başladığı ilk yerdir. Görme korteksi, içinden geçen sinir liflerinin oluşturduğu beyaz çizgilerden ötürü şerit korteks (striate cortex) ya da V1 olarak da adlandırılır (Glickstein, 1988). Durağan ve hareketli nesnelere ait bilgi işleme ve tanıma işlemleri için özelleşmiştir. Burada işlenen görsel bilgi diğer üst katmanlara (V2, V3 ve V4) iletilerek kortikal görmenin üst seviyelerine geçilir.

V1 altı tabakadan oluşur. LGN'den gelen girdiler dördüncü tabakada sonlanır. Dördüncü tabakada kendi içerisinde dört alt tabakaya ayrılır (4A, 4B, 4C- $\alpha$  ve 4C- $\beta$ ).

Birincil görme korteksinde başlayan görsel uyarıların kortikal analizi ventral ve dorsal akım olarak isimlendirilen iki yola ayrılıp devam eder. Dorsal akım parietal lob'a uzanan ve nesnelerin 'nerede' oldukları ve 'nasıl' hareket ettikleri ile ilgili bilgilerin işlendiği yoldur. V1'de başlayıp, V2 ve V5 görme alanlarına doğru devam eder ventral akım ise temporal loba uzanan ve cisimlerin tanımlamaya ilişkin bilgilerin işlendiği yoldur. V1'de başlayıp, V2 ve V4 görme alanlarına doğru devam eder. Görsel sinyaller ayrıca beynin frontal lobundaki alanlara da ulaşmaktadır (Şekil 1.11 a'da mavi oklarla gösterilmektedir.), (Goldstein, 2005).

#### 1.2.5.4. Aşağıdan-Yukarı ve Yukarıdan-Aşağı Görsel Bilgi İşleme

Görsel algılama, aşağıdan-yukarı ve yukarıdan-aşağı görsel bilgi işleme süreçlerinin bir ürünüdür. Dış dünyadan gelen duysal bilgiler aşağıdan-yukarı bilgi işleme sürecini başlatırken, yukarıdan-aşağı bilgi işleme süreci ise beklentilerimiz, geçmiş bilgilerimiz, deneyimlerimiz tarafından başlatılan bilgi arama ve toplama süreçlerini kapsar (E. E. Smith vd., 2014). Aşağıdan-yukarı işleme, retinadan görsel kortekse (V1) doğru tek bir yönde gerçekleşir ve algılama için zorunlu bir süreçtir. Algılama duygusal girdi olan uyarı ile başlar. Bu nedenle aşağıdan-yukarı işleme veriye dayalı işleme olarak da bilinir.

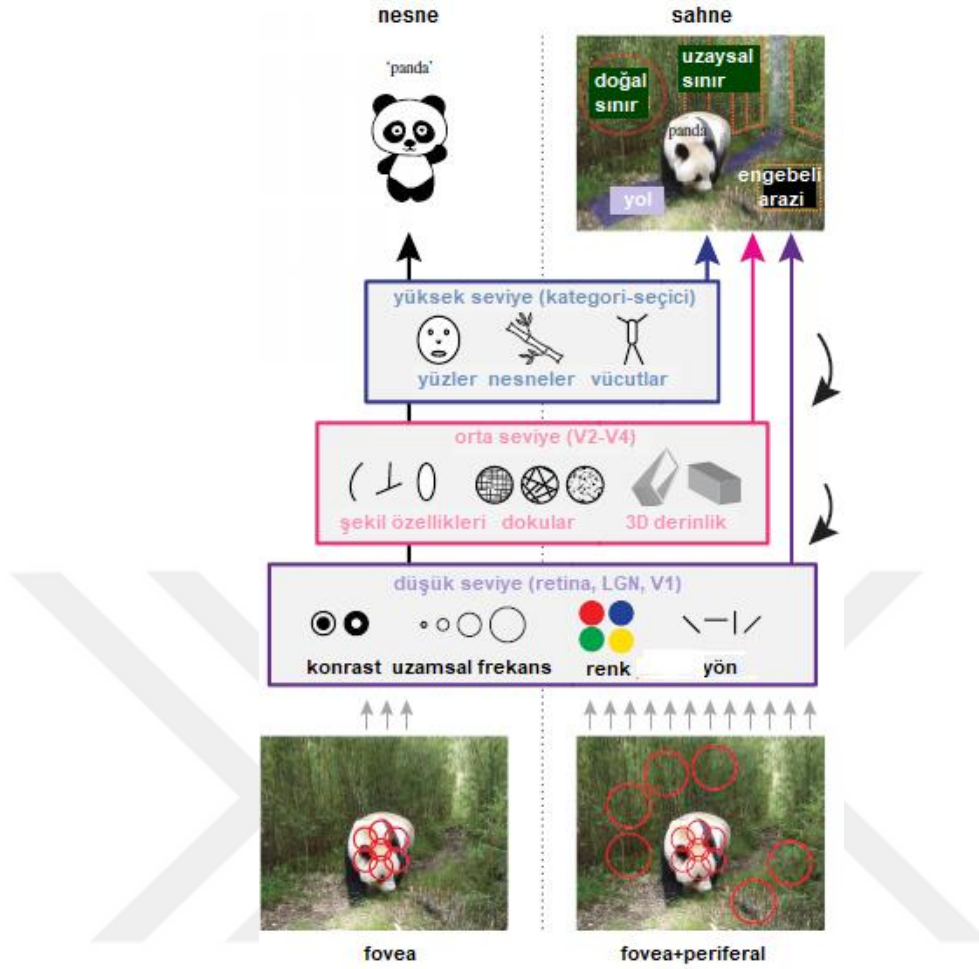
İnsanların algılamış olduğu ortamlar dış dünyanın mükemmel bir yansıması değildir. Örneğin görsel yanılsama durumlarında gelen veriler aynı olmasına rağmen, iki farklı kişi bu veriyi farklı şekilde algılayabilir. Aynı uyarının neden olmuş olduğu bu algı farkı görsel bilginin yukarıdan-aşağı işlenmesinden kaynaklanmaktadır (Pamir, 2014; Smith, E. E. ve Kosslyn, 2007). Yukarıdan-aşağı işleme diğer bir ifadeyle bilgi tabanlı işleme sırasında, kortikal nöronlar, dikkat, beklenti ve algısal görevin etkilerine maruz kalır. 'Yukarıdan-aşağı' ifadesiyle, bilişsel etkiler ve bilgi işleme sırasında önceki adımlara etki eden daha yüksek dereceli gösterimler kastedilmektedir. Yukarıdan-aşağı bilgi işleme sırasında sinyal, görsel sahnenin yorumlanmasını kolaylaştıran ve görsel sistemdeki hızlı ve sürekli göz hareketlerine rağmen nesnelerin sabit bir temsilinin oluşturulmasını sağlayan fazla miktarda bilgi taşımaktadır. Ayrıca, yukarıdan-aşağı bilgi işleme, öğrenilen bilgilerin kodlanmasında ve geri çağırılmasında da rol oynamaktadır. Nöronlar tarafından taşınan ileri

beslenen sinyaller, davranış bağlamına göre aynı görsel sahne hakkında farklı anlamlar taşır (Gilbert ve Li, 2013).

#### **1.2.5.5. Kortikal Görmenin Hiyerarşik Yapısı**

Görsel işleme, ardışık biçimde artan temsiller üreten, bir dizi ayrık aşamadan oluşan hiyerarşik bir çerçevede düşünülür (Groen, Silson ve Baker, 2017; Yamins DLK, 2016). Bu farklı aşamalar genellikle düşük, orta ve yüksek düzey temsiller olarak dikkate alınır (Şekil 1.13).

Düşük düzey görmenin, yerel renk, parlaklık veya kontrast gibi temel özelliklerin temsilini içerdiği düşünülür. Bu işlem tipik olarak birincil görsel korteksteki (V1) bilgi akışıyla bağlantılıdır (Groen vd., 2017; Yamins DLK, 2016). V1, V2 – V4'ün ötesindeki aşamaların genellikle orta düzey görmeyi kapsadığı (Groen vd., 2017; Peirce., 2015) ve bu alanların temel özellikler, yüzeyler, yüksek dereceli görüntü istatistikleri, eşitsizlik ve ara şekil özellikleri gibi özelliklerin birleşimini temsil ettiği varsayılmaktadır (Freeman J, Ziemba CM, Heeger DJ ve JA., 2013; Roe AW, Chelazzi L, Connor CE, Conway BR ve Gallant JL, Lu H, 2012; Welchman AE, Deubelius A, Conrad V ve Z., 2005). Son olarak, üst düzey görmenin, sınıflandırma veya tanımaya olanak sağlayan, görsel girdinin kategorik veya semantik gösterimler halinde soyutlanmasını yansıttığı düşünülmektedir.



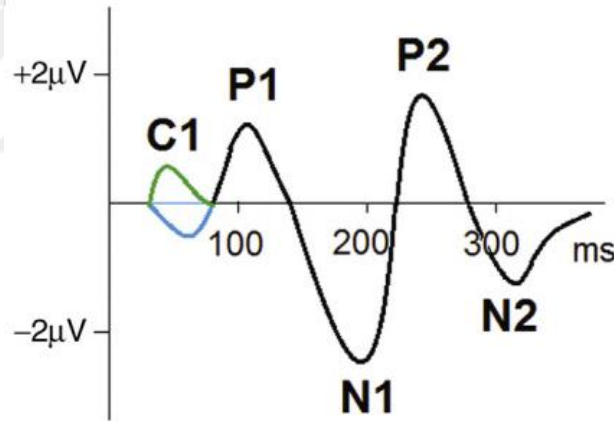
Şekil 1.12. Görsel algının hiyerarşik çerçevesi (Groen vd., 2017).

#### 1.2.5.6. Görsel Sistemle İlgili Kortikal Yanıtlar

Görsel işlemeyle ilgili OİP çalışmalarındaki genel görüş, erken OİP bileşenlerinin görsel işlemede belirgin olarak yer aldığıdır (Groen vd., 2017; SJ., 2005). Görsel bir uyarının beyinde işlenmesi sırasında hem ventral hem de dorsal görsel yollar aktive olur. Bu sırada beyinde görsel uyarana yanıt olarak potansiyel dalga formları oluşur. Bu dalga formlarından bazıları Şekil 1.13 üzerinde gösterilmiştir. Her bir dalga farklı topografyalara sahiptir. C1 dalgası, 70-100 ms civarında doruğa ulaşır ve oksipital lobun kalkarin fissüründe bulunan çizgili kortekste üretilir. C1 dalgası, korteksdeki en erken görsel işleme göstergesidir. Görsel uyarın, görsel alanın merkezinde sunulduğunda, C1 dalgası oldukça küçük olup tespit edilmesi zordur (Kropotov, J. D, 2016). P1 (başlangıç 60–90 ms; en yüksek genlik 100-130 ms) ve N1 (başlangıç 100–150 ms; en yüksek 150–200 ms) gibi daha sonra ortaya çıkan bileşenler ise sırasıyla extrastriate ve yüksek düzey görsel

bölgelerdeki aktiviteyi yansıtabilirler. N1, özellikle görsel ayrımcılığı yansıtır (Groen vd., 2017; Vogel EK, 2000). Doğal sahneler içerisindeki nesnelerin, uyarıcı başlangıcından yaklaşık 150 ms sonra ortaya çıkan N1 ile temsil edildiği düşünülmektedir (Groen vd., 2017; Thorpe S, Fize D, 1996).

Bununla birlikte, 200 ms sonra ortaya çıkan aktivitenin P2 ve P3 gibi bileşenler tarafından indekslendiği ve bu bileşenlerin görev bağlamı, hedef olasılık, beklenti gibi görsel kodlamanın ötesinde bilişsel işlemeyi yansıttığı varsayılmaktadır (Groen vd., 2017; SJ., 2005). Özellikle OİP çalışmalarında bilişsel süreçlerle en sık ilişkilendirilen bileşen P3'tür. P3, 300-1000 ms pik gecikme süresi ile ortaya çıkan pozitif bir potansiyeldir (Donchin ve Coles, 1988). P3'ün genliği dikkat hakkında bilgi verirken, gecikmesi uyarıcıyı sınıflandırma zamanını yansıtır (Kutas, Mccarthy ve Donchin, 1977; Q. Ma, Wang, Shu ve Dai, 2008; Magliero, Bashore, Coles ve Donchin, 1984). P3'ün genliği, görevin zorluk derecesine göre değişebilir (Delplanque vd., 2006).



Şekil 1.13. OİP yanıt örnekleri (Kropotov, J. D, 2016).

#### 1.2.5.7. Görsel Sistem Uyarıları

Görsel işleme sırasında, görsel sistem uyarılarına ait bilginin beyinde nasıl ayrıştırıldığı ve işlendiği karmaşık ve ilgi çeken bir konudur. Görsel bir uyarıdan yansıyan ışığın retinal hücrelerde başlattığı elektrokimyasal reaksiyonların nasıl görsel sinyallere dönüştürüldüğü, bu sinyallerin farklı boyutlara ayrıştırılması ve anlamlandırılması, sonrasında ise diğer zihinsel fonksiyonlarla bütünleştirilerek görme eyleminin nasıl gerçekleştirildiği halen daha tüm ayrıntılarıyla anlaşılabilmiş değildir. Bu

nedenle görme algısından bahsederken, bunun çok bileşenli ve keskin sınırlara sahip olmayan bir kavram olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.

Görsel algılama, görsel bir uyarının kontrast, uzamsal frekans, renk, boyut ve parlaklık gibi aşağıdan-yukarı süreçlerle ilgili fiziksel parametrelerinin yanı sıra, görsel uyarının duygusal içeriği, anlamsal niteliği, geçmiş deneyimlerle olan bağı gibi daha karmaşık özellikleri ve bunların birbirleriyle etkileşimini de içermektedir. Bu nedenle görsel algılama sırasında gerçekleşen beyin süreçleri incelenirken görsel uyarılara ait düşük seviye fiziksel parametreler dışında görsel uyarıların duygusal içeriği de göz önünde bulundurulmalıdır.

Yapılan tez çalışmasında görsel sitem uyarıcısı olarak farklı duygusal içeriklere sahip görüntü grupları kullanılmış olup bu görüntüler UDRS veri tabanından elde edilmiştir.

#### **1.2.5.7.1. Uluslararası Duygusal Resim Sistemi (UDRS)**

UDRS veri tabanı (Lang, Bradley ve Cuthbert, 1997), duygusal süreçlerin araştırıldığı deneysel psikoloji araştırmaları ve görsel işleme çalışmalarında sıklıkla kullanılan, duygusal yönden uyarıcı, standartlaştırılmış renkli görüntülerden oluşmaktadır. Bu görüntüler; gündelik nesnelere, vahşi hayvanlar, kesik uzuv, manzara, insan yüzleri, bebek görüntüleri, erotik sahneler gibi duygusal anlamda farklı içeriklere sahiptir. UDRS veri tabanına uluslararası düzeyde erişim sağlanabilmekte ve böylece bu görüntülerin kullanıldığı araştırma bulguları karşılaştırılabilmektedir. UDRS görüntüleri, uyarıcılık, duygusal değerlik ve baskınlık parametrelerine göre standardize edilmiştir.

Uyarıcılık, bir uyarının bireyde tetiklediği uyarılma seviyesine (sakin olma durumu ile heyecanlı olma durumu arasında yer alan ifadeler ) bağlı olup, duygusal değerlik ise uyarının sunumu karşısında bireylerde üretilen hoşnutsuzluk durumuyla ilgilidir (hoş olma durumu ile nahoş olma durumu arasındaki ifadeler) (Bulut, 2015; Hidalgo-Muñoz vd., 2014) Baskınlık ise bireylerin bir durum üzerindeki kontrol hissini belirtir (zayıftan güçlüye) (Bulut, 2015). UDRS veri tabanında bulunan görüntülerin her biri bu parametrelere bağlı olarak çeşitli anlamsal ifadelerle karakterize edilmiştir (sakin/ heyecanlı, hoş/ nahoş, zayıf/ güçlü).

### 1.2.5.8. Görsel Uyarıların Fiziksel Özellikleri

Görsel uyarılar, görsel algılama üzerinde etkisi olduğu düşünülen lüminans, parlaklık, kontrast, uzamsal frekans, renk, doygunluk gibi düşük seviye fiziksel özelliklere sahiptirler. Bunlardan birkaçını açıklayacak olursak;

#### 1.2.5.8.1. Lüminans

Lüminans, belirli bir yönde hareket eden, görünür spektrumdan birim alan başına gelen ışık yoğunluğu olarak tanımlanır. Birimi  $kandela/metre^2$  ( $cd/m^2$ ) olarak ifade edilir (Aminoff, M. J., 2012).

Lüminans (L), denklem 1 ile ifade edilir. Burada  $l(\lambda)$ , belirli bir pozisyon ve zamanda dalga boyunun bir fonksiyonu olarak gelen ışık yoğunluğudur.  $\bar{y}(\lambda)$ , olay akışının algılanan parlaklığını yansıtan dalga boyuna bağlı bir ağırlıktır (göreceli ışık verimliliği).  $\bar{y}(\lambda)$ , fonksiyonu kişiden kişiye değişmekte olup standart bir gözlemci için 1929'da uluslararası aydınlatma komisyonu (Commission International de l'Eclairage-CIE) tarafından ölçülmüştür. K, bir sabit olup  $K=685$  lümen/ W'dir. Fiziksel bir ölçüm olan lüminans fotometre ile ölçülür.

$$L = K \int_a^b l(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda \quad (1)$$

#### 1.2.5.8.2. Parlaklık

Parlaklık algısı doğrudan lüminans ile ilişkili değildir. Parlaklık ve göze giren ışık fotonlarının sayısı dolaylı olarak ilişkilidir. Örneğin, eş lüminans koşulları altında, akromatik bir hedefin görünen parlaklığı, çevresinden yansıyan elektromanyetik ışımının frekans içeriğine bağlı olacaktır. Yani, karanlık bir arka plan üzerindeki bir hedef, görece daha az karanlık olan gri bir arka plan üzerindeki aynı hedeften daha parlak görünecektir (Bull, D., 2014). Bu nedenle parlaklık algılanan lüminans olarak tanımlanabilir. Doğrudan ölçümü yapılamaz. Gözlemcilerin kişisel deneyimlerini sorarak ölçümlenir.

Işığın fizyolojik olarak algılanmasının nicel olmayan bir göstergesini temsil eder (Bull, D., 2014).

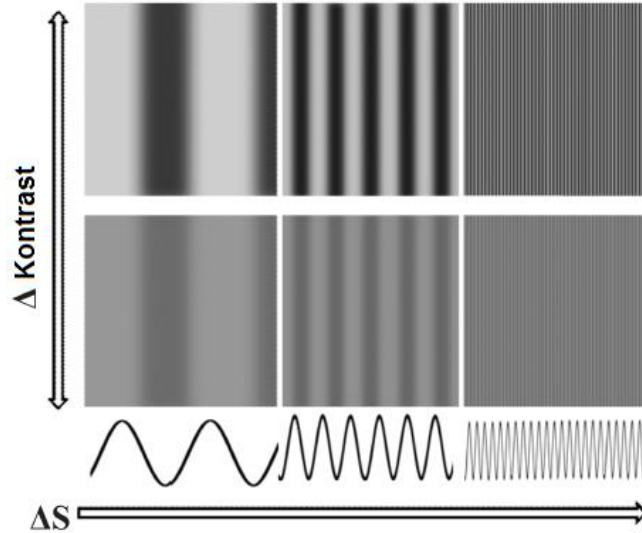
Lüminans ve parlaklık arasında sistematik bir etkileşim olması beklenir. Örneğin, lüminanstaki değişikliklerin parlaklıktaki değişikliklerle tutarlı bir şekilde korele olduğu düşünülür. Lüminans seviyesindeki artış, fotonların sayısında da artışa neden olur ve sonuç olarak gözdeki foto reseptörler daha kuvvetli olarak uyarılırlar. Bu nedenle, lüminans seviyesinin arttırılmasının parlaklık seviyesinde de bir artışa neden olması beklenmektedir (Pamir, 2014).

### 1.2.5.8.3. Kontrast

Kontrast, görsel bir sahnede iki bitişik eleman arasındaki lüminans farkıdır ve denklem 2 ile tanımlanır (Aminoff, M. J., 2012);

$$KS = \frac{L_{maks} - L_{min}}{L_{maks} + L_{min}} \quad (2)$$

Denklemden, KS kontrast seviyesini,  $L_{maks}$  en parlak lüminans elemanını,  $L_{min}$  ise en koyu lüminans elemanını ifade eder (Aminoff, M. J., 2012).



Şekil 1.14. Farklı kontrast ve uzamsal frekans seviyelerine sahip ızgara uyarıcı örnekleri. ızgara uyarıcı örnekleri arasında soldan sağa doğru uzamsal frekans artmakta, yukarıdan aşağıya doğru ise kontrast azalmaktadır (Lacerda, E. M. C. B., Ventura, D. F., ve Silveira, L. C. L., 2009).



#### 1.2.5.8.4. Uzamsal Frekans

Uzamsal frekans, bir özelliğin boşlukta ne kadar hızlı değiştiğini yansıtır. Örneğin, şekil 1.15'deki gibi, aydınlığın sinüzoidal bir fonksiyona göre değiştiği dikey çubuklardan oluşan görsel bir uyarın için, uyarının uzaysal frekansı deseni oluşturmak için kullanılan sinüsün frekansıdır. Genel olarak, ince detaylara sahip keskin kenarların olduğu görsel uyarınlar, yüksek uzamsal frekanslarda daha fazla enerjiye sahipken, özelliklerin daha yavaş değiştiği görsel uyarınlar ise düşük frekanslarda daha fazla enerjiye sahiptirler (Delplanque, N'diaye, Scherer ve Grandjean, 2007).

Farklı uzaysal frekanslar, bir uyarıcının görünümünü hakkında farklı bilgiler iletirler. Yüksek uzamsal frekans görüntüdeki ani uzamsal değişiklikleri temsil eder (kenarlar) ve genellikle yapılandırma bilgisine ve ince detaylara karşılık gelir. Öte yandan, düşük uzamsal frekans ise görüntü hakkındaki küresel bilgileri temsil eder (genel yönelim ve oranlar), (Bar ve Bar, 2014).

## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bu bölümde, deneysel çalışmada kullanılan materyal ve yöntemler ayrıntılı olarak anlatıldı. Tüm hesap ve istatistiksel analizler MATLAB® ve SPSS kullanılarak gerçekleştirildi.

### 2.1. Materyal

#### 2.1.1. Katılımcılar

Deneysel çalışmaya otuz bir sağlıklı gönüllü (17 kadın ve 14 erkek) katıldı. Gönüllüler 20-45 yaş aralığında olup, yaş ortalamaları  $27,33 \pm 7,03$ 'dür. Katılımcılar, herhangi bir psikiyatrik ya da nörolojik bozukluğu ya da cilt hastalığı olmayan, sinir sistemini etkileyen ilaç kullanmayan bireylerden oluşmaktadır. Deneyden önce, katılımcıların depresyon ve anksiyete düzeyini değerlendirmek için tüm katılımcılara Beck Depresyon Envanteri (Beck Depression Inventory-BDI) ve Beck Anksiyete Envanteri (Beck Anxiety Inventory-BAI) uygulanmıştır. BDI'den 17'nin üzerinde ve / veya BAI'den 14'ün üzerinde puan alan bireyler çalışma dışı bırakılmıştır. Deneysel çalışma, İstanbul Arel Üniversitesi Etik Kurulu'nun 10432314-200.00.00-18 sayılı karar ile onayladığı deney prosedürlere göre gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya katılan gönüllülerin tümüne deneysel prosedürün ayrıntılı şekilde açıklandığı 'Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu' verilmiş ve gönüllüler bu formu imzaladıktan sonra deneye alınmıştır.

#### 2.1.2. Görsel Uyarılar

Çalışmada UDRS veri tabanında yer alan ve benzer lüminans düzeyine sahip (ortalama  $32.5 \pm 12.2 \text{ cd/ m}^2$ ) 30 adet görüntü görsel uyarı olarak kullanılmıştır (Şekil 8.1-8.30). Bu görüntülerin 10 adedi nötr içerikli görüntü (ev eşyaları, insan yüzleri vb.), 10 adedi nahoş içerikli görüntü (kesilmiş uzuv, vahşi hayvan vb.) ve 10 adedi hoş içerikli görüntülerden (bebek fotoğrafları, sevimli hayvan vb.) oluşmaktadır. Tüm görüntüler lüminans değerlerindeki yakınlıklar göz önünde bulundurularak seçilmiştir.

Deneysel prosedür gereği tüm görüntülerin parlaklık değerleri artırılarak düşük ve yüksek parlaklıkta iki farklı görüntü grubu elde edildi; parlaklık değeri değiştirilmemiş görüntü grupları **Orijinal**, parlaklık değeri artırılmış görüntü grupları ise **Parlak** olarak isimlendirildi.

Parlaklık artırma işlemi için ilk olarak her bir görüntünün ortalama gücü hesaplandı, ardından bu değer 1'den büyük bir sabit ile çarpılarak parlaklık artırıldı. Bu işlem sırasında, doygunluk problemini önlemek için görüntüler jpeg formatında kaydedilmeden önce yoğunluk değerleri normalize edildi. Normalizasyon uygulanmazsa, doygunluk görüntüyü belirsizleştirir ve kontrastı değiştirir. Kontrastın sabit kalması için bant sınırlı kontrast değeri ( $C$ ) hesaplandı ve bu değer sabit tutuldu (Hess ve Plant, 1983; Peli, 1990).

$$C(u, v) = 2A(u, v)/DC \quad (3)$$

$A(u, v)$ , görüntünün Fourier dönüşüm genliğidir.  $u$  ve  $v$ , yatay-dikey uzaysal frekans koordinatları,  $DC$  ise sıfır frekans bileşenidir.

Orijinal ve parlak görüntü gruplarının lüminans değerleri 'Delta OHM HD 2302.0 Lüminans Ölçer'(Şekil 2.1) ile ölçüldü. UDRS veri tabanından seçilen görüntülerin kod numaraları ile bu görüntülerin orijinal ve parlak versiyonlarına ait lüminans değerleri Tablo 2.1'de verilmiştir.



Şekil 2.1. Delta OHM HD 2302.0 lüminans ölçer

Tablo 2.1. UDRS veri tabanından elde edilen hoş, nahoş ve nötr görüntülerin kod numaraları ile bu görüntülerin orijinal ve parlak versiyonlarına ait lüminans değerleri

Duygusal İçerik	Görüntü Kod Numarası	Orijinal görüntülerin lüminans değerleri $cd/m^2$	Parlak görüntülerin lüminans değerleri $cd/m^2$
Hoş	1460	24.2	50.4
	1500	16.9	34.4
	1710	45.0	93.5
	1722	26.7	55.7
	1750	30.3	61.6
	2058	49.5	99.4
	2080	43.5	88.9
	2165	40.6	84.4
	2332	22.9	47.0
	2340	25.0	51.3
(ort $\pm$ std)		32.5 $\pm$ 10.6	66.7 $\pm$ 21.6
Nahoş	1052	36.2	74.1
	1114	25.8	52.0
	1274	25.5	52.8
	1930	20.5	41.2
	1932	24.6	50.3
	2205	43.8	88.5
	2352	54.2	111.2
	3400	30.3	61.2
	6350	38.5	77.6
	6550	25.1	51.8
(ort $\pm$ std)		32.5 $\pm$ 10.0	66.1 $\pm$ 20.5
Nötr	2190	17.6	35.3
	2210	30.7	64.4
	2214	55.7	115.9
	2480	17.2	34.4
	2495	26.0	54.4
	7010	25.6	51.2
	7020	53.8	111.7
	7030	37.4	76.6
	7041	28.5	59.1
	7080	31.5	73.5
(ort $\pm$ std)		32.4 $\pm$ 12.6	67.7 $\pm$ 26.6

Hoş, nötr ve nahoş görüntülerin orijinal ve parlak versiyonlarına ait örnek görüntüler Şekil 2.2. ile gösterilmiştir.



Şekil 2.2. UDRS görüntülerinin orijinal ve parlak versiyonları; a) sırasıyla orijinal hoş, orijinal nötr ve orijinal nahoş görüntü örnekleri; b) sırasıyla parlak hoş, parlak nötr ve parlak nahoş görüntü örnekleri.

Orijinal ve parlak görüntü gruplarının her birinde yer alan hoş, nahoş ve nötr görüntülerin lüminans değerlerinin ortalama değerleri arasında bir fark olup olmadığını istatistiksel olarak değerlendirmek için tek yönlü ANOVA testi kullanıldı. Tek yönlü ANOVA test sonuçlarına göre, aynı parlaklık seviyesine sahip (orijinal/ parlak) hoş, nahoş ve nötr görüntülerin lüminans değerleri arasında bir fark olmadığı kanıtlandı ( $F(2,29)=0.00$ ,  $p=1.00$  ve  $F(2,29)=0.01$ ,  $p=0.98$ , sırasıyla). Yani aynı grup içerisindeki (orijinal/ parlak) farklı uyaran tipleri eşit derecede parlaklığa sahiptirler. Tüm uyaran tiplerine ait parlaklık ortalama (ort) ve standart sapma (std) değerleri de Tablo 2.1'de gösterilmiştir.

### 2.1.3. Deneysel Prosedür

Yapılan çalışmada **orijinal** ve **parlak** görüntü gruplarına ait hoş, nahoş ve nötr içerikli görüntülerin tüm katılımcılara gösterileceği deneysel prosedür tasarlandı (Şekil 2.3). Prosedür, İstanbul Arel Üniversitesi Psikofizyoloji Laboratuvarı'nda Faraday kafesi ile izole edilmiş, karanlık ve yalıtımlı bir odada gerçekleştirildi (Şekil 2.3a). Tasarıma göre

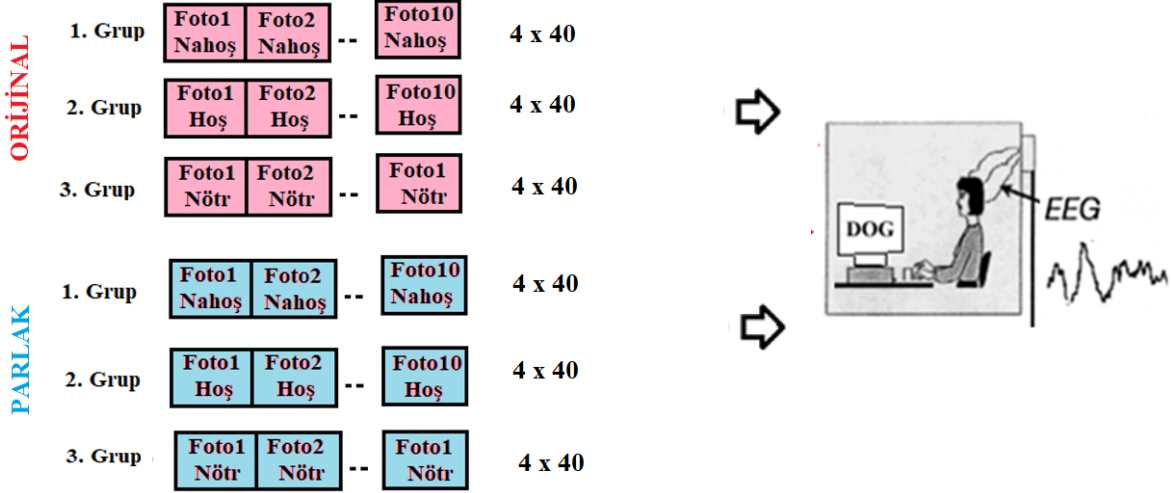
tüm katılımcılar deney sırasında görüntülerin gösterileceği 19 inçlik, 60 Hz yenileme hızındaki bilgisayar ekranına 1 metre uzaklık mesafesinde oturtuldu (Şekil 2.3b). Deneklerden deney süresince gözlerini ekranın ortasında sabitlemeleri ve göz kırpma hareketlerini minimize etmeleri istendi.



Şekil 2.3. Deneysel prosedürün gerçekleştirildiği laboratuvar ortamı. a) Faraday kafesi ile izole edilmiş deney odası, b) deney odasının içi, c) teknik gereçler.

Şekil 2.4 ile ifade edilen deneysel prosedür gereği nahış, hoş ve nötr görüntüler bilgisayar ekranından ard arda blok halinde ve rastgele pasif görüntülemeyle (10 nahış görüntü x 4 döngü, 10 hoş görüntü x 4 döngü, 10 nötr görüntü x 4 döngü) katılımcılara gösterildi. Her bloktaki görüntüler, 1000 mili saniye (ms) süre ve 3-7 saniye (sn) uyarın aralıklarıyla, rastgele sırada ve 4 döngü halinde deneklere gösterildi. Görüntüler sunulurken blok tasarımın tercih edilme sebebi, Güntekin ve ark.'nın yaptıkları çalışmada (Güntekin ve Başar, 2010b) resimlerin rastgele tasarım (random design) yerine blok tasarım (block design) halinde gösterilmesinin daha etkin olduğunu belirtmeleridir. Her deneysel koşulda taşıma etkisini önlemek için uyarınların sunum sırası denekler arasında dengelendi. Bahsedilen tüm işlemler orijinal ve parlak görüntü grupları için ayrı ayrı tekrar edildi. Bu işlemler gerçekleştirilirken eş zamanlı olarak her bir denekten EEG kayıtları

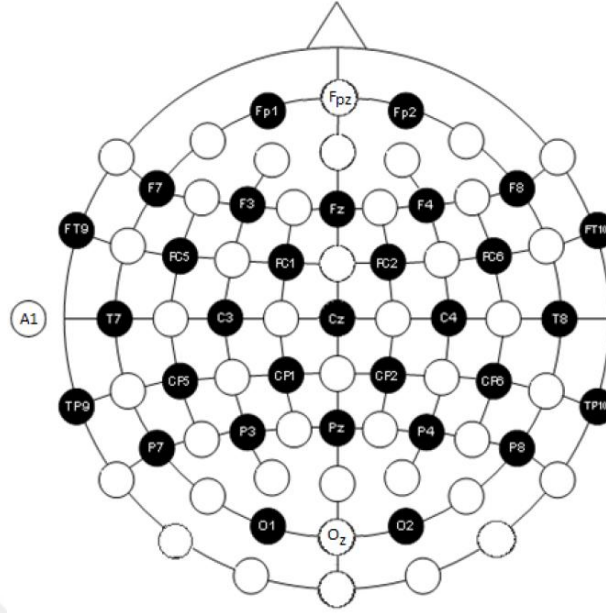
alındı. EEG kayıtları, deney sırasında kullanılan parlak ve orijinal gruplardaki görüntülerin içeriklerine göre altı farklı alt veri grubu şeklinde kaydedildi; ORİJİNAL<sub>hoş</sub>, ORİJİNAL<sub>nahoş</sub>, ORİJİNAL<sub>nötr</sub>, PARLAK<sub>hoş</sub>, PARLAK<sub>nahoş</sub>, PARLAK<sub>nötr</sub>.



Şekil 2.4. Deneysel prosedür

#### 2.1.4. EEG Veri Kayıtlama

Çalışmada, deneklerin 14 elektrot bölgesinden (F<sub>3</sub>, F<sub>z</sub>, F<sub>4</sub>, C<sub>3</sub>, C<sub>z</sub>, C<sub>4</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>z</sub>, P<sub>4</sub>, TP<sub>7</sub>, TP<sub>8</sub>, O<sub>1</sub>, O<sub>z</sub> ve O<sub>2</sub>) EEG kayıtları alındı. Elektrotlar, saçlı kafa derisine takılan EASYCAP bonesi üzerinde, 10-20 sistemine göre yerleştirildi (Şekil 2.5). Referans olarak kulak elektrotları (A<sub>1</sub> ve A<sub>2</sub>) kullanıldı. Tüm elektrot empedansları 10 kilo ohm (kΩ)'dan düşük seçildi. EEG kayıtları 0.01-250 Hz bant limitlerine sahip BrainAmp 32-kanallı DC amplifikatör vasıtasıyla yükseltildi. EEG örnekleme frekansı 500 Hz dir. EEG kayıtlarına ek olarak, sağ göz, medial üst ve lateral orbital kenardan elektrookülogram (EOG) sinyalleri kaydedildi. EOG kayıtları ve referans elektrotları için Ag/ AgCl elektrotları kullanıldı. EOG kayıtları incelenerek, göz hareketleri veya göz kırpma kusurları bulunan kayıtlar çevrimdışı olarak temizlendi.



Şekil 2.5. Easycap kep sisteminde elektrotların yerleşimi

### 2.1.5. Davranışsal Veri

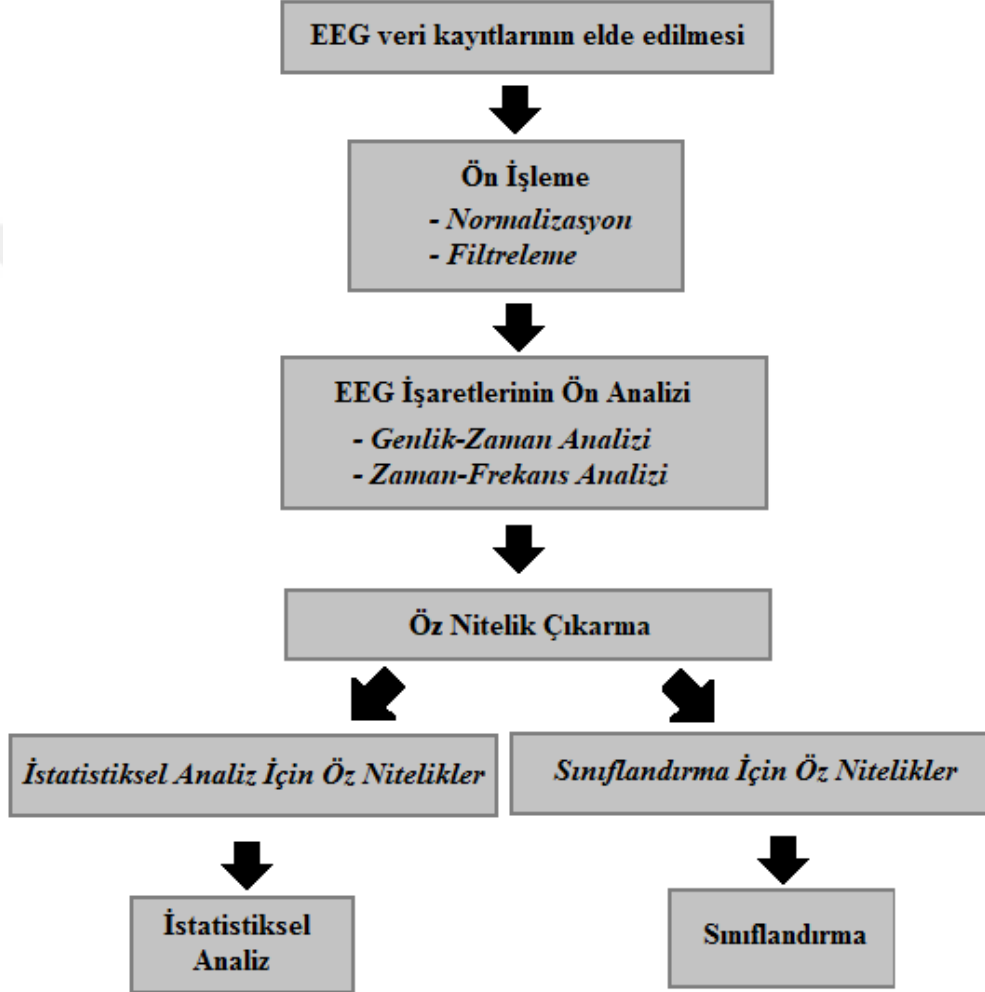
Yapılan çalışmada orijinal ve parlak görüntüler karşısında elde edilen EEG kayıtlarının yanında, bu görüntülerin her bir denekte subjektif olarak oluşturduğu duygusal değerlik ve uyarılma düzeyleri belirlenerek davranışsal veri olarak kaydedildi. Bunun için, deney sonrasında her bir görüntü deneklere ekrandan tekrar gösterilerek, tüm görüntüler SAM ölçeği kullanılarak duygusal değerlik (hoş-nahoş) ve uyarılma (sakin-heyecanlı) boyutlarına göre dokuz nokta ölçeğinde değerlendirildi. Böylece her bir görüntünün deneklerde oluşturduğu duygusal değerlik ve uyarılma düzeyleri denekler tarafından puanlandı (1-9). Tüm deneklerden toplanan SAM ölçüm puanları davranışsal veri olarak kaydedildi.

Görüntülerin duygusal değerlik ve uyarılma düzeyleri dışında parlaklık düzeylerinin de kişisel değerlendirilmesi gerçekleştirildi. Bunun için her bir katılımcıya, bilgisayar ekranından deneyde kullanılan tüm görüntülerin orijinal ve parlak versiyonları aynı anda gösterildi. Bu işlem sırasında katılımcılara orijinal ve parlak gruplardaki iki görüntüden hangisinin daha parlak olduğu sözel olarak soruldu. Katılımcılar tüm parlaklık değerlendirme sorularını doğru yanıtladılar.



## 2.2. Yöntem

Çalışma kapsamında EEG veri analizi için kullanılan yöntemler blok diyagramı halinde Şekil 2.6'da sunulmuştur. Diyagramda yer alan her bir blok ilerleyen bölümlerde ayrıntılı olarak anlatılacaktır.



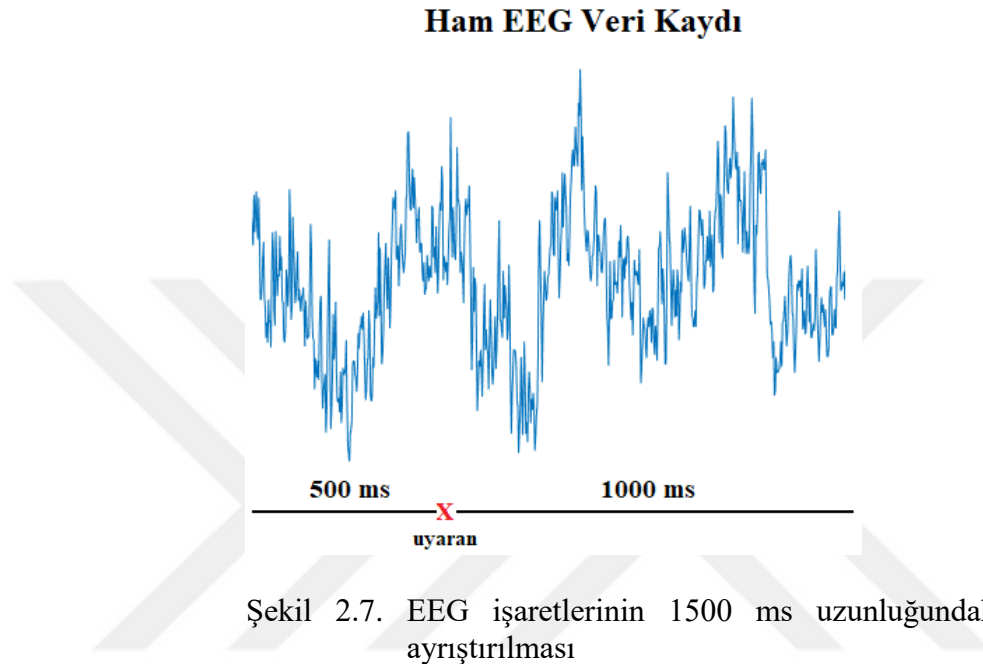
Şekil 2.6. EEG veri analizi blok diyagramı

### 2.2.1. Ön İşleme

#### 2.2.1.1. EEG Verilerinin Zaman Dilimlerine (Epok) Ayrıştırılması

Deney sonrası elde edilen EEG kayıtlarının ( $ORIJINAL_{hoş}$ ,  $ORIJINAL_{nahış}$ ,  $ORIJINAL_{nötr}$ ,  $PARLAK_{hoş}$ ,  $PARLAK_{nahış}$  ve  $PARLAK_{nötr}$ ) her biri, 31 denneğin 14

elektrot bölgesinden elde edilmiş EEG sinyallerini içermektedir. Bu kayıtlar her elektrot bölgesi için görsel uyarının ekrandan gözüktüğü andan önceki 500 ms ve sonraki 1000 ms olmak üzere toplam 1500 ms uzunluğundaki zaman dilimlerine (epok) ayrıştırıldı (Şekil 2.7).

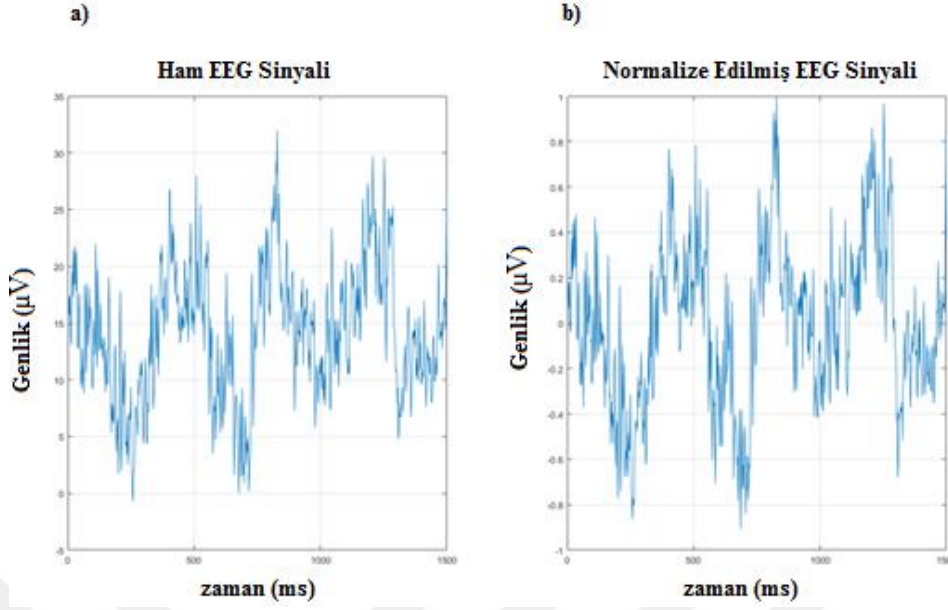


### 2.2.1.2. Normalizasyon

EEG kayıtları fazla gürültü içeren sinyallerdir, bu nedenle EEG kayıtlarında aşırı genlik farklılıkları gözlemlenebilmektedir. Normalizasyon işlemi ile bu aşırılıklar minimize edilmekte ve farklı veriler aynı ölçekte değerlendirilerek karşılaştırılabilir hale gelmektedir. Çalışmada ön işlem olarak denklem (4) ile ifade edilen normalizasyon işlemi (Li ve Liu, 2011) ile tüm EEG epokları  $[-1, 1]$  aralığında ölçeklendirildi (Şekil 2.8).

$$y_n = 2 * \left( \frac{y - y_{min}}{y_{max} - y_{min}} \right) - 1 \quad (4)$$

Eşitlikteki  $y$  ham EEG epoğunu,  $y_{min}$ ,  $y$ 'nin minimum değerini,  $y_{max}$ ,  $y$ 'nin maksimum ve  $y_n$  ise normalize edilmiş EEG epoğunu ifade etmektedir (Li ve Liu, 2011).



Şekil 2.8. a) Ham EEG sinyali, b) Normalize edilmiş EEG sinyali

### 2.2.1.3. Filtreleme

Filtreleme işlemi, işaretlerin istenmeyen kısımlarının bastırılması ve istenen kısımlarının aktarılması şeklinde tanımlanabilir. Yapılan çalışmada filtreleme işlemi ile EEG işaretlerinde meydana gelen istenmeyen gürültülerin azaltılması sağlandı. Bu amaçla, MATLAB programı kullanılarak tüm EEG epokları çentik filtre ve 5. derece ortalama filtre ile filtrelendi

#### 2.2.1.3.1. Çentik Filtre

Çentik filtre bir çeşit bant durduran filtredir. Bant durduran filtrelerin bant genişliğinin çok dar seçilmesi ile elde edilirler. Genellikle 50 Hz şebeke gürültüsünün bozucu etkisini engellemek için kullanılırlar. Bu çalışmada da şebeke gürültüsünü temizlemek için kullanılmıştır.

#### 2.2.1.3.2. Ortalama Filtre

Ortalama filtre EEG sinyallerinde oluşan gürültülerin temizlenmesinde sık kullanılan doğrusal olmayan filtreleme tekniğidir. Ortalama filtresinin genel çalışma mantığı şu

şekildedir. Her sinyal noktasının komşu sinyal noktalarını temsil edip etmediğini anlamak için belirli uzunlukta seçilen kayan bir pencere sinyal üzerinde gezdirilir. Pencere her kaydırıldığında pencere içerisinde yer alan sinyal değerleri küçükten büyüğe sıralanır ve ortadaki değer pencerenin merkezine denk gelen sinyal noktasının sayısal karşılığı olarak atanır. Böylece sinyalde oluşan aşırı değerlerin temizlenmesi sağlanır.

### 2.2.2. EEG Verilerinin Ön Analizi

Ön işleme gerçekleştirilen EEG kayıtlarının genlik-zaman ve zaman-frekans analizleri gerçekleştirildi. Bu analizler aracılığıyla görsel uyaran parlaklığının tüm katılımcılara ait ortalama EEG işaretleri üzerindeki etkisi, genlik-zaman ve frekans-zaman düzleminde, 14 kanal için ayrı ayrı incelendi.

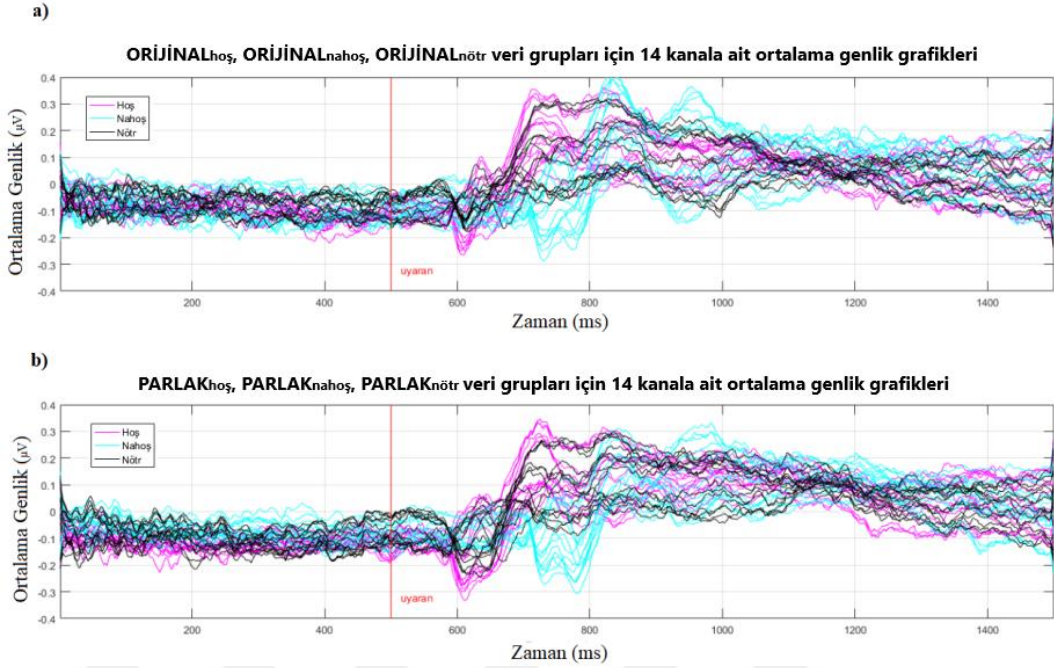
#### 2.2.2.1. EEG Verilerinin Genlik-Zaman Analizi

ORİJİNAL<sub>hoş</sub>, ORİJİNAL<sub>nahış</sub>, ORİJİNAL<sub>nötr</sub>, PARLAK<sub>hoş</sub>, PARLAK<sub>nahış</sub> ve PARLAK<sub>nötr</sub> veri kümelerindeki EEG kayıtlarının ortalama genlik analizleri gerçekleştirildi. Bu analizlerin yapılma amacı, hoş, nahış ve nötr görüntülerin sunulması karşısında beyinde meydana gelen tepkilerin ortalama genliğini zaman düzleminde gözlemlemek ve bu tepkilerin orijinal ve parlak gruplar arasında nasıl değiştiğini karşılaştırmalı olarak incelemektir. Bu amaçla, her bir veri kümesindeki, 31 kişiye ait tüm EEG epoklarının ortalama genliği denklem (5) kullanılarak 14 kanal için ayrı ayrı hesaplandı ve Şekil 2.9 ile gösterildi.

$$x_{ort} = \frac{1}{N} \sum_{m=1}^M y_{n_k} \quad (5)$$

$$p_{ort} = (x_{ort})^2 \quad (6)$$

$x_{ort}$ , ilgili duygusal durum için herhangi bir kanaldaki 31 deneğe ait tüm epokların ortalama genliği;  $y_n$ , EEG epogu;  $M$ , 31 deneğin toplam epok sayısını;  $m$ , epok indisini;  $p_{ort}$  ise ilgili duygusal durum için herhangi bir kanaldaki ortalama EEG işaretinin gücünü göstermektedir.

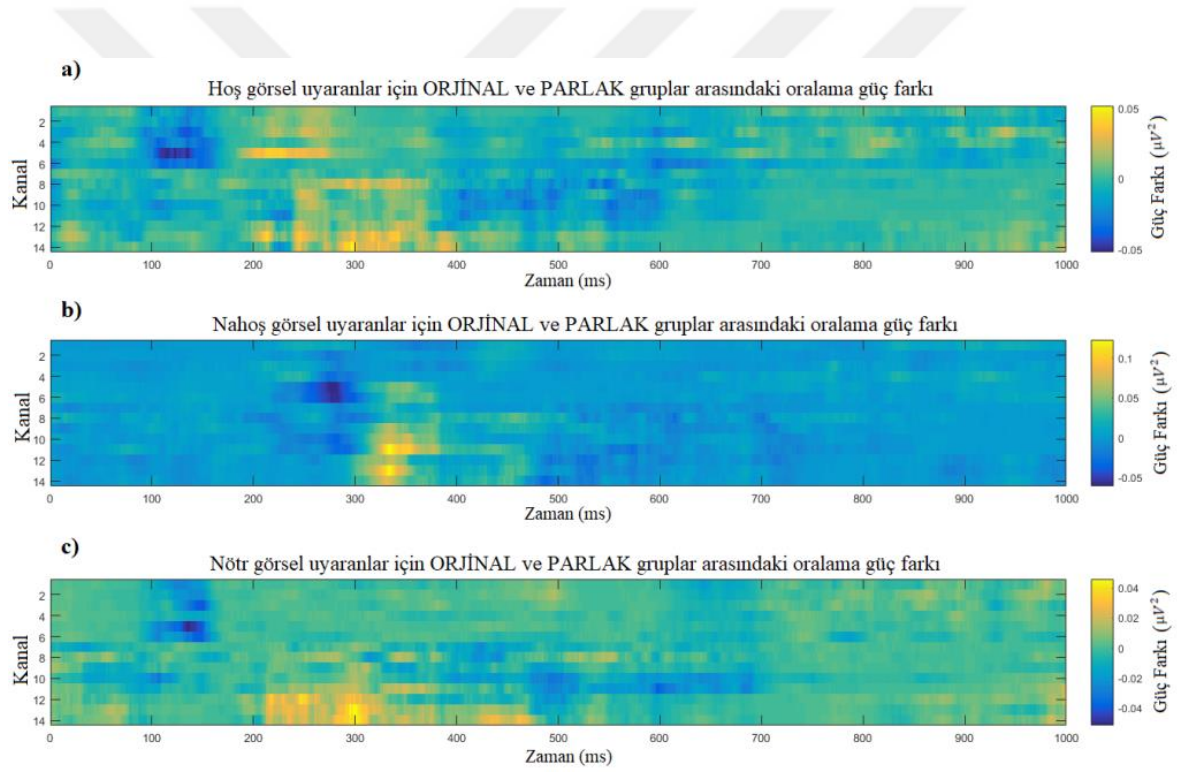


Şekil 2.9. a) ORİJİNAL<sub>hoş</sub>, ORİJİNAL<sub>nahoş</sub> ve ORİJİNAL<sub>nötr</sub> veri grupları için 14 kanala ait ortalama genlik grafikleri, b) PARLAK<sub>hoş</sub>, PARLAK<sub>nahoş</sub> ve PARLAK<sub>nötr</sub> veri grupları için 14 kanala ait ortalama genlik grafikleri

Şekil 2.9a ve Şekil 2.9b, sırasıyla orijinal ve parlak veri gruplarındaki her bir kanal için 31 deneye ait tüm EEG epoklarının ortalama genlik grafiklerini göstermektedir. Dikey eksen EEG ortalama genlik değerini (mikrovolt ( $\mu V$ )) ve yatay eksen ise zamanı (ms) ifade eder. Grafiklerdeki dikey kırmızı çizgi, görsel uyarının ekrandan gösterildiği başlangıç anını, pembe, mavi ve siyah eğriler ise sırasıyla; hoş, nahoş ve nötr uyarıcıların sunumu üzerine 14 farklı kanaldan elde edilen ortalama EEG işaretlerini temsil etmektedir. Grafiklerde görüldüğü gibi, görsel uyarın gösterilmeden önceki beyin aktivitesine kıyasla görsel uyarın gösterildikten sonra oluşan beyin aktivitesinin genliğinde belirgin bir artış gözlenir ve bu açıkça EEG'ye yansımaktadır. Yani görsel uyarınlar karşısında beyinde belirgin tepkiler ortaya çıkmaktadır. Görüldüğü gibi bu yanıtların ortalama genlikleri uyarın içeriğine göre (hoş, nahoş ve nötr) farklılık göstermektedir. Bununla birlikte görsel uyarınların sunumu sonrasında beyinde oluşan yanıtların ortalama genlikleri, hoş, nahoş ve nötr uyarınların her biri için orijinal ve parlak gruplar arasında karşılaştırıldığında, aynı zaman dilimlerine denk gelen fark edilebilir genlik farklılıkları olduğu gözlenmektedir. Bu gözlem, görsel uyarıcıların parlaklığının beyin yanıtlarının genliği üzerinde etkili olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla bu etki, bu cevaplara ait güç grafiklerine de yansiyacaktır.

### 2.2.2.1.1. Parlaklık Etkisinin Gözlemlendiği Zaman Pencerelerinin Belirlenmesi

Genlik-zaman ön analizi ile görsel uyaran parlaklığının EEG kayıtları üzerindeki etkisi gözlemlendikten sonra, bu etkinin beyin yanıtlarının ortalama gücünde meydana getirdiği değişikliklerin (azalma/ artma) ortaya çıktığı zaman pencereleri ve kanallar belirlenmeye çalışıldı. Bu amaçla, denklem (6) kullanılarak her bir veri kümesindeki, 31 kişiye ait tüm EEG epoklarının ortalama gücü 14 kanal için ayrı ayrı hesaplandı. Bu işlemin ardından, her duygusal durum için, orijinal ve parlak grupların ortalama güç değerlerinin farkı, 14 kanal için görsel uyaran gösteriminin başlangıcından sonraki 0-1000 ms zaman penceresinde hesaplandı ve Şekil 2.10 ile gösterildi.



Şekil 2.10. 14 kanal için orijinal ve parlak veri grupları arasındaki ortalama güç farkı; a) Hoş görsel uyaranlar için orijinal ve parlak gruplar arasındaki ortalama güç farkı, b) Nahoş görsel uyaranlar için orijinal ve parlak gruplar arasındaki ortalama güç farkı, c) Nötr görsel uyaranlar için orijinal ve parlak gruplar arasındaki ortalama güç farkı.

Şekil 2.10 (a, b ve c), sırasıyla hoş, nahoş ve nötr koşullar için orijinal ve parlak gruplara ait ortalama güç değerlerinin farkını göstermektedir. Grafiklerde dikey eksen kanalları (sırasıyla yukarıdan aşağıya; F<sub>3</sub>, F<sub>z</sub>, F<sub>4</sub>, C<sub>3</sub>, C<sub>z</sub>, C<sub>4</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>z</sub>, P<sub>4</sub>, O<sub>1</sub>, O<sub>z</sub> ve O<sub>2</sub>), yatay

eksen ise zamanı göstermektedir (görsel uyaran sonrası 1000 ms). Orijinal ve parlak grupların ortalama güç değerlerinin farkını ifade eden renk skalası ise her grafiğin sağ tarafında bulunmaktadır. Grafiklerde yoğun renklerin gözlendiği alanlar, parlaklık etkisinin belirgin olduğu kanal ve zaman aralıklarını işaret etmektedir. Sarı rengin baskın olduğu alanlar görsel uyaranların parlaklığındaki artış ile beyin yanıtlarının ortalama gücünün azaldığı, mavi alanlar ise görsel uyaranların parlaklığındaki artış ile beyin yanıtlarının ortalama gücünün arttığı zaman pencereleri ve kanalları ifade eder.

Şekil 2.10, görsel işlemenin erken ve geç zaman dilimlerinde parlaklığın farklı duygusal durumlar için farklı etkilere sahip olduğunu göstermektedir. Ön analiz olarak oluşturulan bu grafiklerdeki bilgilerden yararlanılarak, parlaklık etkisinin yoğun olarak gözlendiği 0-700 ms (görsel uyaran sonrası) zaman penceresine odaklanıldı. Bu zaman diliminde 100 ms aralıklarla ( $T_1 = 100-200$ ,  $T_2 = 200-300$ ,  $T_3 = 300-400$ ,  $T_4 = 400-500$ ,  $T_5 = 500-600$  ve  $T_6 = 600-700$ ) parlaklık etkisinin ayrıntılı olarak araştırılmasına karar verildi.

#### **2.2.2.2. EEG Verilerinin Frekans-Zaman Analizi**

EEG sinyallerinin araştırılmasında zaman-frekans analiz yöntemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu analizler aracılığıyla sinyalin her noktasındaki frekans içeriği gözlemlenebilir hale gelir. Herhangi bir sinyalin frekans bileşenlerini ortaya çıkarmak için kullanılan yöntemlerden birisi de Fourier dönüşümüdür. Fakat Fourier dönüşümü ile sinyalin hem frekans hem de zaman bileşenleri hakkında bilgi elde edilememektedir. Bu sorunun üstesinden gelmek için, 1946 yılında Gabor kısa zamanlı Fourier dönüşümü (KZFD) olarak da bilinen yöntemi tanıttı. Bu yöntem sayesinde sinyalin hangi zamanda ve hangi sıklıkta gerçekleştiği hakkında bilgi elde edildi.

##### **2.2.2.2.1. Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü (KZFD) Yöntemi**

Gabor tarafından tanıtilen (Gabor, 1946) KZFD, pencerelenmiş bir sinyalin Fourier dönüşümlerinin dizisidir (Giannakopoulos ve Pikrakis, 2014). KZFD'nün amacı, bir sinyali hareketli bir pencere fonksiyonu kullanarak, olabildiğince üst üste binen karelere bölmek ve her bir karedeki sinyal parçasının Fourier dönüşümünü hesaplamaktır. Böylece bir sinyalin zamana bağlı frekans değişimi gözlenebilmektedir. Bu işlem sırasında kullanılan

hareketli pencerenin uzunluğu yöntemin performansını ortaya koymakta önemli bir role sahiptir. Uzun seçilen pencere boyutu, zaman çözünürlüğünün kalitesini düşürürken daha iyi frekans çözünürlüğü sağlamaktadır. Öte yandan, kısa seçilen pencere boyutu ise zaman düzleminde daha ayrıntılı bir gösterim sağlarken, düşük frekans çözünürlüğüne neden olmaktadır (Giannakopoulos ve Pikrakis, 2014). KZFD'nün performansını belirleyen bir diğer parametre ise seçilen pencere fonksiyonunun tipidir. KZFD uygulanırken zamanı bölmelere ayırmak için en sık kullanılan pencere fonksiyonlarından birkaçı dikdörtgen (7), hamming (8), hanning (9) ve blackman (10)'dir. Denklemlerde,  $h(n)$ , pencere fonksiyonunu,  $N$ , pencere uzunluğunu ifade etmektedir.

$$h(n) = \begin{cases} 1, & |n| \leq \frac{N-1}{2} \\ 0, & \text{diğer} \end{cases} \quad (7)$$

$$h(n) = \begin{cases} 0.54 + 0.46 \cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right), & |n| \leq \frac{N-1}{2} \\ 0, & \text{diğer} \end{cases} \quad (8)$$

$$h(n) = \begin{cases} 0.5 + 0.5 \cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right), & |n| \leq \frac{N-1}{2} \\ 0, & \text{diğer} \end{cases} \quad (9)$$

$$h(n) = \begin{cases} 0.42 + 0.5 \cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right) + 0.08 \cos\left(\frac{4\pi n}{N-1}\right), & |n| \leq \frac{N-1}{2} \\ 0, & \text{diğer} \end{cases} \quad (10)$$

Pencere fonksiyonları seçilirken fonksiyonların frekans spektrumları incelenip dalgalanma oranları, ana lob genişlikleri ve yan lob azalma oranları dikkate alınarak seçim yapılmaktadır. Özetlenecek olursa bir sinyalin KZFD'nü alınırken sırasıyla aşağıdaki işlem basamakları gerçekleştirilir;

1. İstenilen uzunlukta pencere fonksiyonu seçilir,
2. Pencere hareketi sırasında pencereler arası örtüşme miktarı belirlenir.
3. Pencere, sinyalin  $t=0$  noktasına yerleştirilir ve pencere içerisinde kalan sinyalin Fourier dönüşümü hesaplanır.
4. Pencere örtüşme miktarı kadar sağa kaydırılır ve aynı işlemler tekrar edilir. Kaydırılan pencere sinyalin sonuna ulaştığında işlem sona erer.



Her bölme için elde edilen frekans değerlerinin bir araya getirilmesi sinyalin zamana bağlı frekans değişimini gösterecektir.

#### 2.2.2.2.1.1. Sürekli Zamanlı Sinyal İçin KZFD

Sürekli zamanlı sinyaller için KZFD denklem (11)'de verildiği gibi tanımlanır. Denklemde  $y(t)$ ,  $t$  anındaki sürekli zamanlı sinyali;  $h(t)$ , sabit uzunluklu pencere fonksiyonunu;  $\tau$ , öteleme miktarını;  $w$ , frekans bilgisini;  $Y(\tau, w)$  ise pencerelenen sinyalin KFZD'nü ifade etmektedir.  $Y(\tau, w)$  kompleks değerlidir. Yani genlik ve faz bilgisi içermektedir.

$$Y(\tau, w) = \int_{-\infty}^{+\infty} y(t)h(t - \tau)e^{-j\omega t} dt \quad (11)$$

Ayrıca denklem (12) ile verilen  $S_y(\tau, w)$  kısa zamanlı Fourier dönüşümünün gücünü ifade etmektedir.

$$S_y(\tau, w) = |Y(\tau, w)|^2 \quad (12)$$

#### 2.2.2.2.1.2. Ayrık Zamanlı Sinyal İçin KZFD

Ayrık zamanlı sinyaller için Fourier dönüşü ise denklem (13)'deki gibi tanımlanır. Denklemde  $y(m)$ , giriş sinyalini;  $h(m)$ , sabit uzunluklu pencere fonksiyonunu;  $n$ , ayrık zaman indeksini;  $w$ , frekans bilgisini;  $Y(n, w)$  ise pencerelenen ayrık sinyalin KZFD'nü ifade etmektedir.  $Y(n, w)$  kompleks değerlidir. Yani genlik ve faz bilgisi içermektedir.

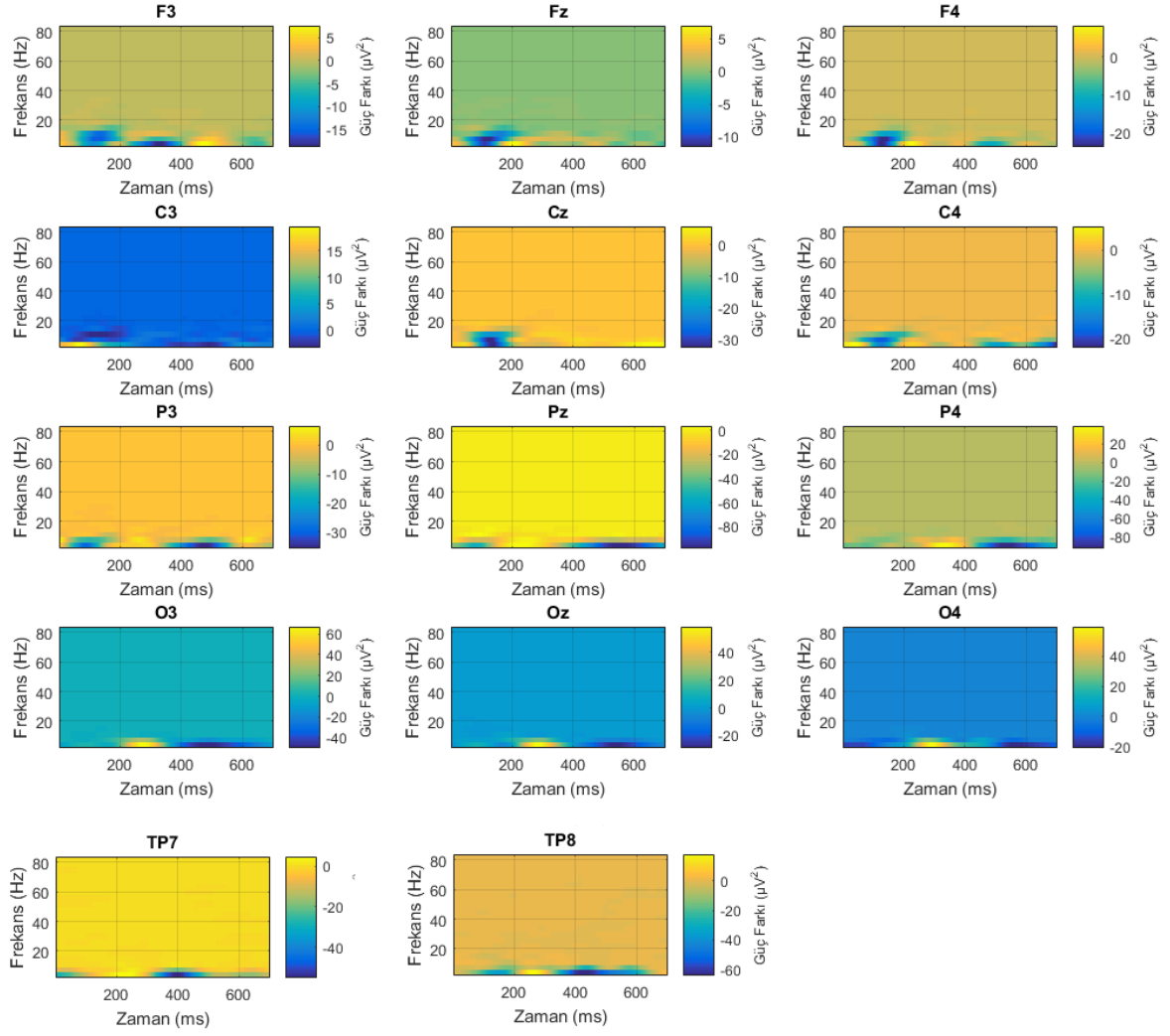
$$Y(n, w) = \sum_{m=-\infty}^{+\infty} y(m)h(n - m)e^{-j\omega m} \quad (13)$$

Denklem (14) ile verilen  $S_y(n, w)$  ise ayrık zamanlı sinyaller için elde edilen kısa zamanlı Fourier dönüşümünün gücünü ifade etmektedir.  $S_y(n, w)$ 'nin grafiksel gösterimine ise spektrogram denilmektedir.

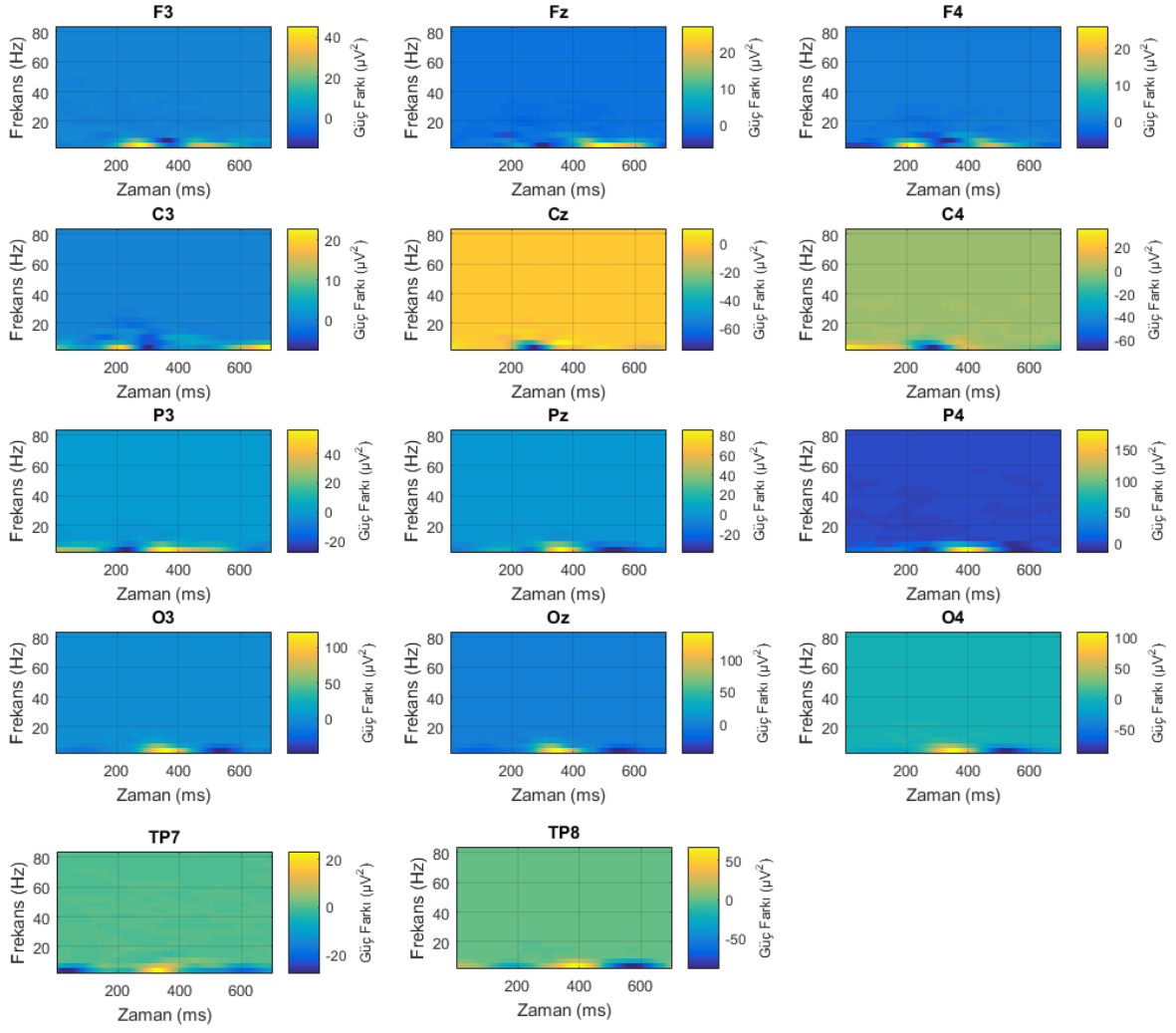
$$S_y(n, w) = |Y(n, w)|^2 \quad (14)$$

Yapılan çalışmada zaman-frekans analiz yöntemi olarak KZFD kullanıldı. KZFD uygulanırken, en uygun pencereyi belirlemek için farklı pencere fonksiyonlarının performansları karşılaştırıldı. EEG sinyallerinin doğasının tam olarak bilinmemesinden ve yumuşatma penceresini kullanmak istediğimizden, 'Hanning'penceresi tercih edildi. Hanning penceresi, geniş bir tepe ve dar yan loblara sahip olup spektral sızıntıyı azaltmaktadır. KZFD'de istenen zaman ve frekans çözünürlüğünü elde etmek için önemli olan bir diğer parametre ise seçilen pencere boyutudur. Çalışmada 0.5-70 Hz frekans aralığı ile ilgilenildiği için uygun pencere boyutu 128 örneklem uzunluğunda seçildi. Pencere örtüşme miktarı ise (pencere boyutu-1) örneklem uzunluğu olarak belirlendi.

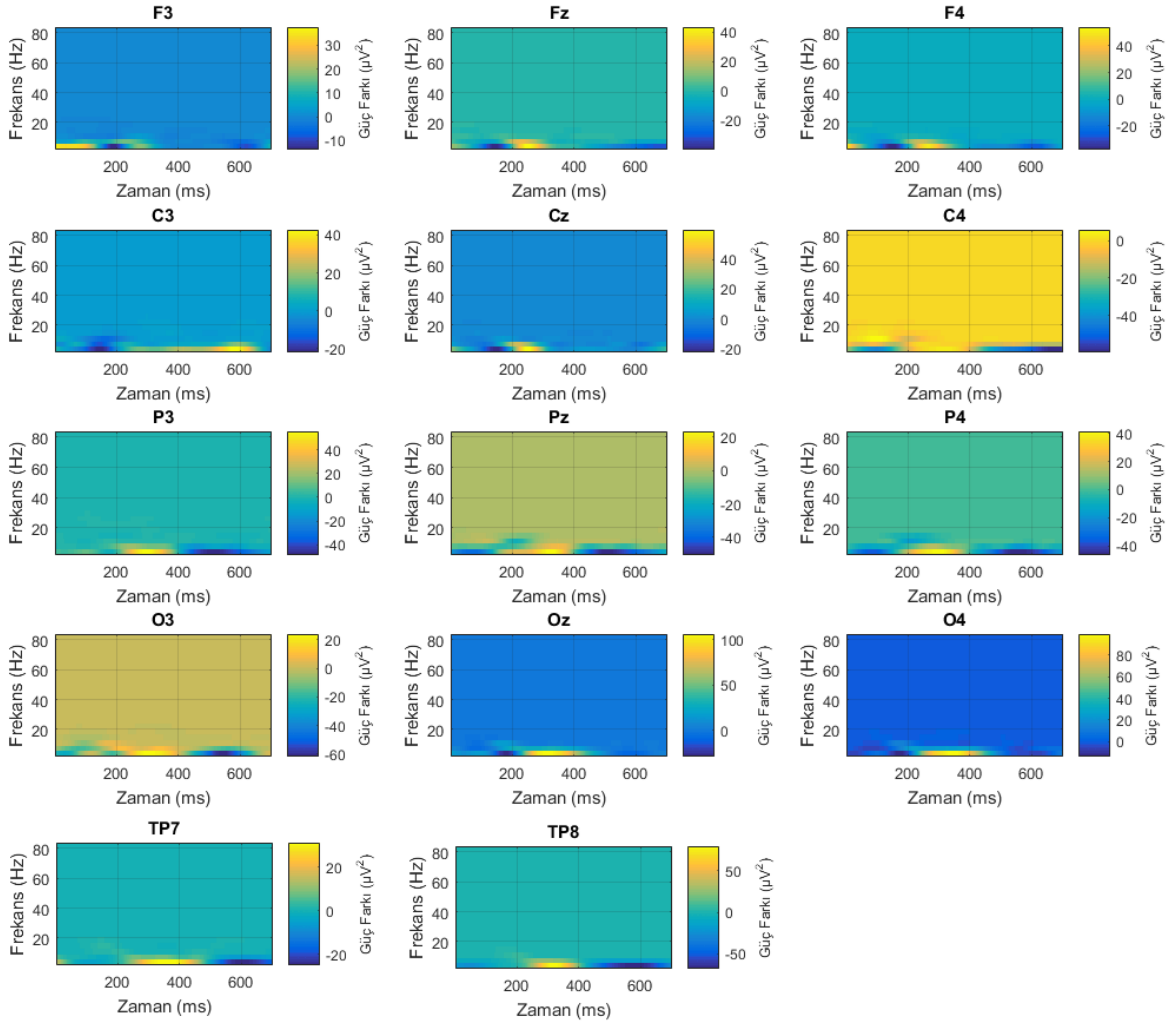
Çalışmada, görsel uyaran parlaklığının beyin sinyallerinin gücü üzerindeki etkisi farklı frekans bantları için ayrı ayrı incelendi. Bu amaçla denklem (14) kullanılarak, her bir veri grubu için 31 deneye ait tüm epokların ortalamasının güç spektrogramı 14 kanal için elde edildi. Bu spektrogramlar, EEG kayıtlarının gücünün zaman-frekans düzleminde dağılımını göstermektedir. Her bir spektrogramdaki güç değerleri, daha önce belirlenen zaman aralıkları için ( $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ ,  $T_4$ ,  $T_5$  ve  $T_6$ ), orijinal ve parlak gruplar arasında karşılaştırıldığında belirli frekans bantlarında belirgin güç farklılıkları olduğu göze çarptı. Bu farklılıkların ortaya çıktığı frekans bantlarını daha net incelemek için, parlak gruplar için elde edilen güç spektrogramları, orijinal gruplar için elde edilen güç spektrogramlarından çıkarıldı ( $ORİJİNAL_{nötr,naHoş,hoş}$  -  $PARLAK_{nötr,naHoş,hoş}$ ). Her bir kanal için elde edilen güç spektrogram farkları, Şekil 2.11-2.13 ile üç farklı duygusal durum için zaman-frekans düzleminde gösterildi. Bu grafikler incelenerek görsel uyaran parlaklığının beyin sinyallerinin gücünü etkilediği frekans bantları gözlemlendi.



Şekil 2.11. Nötr görsel uyarılar için orijinal ve parlak gruplara ait epok ortalamalarının güç spektrogramları arasındaki fark (14 kanal için ayrı ayrı)



Şekil 2.12. Nahış görsel uyarılar için orijinal ve parlak gruplara ait epok ortalamalarının güç spektrogramları arasındaki fark (14 kanal için ayrı ayrı)



Şekil 2.13. Hoş görsel uyarılar için orijinal ve parlak gruplara ait ortalama EEG güç spektrogramları arasındaki fark (14 kanal için ayrı ayrı)

Şekil 2.11-2.13’de sırasıyla nötr, nahoş ve hoş koşullar için, orijinal ve parlak gruplar arasındaki epok ortalamalarının güç spektrogram farkları, 14-kanal için frekans-zaman düzleminde gösterilmiştir. Her spektrogramda, dikey eksen frekansı (0-70 Hz) ve yatay eksen zamanı ( $T_1$ - $T_6$ ) gösterir. Orijinal ve parlak gruplara ait güç spektrogramlarının fark değerlerini ifade eden renk skalası ise şekillerin sağ tarafında görülmektedir.

Şekil 2.11-2.13 ayrıntılı olarak incelendiğinde, görsel uyarıların parlaklığındaki değişimin beyin sinyallerinin gücünü etkilediği, bu nedenle orijinal ve parlak grupların ortalama güç spektrogramları arasında güç farklılıkları ortaya çıktığı açıkça görülmektedir. Güç farkı spektrogramlarında yoğun renk farklılıklarının gözlemlendiği alanlar parlaklık etkisinin belirgin olarak ortaya çıktığı zaman, frekans ve kanalları göstermektedir. Bununla birlikte parlaklık etkisiyle oluşan bu güç değişimlerinin ortaya çıktığı frekans bantları,

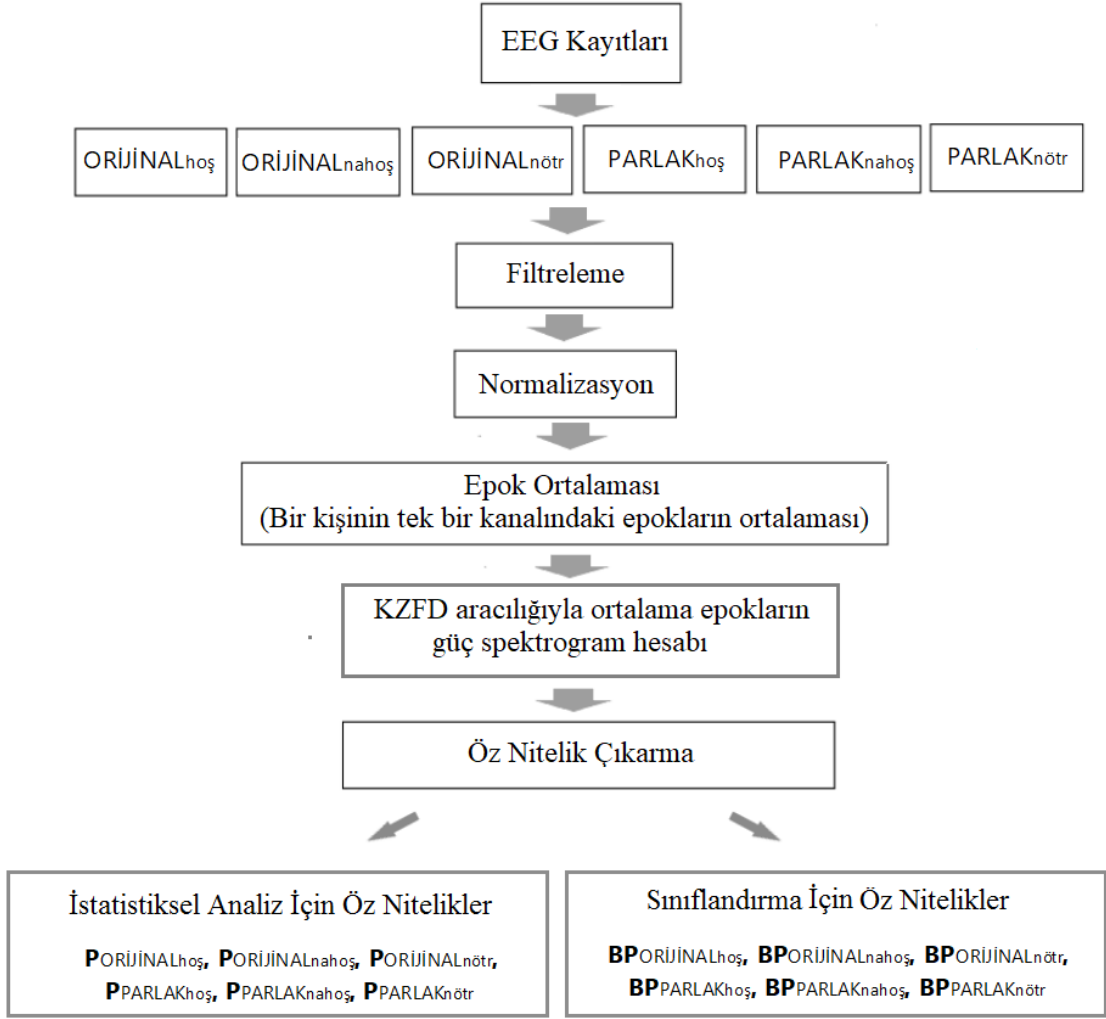
zaman pencereleri ve elektrot noktalarının görsel uyaranların duygusal içeriğine göre de farklılaştığı görülmektedir. Yani görsel uyaranların parlaklığının beyin yanıtları üzerindeki etkileri zaman, frekans, lokasyon ve uyaran içeriğine göre çok boyutlu olarak ortaya çıkmaktadır.

Zaman-frekans ön analizlerinin sonunda, görsel uyaran parlaklığının beyin tepkileri üzerindeki etkisinin delta, teta, alfa, beta ve gama frekans bantlarında ayrıntılı olarak araştırılmasına karar verildi.

Ön değerlendirme olarak yapılan güç analizlerinde, görsel uyaran parlaklığının, görsel işleme sırasında ortaya çıkan, 31 katılımcıya ait ortalama beyin yanıtlarının gücünü belirli zaman penceresi, frekans bandı ve elektrot noktalarında değiştirdiği görülmüştür. Bu ön bulgular, araştırmanın ileri analizlerinin yapılmasının gerekliliğine işaret etmektedir. Bu amaçla bir sonraki bölümde, belirlenen zaman pencereleri ve frekans bantlarında bu gözlemin tüm bireyler için anlamlı olup olmadığı araştırıldı. Bunun için her bir katılımcıya ait EEG güç spektrogramlarından orijinal ve parlak veri gruplarını temsil eden öz nitelikler çıkarıldı. Ardından orijinal ve parlak veri gruplarında tüm bireylere ait öz niteliklerin ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olup olmadığı araştırıldı.

### **2.2.3. Öz Nitelik Çıkarma**

EEG çalışmalarında, sinyalin frekans, zaman ve uzamsal özelliklerini yansıtan öz nitelikler çıkarmak önemlidir. Bu öz nitelikler EEG sinyallerini temsil ederler. Yapılan tez çalışmasında verilerin istatistiksel analizi ve sınıflandırılması için iki ayrı öz nitelik veri seti oluşturulmuştur. Öz nitelik çıkarma aşamalarına ait işlem basamakları, Şekil 2.14'de akış şeması olarak gösterilmiştir.



*Not: Herbir öz nitelik, altı farklı zaman aralığında beş farklı frekans bandı için ayrı ayrı tekrar elde edildi*

Şekil 2.14. Öz nitelik çıkarma akış şeması

### 2.2.3.1. İstatistiksel Analiz İçin Öz Nitelik Çıkarma

EEG verilerinin zaman ve frekans düzlemindeki ön analizlerinde parlaklık etkisini gözlemledikten sonra, bu etkiyi istatistiksel olarak kanıtlamak için her bir katılımcıya ait EEG güç spektrogramlarından orijinal ve parlak veri gruplarına ait öz nitelikler çıkarıldı. Bu amaçla, her bir denek için tek bir kanaldaki tüm EEG epoklarının ortalamasının güç spektrogramı denklem (15-17) kullanılarak, 14 kanal için ayrı ayrı elde edildi.

$$z_{ort} = \frac{1}{R} \sum_{r=1}^R y_r \quad (15)$$

$$Z(n, w) = \sum_{m=-\infty}^{+\infty} z_{ort}(m)h(n - m)e^{-jwm} \quad (16)$$

$$S_z(n, w) = |Z(n, w)|^2 \quad (17)$$

Kullanılan denklemlerde,  $z_{ort}$ , bir kişinin tek bir EEG kanalına ait tüm epokların ortalaması;  $R$ , bir kişinin tek bir EEG kanalındaki toplam epok sayısı;  $Z(n, w)$ , bir kişinin tek kanalından elde edilen epok ortalamalarının KZFD'ü ve  $S_z(n, w)$ , bir kişinin tek kanalından elde edilen epok ortalamalarının güç spektrogramını ifade etmektedir.

Her bir kanal için elde edilen spektrogramlar önceden belirlenen zaman pencereleri ( $T_1, T_2, T_3, T_4$  ve  $T_5$ ) ve frekans bantlarına (delta, teta, alfa, beta ve gama) ayrıldı. Tanımlanmış zaman pencerelerinin her biri için, her bir frekans bandına ait frekans ve zaman başına ortalama güç değerleri denklem (18) kullanılarak öz nitelik olarak çıkarıldı. Ortalama güç değerleri, desibel (dB) biriminde değerlendirildi ( $10 * \log_{10}(S_z)$ ).

$$P = \frac{\sum_{t_1}^{t_2} \sum_{f_1}^{f_2} S_z(n, w)}{(t_2 - t_1)(f_2 - f_1)} \quad (18)$$

Denklem (18)'de  $P$ , öz nitelik değerini;  $t_1$  ve  $t_2$  ilgilenilen zaman aralığının başlangıç ve bitiş noktalarını;  $f_1$  ve  $f_2$  ilgilenilen frekans bandının başlangıç ve bitiş değerlerini ifade etmektedir. Her bir alt veri kümesi için elde edilen öz nitelik kümeleri  $\mathbf{P}_{ORIJINALhoş}$ ,  $\mathbf{P}_{ORIJINALnahış}$ ,  $\mathbf{P}_{ORIJINALnötr}$ ,  $\mathbf{P}_{PARLAKhoş}$ ,  $\mathbf{P}_{PARLAKnahış}$ ,  $\mathbf{P}_{PARLAKnötr}$  olarak isimlendirildi. Bu öz nitelik kümeleri 5 farklı frekans bandında 6 zaman aralığı için ayrı ayrı elde edilen  $31 \times 14$  (kişi sayısı  $\times$  kanal sayısı) boyutlu 30 öz nitelik matrisinden oluşmaktadır. Tüm öz nitelik kümelerinin içeriği Tablo 2.2 ile ifade edilmiştir. Tablo 2.2, üç farklı öz nitelik kümesinin hem orijinal hem de parlak versiyonlarının her biri için ( $\mathbf{P}_{ORIJINALhoş}$ ,  $\mathbf{P}_{ORIJINALnahış}$ ,  $\mathbf{P}_{ORIJINALnötr}$ ,  $\mathbf{P}_{PARLAKhoş}$ ,  $\mathbf{P}_{PARLAKnahış}$ ,  $\mathbf{P}_{PARLAKnötr}$ ) geçerlidir.



Tablo 2.2. İstatistiksel analiz için oluşturulan öz nitelik kümelerinin her biri için ( $\mathbf{P}_{\text{ORİJİNALhoş}}$ ,  $\mathbf{P}_{\text{ORİJİNALnahış}}$ ,  $\mathbf{P}_{\text{ORİJİNALnötr}}$ ,  $\mathbf{P}_{\text{PARLAKhoş}}$ ,  $\mathbf{P}_{\text{PARLAKnahış}}$ ,  $\mathbf{P}_{\text{PARLAKnötr}}$ ), 5 frekans bandında, 6 zaman aralığı için elde edilen (31x14) boyutlu 30 adet öz nitelik matrisi

	$\mathbf{P}_{\text{ORİJİNALhoş}}$	$\mathbf{P}_{\text{ORİJİNALnahış}}$	$\mathbf{P}_{\text{ORİJİNALnötr}}$	$\mathbf{P}_{\text{PARLAKhoş}}$	$\mathbf{P}_{\text{PARLAKnahış}}$	$\mathbf{P}_{\text{PARLAKnötr}}$
	$\mathbf{T}_1$	$\mathbf{T}_2$	$\mathbf{T}_3$	$\mathbf{T}_4$	$\mathbf{T}_5$	$\mathbf{T}_6$
Delta	$\mathbf{P}_{1d}$ (31x14)	$\mathbf{P}_{2d}$ (31x14)	$\mathbf{P}_{3d}$ (31x14)	$\mathbf{P}_{4d}$ (31x14)	$\mathbf{P}_{5d}$ (31x14)	$\mathbf{P}_{6d}$ (31x14)
Teta	$\mathbf{P}_{1t}$ (31x14)	$\mathbf{P}_{2t}$ (31x14)	$\mathbf{P}_{3t}$ (31x14)	$\mathbf{P}_{4t}$ (31x14)	$\mathbf{P}_{5t}$ (31x14)	$\mathbf{P}_{6t}$ (31x14)
Alfa	$\mathbf{P}_{1a}$ (31x14)	$\mathbf{P}_{2a}$ (31x14)	$\mathbf{P}_{3a}$ (31x14)	$\mathbf{P}_{4a}$ (31x14)	$\mathbf{P}_{5a}$ (31x14)	$\mathbf{P}_{6a}$ (31x14)
Beta	$\mathbf{P}_{1b}$ (31x14)	$\mathbf{P}_{2b}$ (31x14)	$\mathbf{P}_{3b}$ (31x14)	$\mathbf{P}_{4b}$ (31x14)	$\mathbf{P}_{5b}$ (31x14)	$\mathbf{P}_{6b}$ (31x14)
Gama	$\mathbf{P}_{1g}$ (31x14)	$\mathbf{P}_{2g}$ (31x14)	$\mathbf{P}_{3g}$ (31x14)	$\mathbf{P}_{4g}$ (31x14)	$\mathbf{P}_{5g}$ (31x14)	$\mathbf{P}_{6g}$ (31x14)

### 2.2.3.2. Sınıflandırma İçin Öz Nitelik Çıkarma

Yapılan çalışmanın ikinci aşaması olan sınıflandırma kısmında, duygusal içerikli görüntülerin parlaklığının EEG sinyalleri üzerindeki etkisi sınıflandırma yöntemleriyle araştırıldı. Bu kısımda istatistiksel analiz için kullanılan EEG epok ortalamalarına ait spektrogramlardan öz nitelik çıkarma yönteminden farklı olarak, her bir EEG epoğunun güç spektrogramından öz nitelikler çıkarıldı. Bu amaçla her bir denegin tek bir kanalından elde edilen her bir EEG epogu için güç spektrogramları denklem (19-20) elde edildi.

$$K(n, w) = \sum_{m=-\infty}^{+\infty} k(m)h(n - m)e^{-jwm} \quad (19)$$

$$S_K(n, w) = |K(n, w)|^2 \quad (20)$$

Kullanılan denklemlerde,  $k$  bir kişinin bir EEG kanalındaki tek bir EEG epogunu;  $K(n, w)$ , bir kişinin bir kanalından elde edilen tek bir epogun KZFD'ü ve  $S_K(n, w)$ , bir kişinin bir kanalından elde edilen epogun güç spektrogramını ifade etmektedir.

Bu spektrogramlar 14 kanalın her birindeki tüm epoklar için ayrı ayrı oluşturuldu. Her bir spektrogram önceden belirlenen zaman pencereleri ( $T_1, T_2, T_3, T_4$  ve  $T_5$ ) ve frekans bantlarına (delta, teta, alfa, beta ve gama) ayrıldı. Denklem (21) kullanılarak, tanımlanmış

zaman pencerelerinin her biri için, seçilen frekans bandındaki band gücünün aynı zaman penceresindeki toplam band gücüne oranı öz nitelik olarak elde edildi.

$$BP = \frac{\sum_{t_1}^{t_2} \sum_{f_1}^{f_2} S_K(n,w)}{\sum_{t_1}^{t_2} \sum_f S_K(n,w)} \quad (21)$$

Denklem (21)'de  $BP$ , öz nitelik değerini;  $t_1$  ve  $t_2$  ilgilenilen zaman aralığının başlangıç ve bitiş noktalarını;  $f$  toplam bandı ifade etmektedir. Her bir alt veri kümesi için elde edilen öz nitelik kümeleri  $\mathbf{BP}_{\text{ORIJİNALhoş}}$ ,  $\mathbf{BP}_{\text{ORIJİNALnahos}}$ ,  $\mathbf{BP}_{\text{ORIJİNALnötr}}$ ,  $\mathbf{BP}_{\text{PARLAKhoş}}$ ,  $\mathbf{BP}_{\text{PARLAKnahos}}$ ,  $\mathbf{BP}_{\text{PARLAKnötr}}$  olarak isimlendirildi. Bu öz nitelik kümelerinin her biri, 5 farklı frekans bandında 6 zaman aralığı için ayrı ayrı elde edilen 30 adet öz nitelik matrisinden oluşmaktadır (Tablo 2.3). Elde edilen öz nitelik matrislerinin boyutları, öz nitelik çıkarma sırasında her bir veri grubunun içerdiği epok sayısına göre farklılaşmakta olup Tablo 2.3'de belirtilmiştir. Tablolarda belirtilen öz nitelik boyutlarının seçilme nedeni ise; ileride ayrıntılarından bahsedilecek olan sınıflandırma işlemlerinde, sınıflandırma başarısını arttırmak için bir kişiye ait sınıflandırma doğruluğu yüksek olan kanallara ait öz niteliklerin birleştirilecek olmasıdır. Bu işlem yapılırken bir kişi için kombinasyonu yapılacak olan kanallardaki öz nitelik sayılarının eşit olması gerekmektedir. Bu nedenle sınıflandırma için öz nitelik veri setleri oluşturulurken bir kişinin tüm kanallarındaki minimum epok sayısına göre hareket edilmiştir. Bu bilgi ışığında sınıflandırma için oluşturulan öz nitelik kümelerinin boyutları küçülmüştür.

Tablo 2.3. Sınıflandırma için oluşturulan öz nitelik kümelerinin her birinde ( $BP_{ORIJINALhoş}$ ,  $BP_{ORIJINALnahış}$ ,  $BP_{ORIJINALnötr}$ ,  $BP_{PARLAKhoş}$ ,  $BP_{PARLAKnahış}$ ,  $BP_{PARLAKnötr}$ ) bulunan, 5 frekans bandında, 6 zaman aralığı için oluşturulmuş 30 adet öz nitelik matrisinin veri gruplarının türlerine göre değişen boyutları

$(BP_{ORIJINALnötr}, BP_{PARLAKnötr})$						
	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	$T_5$	$T_6$
<b>Delta</b>	$BP_{1d}$ (60x14)	$BP_{2d}$ (60x14)	$BP_{3d}$ (60x14)	$BP_{4d}$ (60x14)	$BP_{5d}$ (60x14)	$BP_{6d}$ (60x14)
<b>Teta</b>	$BP_{1t}$ (60x14)	$BP_{2t}$ (60x14)	$BP_{3t}$ (60x14)	$BP_{4t}$ (60x14)	$BP_{5t}$ (60x14)	$BP_{6t}$ (60x14)
<b>Alfa</b>	$BP_{1a}$ (60x14)	$BP_{2a}$ (60x14)	$BP_{3a}$ (60x14)	$BP_{4a}$ (60x14)	$BP_{5a}$ (60x14)	$BP_{6a}$ (60x14)
<b>Beta</b>	$BP_{1b}$ (60x14)	$BP_{2b}$ (60x14)	$BP_{3b}$ (60x14)	$BP_{4b}$ (60x14)	$BP_{5b}$ (60x14)	$BP_{6b}$ (60x14)
<b>Gama</b>	$BP_{1g}$ (60x14)	$BP_{2g}$ (60x14)	$BP_{3g}$ (60x14)	$BP_{4g}$ (60x14)	$BP_{5g}$ (60x14)	$BP_{6g}$ (60x14)
$(BP_{ORIJINALnahış}, BP_{PARLAKnahış})$						
	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	$T_5$	$T_6$
<b>Delta</b>	$BP_{1d}$ (72x14)	$BP_{2d}$ (72x14)	$BP_{3d}$ (72x14)	$BP_{4d}$ (72x14)	$BP_{5d}$ (72x14)	$BP_{6d}$ (72x14)
<b>Teta</b>	$BP_{1t}$ (72x14)	$BP_{2t}$ (72x14)	$BP_{3t}$ (72x14)	$BP_{4t}$ (72x14)	$BP_{5t}$ (72x14)	$BP_{6t}$ (72x14)
<b>Alfa</b>	$BP_{1a}$ (72x14)	$BP_{2a}$ (72x14)	$BP_{3a}$ (72x14)	$BP_{4a}$ (72x14)	$BP_{5a}$ (72x14)	$BP_{6a}$ (72x14)
<b>Beta</b>	$BP_{1b}$ (72x14)	$BP_{2b}$ (72x14)	$BP_{3b}$ (72x14)	$BP_{4b}$ (72x14)	$BP_{5b}$ (72x14)	$BP_{6b}$ (72x14)
<b>Gama</b>	$BP_{1g}$ (72x14)	$BP_{2g}$ (72x14)	$BP_{3g}$ (72x14)	$BP_{4g}$ (72x14)	$BP_{5g}$ (72x14)	$BP_{6g}$ (72x14)
$(BP_{ORIJINALhoş}, BP_{PARLAKhoş})$						
	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	$T_5$	$T_6$
<b>Delta</b>	$BP_{1d}$ (86x14)	$BP_{2d}$ (86x14)	$BP_{3d}$ (86x14)	$BP_{4d}$ (86x14)	$BP_{5d}$ (86x14)	$BP_{6d}$ (86x14)
<b>Teta</b>	$BP_{1t}$ (86x14)	$BP_{2t}$ (86x14)	$BP_{3t}$ (86x14)	$BP_{4t}$ (86x14)	$BP_{5t}$ (86x14)	$BP_{6t}$ (86x14)
<b>Alfa</b>	$BP_{1a}$ (86x14)	$BP_{2a}$ (86x14)	$BP_{3a}$ (86x14)	$BP_{4a}$ (86x14)	$BP_{5a}$ (86x14)	$BP_{6a}$ (86x14)
<b>Beta</b>	$BP_{1b}$ (86x14)	$BP_{2b}$ (86x14)	$BP_{3b}$ (86x14)	$BP_{4b}$ (86x14)	$BP_{5b}$ (86x14)	$BP_{6b}$ (86x14)
<b>Gama</b>	$BP_{1g}$ (86x14)	$BP_{2g}$ (86x14)	$BP_{3g}$ (86x14)	$BP_{4g}$ (86x14)	$BP_{5g}$ (86x14)	$BP_{6g}$ (86x14)

## 2.2.4. İstatistiksel Analiz

Bilimsel araştırmalarda farklı değişkenlere ait ortalamalar ve bu ortalamaların farklı gruplar arasında nasıl değiştiğinin incelenmesi veri analiz süreçlerinde önemli bir aşamadır. Farklı değişken ortalamaları arasında gözlemlenen anlamlı farklılıklar, incelenen etki büyüklüğünü ortaya koymaktadır. Bu farklılıkları istatistiksel olarak kanıtlamak için çeşitli test yöntemleri kullanılır. Bu yöntemler içerisinde varyans analizi (ANOVA) birden fazla grup ortalamasının karşılaştırılmasında yaygın olarak kullanılan test yöntemidir. ANOVA testleri ile grup ortalamalarının birbirlerinden farklı olup olmadığı hakkında bilgi edinilebilmektedir. Bununla birlikte, ANOVA testi hangi grupların birbirinden farklı olduğu konusunda bilgisi vermez. Bu nedenle farklılığın olduğu grupları bulmak için iki ortalamanın karşılaştırıldığı post-hoc ya da t-test yöntemleri kullanılır. Yapmış olduğumuz tez çalışmasında veri analizleri için istatistiksel testlerden yararlanılmış olup, uygulanan tüm testler için SPSS programı kullanılmıştır. Bir sonraki bölümde istatistiksel kavramlarla ilgili genel bilgiler ve tez çalışmasında kullanılan istatistiksel testler hakkında genel bilgiler verilecektir.

### 2.2.4.1. İstatistiksel Kavramlar

#### 2.2.4.1.1. İstatistiksel Hipotez ve Karar Verme

Günlük hayatımızda bir veri yığınınla ilgili örnek bilgiye dayanarak verdiğimiz kararlara istatistiksel karar denir. Karara varma aşamasında veri yığınınla ilgili olarak tahminler yapılır. Doğru olan ya da olamayabilen bu tahminler istatistiksel hipotez olarak adlandırılırlar (Spiegel ve Stephens, 1999). Hipotezler, istatistiksel olarak farksızlık hipotezi ( $H_0$ ) ve alternatif hipotez ( $H_1$ ) olarak ikiye ayrılırlar. Öncelikli olarak  $H_0$  hipotezi belirlenir. Bu hipotez farksızlığı esas alır (Hu, Youn ve Wang, 2019). Diğer bir ifadeyle ana kütle parametresinin ( $Q$ ) gerçek değeri ile tahmin edilen değeri arasında anlamlı bir fark olmadığını, var olan farkın şansa bağlı olarak oluştuğunu öngören hipotezdir.

İkinci hipotez olan  $H_1$  ise sıfır hipotezinin tam tersidir. Bilimsel hipotez olarak da adlandırılır (Gravetter ve Wallnam, n.d.; Hu vd., 2019).  $H_1$  hipotezi farklılıklar üzerine kurulur. Sıfır hipotezinin red edilmesi üzerine kabul edilir. Sıfır ve alternatif hipotezleri genel olarak aşağıdaki şekilde kurulmaktadır;

**H<sub>0</sub>**: Ana kütleye ait bilinen değerler ile örneklemden elde edilen değer arasında bir fark yoktur.

**H<sub>1</sub>**: Ana kütleye ait bilinen değer ile örneklemden elde edilen değer arasında anlamlı bir fark vardır.

Bir araştırmacının yaptığı araştırmayla ilgili veri yığnında bulunan her bir örneği gözlemlemesi pratik bir yöntem değildir. Bu nedenle, araştırmalarda genellikle bir yığna ait veriler toplanır ve ardından bu örnek veriler kullanılarak yığnla ilgili sorular cevaplandırılır. Hipotez testleri, araştırmacıların ilgilenilen yığn hakkında çıkarımlar yapmak için örnek verileri kullanmalarına izin veren istatistiksel bir prosedürdür (Gravetter ve Wallnam, n.d.). Bu testler aracılığıyla gözlemlenen örneklerin beklenen sonuçlardan farklı olup olmadığı belirlenir ve kurulan hipotezin kabul veya reddi gerçekleştirilir (Spiegel ve Stephens, 1999).

Hipotez testleri; hipotez kurulması, anlamlılık düzeyinin belirlenmesi, dağılımının belirlenmesi, test istatistiğinin kestirimi, karar ve yorum olmak üzere beş aşamadan oluşmaktadır.

#### 2.2.4.1.1.1. Hipotez Kurma

Hipotez kurulması için öncelikle  $H_0$  ve  $H_1$  ile ifade edilen sıfır ve alternatif hipotezleri oluşturulur. Bu işlemin ardından alternatif hipotezin yönü belirlenir. Alternatif hipotez, sıfır hipotezinden “farklı” veya “büyük/ küçük” oluşuna göre çift veya tek yönlü olarak kurulmaktadır. Aşağıda tek (sağ kuyruk testi ve sol kuyruk testi) ve çift yönlü hipotezlerin kurulma şekli ifade edilmiştir. Örneğin iki örneklem ortalamasını ifade eden  $\mu$  ve  $\mu_0$  karşılaştırılmak istendiğinde oluşturulacak olan tek ve çift yönlü hipotezler aşağıdaki şekilde kurulur;

Çift yönlü test hipotezleri

$$H_0: \mu = \mu_0$$

$$H_1: \mu \neq \mu_0$$

Tek yönlü sağ kuyruk testi hipotezleri

$$H_0: \mu = \mu_0$$

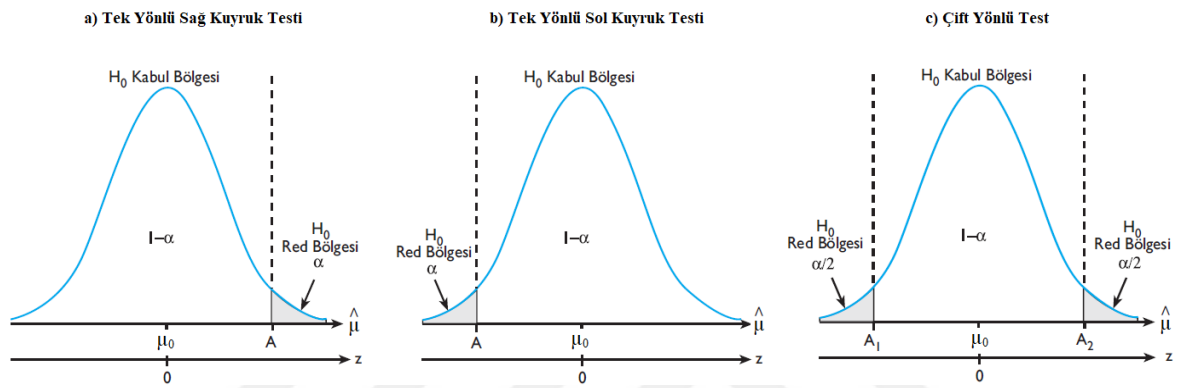
$$H_1: \mu > \mu_0$$

Tek yönlü sol kuyruk testi hipotezleri

$$H_0: \mu = \mu_0$$

$$H_1: \mu < \mu_0$$

Şekil 2.15’de her üç tip hipotez testi için red bölgeleri ifade edilmiştir. Tek yönlü sağ kuyruk testinde,  $H_1$  hipotezinin kabul bölgesi  $\mu_0$ ’ın sağında  $A$ ’dan büyük olan  $\mu$  ile ilgili değerleri içermektedir. Tek yönlü sol kuyruk testinde  $H_1$  hipotezinin kabul bölgesi  $\mu_0$ ’ın solunda  $A$ ’dan küçük olan  $\mu$  ile ilgili değerleri içermektedir. Çift yönlü testte ise  $H_1$  hipotezinin kabul bölgesi  $\mu_0$ ’ın her iki tarafındaki  $\mu$  ile ilgili değerleri kapsamaktadır (Özmen, Şıklar, Durucasu, Atlas ve Er, n.d.). Her üç test grafiğinde belirtilen bu bölgeler  $H_0$ ’ın red bölgeleridir.



Şekil 2.15. a) Tek yönlü sağ kuyruk testi için red bölgesi; b) Tek yönlü sol kuyruk testi için red bölgesi; c) Çift yönlü testi için red bölgesi.

#### 2.2.4.1.1.2. Anlamlılık Düzeyinin Belirlenmesi

Bir hipotezin değerlendirilme sonucu (kabul veya red) her zaman doğru sonucu vermeyebilir. Hipotez değerlendirilme sonucunda iki tip hata ortaya çıkabilir. Doğru olan bir  $H_0$  hipotezi red edilirse *I. Tip* hata, yanlış olan  $H_0$  hipotezi kabul edildiğinde ise *II. Tip* hata ortaya çıkar (Tablo 2.4) (Spiegel ve Stephens, 1999). Bir hipotez test edilirken, iki tip hata yapma olasılığı ortaya çıkar, bunlar Tip I ( $\alpha$ ) ve Tip II ( $\beta$ ) hata olasılıklarıdır. Tip I hata yapma olasılığına anlamlılık düzeyi denir ve  $\alpha$  simgesiyle ifade edilir.  $\alpha$  değeri örnekler oluşturulmadan önce belirlenir. Çalışmalarda genel olarak 0.05 ve 0.01 anlamlılık düzeyleri kullanılır. Örneğin anlamlılık düzeyinin 0.05 seçilmesi demek, kabul edilmesi gereken  $H_0$  hipotezinin red edilme şansının % 5 olduğudur. Başka bir deyişle test sonucu verilen karar % 95 ( $1-\alpha$ ) güvenlidir.

Diğer olasılıklar ise  $(1-\alpha)$  ve  $(1-\beta)$  olasılıklarıdır.  $(1-\alpha)$ , doğru olan bir  $H_0$  hipotezinin kabul edilme olasılığıdır. Buna testin güvenilirlik düzeyi denilmektedir.  $(1-\beta)$

ise yanlış olan bir  $H_0$  hipotezinin red edilme olasılığıdır. Buna ise testin güvenilirlik düzeyi denilmektedir.

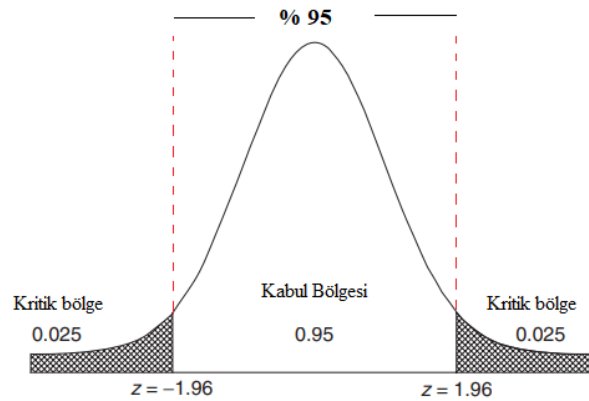
Tablo 2.4. Hipotez testi sonuçları

Asıl durum/ Karar		Test sonucu verilen karar	
		$H_0$ Red	$H_0$ Kabul
Gerçek	$H_0$ Doğru	<i>I. Tip Hata (<math>\alpha</math>)</i>	Doğru Karar ( $1 - \alpha$ )
	$H_0$ Yanlış	Doğru Karar ( $1 - \beta$ )	<i>II. Tip Hata (<math>\beta</math>)</i>

### 2.2.4.1.1.3. Dağılımının Belirlenmesi

İstatistiksel testlerde veri dağılımının belirlenmesi kullanılacak yöntemin seçilmesi açısından önemlidir. Çünkü bu testler teorik olasılık dağılımlarına göre yorumlanırlar (Akt ve Acemo, 2011). Testlerde normal dağılımlı veriler kullanıldığında parametrik testler, normal dağılıma sahip olmayan veriler kullanıldığında ise parametrik olmayan testler kullanılmaktadır (Parametrik ve parametrik olmayan testler hakkında bilgi ilerleyen bölümlerde verilecektir).

Örneğin  $\mu_Y$  ortalamalı,  $\sigma_Y$  standart sapmalı normal dağılımlı bir  $Y$  istatistiği olduğunu düşünürsek,  $z = \frac{Y - \mu_Y}{\sigma_Y}$  standartlaştırılmış değişkeninin dağılımı Şekil 2.19'daki gibi ortalaması 0, varyansı 1 olan normal bir dağılım olarak ifade edilir (Spiegel ve Stephens, 1999).



Şekil 2.16. Standart normal eğri (0.05 kritik bölge ve 0.95 kabul bölgesi için) (Spiegel, M. R. ve Stephens, L. J., 2008).

Şekil 2.16’da taranmış olarak ifade edilen toplam 0.05’lik alan testin anlam düzeyini belirtir. Yani I. Tip hata yapma olasılığını gösterir. Bu nedenle 0.05 anlamlılık düzeyi ile hipotez red edilir. -1.96 ve +1.96 değerleri arasında kalan bölgedeki z değerleri ise hipotezin kabul bölgesini (anlamsızlık bölgesi) gösterir. Yani, Y istatistiğine ait z skorlarının hipotezin kabul bölgesi dışında olması durumunda hipotez red edilir, aksi halde kabul edilir (Spiegel ve Stephens, 1999). Şekil 2.16, anlamlılık düzeyi 0.05 için oluşturulmuştur.

#### 2.2.4.1.1.4. Test İstatistiğinin Kestirimi

z ve t skorları en sık kullanılan test istatistikleridir. Bu istatistikler kullanılarak çeşitli veri setlerinden elde edilen skorların birbirleriyle doğru bir şekilde karşılaştırılabilmesi mümkün olmaktadır. z skoru, bir testten elde edilen sonuçları, normal bir dağılımla karşılaştırmanın bir yolu olup örneklem büyüklüğü (n) 30 ve üzeri olan durumlarda ( $n \geq 30$ ) kullanılmaktadır. z skoru bir veri noktasının ortalamasının kaç standart sapma üstünde ya da altında olduğunu ölçer.

z-testinin uygulanabilmesi için gereken varsayımlar; örneklemin ait olduğu kitlenin normal dağılımlı olması, kitle parametrelerinin bilinmesi ve örnek sayısının 30’dan büyük olmasıdır (Boyacıoğlu ve Güneri, 2006).

$$z = \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma_x} \quad (22)$$

$$\sigma_x = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (23)$$

Denklem 22-23’de  $\bar{X}$  örneklem ortalaması,  $\mu$  ana kütle ortalaması, n örneklem büyüklüğü,  $\sigma_x$  ise ana kütle standart sapmasıdır.

Diğer bir test olan t testi student test olarak da adlandırılmaktadır. Hipotez testleri arasında yaygın olarak kullanılır. İki veri grubunun ortalamaları arasında önemli bir fark olup olmadığını istatistiksel olarak belirlemeye çalışan bir yaklaşım olarak da bilinir. t testi, z testine benzer fakat t testinde ana kütle standart sapması bilinmediğinden örneklem standart sapması kullanılır.



Örneklemin ait olduğu kitlenin standart sapmasının bilinmediği, örnek sayısının 30'dan az olduğu durumlarda ortalamaların karşılaştırılması için kullanılır (Boyacıoğlu ve Güneri, 2006). t dağılımı da normal dağılım gibi simetriktir. Örneklem hacmi arttıkça normal dağılıma yaklaşırlar (Hu vd., 2019).

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{S_x} \quad (24)$$

$$S_x = \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (25)$$

Denklem 24-25'de  $\bar{X}$  örneklem ortalaması,  $\mu$  ana kütle ortalaması,  $n$  örneklem büyüklüğü.

#### 2.2.4.1.1.5. Karar ve Yorum

İstatistiksel bir testte karar kuralı, test istatistiğinin değerlendirilmesi sırasında kullanılacak olan kritik noktaların, anlamlılık düzeyi ve hipotez yönüne göre belirlenmesini ifade eder.

Karar kuralı belirlenirken ilk olarak seçilen anlamlılık düzeyi ve hipotez yönüne göre varsayılan dağılım eğrisi üzerinde güven aralığı, kabul ve red bölgeleri belirlenir. Bu işlemin ardından kullanılacak olan test istatistiğine göre kritik değerler ( $z_\alpha$  veya  $t_\alpha$ ) z tablosundan ya da t tablosundan elde edilir. En son olarak kritik değer ile hesaplanan test istatistiği ( $z_h$  veya  $t_h$ ) karşılaştırılır ve uygun olan karar verilerek yorumlanır. Örneğin hipotez testinde,  $z_h < z_\alpha$  ise  $H_0$  hipotezi kabul edilir, aksi durumda ise red edilir.

z ve t istatistikleri dışında hesaplanan p olasılıksal değeri için de karar kuralı belirlenebilir. Bunun için test istatistiğinden elde edilen değer, teorik dağılımımızın olasılık yoğunluk fonksiyonunun iki ya da bir ucu ile karşılaştırarak p değeri elde edilir (Akt ve Acemo, 2011). Bu durumda hipotez testinde, p değeri belirlediğimiz anlamlılık düzeyinden küçükse ( $p < \alpha$ )  $H_0$  reddedilir, büyükse ( $p > \alpha$ )  $H_0$  kabul edilir.

### 2.2.4.2. İstatistiksel Test Yöntemleri

Hipotez testleri, parametrik ve parametrik olmayan hipotez testleri olarak ikiye ayrılır. Parametrik testler, örneklemin alındığı ana kütle dağılımının parametreleri hakkında varsayımlarda bulunan testlerdir. Bir araştırmada parametrik testlerin kullanılabilmesi için aşağıdaki şartların sağlanması gerekmektedir;

1. Örneklemelerin bağımsız olması,
2. Örneklemelerin normal dağılım göstermesi,
3. Örneklem sayısının 30'dan büyük olması ( $n \geq 30$ ).

Parametrik test şartlarının sağlanamadığı hallerde ( $n < 30$ ) ise parametrik olmayan istatistiksel teknikler kullanılarak istatistiksel analizler gerçekleştirilir. Gerçekleştirilen tez çalışmasında parametrik olmayan testler kullanılmadığı için yalnızca yaygın olarak kullanılan parametrik testlerden bahsedilecektir.

#### 2.2.4.2.1. t-Testi

İstatistiksel testler arasında en yaygın olarak kullanılan test t-testidir. Student's t-test olarak da adlandırılmaktadır. t-testi parametrik bir test olup, iki ortalama arasında anlamlı bir fark olup olmadığının istatistiksel olarak anlamlılığını test etmek için kullanılmaktadır. t-testi kullanılan veri yapısına göre üç farklı gruba ayrılmaktadır. Bu sebeple veri yapısını doğru belirlemek ve bu yapıya uygun t-testi uygulamak hipotez test sonuçlarının daha güvenilir olması açısından çok önemlidir.

#### 2.2.4.2.2. Bağımlı Gruplarda t-Test

Bağımlı Gruplarda t-testinin (Paired Samples t-Test) bir diğer ismi eşleştirilmiş örnek t testidir. Bu test ile bağımlı iki örneklemin ortalamaları karşılaştırılır. Genel olarak gözlemlenen bir durumun öncesi ve sonrasındaki ortalamaları karşılaştırmak için kullanılır. Bağımlı gruplar t-testi uygulanırken; verilerin bağımlı olduğu, her bir örneklemin temsil ettiği ana kütle normal dağılım gösterdiği ve her iki grup dağılımının varyanslarının birbirine eşit olduğu (homojen) varsayımları yapılmaktadır. Test uygulanırken kurulan sıfır ve alternatif hipotez aşağıdaki gibidir;

**H<sub>0</sub>**: Bağımlı veri kümelerinin ortalamalarının farkları arasında anlamlı bir değişim yoktur.

**H<sub>A</sub>**: Bağımlı veri kümelerinin ortalamalarının farkları arasında anlamlı bir değişim vardır.

$$t = \frac{\sum D}{\frac{n \sum D^2 - (\sum D)^2}{n-1}} \quad (26)$$

$$S_{fark} = \sqrt{\frac{\sum D^2 - \frac{(\sum D)^2}{n}}{n-1}} \quad (27)$$

$$S_H = \frac{S_{fark}}{\sqrt{n}} \quad (28)$$

Denklem 26-28'de D önceki ve sonraki durum örneklerinin farkı,  $S_{fark}$  farkların sapması,  $S_H$  farkların standart hatası ve n ise örneklem büyüklüğüdür. Bağımlı gruplar t-testi sonucu elde edilen test istatistiğinin değerlendirilmesi sonucunda  $H_0$  hipotezinin kabul ya da red edilmesine karar verilir ( $p < 0.05$  ise red, aksi halde kabul vb.).

#### 2.2.4.2.3. Bağımsız Gruplarda t-Test

Bağımsız Gruplarda t-testi (Independent t-test), birbiriyle ilişkili olmayan iki grup ortalaması karşılaştırıldığında aradaki farkın istatistiksel olarak anlamlı mı, yoksa rastlantısal mı olduğuna karar vermek için kullanılan istatistiksel bir testtir.

Bağımsız gruplar t-testi uygulanırken; verilerin bağımsız olduğu, her iki bağımlı değişkenin seçilmiş olduğu ana kütle içinde normal dağılım gösterdiği ve her iki grup dağılımının varyanslarının birbirine eşit olduğu (homojen) varsayımları yapılmaktadır. Test uygulanırken kurulan sıfır ve alternatif hipotez aşağıdaki gibidir;

**H<sub>0</sub>**: İki grubun ortalamaları arasında fark yoktur.

**H<sub>A</sub>**: İki örneklem ortalamaları arasında anlamlı bir fark vardır.

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_{(X_1 - X_2)}} \quad (29)$$

$$S_{ortak}^2 = \frac{(n_1-1)S_1^2 + (n_2-1)S_2^2}{(n_1-1) + (n_2-1)} \quad (30)$$

$$S_{(X_1-X_2)} = \sqrt{\frac{S_{ortak}^2}{n_1} + \frac{S_{ortak}^2}{n_2}} \quad (31)$$

Denklem 29-31'de  $\bar{X}_1 - \bar{X}_2$  grup ortalamaları arasındaki fark,  $S_{ortak}^2$  örneklem varyanslarının ağırlıklı ortalaması,  $S_{(X_1-X_2)}$  grup ortalamaları arasındaki farkın standart hatası,  $n_1$  ve  $n_2$  grupların örneklem büyüklükleri,  $S_1$  ve  $S_2$  ise örneklemelerin standart sapmalarıdır. Bağımsız gruplar t-testi sonucu elde edilen test istatistiğinin değerlendirilmesi sonucunda  $H_0$  hipotezinin kabul ya da red edilmesine karar verilir ( $p < 0.05$  ise red, aksi halde kabul vb.).

#### 2.2.4.2.4. Tek Örneklem t-Test

Bir örnek ortalamasının bilinen bir popülasyon ortalamasından istatistiksel olarak farklı olup olmadığını belirlemek için kullanılır. Burada popülasyon ortalaması beklenen değer iken, örneklem ortalaması ise gözlenen değerdir.

Tek örneklem t-testi (one sample t-test) uygulanırken; örneklem grubundaki örneklerin popülasyondan rastgele seçildiği veri dağılımının normal bir dağılım gösterdiği varsayımları yapılmaktadır. Test uygulanırken kurulan sıfır ve alternatif hipotez aşağıdaki gibidir;

**$H_0$ :** Örneklem ortalaması ile popülasyon ortalaması arasında anlamlı bir farklılık yoktur.

**$H_A$ :** Örneklem ortalaması ile popülasyon ortalaması arasında anlamlı bir farklılık vardır.

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{S_x} \quad (32)$$

$$S_x = \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (33)$$

Denklem 29-30'da  $\bar{X}$  örneklem ortalaması,  $\mu$  popülasyon ortalaması,  $S_x$  ortalamanın tahmin edilen standart hatası,  $S$  örneklem standart sapması ve  $n$  ise örneklem büyüklüğüdür. Tek örneklem t-testi sonucu elde edilen test istatistiğinin değerlendirilmesi sonucunda  $H_0$  hipotezinin kabul ya da red edilmesine karar verilir ( $p < 0.05$  ise red, aksi halde kabul vb.).

#### 2.2.4.2.5. Varyans Analizi (ANOVA)

Varyans analizi, iki veya daha fazla popülasyon arasındaki ortalama farklarını değerlendirmek için kullanılan bir hipotez testi prosedürüdür. Tüm çıkarımsal prosedürlerde olduğu gibi ANOVA'da, popülasyonlar hakkında genel sonuçlar çıkarmak için örnek verileri kullanır (Akt ve Acemo, 2011). ANOVA'nın diğer t-test'lere göre en büyük avantajı iki veya daha fazla ortalamayı karşılaştırmak için kullanılabilir olmasıdır. Bu durum ise araştırmacılara daha fazla esneklik sağlamaktadır. ANOVA'da örneklemelerin elde edildiği popülasyonların normal dağılımlı olduğu, örneklemelerin birbirinden bağımsız olduğu ve popülasyon varyanslarının eşit olduğu varsayımları yapılır.

ANOVA'da ikiden fazla grup ortalaması karşılaştırılacağı için F testi kullanılmaktadır. ANOVA da sıfır ve alternatif hipotezleri aşağıdaki şekilde kurulur.

Örneğin  $n$  sayıda popülasyon ortalamasının ( $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ ) karşılaştırıldığını düşünecek olursak;

**$H_0$ :** Tüm popülasyon ortalamaları eşittir ( $\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_n$ ).

**$H_A$ :** Tüm popülasyon ortalamaları eşit değildir. Popülasyonlardan en az birinin ortalaması diğerlerinden anlamlı derecede farklıdır.

Buradan da anlaşıldığı gibi, ANOVA testi ile gruplar arasında fark olup olmadığı belirlenir. Bu işlem gerçekleştirilirken grup içi ve gruplar arası değişim bilgisi ve F istatistiğinden yararlanır. ANOVA testi ile gruplar arasında fark olup olmadığı belirlenmesine rağmen farkın hangi gruplar arasında olduğu bilgisi verilmez. Hangi gruplar arasında fark olduğunu tespit etmek için Post-hoc karşılaştırması yapılır. ANOVA'da, karşılaştırılan grupları belirleyen değişken (bağımsız veya yarı-bağımsız) *faktör* olarak adlandırılır. ANOVA, farklı örneklerin ortalamalarını karşılaştırarak bir veya daha fazla faktörün etkisini kontrol eder.

Özetlenecek olursa, varyans analizi yapılırken gerçekleştirilecek işlem basamakları genel olarak aşağıdaki gibidir;

1. 1-Test öncesi varsayımlar kontrol edilir (normal dağılım, varyans eşitliği vb.),
2. Sıfır ve alternatif hipotez oluşturulur,
3. Genel ortalamalar hesaplanır,
4. Toplam varyans hesaplanır (kullanılan test çeşidine göre grup içi varyans, gruplar arası varyans vb. ),
5. F istatistiği elde edilir ve tablo değeri ile karşılaştırılır.

#### 2.2.4.2.6. Tek Yönlü ANOVA

Varyans analizinde gruplar arasında sadece tek bir faktörün etkisi incelenecekse, bu durumda tek yönlü ANOVA testi gerçekleştirilir. ANOVA, gruplar arası değişim ve gruplar içindeki değişimi karşılaştırarak grup ortalamalarının eşitliğini test eder. Bunun için F testini kullanır. F test istatistiği ile gruplar arası değişimin, gruplar içindeki değişimden büyük olup olmadığı belirlenir. Eğer yeterince büyükse ortalamaların eşit olmadığı sonucu ortaya çıkar. F-test istatistiğinin nasıl hesaplandığını göstermek için k adet ana kütlede m hacminde bağımsız örnekler seçildiğini kabul edecek olursak;

$$S_i = \frac{1}{m_i - 1} \sum_{j=1}^{m_i} (y_{ij} - \bar{y}_i)^2 \quad (34)$$

$$m = \sum_{i=1}^k m_i \quad (35)$$

$$\bar{y} = \frac{1}{m} \sum_{ij} y_{ij} \quad (36)$$

Denklem 34-37'de  $m_i$ , i'inci gruptaki örnek boyutu,  $y_{ij}$ , i'inci gruptan elde edilen j'inci örnek,  $\bar{y}_i$ , i'inci gruptaki örneklerin ortalaması,  $S_i$ , i'inci gruptaki örneklerin standart sapması, m, toplam örnek sayısı,  $\bar{y}$ , tüm örneklerin ortalamasını ifade eder.

Örnekler arasındaki toplam değişim miktarını her bir  $y_{ij}$  ve  $\bar{y}$  arasındaki farkların karelerini toplayarak (genel kareler toplamı-GKT) ölçebiliriz.

$$GKT = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{m_i} (y_{ij} - \bar{y})^2 \quad (37)$$

Bu değişkenliğin iki kaynağı; gruplar arası değişkenlik ve gruplar içindeki değişkenliktir. Gruplar arası değişkenlik, gruplar arası kareler toplamı (GAKT) ile gruplar içindeki değişkenlik ise grup içi kareler toplamı (GİKT) ile gösterilir (denklem 38-40),

$$GAKT = \sum_{i=1}^k m_i (\bar{y}_i - \bar{y}) \quad (38)$$

$$GİKT = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{m_i} (y_{ij} - \bar{y}_i)^2 = \sum_{i=1}^k (m_i - 1) S_i^2 \quad (39)$$

$$GKT = GAKT + GİKT \quad (40)$$

$$F = \frac{\text{Gruplar arası varyans } (S_1^2)}{\text{Gruplar içindeki varyans } (S_2^2)} \quad (41)$$

GKT, grup ortalamalarının tüm örneklerin ortalaması ( $\bar{y}$ ) etrafındaki değişkenliğini ölçer, GAKT, grup ortalamalarının tüm ortalama etrafındaki değişimini ölçer ve GİKT ise her bir örneğin kendi grup ortalaması etrafındaki değişimi ölçer. Tek örneklem ANOVA için gerekli tüm eşitlikler tablo halinde gösterilmiştir (Tablo 2.5).

Tablo 2.5. Tek örneklem ANOVA tablosu

Değişim kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-test istatistiği
Gruplar arası	GAKT	k-1	$S_1^2 = \frac{GAKT}{k-1}$	$F = \frac{S_1^2}{S_2^2}$
Grup İçi (Hatalar)	GİKT	n-k	$S_2^2 = \frac{GİKT}{n-k}$	
Toplam	GKT	n-1	-	

Elde edilen F istatistiği, F tablosundan elde edilen kritik değer ( $F_{\alpha}$ ) ile karşılaştırılır, eğer küçükse örnek ortalamaları arasındaki farklılık tesadüfidir ( $H_0$  kabul edilir). Aksi durumda ise örnek ortalamaları arasındaki farklılığın anlamlı olduğuna karar verilir ( $H_0$  red edilir).  $H_0$  hipotezinin red edilmesi halinde ortalamalar arasında istatistiksel anlamlılıkta bir farklılığın olduğu anlaşılır. Bu durumda post hoc testleri kullanılarak farklılığın olduğu grup araştırılır.

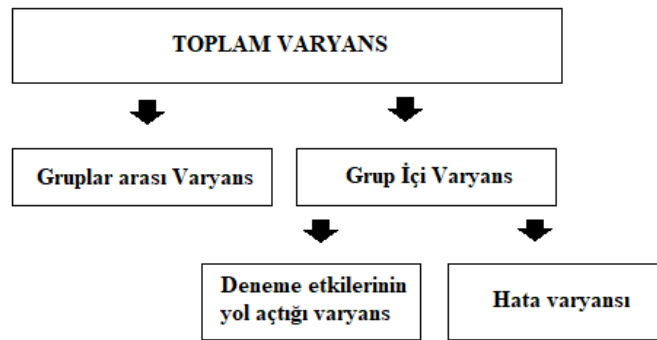
### 2.2.4.2.7. Tekrarlı Ölçümler ANOVA

Üç ya da daha fazla grup ortalamasının karşılaştırıldığı tekrarlı ölçümler ANOVA testi için her grup verisi aynı elemanlardan toplanmış olmalıdır. Örneğin bir deney sırasında aynı katılımcılardan birden fazla zaman noktası için ölçüm alındığında ya da aynı katılımcılar birden fazla duruma maruz kaldığında durumlar arasında ortalama karşılaştırması yapmak için kullanılabilir. Tekrarlı ölçüm ANOVA testinde farklı durumlarda aynı katılımcılar yer aldığı için hata varyansındaki bireysel farklılıkların etkisi azalmaktadır.

Tekrarlı ölçümler ANOVA’da diğer parametrik testlerde olduğu gibi bir takım varsayımlar yapılmaktadır. Bu varsayımlar, bağımlı değişkenin en düşük aralık düzeyinde ve sürekli olması, grup içi dağılımın normal dağılım göstermesi, küresellik varsayımının sağlanması şeklindedir.

Küresellik varsayımı veri grubunda bulunan bütün ilişkili grup kombinasyonları arasındaki varyans farklarının eşit olmasıdır. Bu varsayımın sağlanmaması Tip I hata yapma oranını artırmaktadır. Bunun anlamı ise anlamlı sonuçlar bulmamamız gerekirken, anlamlı sonuçlar ortaya çıkmasıdır. SPSS programı aracılığıyla Mauchy’s Test of Sphericity testi ile küresellik test edilebilmektedir.

Tekrarlı ölçümler ANOVA analizinde toplam değişim, grup ortalamalarının fonksiyonu ve denek ortalamaları arasındaki farkın bir fonksiyonu olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır (Öner ve Reha, 1990). Bu durum Şekil 2.17 ile özetlenmiştir



Şekil 2.17. Tekrarlı Ölçümler ANOVA için varyans dağılımı



Tekrarlı ölçümler ANOVA için F-test istatistiğinin nasıl hesaplandığını göstermek için m hacimli k adet gruptan örnekler seçildiğini kabul edilecek olursa;

$$Dt = \frac{(\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^k y_{ij})^2}{mk} \quad (42)$$

$$GNKT = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^k (y_{ij} - \bar{y})^2 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^k y_{ij}^2 - Dt \quad (43)$$

$$GAKT = \sum_{j=1}^k (\bar{y}_j - \bar{y})^2 = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^k y_j^2 - Dt \quad (44)$$

$$DAKT = \sum_{i=1}^m k(\bar{S}_i - \bar{y})^2 = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^m S_i^2 - Dt \quad (45)$$

$$HKT = GNKT - (GAKT + DAKT) \quad (46)$$

$$GASD = k - 1 \quad (47)$$

$$HSD = (k - 1)(m - 1) \quad (48)$$

Denklem 42-48'de m, gruplardaki örnek sayısı,  $y_{ij}$ , i'inci gruptan elde edilen j'inci örnek,  $\bar{y}_i$ , i'inci gruptaki örneklerin ortalaması,  $S_i$ , i'inci gruptaki örneklerin standart sapması,  $\bar{y}$ , tüm örneklerin ortalaması, GNKT, genel kareler toplamını,  $Dt$ , düzeltme terimi, GAKT, gruplar arası kareler toplamı, DAKT, denekler arası kareler toplamı, HKT, hatalar kareler toplamı, GASD, gruplar arası serbestlik derecesi ve HSD ise hata serbestlik derecesidir. Bu bilgiler eşliğinde F test istatistiği denklem 45 ile ifade edilmiştir (Öner ve Reha, 1990).

$$F = \frac{GAKT/GASD}{HKT/HSD} \quad (49)$$

Bulunan F istatistiği, F tablosundan elde edilen kritik değer ( $F_\alpha$ ) ile karşılaştırılır, eğer küçükse örnek ortalamaları arasındaki farklılık tesadüfidir ( $H_0$  kabul edilir). Aksi durumda ise örnek ortalamaları arasındaki farklılığın anlamlı olduğuna karar verilir ( $H_0$  red edilir).  $H_0$  hipotezinin red edilmesi halinde ortalamalar arasında istatistiksel anlamlılıkta

bir farklılığın olduğu anlaşılır. Bu durumda post hoc testleri kullanılarak farklılığın olduğu grup araştırılır.

#### **2.2.4.2.8. Post-Hoc Testleri**

Yukarıda ayrıntılı olarak açıklanan ANOVA testleri ile ikiden fazla sayıda grup ortalaması karşılaştırılmakta ve aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olup olmadığı belirlenebilmektedir. Fakat ANOVA testleri hangi grupların diğerlerinden farklı olduğunu göstermemektedir. Farklılığın gözleendiği grupları belirlemek için post hoc testleri uygulanmaktadır. Grup varyanslarının eşit olup olmama durumuna göre çok sayıda post-hoc testi (Bonferroni prosedürü, Dunn'ın çoklu karşılaştırma testi, Fisher'ın LSD testi, Holm-Bonferroni Prosedürü, Newman-Keuls, Rodger'ın yöntemi, Scheffe'nin yöntemi, Tukey testi, Waller Duncan testi, Dunnett vb.) mevcuttur. Bunlar arasında en yaygın olarak kullanılan Bonferroni prosedürü ve Tukey testidir.

##### **2.2.4.2.8.1. Bonferroni Prosedürü**

Bonferroni testi grup ortalamaları arasında ikili karşılaştırmalar yapmak için t-testleri kullanır. Fakat gerçekleştirilecek her t-testi Tip I hata oranını arttıracaktır. Bonferroni testi bu durumu önlemek için belirlenen  $\alpha$  anlamlılık düzeyini, yapılan test sayısına (n) bölerek yeni bir anlamlılık düzeyi ( $\alpha/n$ ) elde eder. Böylece deneysel hata oranı ayarlanarak genel hata oranı kontrol edilmeye çalışılır.

Örnek verilecek olursa; 3 grubun ortalamaları ikili olarak karşılaştırılırken üç ayrı t-test yapılması gerekmektedir. Bu durumda Tip I hata yapmama riskimiz  $0.95*0.95*0.95=0.8574$  olacaktır. Hata yapma riskimiz ise  $1-0.8574=0.1426$  olur. Yani 0.05 olarak belirlediğimiz anlamlılık düzeyi 0.1426'a çıkacaktır. Bu istenmeyen bir durumdur. Bonferroni düzeltilmesi yapılarak anlamlılık düzeyi  $0.05/3=0.0167$  olarak belirlenir. Böylece genel hata oranı kontrol edilmiş olur.

### 2.2.4.2.8.2. Tukey Testi

Tukey gruplar arasındaki tüm ikili karşılaştırmaları test etmek için, aşağıdaki formülü kullanır;

$$HSD = \frac{X_i - X_j}{\sqrt{\frac{OK_i}{n_h}}} \quad (50)$$

Denklem 50'de,  $X_i - X_j$  iki grup ortalamaları arasındaki farktır.  $X_i, X_j$ 'den büyük olmalıdır.  $OK_i$  iç ortalama karesidir.  $n$  ise gruptaki örneklem sayısıdır.

### 2.2.5. Sınıflandırma

Parlaklığın duygusal görüntülerin sınıflandırılması üzerindeki etkisi araştırılırken üç farklı sınıflandırma yönteminden yararlanıldı. Bunlar k-EYK yakın komşuluk, destek vektör makinaları ve kısmi en küçük kareler regresyon yöntemidir.

#### 2.2.5.1. k-EYK Yakın Komşuluk (k-EYK)

k-EYK yakın komşuluk yöntemi denetimli bir öğrenme algoritması olup, bu sınıflandırma yönteminde seçilen test örneğinin eğitim kümesinde bulunan tüm örneklerle olan yakınlığı seçilen bir uzaklık ölçütüne göre hesaplanır. Tez çalışmasında uzaklık ölçütü olarak öklid uzaklığı ( $d_E$ ) (denklem 51) tanımlanmıştır. Test örneği için hesaplanan tüm uzaklık değerleri küçükten büyüğe doğru sıralanır. Sıralama içerisinde en yakın k adet örneğin ait olduğu sınıf etiketleri belirlenip bu etiketler arasında baskın olan sınıf etiketi hangisi ise test örneği o sınıfa dahil edilir.

$$d_E(p, q) = \sqrt{\sum_{i=1}^B (p_i - q_i)^2} \quad (51)$$

Denklem 51'de B özellik sayısını, p ve q uzayındaki noktaları,  $d_E$  ise Öklid uzaklığı ifade eder.

k-EYK yöntem adımları aşağıdaki gibidir;

- 1- k değeri seçilir,
- 2- Test örneği ile tüm eğitim örnekleri arasındaki Öklid mesafesi hesaplanır,
- 3- Tüm Öklid mesafeler küçükten büyüğe sıralanır ve en yakın k tanesi belirlenir,
- 4- Yakın komşulukların sınıf değerleri belirlenir,
- 5- Değeri baskın olan sınıf etiketi örüntü sınıfı olarak seçilir.

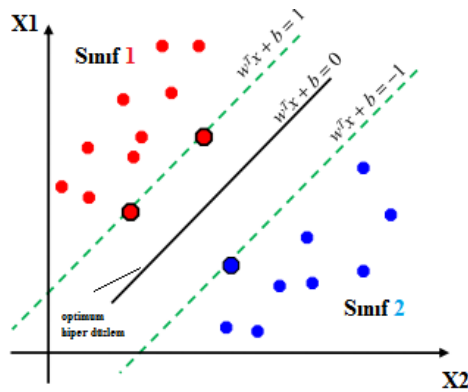
Yapılan çalışmada k-EYK yöntemi için en uygun k parametresi belirlenirken K-katlı çapraz doğrulama yöntemi kullanılmıştır.

### 2.2.5.2. Destek Vektör Makinası (DVM)

Yaygın olarak kullanılan sınıflandırılma yöntemlerinden bir diğeri de DVM'dir. DVM yöntemi, iki sınıfı en iyi şekilde ayıran maksimum marj hiper düzlemini bulma ilkesine dayanır (Taktak, A. F. G. ve Fisher, A. C., 2007) ve destek vektörler kullanılarak eğitilir. Bu yöntemin esası, doğrusal ya da doğrusal olmayan verilerin birbirlerinden ayrılmasını sağlayan optimum hiper düzlemin ve karar fonksiyonunun tahmin edilmesine dayanır. Bir dizi  $x_i$  eğitim verisi ( $i = 1, 2, 3, \dots, n$ ) için doğrusal hiper düzlem denklem 52'deki gibi tanımlanır;

$$w^T x_i + b = 0 \quad (52)$$

Şekil 2.18'de n boyutlu bir öz nitelik uzayını ikiye ayıran n-1 boyutlu bir hiper düzlem görülmektedir.



Şekil 2.18. Doğrusal SVM (Gholami ve Fakhari, 2017).

Denklem 52’de  $w$ ,  $n$  boyutlu vektör ve  $b$  eğilim (bias) terimidir. Hiper düzlem verileri mümkün olan en az hata ile ayırmalıdır. Ayrıca hiper düzlemin her bir sınıfa ait en yakın veriye olan mesafesi maksimum olmalıdır. Bu koşullar altında, her sınıfa (örneğin 1 ve -1 etiketli) ait veriler hiper düzlemin yalnızca sol veya sağ tarafında olabilir. Bu nedenle verilerin ayrılabilirliğini kontrol etmek için iki marj tanımlanmalıdır (denklem 53) (Gholami ve Fakhari, 2017);

$$w^T x_i + b \begin{cases} \geq 1 & y_i=1 \text{ için} \\ \leq -1 & y_i=-1 \text{ için} \end{cases} \quad (54)$$

Hiper düzlem için genelleme bölgesi 1 ve  $-1$  arasında herhangi bir yerde olabilir ve her sınıfın sınırı olarak kabul edilebilecek birçok marjin vardır. Bu nedenle, en iyi hiper düzlem için marjinler arasındaki mesafe ( $d$ ) denklem 55 ile tanımlanır (Gholami ve Fakhari, 2017);

$$d(w, b, x) = \frac{|(w^T x_i + b - 1) - (w^T x_i - b)|}{\|w\|} = \frac{2}{\|w\|} \quad (55)$$

Denklem 55’de  $\|w\|$ ,  $w$  (ağırlık vektörü) normal düzleminin normudur. Optimal hiper düzlemi belirlemek için genel dışbükey problemi şu şekilde giderilir;

$$\min \frac{1}{2} \|w\|^2 \quad (56)$$

$$y_i(w^T x + b) \geq 1 \quad (57)$$

Denklem 57’deki optimizasyon sorunu çözümlendiğinde iki sınıfa ait destek vektörler arasındaki mesafeyi maksimize edecek hiper düzlem elde edilmiş olur. Optimal hiper düzlem bulunurken Lagrange çarpanlarından ( $\alpha$ ) faydalanılır. Böylece problem daha kolay çözümlenir.

$$L_p(w, b, \alpha) = \frac{1}{2} \|w\|^2 - \sum_{i=1}^N \alpha_i \{y_i [w^T x_i + b] - 1\} \quad (58)$$

DVM ile iki sınıfı optimum hiper düzlem ile ayırıp sınıflandıran karar fonksiyonu denklem 59 ile bulunur;

$$f(x) = \text{sign}(\sum_{i=1}^N \alpha_i y_i(x_i x_j)) \quad (59)$$

### 2.2.5.3. Kısmi En Küçük Kareler Regresyon (KEKKR)

KEKKR, çok değişkenli istatistiksel bir yöntem olup kısmi en küçük kareler (KEKK) ve çoklu doğrusal regresyon analizinin birleşiminden oluşmaktadır. Bu yöntemde çeşitli algoritmalar aracılığıyla (NIPALS, SIMPLS, KERNEL vb.) aralarında çoklu doğrusal bağlantı olan açıklayıcı değişkenler, hem bağımlı değişkenlerdeki (Y) hem de açıklayıcı değişkenlerdeki (X) değişimi açıklayan, doğrusal bağlantı problemi ortadan kalkmış, açıklayıcı değişken sayısından daha az sayıda bileşene indirgenmektedir. Boyut indirgeme sırasında tekil değer ve öz değer ayrıştırma kullanılmaktadır. Boyutu indirgenmiş bileşenler gizli değişkenler olarak adlandırılırlar. Bu değişkenler, yeni açıklayıcı değişkenler olarak, regresyon analizinde kullanılırlar.

KEKKR yönteminde, X ve Y için ayrı ayrı modeller kullanılır (denklem 61-61). KEKKR, optimum gizli değişken sayısını, X ve Y arasındaki kovaryansı maksimum yapacak şekilde elde eder.

$$X = \sum_{i=1}^R t_i p_i' + E, \quad (i = 1, \dots, R) \quad (60)$$

$$Y = \sum_{i=1}^R u_i q_i' + G, \quad (i = 1, \dots, R) \quad (61)$$

Denklem 60-61'de  $t_i$  ve  $u_i$ , X ve Y'nin gizli değişkenleridir.  $t_i$ 'ler birbirlerine ve sonraki  $u_i$ 'e diktirler. Gizli değişkenler, bağımlı değişkenlerin tahmin edilmesinde kullanılırlar. KEKKR yönteminde başlıca kullanılan algoritmalar NIPALS ve SIMPLS algoritmalarıdır. Yapılan tez çalışmasında SIMPLS algoritması kullanıldığı için bu kısımda da bu algoritmadan bahsedilecektir.

SIMPLS algoritması iteratif bir algoritmadır. Buradaki amaç KEKKR modeli olan  $\hat{Y} = X\hat{\beta}_{KEKK}$ 'nin kestirimini sağlamaktır. Bunun için T ve U gizli değişkenleri elde edilir.

$$T = XR, \quad (62)$$

$$U = YC \quad (63)$$

Denklem 62-63'da incelendiğinde, açıklayıcı değişken matrisi  $X$  ile ağırlığı olan  $R$  ve bağımlı değişken matrisi  $Y$  ile ağırlığı olan  $C$  arasında doğrusal bir ilişki olduğu görülmektedir.  $T$  gizli değişken matrisi, ortogonal gizli değişkenlerden oluşmaktadır ( $t_a = Xr_a$ ,  $t_i \perp t_j, i \neq j, a = 1, 2, \dots, A$ ). Bu gizli değişkenler,  $u_a = Yc_a$ , ( $u_j \perp t_j, i < j \leq a, a = 1, 2, \dots, A$ ) şeklindeki  $Y$  bileşenleri ile kovaryanslarını maksimize edecek şekilde  $S = X'Y$  kovaryans matrisinden belirlenirler.

SIMPLS algoritmasının iterasyon basamakları aşağıdaki gibidir;

1.  $S_1 = X'Y$  kovaryans matrisi hesaplanır.
2.  $r_a$ , ağırlığı  $S_a S_a'$  vektörünün baskın öz vektörü olarak elde edilir.
3.  $t_a = Xr_a$  hesaplanır.
4.  $t_a$  normalize edilir ve  $r_a$ 'da bu duruma adapte edilir  
 $(t_{a-norm} = \frac{t_a}{\sqrt{t_a' t_a}} \text{ ve } r_{a-adapt.} = \frac{r_a}{\sqrt{t_a' t_a}})$
5.  $p_a = X' t_{a-norm}$ ,  $c_a = Y' t_{a-norm}$  ve  $u_a = Y c_a$  hesaplanır.
6. Kovaryans matrisi güncelleştirilir;  
 $(S_{a+1} = S_a - v_a(v_a' S_a), v_a = p_a - V_{a-1}(V_{a-1}' p_a), a = 2, 3, \dots, A)$
7.  $u_a, t_b$  ( $b = 1, 2, 3, \dots, a - 1$ ) ile ortogonal olup  $u_a = u_a - T_{a-1}(T_{a-1}' u_a)$  ve  $T_{a-1} \equiv (t_1, \dots, t_{a-1})$ 'dir. 7. basamak sadece  $a > 1$  durumu için geçerlidir.
8. Bir sonraki gizli değişkenler  $S_{a+1}$  kovaryans matrisi kullanılarak ikinci basamaktan itibaren elde edilmeye devam eder.

Bütün gizli değişkenler elde edilinceye tüm basamaklar tekrar edilir. Tekrar sayısı gizli değişken sayısı olan  $A$ 'a eşittir. Tüm gizli değişkenler elde edildiğinde ise regresyon katsayıları hesaplanır.  $T = XR$  ve  $B = WC$  eşitlikleri kullanılır.

#### 2.2.5.4. Sınıflandırmada Algoritmalarının Performans Değerlendirme Ölçütleri

Bu bölümde sınıflandırma problemlerinde, model değerlendirme yöntemi olan K-katlı çapraz doğrulama ve model performans değerlendirilme ölçütlerinden olan

karmaşıklık matrisinden bahsedilecektir. Bu yöntem ve ölçüt aracılığıyla sınıflandırma için en uygun model belirlenebilir.

#### 2.2.5.4.1. K-Katlı Çapraz Doğrulama

K-katlı çapraz doğrulama yöntemi ile eğitim veri kümesi 'K'sayıda alt veri kümesine ayrıştırılır. Her bir alt veri kümesi sırasıyla 'onaylama'kümesi olarak atanır. Her bir atama sırasında onaylama kümesi olmayan kümeler ise 'alt eğitim'kümesi olarak seçilir. Bu sayede tüm eğitim alt kümeleri 'onaylama've 'alt eğitim'kümesi olacak şekilde seçilmiş olur. Bu yöntemde eğitim sınıflandırma doğruluğu, seçilen sınıflandırma modeline göre tüm alt eğitim kümeleri için elde edilen sınıflandırma doğruluk sonuçlarının ortalaması alınarak bulunur. Yapılan tez çalışmasında K-katlı çapraz doğrulama için 'K'değeri 10 seçilmiştir.

#### 2.2.5.4.2. Karmaşıklık Matrisi

Karmaşıklık matrisi ile bir sınıflandırıcının test verilerini sınıflandırma performansı özetlenir. İki boyutlu matris şeklindedir. Bu matrisin bir boyutu sınıflandırılacak olan öz niteliğin gerçek sınıfları tarafından, diğer boyutu ise sınıflandırıcının atadığı sınıf etiketleri tarafından indekslenir (Zhou, 2011). Karmaşıklık matrisi Tablo 2.6 ile sunulmuştur.

Tablo 2.6. Karmaşıklık matrisi

Karmaşıklık Matrisi		Tahmin Edilen Sınıf	
		Pozitif	Negatif
Gerçek Sınıf	Pozitif	DP	YP
	Negatif	YN	DN

Karmaşıklık matrisi ile sınıflandırma problemlerinde sınıflandırıcıların bulduğu etiketler ile gerçek sınıf etiketleri arasındaki ilişkileri gözlemlemek mümkündür. Tablo 2.6'daki DP ve DN sırasıyla, sınıflandırma modeli tarafından doğru tahmin edilen pozitif ve negatif test örneklerinin sayısını, YP ve YN ise sırasıyla sınıflandırma modeli tarafından yanlış tahmin edilen pozitif ve negatif test örneklerinin sayısını belirtmektedir. Bu değerler



kullanılarak sınıflandırıcı performans değerlendirmesinde kullanılan doğruluk, hassasiyet ve özgüllük ölçütleri elde edilir (denklem 64-66). Bu ölçütler sınıflandırma modelinin ne kadar iyi sonuç verip vermediğini test etmek için kullanılırlar.

$$\text{Doğruluk (\%)} = \frac{DP+DN}{DP+DN+YN+YP} \times 100 \quad (64)$$

$$\text{Duyarlılık} = \frac{DP}{DP+YN} \quad (65)$$

$$\text{Özgüllük} = \frac{DN}{DN+YP} \quad (66)$$

### 2.3. Veri Setlerinin Oluşturulması

#### 2.3.1. İstatistiksel Analizler İçin Veri Setlerinin Oluşturulması

İlk istatistiksel analizler EEG kayıtlarından elde edilen öz nitelikler için (Tablo 2.2) gerçekleştirildi. Buradaki amacımız, üç farklı duygusal uyaran karşısında (nötr, nahoş ve hoş), tüm bireylerin EEG güç spektrogramlarında ön işleme bölümünde belirlenen zaman ve frekans aralıkları için, frekans ve zaman başına ortalama güç değerlerinin, orijinal ve parlak veri grupları arasındaki değişimini istatistiksel olarak karşılaştırmak ve parlaklığın bu yanıtların gücünü nasıl değiştirdiğini (artış/ azalış) anlamaktır. Bununla birlikte, EEG kayıtlarında parlaklık etkisinin ortaya çıktığı elektrot noktaları, zaman pencereleri ve frekans bantları istatistiksel olarak belirlenip parlaklık etkisinin beyinde nasıl temsil edildiği anlaşılmasına çalışıldı.

İstatistiksel karşılaştırma, parlaklığın farklı lokasyonlar (frontal, santral, parietal ve oksipital) ve farklı sagittal (sağ hat, merkez hat, sol hat) hatlar üzerindeki birleşik etkisi göz önünde bulundurularak gerçekleştirildi. Çünkü görüntü parlaklığının beyni bölgesel olarak etkileme durumu incelenirken, tüm beyni sagittal olarak (sağ hat, sol hat ve orta hat) etkileme durumunun da göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bu birleşik etkinin istatistiksel olarak araştırılabilmesi için tempo-parietal kayıtlardan elde edilen öz nitelikler teste dahil edilmedi. Çünkü frontal ( $F_3$ ,  $F_z$  ve  $F_4$ ), santral ( $C_3$ ,  $C_z$  ve  $C_4$ ), parietal ( $P_3$ ,  $P_z$  ve  $P_4$ ) ve oksipital ( $O_1$ ,  $O_z$  ve  $O_2$ ) bölgeler, hem sağ, hem sol, hem de merkez hat elektrotlarını içerirken, tempo-parietal ( $TP_7$  ve  $TP_8$ ) bölge ise sadece sağ ve sol elektrotları içermektedir.

Bu nedenle parlaklığın lokasyon ve sagittal üzerindeki etkisi tempo-parietal kayıtlar için araştırılmamış olup, tekrarlı ölçümler ANOVA testinde Tablo 2.2’de belirtilen 14 kanal için elde edilen öz niteliklerden tempo-parietal için olan öz nitelikler çıkarılarak öz nitelik matrislerinin boyutu 31x12’e indirildi. Gerekli düzenlemenin ardından, her bir alt veri grubu için oluşturulan öz nitelikler için (5 farklı frekans bandında, 6 zaman aralığı için 31 deneğin 12 kanalından elde edilmiş öz nitelikler (Tablo 2.2)) tüm topolojideki faktörler arası farklılıkları gözlemek için tekrarlı ölçümler ANOVA testi uygulandı.

Uygulamış olduğumuz Tekrarlı ölçümler ANOVA testinde bağımlı değişkenler; beyin gücünü temsil eden öz nitelik değerleridir. Bağımsız değişkenler ise; aynı katılımcılardan elde edilen grup içi faktörler ve gruplar arası faktörler olarak ikiye ayrılır. Grup içi faktörler lokasyon ve sagittal olup *lokasyon* (Frontal, Santral, Parietal, Oksipital, 4) *x* *sagittal* (Sağ, Merkez, Sol, 3) şeklinde ifade edilir, gruplar arası faktörler ise deney koşullarını oluşturan ‘orijinal’ ve ‘parlak’ durumlar olup, *durum* (Orjinal, Parlak, 2) şeklinde ifade edilir (Tablo 2.7).

Tablo 2.7. Tekrarlı ölçümler ANOVA testinde grup ortalamaları karşılaştırılırken, grupların birleşik etkilerini incelemek için çeşitli bağımsız değişkenlerden oluşan faktöriyel tasarımların özeti

<u>Lokasyon</u> →		Frontal			Santral			Parietal			Oksipital		
<u>Sagittal</u> →		Sol	Merkez	Sağ	Sol	Merkez	Sağ	Sol	Merkez	Sağ	Sol	Merkez	Sağ
<u>Durum</u>	Orijinal	F <sub>3</sub>	F <sub>z</sub>	F <sub>4</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>z</sub>	C <sub>4</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>z</sub>	P <sub>4</sub>	O <sub>1</sub>	O <sub>z</sub>	O <sub>2</sub>
	Parlak	F <sub>3</sub>	F <sub>z</sub>	F <sub>4</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>z</sub>	C <sub>4</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>z</sub>	P <sub>4</sub>	O <sub>1</sub>	O <sub>z</sub>	O <sub>2</sub>

Tekrarlı ölçümler ANOVA ile faktörler arası etkileşimde (birleşik etki), durum faktörünün (Orijinal/ Parlak) *lokasyon*, *sagittal* ve *lokasyon\*sagittal* (birleşik etki) üzerindeki etkileri test edildi. Tüm karşılaştırmalar için anlamlılık düzeyi  $p < 0.05$  olarak ayarlandı. Mauchly’nin testi gerektiğinde küresellik varsayımını test etmek için kullanıldı ve Green House-Geisser düzeltilmiş p değerleri raporlandı.

Tekrarlı ölçümler ANOVA testi sonucunda bulunan F test istatistiği sonuçları, F tablosundan elde edilen kritik değer ( $F_{\alpha}$ ) ile karşılaştırıldı ve grup ortalamaları arasında istatistiksel anlamlılıkta bir fark olup olmadığı belirlendi. Anlamlı farklılığın görüldüğü kanalları belirlemek içinse bağımsız t-test uygulandı.

İkinci istatistiksel analiz ise, deney sonrasında 31 katılımcıdan alınan, nötr, hoş, hoş görüntüler için öznel uyarılma ve değerlik skor (SAM skorları) ortalamalarının, orijinal ve parlak koşullar arasında karşılaştırılması için gerçekleştirildi. Buradaki bağımlı değişkenler; SAM skor değerleridir. Bağımsız değişkenler ise; durum ve duygusal koşullar olup, *durum* (orijinal, parlak, 2) x *duygusal koşullar* (hoş, hoş, nötr, 3) şeklinde ifade edilirler. Bu test için de, anlamlılık düzeyi  $p < 0.05$  olarak ayarlandı. Mauchly'nin testi gerektiğinde küresellik varsayımını test etmek için kullanıldı ve Green House-Geisser düzeltilmiş p değerleri raporlandı. Tekrarlı ölçümler ANOVA testi sonucunda bulunan F test istatistiği sonuçları, F tablosundan elde edilen kritik değer ( $F_{\alpha}$ ) ile karşılaştırıldı ve grup ortalamaları arasında istatistiksel anlamlılıkta bir fark olup olmadığı belirlendi. Anlamlı farklılığın görüldüğü duygusal koşulları belirlemek içinse t-test uygulandı.

İkinci istatistiksel testteki amaç ise, görüntü parlaklığının, beyin yanıtlarımız üzerindeki etkisinin araştırılmasına paralel olarak, bu yanıtların karşılığı olan davranışlarımız (uyarılma ve duygusal değerlendirme gibi) üzerindeki etkisinin de incelenmesidir. Görüntü parlaklığının beyin yanıtlarımız üzerindeki olası etkisi, bu yanıtların karşılığı olan davranışlarımız üzerinde de etkili olabilir, bu sebeple davranışsal veriler üzerinde yapılan istatistiksel analizin tez çalışma sonuçları için destekleyici nitelikte olacağı düşünülmektedir.

### 2.3.2. Sınıflandırma İçin Veri Setlerinin Oluşturulması

Hoş, hoş ve nötr koşullar için 31 katılımcının 14 kanalından elde edilen ve verileri temsil eden 30 adet öz nitelik matrisi (Tablo 2.3) orijinal ve parlak veri grupları arasında farklı sınıflandırma teknikleriyle sınıflandırıldı. Buradaki amacımız, farklı içeriklere sahip duygusal görüntülerin parlaklığının beyin sinyallerini etkileyip etkilemediğini, istatistiksel analizlere paralel olarak sınıflandırma çalışmalarıyla da ortaya koymaktır.

Her üç sınıflandırma yöntemi için, Tablo 2.3'de hoş, hoş ve nötr koşullar için ayrı ayrı ifade edilen öz nitelik matrislerinin her birinin, yarısı eğitim diğer yarısı ise test verisi olmak üzere ikiye ayrıldı. Eğitim ve test verileri içerisinde orijinal gruba ait olanlar '0' etiketi ile parlak gruba ait olanlar ise '1' etiketi ile etiketlendirildiler.

Her üç sınıflandırma yönteminde de hoş, hoş ve nötr koşullar için oluşturulan eğitim ve test veri kümelerinin boyutları Tablo 2.8'de özetlenmiştir. Tablo 2.8'deki eğitim

ve test kümelerine ait boyut bilgileri 5 frekans bandındaki 6 zaman aralığının her biri için oluşturulmuştur.

Tablo 2.8. Her üç sınıflandırma yöntemi için kullanılacak eğitim ve test veri kümelerinin boyutları

Koşul	Durum	EĞİTİM (öz nitelik x kanal)	TEST (öz nitelik x kanal)
Hoş	Orijinal	(30x14)	(30x14)
	Parlak	(30x14)	(30x14)
	<b>TOPLAM</b>	<b>(60x14)</b>	<b>(60x14)</b>
Nahoş	Orijinal	(36x14)	(36x14)
	Parlak	(36x14)	(36x14)
	<b>TOPLAM</b>	<b>(72x14)</b>	<b>(72x14)</b>
Nötr	Orijinal	(43x14)	(43x14)
	Parlak	(43x14)	(43x14)
	<b>TOPLAM</b>	<b>(86x14)</b>	<b>(86x14)</b>

Kullanılan üç sınıflandırma yönteminde de, yüksek doğrulukta sınıflandırma tahminini sağlayan yonteme özgü olan parametre seçimlerinin güvenilirliğini arttırmak için öz niteliklerin eğitimi sırasında çapraz doğrulama yöntemi olan K-katlı çapraz doğrulama yöntemi kullanıldı ve 'K' değeri 10 olacak şekilde atandı. Ayrıca üç sınıflandırma yönteminde de sınıflandırma sonrasında elde edilen sonuçların güvenilirliğini arttırmak için öz nitelikler rastgele karıştırılarak sınıflandırma işlemleri 5 farklı kez tekrar edilip, tüm sınıflandırma sonuçlarının başarı ortalaması o sınıflandırıcıya ait genel başarı olarak kaydedildi.

### 3. BULGULAR

Bu bölümde EEG verilerinden elde edilen öz niteliklerin istatistiksel analizi ve sınıflandırılması sonucunda elde edilen bulgular, bu bulguların kafa derisi üzerindeki topolojik gösterimleri ve davranışsal verilerin istatistiksel analizi sonucunda elde edilen performans sonuçları yer almaktadır.

#### 3.1. İstatistiksel Analiz Bulguları

Hoş, nahoş ve nötr görsel uyarıcılar için elde edilen öz nitelikler (Tablo 2.2) altı zaman penceresi, beş frekans bandı ve 12 elektrot noktası için orijinal ve parlak gruplar arasında istatistiksel olarak karşılaştırıldı ve istatistiksel olarak anlamlılığı kabul edilen sonuçlar Tablo 3.1-3.6 ile sunuldu.

Tekrarlı ölçümler ANOVA testi sonuçlarına göre; hoş, nahoş ve nötr koşullar için farklı frekans bandı ve zaman pencerelerinden elde edilen öz niteliklerin orijinal ve parlak versiyonlarına ait grup ortalamalarının karşılaştırılması, *lokasyon \* durum* birleşik etkisi için istatistiksel olarak anlamlı bulgular ortaya koymuştur. Başka bir deyişle, parlaklığın istatistiksel olarak anlamlı etkileri *lokasyon* üzerinde gözlenmiştir.

##### 3.1.1. Hoş Uyarılar İçin Elde Edilen Öz Niteliklerin İstatistiksel Analiz Bulguları

Tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, hoş görsel uyaran koşullarında elde edilen öz nitelikler için, *lokasyon \* durum* etkileşiminde istatistiksel anlamlılıkta ( $p$ -değer < 0.05) farklılıkların gözlemlendiği zaman pencereleri ve frekans bantları Tablo 3.1'de gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, hoş görsel uyaran koşullarında elde edilen öz nitelikler için *lokasyon \* durum* etkileşiminde istatistiksel anlamlılıkta ( $p$ -değer < 0.05) farklılıkların gözlemlendiği zaman pencereleri ve frekans bantları

Frekans Bandı	Zaman Penceresi	$F(df, df_{hata}) = F - \text{değer}, p - \text{değer}$
Teta	T <sub>2</sub>	F(2.54,152.31)= 4.25, p= 0.01
	T <sub>5</sub>	F(2.30,137.85)= 3.27, p= 0.03
	T <sub>6</sub>	F(2.30,137.85)= 3.27, p= 0.03
Alfa	T <sub>2</sub>	F(2.11,126.75)= 3.58, p= 0.02
	T <sub>5</sub>	F(2.27,136.16)= 3.32, p= 0.03
	T <sub>6</sub>	F(2.27,136.16)= 3.32, p= 0.03
Beta	T <sub>2</sub>	F(2.61,156.60)= 7.52, p< 0.001
	T <sub>3</sub>	F(2.50,149.99)= 7.70, p< 0.001
	T <sub>4</sub>	F(2.27,136.25)= 6.63, p< 0.001
	T <sub>5</sub>	F(2.30,137.74)= 4.41, p= 0.01
	T <sub>6</sub>	F(2.30,137.74)= 4.41, p= 0.01
Gama	T <sub>1</sub>	F(2.54,152.46)= 8.84, p< 0.001
	T <sub>2</sub>	F(2.41,146.66)= 8.76, p< 0.001
	T <sub>3</sub>	F(2.29,137.18)= 7.22, p< 0.001
	T <sub>4</sub>	F(2.27,136.50)= 6.73, p< 0.001
	T <sub>5</sub>	F(2.36,141.77)= 10.24, p< 0.001
	T <sub>6</sub>	F(2.36,141.77)= 10.24, p< 0.001

Tekrarlı ölçümler ANOVA testi *lokasyon \* durum* etkileşiminin gözlemlendiği zaman pencereleri ve frekans bantlarını göstermekle birlikte, bu lokasyonlardaki (frontal, santral, parietal ve oksipital) parlaklığın etkili olduğu kanallar hakkında bilgi vermez. Bu bilgiyi edinmek için, Tablo 3.1’de belirtilen zaman pencereleri ve frekans bantlarına ait öz nitelik matrislerinin orijinal ve parlak versiyonlarından oluşan veri kümelerine bağımsız t-testi uygulanarak 4 farklı beyin lokasyonu için orijinal ve parlak gruplara ait öz nitelikler arasında istatistiksel anlamlılıkta farklılıkların gözlemlendiği kanallar belirlendi.

Tablo 3.1’de belirtilen her bir zaman aralığındaki frekans bandı için, bağımsız t-test sonuçlarına göre anlamlı farklılıkların gözlemlendiği elektrot noktaları ve karşılık gelen istatistiksel analiz değerleri Tablo 3.2’de özetlenmiştir.

Tablo 3.2. Bağımsız t-test sonuçlarına göre, hoş uyaran deneysel koşulları için, öz nitelik olarak elde edilen ortalama logaritmik güç değerlerinde orijinal ve teta, alfa, beta and gama) ve elektrot noktaları

Elektrot Noktası: $ort_{orijinal}(std_{orijinal}), ort_{parlak}(std_{parlak})$ , p-değer							
	T1 (100-200 ms)	T2 (200-300 ms)	T3 (300-400 ms)	T4 (400-500 ms)	T5 (500-600 ms)	T6 (600-700 ms)	
Delta	--	--	--	--	--	--	
Teta	--	F <sub>3</sub> : 18.29(2.63), 15.45(2.74), ≤0.001 F <sub>z</sub> : 19.10(3.43), 16.51(3.69), .01 C <sub>3</sub> : 17.37(3.56), 15.30(2.57), .01 C <sub>z</sub> : 19.22(3.00), 16.60(3.20), ≤0.001	--	--	--	C <sub>3</sub> : 16.98(3.53), 13.88(3.74), , ≤0.001 C <sub>z</sub> : 16.66(4.74), 13.73(3.68), .01	C <sub>3</sub> : 16.98(3.52), 13.88(3.74), , ≤0.001 C <sub>z</sub> : 16.66(4.74), 13.73(3.68), .01
Alfa	--	C <sub>3</sub> : 14.26(4.30), 11.56(3.03), .01 P <sub>4</sub> : 10.71(5.18), 13.48(4.78), .03	--	--	--	C <sub>3</sub> : 11.19(4.40), 8.51(5.36), .03 C <sub>z</sub> : 10.89(4.24), 8.23(3.66), .01	C <sub>3</sub> : 11.19(4.40), 8.52(5.36), .03 C <sub>z</sub> : 10.89(4.24), 8.23(3.66), .01
Beta	--	F <sub>3</sub> : 4.37(4.03), 2.36(3.25), .03 C <sub>3</sub> : 5.43(4.29), 2.21(3.13), ≤0.001 C <sub>z</sub> : 4.27(3.82), 1.72(1.82), ≤0.001 O <sub>1</sub> : 0.39(3.49), 2.54(3.40), .02	F <sub>3</sub> : 3.79(4.28), 0.27(3.57), , ≤0.001 F <sub>z</sub> : 3.52(3.51), 1.32(3.93), .02 F <sub>4</sub> : 4.54(3.22), 2.08(4.27), .01 C <sub>3</sub> : 5.03(4.00), 1.98(3.31), , ≤0.001 C <sub>z</sub> : 3.54(3.67), 1.45(2.51), , ≤0.001 O <sub>1</sub> : -0.29(3.32), 1.72(3.41), .01	F <sub>3</sub> : -3.87(3.53), 1.56(3.84), .02 F <sub>z</sub> : 3.33(3.05), 1.11(3.66), .01 F <sub>4</sub> : 3.66(3.67), 1.76(3.35), .03 C <sub>3</sub> : 4.94(3.95), 1.75(4.01), .00 C <sub>z</sub> : 3.47(3.82), 1.50(2.98), .03	F <sub>3</sub> : 3.75(3.73), 0.58(4.65), , ≤0.001 F <sub>z</sub> : 3.17(3.88), 0.57(3.56), .01 C <sub>3</sub> : 5.81(4.20), 0.93(4.55), , ≤0.001 C <sub>z</sub> : 3.76(3.43), 0.90(2.88), , ≤0.001	F <sub>3</sub> : 3.75(3.73), 0.58(4.65), , ≤0.001 F <sub>z</sub> : 3.17(3.88), 0.57(3.56), .01 C <sub>3</sub> : 3.81(4.20), 0.93(4.55), , ≤0.001 C <sub>z</sub> : 3.76(3.43), 0.90(2.88), , ≤0.001	
Gamma	F <sub>3</sub> : -4.37(4.07), -7.84(2.86), , ≤0.001 F <sub>z</sub> : -5.31(2.83), -7.31(2.85), .01 F <sub>4</sub> : -3.61(2.92), -6.21(3.47), .01 C <sub>3</sub> : -18.14(4.52), -20.76(3.11), ≤0.001 C <sub>z</sub> : -4.86(3.43), -6.89(2.43), .01	F <sub>3</sub> : -4.19(3.73), -7.5(3.59), ≤0.001 F <sub>z</sub> : -5.00(3.60), -7.18(2.96), .01 F <sub>4</sub> : -5.51(3.96), -6.15(3.77), .01 C <sub>3</sub> : -3.13(4.84), -6.01(3.24), .01 C <sub>z</sub> : -4.54(3.39), -6.60(3.70), .02	F <sub>3</sub> : -4.22(3.68), -7.23(3.53), , ≤0.001 F <sub>4</sub> : -3.99(3.80), -6.21(3.71), .02	F <sub>3</sub> : -4.33(3.75), -7.98(2.65), , ≤0.001 F <sub>4</sub> : -4.19(4.23), -6.55(3.66), .02 C <sub>3</sub> : -3.92(4.16), -6.92(3.71), , ≤0.001 C <sub>z</sub> : -5.57(3.26), -7.74(3.06), .01	F <sub>3</sub> : -4.12(4.36), -7.87(2.68), , ≤0.001 F <sub>4</sub> : -3.75(3.91), -6.10(3.28), .01 C <sub>3</sub> : -3.34(4.21), -6.82(3.57), , ≤0.001 C <sub>z</sub> : -5.38(2.89), -7.67(2.91), .03 O <sub>1</sub> : -7.67(3.36), -5.82(3.59), .04		

### 3.1.2. Nahoş Uyarılar İçin Elde Edilen Öz Niteliklerin İstatistiksel Analiz Bulguları

Tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, nahoş görsel uyarı koşullarında elde edilen öz nitelikler için, *lokasyon \* durum* etkileşiminde istatistiksel anlamlılıkta ( $p$ -değer < 0.05) farklılıkların gözlemlendiği zaman pencereleri ve frekans bantları Tablo 3.3'de gösterilmiştir.

Tablo 3.3. Tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, nahoş görsel uyarı koşullarında elde edilen öz nitelikler için *lokasyon \* durum* etkileşiminde istatistiksel anlamlılıkta ( $p$ -değer < 0.05) farklılıkların gözlemlendiği zaman pencereleri ve frekans bantları

Frekans Bandı	Zaman Penceresi	$F(df, df_{hata}) = F - \text{değer}, p - \text{değer}$
Delta	T <sub>1</sub>	F(2.61,156.76)= 4.93, p< 0.001
	T <sub>4</sub>	F(2.63,157.73)= 3.4, p= 0.02
Teta	T <sub>1</sub>	F(3, 180)= 4.99, p< 0.001
	T <sub>4</sub>	F(3,180)= 4.91, p< 0.001
Alfa	T <sub>3</sub>	F(2.55, 153.23)= 7.25, p= 0.04
	T <sub>4</sub>	F(3,180)= 3.17, p= 0.03
Beta	T <sub>1</sub>	F(3,180)=3.31, p= 0.02
	T <sub>2</sub>	F(2.33,140.23)= 3.69 p= 0.01
	T <sub>3</sub>	F(2.59,155.29)= 4.25, p= 0.01
Gama	T <sub>3</sub>	F(3,180)= 3.48, p= 0.02
	T <sub>4</sub>	F(2.69,161.26)= 3.47, p= 0.02
	T <sub>5</sub>	F(3,180)= 4.87, p< 0.001
	T <sub>6</sub>	F(3,180)= 4.87, p< 0.001

Tekrarlı ölçümler ANOVA testi *lokasyon \* durum* etkileşiminin gözlemlendiği zaman pencereleri ve frekans bantlarını göstermekle birlikte, bu lokasyonlardaki (frontal, santral, parietal ve oksipital) parlaklığın etkili olduğu kanallar hakkında bilgi vermez. Bu bilgiyi edinmek için, Tablo 3.3'de belirtilen zaman pencereleri ve frekans bantlarına ait öz nitelik matrislerinin orijinal ve parlak versiyonlarından oluşan veri kümelerine bağımsız t-testi uygulanarak 4 farklı beyin lokasyonu için orijinal ve parlak gruplara ait öz nitelikler arasında istatistiksel anlamlılıkta farklılıkların gözlemlendiği kanallar belirlendi.

Tablo 3.3'de belirtilen her bir zaman aralığındaki frekans bandı için, bağımsız t-test sonuçlarına göre anlamlı farklılıkların gözlemlendiği elektrot noktaları ve karşılık gelen istatistiksel analiz değerleri Tablo 3.4'de özetlenmiştir.



Tablo 3.4. Bağımsız t-test sonuçlarına göre, nahoş uyaran koşulları için, öz nitelik olarak elde edilen ortalama logaritmik güç değerlerinde orijinal ve parlak gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların gözlemlendiği zaman pencereleri ( $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ ,  $T_4$ ,  $T_5$  ve  $T_6$ ), frekans bantları (delta, teta, alfa, beta and gama) ve elektrot bölgeleri

Elektrot Noktası: $ort_{orijinal}(std_{orijinal})$ , $ort_{parlak}(std_{parlak})$ , p-değer						
	$T_1$ (100-200 ms)	$T_2$ (200-300 ms)	$T_3$ (300-400 ms)	$T_4$ (400-500 ms)	$T_5$ (500-600 ms)	$T_6$ (600-700 ms)
Delta	$F_z$ : 19.10(5.01), 15.66(5.48), .01 $C_z$ : 19.87(4.68), 15.81(5.18), $\leq 0.001$	--	--	$C_3$ : 18.00(4.74), 15.15(4.91), .02 $C_z$ : 20.39(3.99), 17.89(4.30), .02 $C_4$ : 19.45(4.58), 16.11(5.17), .01	--	--
Teta	$C_z$ : 16.57(3.97), 14.15(3.99), .02	--	--	$F_3$ : 15.62(4.21), 12.96(4.14), .01 $C_3$ : 15.73(3.94), 12.23(3.49), $\leq 0.001$ $C_z$ : 16.69(3.73), 14.70(3.26), .02 $C_4$ : 15.90(3.55), 12.72(4.34), .02	--	--
Alfa	--	--	$C_z$ : 15.19(3.12), 12.93(3.07), .01 $C_4$ : 14.91(3.80), 12.34(3.35), .01 $P_3$ : 13.84(3.03), 12.14(2.98), .03 $O_z$ : 14.35(3.49), 11.70(4.16), .01	$C_3$ : 11.14(4.19), 7.70(3.39), $\leq 0.001$ $C_z$ : 11.02(3.49), 8.53(3.64), .01 $C_4$ : 10.69(4.35), 7.00(4.46), $\leq 0.001$ $P_3$ : 9.93(4.05), 7.02(4.36), .01	--	--
Beta	$F_z$ : -0.29(3.18), 1.81(3.07), $\leq 0.001$	$F_z$ : 1.56(3.14), 3.88(2.86), $\leq 0.001$	$C_z$ : 4.75 (3.56), 2.31(3.11), .01 $C_4$ : 5.19(3.48), 2.03(3.62), $\leq 0.001$	--	--	--
Gama	--	--	$C_z$ : -4.57(3.42), -7.18(3.24), $\leq 0.001$ $C_4$ : -4.47(3.34), -7.77(3.25), $\leq 0.001$ $P_3$ : -4.33(3.88), -6.94(3.75), .01	$C_4$ : -4.84(3.61), -8.70(2.87), $\leq 0.001$ $P_3$ : -5.24(4.11), -7.86(2.47), $\leq 0.001$	$C_3$ : -4.97(3.94), -6.82(2.57), .03 $C_z$ : -4.92(3.66), -7.62(2.96), $\leq 0.001$ $C_4$ : -4.60(3.28), -8.67(2.56), $\leq 0.001$ $P_3$ : -5.45(4.03), -7.77(2.73), $\leq 0.001$	$C_3$ : -4.94(3.94), -6.82(2.58), .03 $C_z$ : -4.93(3.66), -7.60(2.96), $\leq 0.001$ $C_4$ : -4.60(3.29), -8.68(2.56), .01 $P_3$ : -5.45(4.03), -7.77(2.73), $\leq 0.001$

### 3.1.3. Nötr Uyarılar İçin Elde Edilen Öz Niteliklerin İstatistiksel Analiz Bulguları

Tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, nötr görsel uyaran koşullarında elde edilen öz nitelikler için, *lokasyon \* durum* etkileşiminde istatistiksel anlamlılıkta ( $p$ -değer < 0.05) farklılıkların gözlemlendiği zaman pencereleri ve frekans bantları Tablo 3.5’de gösterilmiştir.

Tablo 3.5. Tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, nötr görsel uyaran koşullarında elde edilen öz nitelikler için *lokasyon \* durum* etkileşiminde istatistiksel anlamlılıkta ( $p$ -değer < 0.05) farklılıkların gözlemlendiği zaman pencereleri ve frekans bantları

Frekans Bandı	Zaman Penceresi	$F(df, df_{hata}) = F - değer, p - değer$
Delta	T <sub>3</sub>	F(2.47,143.08)=3.60, p= 0.02
	T <sub>4</sub>	F(2.50,145.28)=3.88, p= 0.01
Teta	T <sub>3</sub>	F(2.37,137.66)=5.13, p< 0.001
	T <sub>4</sub>	F(2.35,136.11)=4.48, p=0.01
Alfa	T <sub>3</sub>	F(2.48,143.97)=3.29, p= 0.03
	T <sub>4</sub>	F(2.34,135.53)=3.76, p= 0.02
Gama	T <sub>2</sub>	F(2.23,129.25)=3.96, p= 0.02
	T <sub>4</sub>	F(2.15,124.99)=3.25, p= 0.03
	T <sub>6</sub>	F(2.92,132.96)=3.45, p= 0.03

Tekrarlı ölçümler ANOVA testi *lokasyon \* durum* etkileşiminin gözlemlendiği zaman pencereleri ve frekans bantlarını göstermekle birlikte, bu lokasyonlardaki (frontal, santral, parietal ve oksipital) parlaklığın etkili olduğu kanallar hakkında bilgi vermez. Bu bilgiyi edinmek için, Tablo 3.5’de belirtilen zaman pencereleri ve frekans bantlarına ait öz nitelik matrislerinin orijinal ve parlak versiyonlarından oluşan veri kümelerine bağımsız t-testi uygulanarak 4 farklı beyin lokasyonu için orijinal ve parlak gruplara ait öz nitelikler arasında istatistiksel anlamlılıkta farklılıkların gözlemlendiği kanallar belirlendi.

Tablo 3.5’de belirtilen her bir zaman aralığındaki frekans bandı için, bağımsız t-test sonuçlarına göre anlamlı farklılıkların gözlemlendiği elektrot noktaları ve karşılık gelen istatistiksel analiz değerleri Tablo 3.6’da özetlenmiştir.

Tablo 3.6. Bağımsız t-test sonuçlarına göre, nötr uyaran koşulları için, öz nitelik olarak elde edilen ortalama logaritmik güç değerlerinde orijinal ve parlak gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların gözlemlendiği zaman pencereleri (T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub>, T<sub>5</sub> ve T<sub>6</sub>), frekans bantları (delta, teta, alfa, beta ve gama) ve elektrot bölgeleri

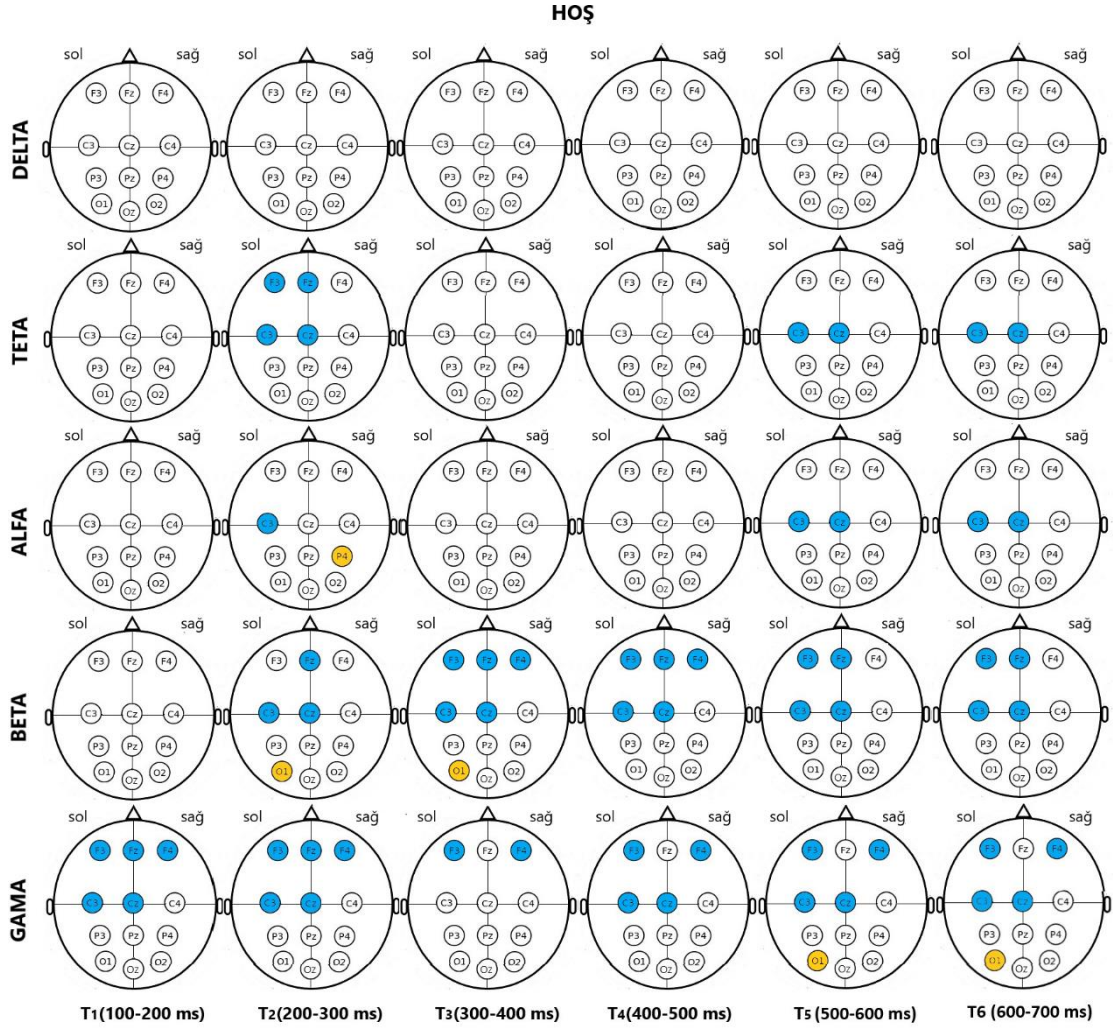
Elektrot Noktası: <i>ort_orijinal</i> ( <i>std_orijinal</i> ), <i>ort_partlak</i> ( <i>std_partlak</i> ), p-değer					
	T <sub>2</sub> (200-300 ms)	T <sub>3</sub> (300-400 ms)	T <sub>4</sub> (400-500 ms)	T <sub>6</sub> (600-700 ms)	
Delta	--	P <sub>Z</sub> : 16.91(6.66), 20.27 (4.37), .02	C <sub>4</sub> : 18.26(3.32), 15.46(6.04), .03 P <sub>Z</sub> : 16.12(6.20), 20.49 (5.90), .02	--	
Teta	--	F <sub>3</sub> : 16.74(3.06), 14.27(3.85), .01 F <sub>Z</sub> : 16.56(3.31), 13.96(3.93), .01 C <sub>Z</sub> : 16.04(3.27), 14.15(3.67), .04	P <sub>Z</sub> : 12.90(4.28), 15.95(4.51), .01	--	
Alfa	--	F <sub>3</sub> : 11.31(3.50), 8.55(3.89), ≤0.001 F <sub>Z</sub> : 11.52(4.72), 8.94(4.44), .03	F <sub>Z</sub> : 10.67(4.24), 7.96(3.95), .01	--	
Gama	P <sub>Z</sub> : -7.84(3.22), -5.65(3.99), .02 P <sub>4</sub> : -8.07(4.34), -5.95(3.27), .03 O <sub>2</sub> : -7.69(3.59), -5.70(3.40), .03	--	P <sub>Z</sub> : -9.09(2.33), -7.18(3.77), .02 O <sub>2</sub> : -9.00(3.68), -7.04(3.43), .03	--	P <sub>Z</sub> : -9.05(3.15), -6.92(3.94), .02

### 3.2. İstatistiksel Bulguların Kafatası Üzerindeki Topolojik Gösterimi

Tablo 3.2, 3.4 ve 3.6'da verilen sonuçlar kullanılarak Şekil 3.1-3.3 elde edildi. Bu şekiller, altı farklı zaman aralığı için parlaklık etkisinin gözlemlendiği frekans bantları ve elektrot noktalarını daha net ve kapsamlı olarak görüntülemek için oluşturulmuştur. Şekillerdeki her büyük daire kafatasını, her büyük daire içerisindeki küçük daireler ise kafatası üzerindeki 12 elektrot bölgesinin yerleşimini temsil etmektedir. Her bir elektrot bölgesinin ismi küçük daireler içerisinde yazılmaktadır. Şekillerde zaman pencerelerinin geçişleri ( $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ ,  $T_4$ ,  $T_5$  ve  $T_6$ ) her satır için sırasıyla soldan sağa, frekans bandı geçişleri (delta, teta, alfa, beta ve gama) ise her sütun için sırasıyla yukarıdan aşağıya olacak şekilde yerleştirilmiştir. Her bir zaman penceresindeki, her bir frekans bandı için parlaklık etkisinin gözlemlendiği elektrot noktaları (Tablo 3.2, 3.4 ve 3.6'a göre) mavi ya da sarı ile renklendirildi. İstatistiksel test sonuçlarına göre, mavi renk 31 kişiye ait orijinal veri gruplarından elde edilen öz niteliklerin grup ortalamalarının, parlak veri gruplarına ait öz nitelik grup ortalamalarından istatistiksel olarak anlamlı derecede ( $p < 0.05$ ) büyük olduğu elektrot bölgeleri için, sarı renk ise parlak veri gruplarından elde edilen öz nitelik grup ortalamalarının, orijinal veri gruplarına ait öz nitelik grup ortalamalarından istatistiksel olarak anlamlı derecede büyük olduğu elektrot bölgeleri için kullanılmıştır.

#### 3.2.1. Hoş Uyarılara Ait İstatistiksel Bulgular İçin Topolojik Gösterim

Şekil 3.1'de, hoş görüntülerin parlaklığının elektrofizyolojik yanıtlar üzerindeki etkisinin erken zaman penceresinde ( $T_1 = 100-200$  ms) ortaya çıkmaya başladığı ve geç zaman penceresine ( $T_6 = 600-700$  ms) kadar devam ettiği görülmektedir. Bu etki erken zaman penceresinde yüksek frekansta (gama) oluşmaya başladı ve zaman içerisinde geniş frekans aralığına (beta, alfa ve teta) yayıldı. Hoş görüntülerin parlaklığındaki artış, frontal ve santral bölgelerde ( $F_3$ ,  $F_z$ ,  $F_4$ ,  $C_3$  ve  $C_z$ ) erken zaman penceresinde ( $T_1 = 100-200$  ms) gama yanıtlarının ortalama gücünde azalmaya neden olmaktadır. Zaman içerisinde görüntü parlaklığı, frontal ve santral bölgelere ( $F_3$ ,  $F_z$ ,  $F_4$ ,  $C_3$  ve  $C_z$ ) paralel olarak oksipital ve parietal bölgeleri ( $O_1$  ve  $P_4$ ) de etkilemiştir. Hoş görüntülerin parlaklığındaki artış, frontal ve santral bölgelerin aksine, oksipital ve parietal bölgelerde salınımlı beyin sinyallerinin ortalama gücünde artışa neden olmuştur.

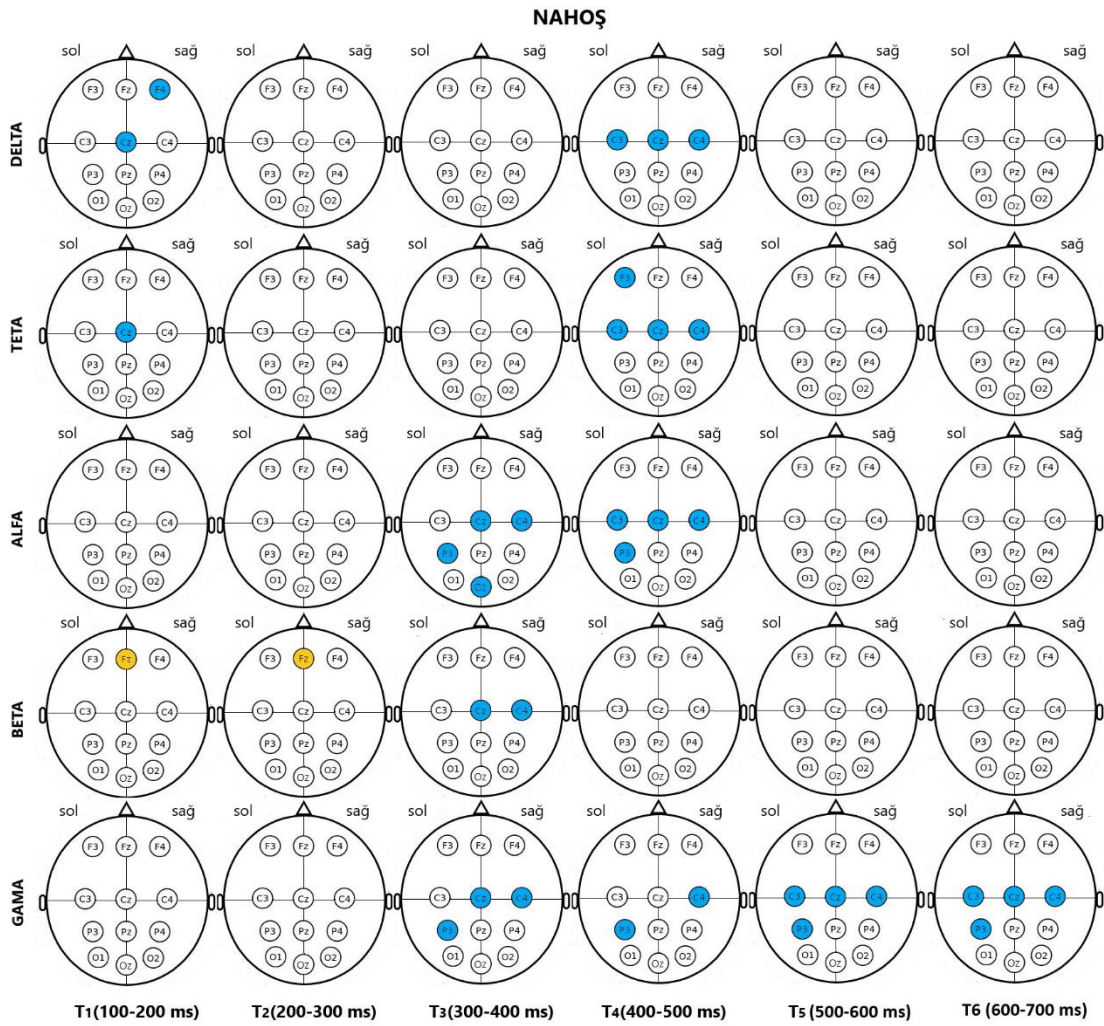


Şekil 3.1. Hoş içerikli görsel uyarıların kullanıldığı deney koşulları için  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ ,  $T_4$ ,  $T_5$  ve  $T_6$  zaman aralıklarının her birinde delta, teta, alfa, beta ve gama frekans bantlarında parlaklık etkisinin gözlemlendiği elektrot noktaları

### 3.2.2. Nahoş Uyarılara Ait İstatistiksel Bulgular İçin Topolojik Gösterim

Şekil 3.2’de, nahoş görüntülerin parlaklığının elektrofizyolojik yanıtlar üzerindeki etkisinin erken zaman penceresinde ( $T_1 = 100-200$  ms) ortaya çıkmaya başladığı ve geç zaman penceresine ( $T_6 = 600-700$  ms) kadar devam ettiği görülmektedir. Bu etki ilk olarak erken zaman penceresinde, beta frekansında ortaya çıktı ve nispeten yüksek frekanslarda (beta, alfa ve gama) devam etti. Bununla birlikte,  $T_4$  (400-500 ms) zaman penceresi içerisinde parlaklık etkisi düşük frekanslara (delta, teta) da yayılım gösterdi. Şekil 3.2’ye göre, nahoş görüntülerin parlaklığındaki artış, ilk olarak frontal bölgelerde erken ve orta gecikmeyle (100-300 ms) beta sinyallerinin ortalama gücünde bir artışa neden olmuştur.

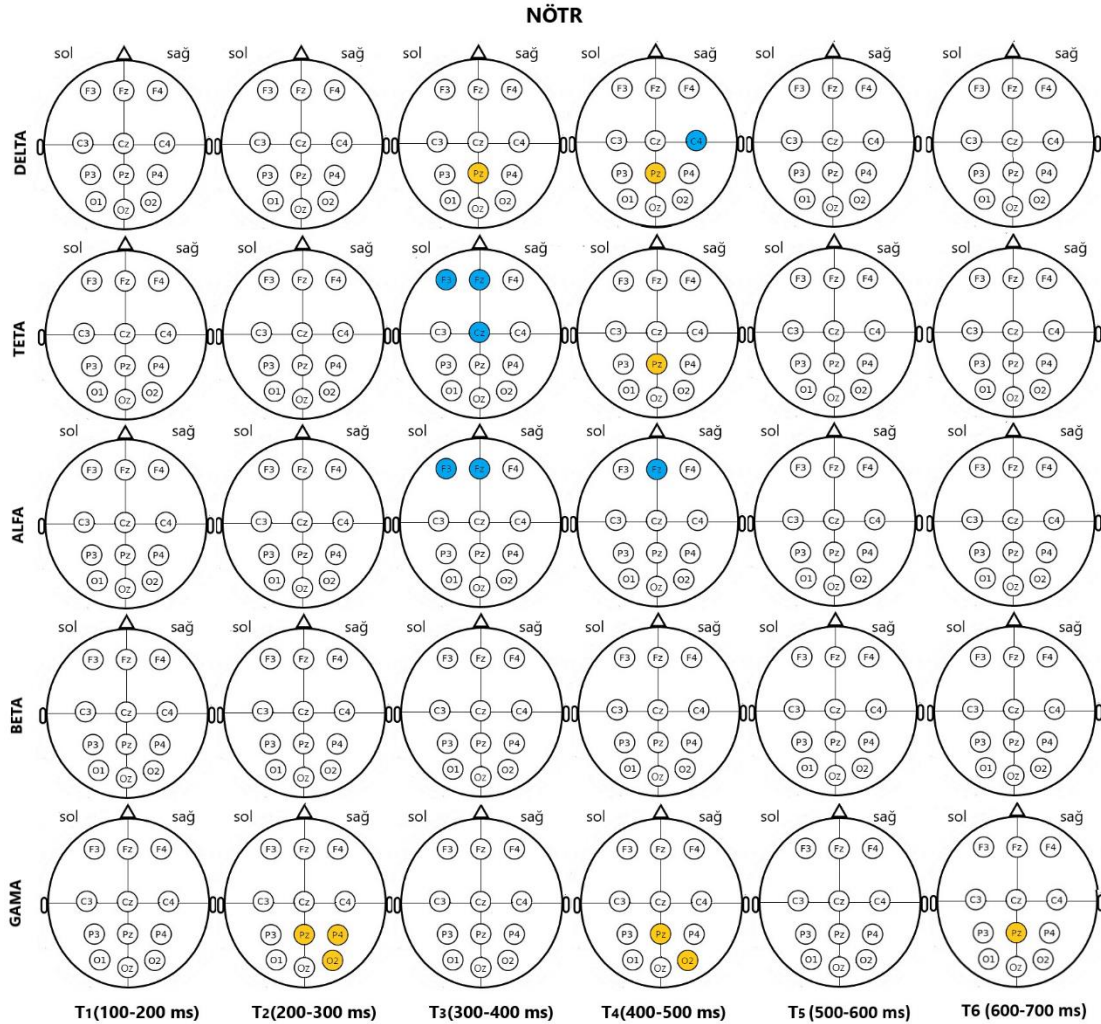
Zaman içerisinde, frontal, santral, oksipital ve parietal bölgelerde ( $F_3$ ,  $C_3$ ,  $C_z$ ,  $C_4$ ,  $P_3$  ve  $O_z$ ) de parlaklık etkisi devam etmiştir. Diğer görsel uyarıların aksine, naHoş görüntülerin parlaklığındaki artış oksipital ve parietal bölgelerde salınımlı beyin sinyallerinin ortalama gücünde azalmaya neden olmaktadır. Dikkat çekici bir diğer nokta ise, hoş ve nötr görsel uyarıların aksine, naHoş görüntülerin parlaklığındaki artış erken ve orta gecikmeyle (100-300 ms) frontal ve santral elektrot noktalarında beyin aktivitesinin ortalama gücünde bir artışa neden olmaktadır.



Şekil 3.2. NaHoş içerikli görsel uyarıların kullanıldığı deney koşulları için T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub>, T<sub>5</sub> ve T<sub>6</sub> zaman aralıklarının her birinde delta, teta, alfa, beta ve gama frekans bantlarında parlaklık etkisinin gözlemlendiği elektrot noktaları

### 3.2.3. Nötr Uyarılara Ait İstatistiksel Bulgular İçin Topolojik Gösterim

Şekil 3.3’de, nötr görüntülerin parlaklığının elektrofizyolojik sinyaller üzerindeki ilk etkisinin diğer uyarın tiplerine göre daha gecikmeli olarak ortaya çıktığı ( $T_1 = 200-300$  ms) ve geç zaman penceresine ( $T_6 = 600-700$  ms) kadar devam ettiği görülmektedir. Bununla birlikte,  $T_5$  zaman penceresi içerisinde parlaklık etkisi görülmedi. Hoş uyarılarda gözleendiği gibi, nötr uyarıların parlaklığındaki artış parietal ve oksipital bölgelerde beyin aktivitesinin ortalama gücünü artırırken, frontal ve santral bölgelerde beyin aktivitesinin gücünü azaltmıştır. Ayrıca, diğer görsel uyarın türlerinin aksine, nötr görüntüler için beta bandında parlaklık etkisi görülmemiştir.



Şekil 3.3. Nötr içerikli görsel uyarıların kullanıldığı deney koşulları için  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ ,  $T_4$ ,  $T_5$  ve  $T_6$  zaman aralıklarının her birinde delta, teta, alfa, beta ve gama frekans bantlarında parlaklık etkisinin gözleendiği elektrot noktaları

### 3.3. Davranışsal Verilerin Performans Değerlendirme Bulguları

Tüm katılımcıların Manikin Kendini-Değerlendirme Ölçeği skorları kullanılarak gerçekleştirilen istatistiksel analiz bulguları Tablo 3.7’de listelenmiştir. Bulgular incelendiğinde, parlak ve orijinal görüntüler arasında, uyarılma boyutunda anlamlı bir fark olduğu gözlemlendi ( $F(1,30) = 7.03$ ,  $p = 0.013$ ). Fakat, duygusal değerlik boyutunda anlamlı bir fark gözlemlenmedi ( $F(1,30) = 0.51$ ,  $p = 0.48$ ). t-testi sonuçlarına göreyse parlak nahoş görüntüler, orijinal nahoş görüntülerden daha az uyarıcı kabul edilmektedir ( $p = 0.001$ ). Bununla birlikte, uyarılma boyutunda parlaklığın hoş ve nötr görüntüler üzerinde anlamlı bir etkisi gözlemlenmemiştir.

Tablo 3.7. Hoş, nahoş ve nötr görüntülerin orijinal ve parlak versiyonları arasındaki değerlik ve uyarılma skorlarının istatistiksel olarak değerlendirilme bulguları

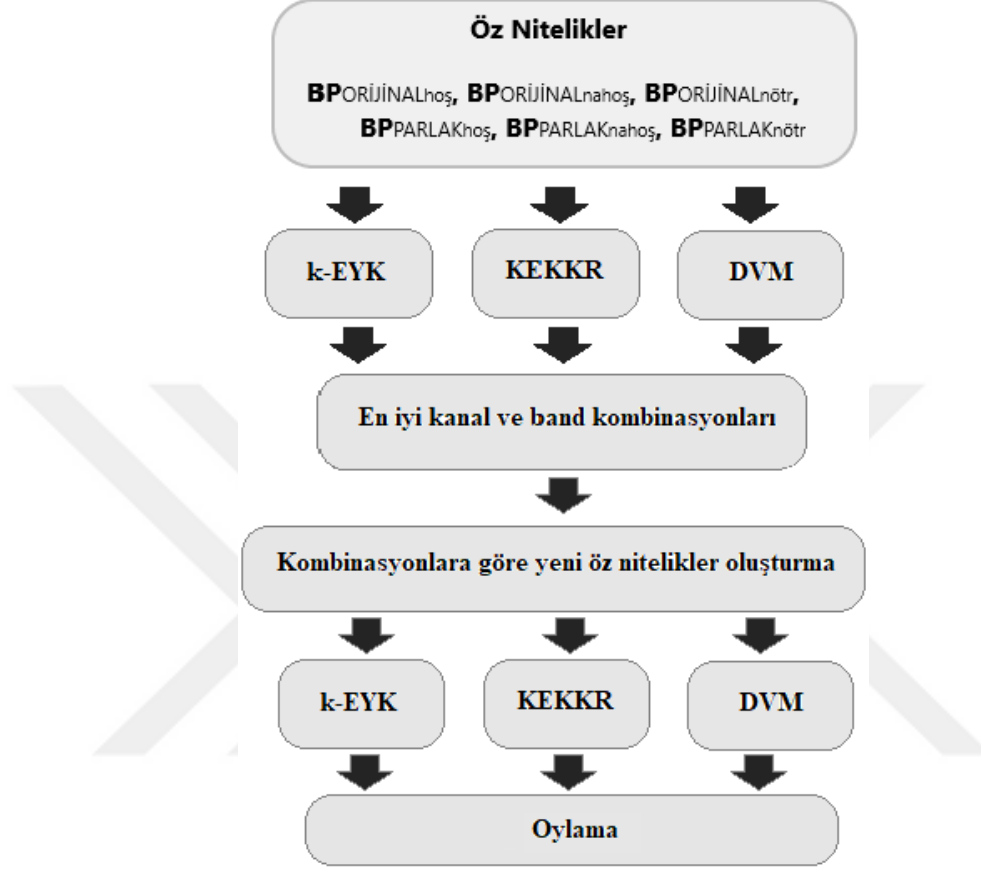
Duygu Boyutu	Duygusal Koşullar	Orijinal durum (ort±std)	Parlak Durum (ort±std)	p-değeri
Duygusal değerlik	Hoş	7.1±1.7	7.1±1.7	0.48
	Nahoş	3.4±1.4	3.3±1.2	0.50
	Nötr	5.1±1.4	5.1±1.3	0.85
Uyarılma	Hoş	5.7±1.6	5.8±1.6	0.09
	Nahoş	5.7±1.6	5.1±1.4	0.001*
	Nötr	3.6±1.6	3.5±1.6	0.67

### 3.4. Sınıflandırma Bulguları

Sınıflandırma sonuçlarına ayrıntılı olarak geçmeden önce bu bölümde gerçekleştirilen işlem basamakları özetlenecek olursa; ilk olarak nötr, nahoş ve hoş koşullara ait altı zaman penceresinde, beş frekans bandı için, 14 elektrot noktasından elde edilen öz niteliklerin (Tablo 2.3), orijinal ve parlak gruplar arasında yüksek doğruluk ile sınıflandırıldığı kanal ve frekans bantları belirlendi. Bu işlem için k-EYK, DVM ve KEKKR sınıflandırma yöntemlerinden yararlanıldı. En iyi kanal ve frekans bandı seçiminden sonra bu kanal ve bantlardaki öz niteliklerin kombinasyonlarından yeni öz nitelikler oluşturuldu. Bu öz nitelikler tekrar k-EYK, DVM ve KEKKR sınıflandırıcılar kullanılarak orijinal ve parlak gruplar arasında sınıflandırıldı. Ayrıca sınıflandırma doğruluğunu arttırmak için üç sınıflandırıcı arasında oylama yapılarak sınıflandırma sonuçlarında iyileştirme gerçekleştirildi. Bahsedilen sınıflandırma işlem basamakları Şekil



3.4’de akış diyagramı halinde sunulmuş olup, tüm basamaklarda gerçekleştirilen işlemler ilerleyen bölümlerde ayrıntılı olarak anlatılacaktır.



Şekil 3.4. Sınıflandırma sürecindeki işlem basamakları

#### 3.4.1. k-EYK, DVM ve KEKKR Sınıflandırma Bulguları

Çalışmanın bu bölümünde k-EYK, DVM ve KEKKR yöntemleri kullanılarak nötr, nahoş ve hoş koşullar için, altı zaman penceresinde beş frekans bandı için elde edilen 14 kanala ait öz nitelikler, orijinal ve parlak gruplar arasında sınıflandırıldı. Her üç sınıflandırma yönteminde de öncelikli olarak  $BP_{ORIJINALhoş}$ ,  $BP_{ORIJINALnahoş}$ ,  $BP_{ORIJINALnötr}$ ,  $BP_{PARLAKhoş}$ ,  $BP_{PARLAKnahoş}$ ,  $BP_{PARLAKnötr}$  öz nitelik kümelerinin her birindeki otuz farklı öz nitelik matrisinin (Tablo 2.3’) her biri eşit sayıda öz nitelik içerecek şekilde (Tablo 2.8) eğitim ve test kümelerine ayrıştırıldı. Bu işlemin ardından eğitim ve test kümeleri kullanılarak hoş, nahoş ve nötr koşullara ait öz nitelikler orijinal ve parlak gruplar arasında her üç sınıflandırma yöntemi aracılığıyla sınıflandırıldı.

Sınıflandırma işlemleri öz nitelik matrislerindeki 14 farklı sütunun her biri için gerçekleştirildi. Böylece 14 kanal için k-EYK, DVM ve KEKKR sınıflandırma doğruluk sonuçları elde edildi. Nötr, nahoş ve hoş koşullarda altı farklı zaman penceresinin her biri için ( $T_1 = 100-200$ ,  $T_2 = 200-300$ ,  $T_3 = 300-400$ ,  $T_4 = 400-500$ ,  $T_5 = 500-600$  ve  $T_6 = 600-700$ ), beş frekans bandına ait (delta, teta, alfa, beta ve gama) üç sınıflandırıcı için başarımlar sonuçları (eğitim ve test doğruluk) 18 tablo ile ifade edilmiş olup, tüm tablolar sayılarının fazlalığı nedeniyle tez çalışmasının son kısmındaki ekler bölümünde sunulmuştur (Tablo 8.1-8.18). Sınıflandırma işlemleri sırasında;

k-EYK yöntemi için model parametresi olan en iyi 'k' değeri belirlenmeye çalışılırken 'k'nın maksimum sınanma değeri 10 olarak seçilip, mesafe hesaplayıcı olarak da Öklid mesafe kuralı kullanıldı. Optimum 'k' değerini belirlemek içinse K-katlı çapraz doğrulama yöntemi kullanıldı. 'K' değeri 10 olarak atandı. K-katlı çapraz doğrulama yöntemi ile her 'k' sınaması için 'K' sayıda sınıflandırma doğruluğu elde edildi. Bu değerler arasında en yüksek sınıflandırma doğruluk değerine karşılık gelen 'k', optimum 'k' olarak belirlendi ve bu değer test aşamasında kullanıldı. Tüm bu prosedür, öz nitelikler rastgele karıştırılarak 10 ayrı kez tekrarlanıp, 10 ayrı doğruluk yüzdesi elde edildi. Bu yüzdesel doğruluk değerlerinin ortalaması ve standart sapması k-EYK genel sınıflandırıcı başarımlar sonuçları olarak kaydedildi.

KEKKR yöntemi içinse model parametresi olarak en iyi 'beta ( $\beta_{KEKK}$ )' belirlenmeye çalışıldı. Bu işlem için SIMPLS algoritması kullanıldı. K-katlı çapraz doğrulama yöntemi kullanılarak en yüksek doğrulukta sınıflandırma tahminini sağlayan 'beta' vektör seçimi gerçekleştirildi. Bunun için 'K' değeri 10 olarak atandı. K-katlı çapraz doğrulama prosedürü sırasında elde edilen  $\beta_{KEKK}$  ile 'onaylama' verilerinin çarpılması sonucu elde edilen sınıf etiketi tahminlerinin gerçek sınıf etiketleri (0 ve 1) ile karşılaştırılabilmesi için, tahmin edilen sınıf etiketleri 0.5'den büyükse ise '1' sınıfına, küçükse '0' sınıfına dahil edildi. Eğitim sonucunda belirlenen optimum beta vektörü sınıflandırma test aşamasında kullanıldı. Tüm bu prosedür, öz nitelikler rastgele karıştırılarak 10 ayrı kez tekrarlanıp, 10 ayrı sınıflandırma doğruluk yüzdesi elde edildi. Bu yüzdesel doğruluk değerlerinin ortalaması ve standart sapması KEKKR genel sınıflandırıcı başarımlar sonuçları olarak kaydedildi.

DVM yönteminde de optimum model parametrelerini bulmak için K-katlı çapraz doğrulama yöntemi kullanıldı. 'K' değeri önceki sınıflandırıcılarla aynı şekilde 10 olarak atandı. DVM'de çekirdek fonksiyonu olarak Gaussian RBF kullanıldı. K-katlı çapraz

doğrulama prosedürü ile elde edilen model parametreleri sınıflandırmanın test aşamasında kullanıldı. Tüm bu prosedür, öz nitelikler rastgele karıştırılarak 10 ayrı kez tekrar edilip, 10 ayrı sınıflandırma doğruluk yüzdesi elde edildi. Bu yüzdesel sınıflandırma doğruluk değerlerinin ortalaması ve standart sapması DVM genel sınıflandırıcı başarı sonuçları olarak kaydedildi. Her üç sınıflandırma yönteminde de sınıflandırıcı doğruluğu hesaplanırken denklem 64' kullanıldı

### 3.4.2. En iyi Bant ve Kanal Kombinasyonları Kullanılarak k-EYK, DVM ve KEKKR Sınıflandırma

Ekler bölümünde sunulmuş olan Tablo 8.1-8.18'de, öz nitelik olarak hesaplanan (belirlenen zaman penceresi için istenen frekans bandındaki bant gücünün, bu zaman penceresindeki toplam bant gücüne oranı) oransal değerlerin, orijinal ve parlak gruplar arasında nötr, nahoş ve hoş koşullar için, altı farklı zaman aralığının her birinde, hangi bant ve hangi kanallarda daha yüksek doğruluk ile sınıflandırıldığı her üç sınıflandırıcı için de belirlendi. Tablo 8.1-8.18'de bu kanal ve frekans bantları kalın punto ile belirgin hale getirilmiştir. Bu işlemde amaçlanan şey, belirli bir sınır değerinin (% 65) üzerinde sınıflandırma doğruluğu oluşmasını sağlayan öz niteliklerin bulunduğu frekans bandı ve kanallar belirlenip, bu kanal ve frekans bantlarındaki öz niteliklerin kombinasyonu ile yeni öz nitelikler oluşturularak, bu öz niteliklerin tekrar orijinal ve parlak gruplar arasında sınıflandırılmasının sağlanmasıdır. Böylece yüksek başarımlı sınıflandırmaya katkı sağlayacak öz niteliklerin bulunduğu en iyi kanallar ve frekans bantları birleştirilerek sınıflandırma doğruluğu arttırılacaktır. Tablo 8.1-8.18'e göre % 65'in üzerinde sınıflandırma doğruluğunun gözlemlendiği zaman pencereleri, frekans bantları ve kanallar nötr, nahoş ve hoş koşullar için Tablo 3.8'de ifade edilmiştir.

Tablo 3.8. k-EYK, DVM ve KEKKR yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilen sınıflandırmada, altı zaman penceresindeki tüm frekans bantları için sınıflandırma doğruluğu % 65'in üzerinde olan kanallar

Zaman Penceresi	Bant	Nötr	Nahoş	Hoş
100-200 ms	Delta	-	F <sub>3</sub> , F <sub>Z</sub> , F <sub>4</sub> , C <sub>3</sub>	C <sub>3</sub>
	Teta	-	C <sub>3</sub> , P <sub>4</sub>	-
	Alfa	-	F <sub>3</sub> , C <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>
	Beta	O <sub>2</sub>	C <sub>Z</sub>	-
	Gamma	TP <sub>7</sub>	TP <sub>8</sub>	F <sub>3</sub> , C <sub>3</sub>

Tablo 3.8'in devamı

Zaman Penceresi	Bant	Nötr	Nahoş	Hoş
200-300 ms	Delta	-	-	F <sub>3</sub>
	Teta	-	O <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>
	Alfa	-	C <sub>3</sub>	-
	Beta	TP <sub>8</sub>	-	-
	Gamma	-	C <sub>Z</sub> , P <sub>Z</sub> , P <sub>4</sub>	-
300-400 ms	Delta	-	C <sub>3</sub>	-
	Teta	-	TP <sub>7</sub> , P <sub>4</sub>	-
	Alfa	-	P <sub>Z</sub> , P <sub>4</sub>	-
	Beta	-	-	-
	Gamma	TP <sub>8</sub>	F <sub>3</sub> , C <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>
400-500 ms	Delta	-	O <sub>1</sub>	-
	Teta	-	-	TP <sub>7</sub>
	Alfa	C <sub>Z</sub> , O <sub>1</sub> , O <sub>2</sub>	-	TP <sub>8</sub>
	Beta	C <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	-
	Gamma	C <sub>3</sub> , C <sub>Z</sub>	-	TP <sub>8</sub>
500-600 ms	Delta	-	O <sub>1</sub>	C <sub>11</sub>
	Teta	-	C <sub>Z</sub>	-
	Alfa	-	F <sub>3</sub> , O <sub>1</sub>	-
	Beta	-	O <sub>1</sub>	-
	Gamma	-	F <sub>3</sub>	-
600-700 ms	Delta	-	-	C <sub>11</sub>
	Teta	-	-	-
	Alfa	P <sub>4</sub>	-	-
	Beta	-	F <sub>Z</sub>	-
	Gamma	-	-	-

Tablo 3.8'e göre; en iyi sınıflandırma doğruluğunun gözlemlendiği kanalların ikili kombinasyonu, farklı bantlardaki ortak olan kanalların kombinasyonu, aynı banttaki en yüksek sınıflandırma doğruluğu gösteren kanalların kombinasyonu ve farklı bantlardaki farklı kanalların kombinasyonu gibi önermelere göre tüm zaman pencereleri için ayrı ayrı en iyi bant ve kanal kombinasyonları yapılmış ve Tablo 3.9'da ifade edilmiştir.

Tablo 3.9. Farklı zaman pencereleri için en iyi bant ve kanal kombinasyonları

100-200 ms	F <sub>3</sub> / F <sub>Z</sub> / F <sub>4</sub> / C <sub>3</sub> - Delta C <sub>3</sub> / P <sub>4</sub> - Teta F <sub>3</sub> / C <sub>3</sub> - Alfa F <sub>3</sub> / C <sub>3</sub> - Gama F <sub>3</sub> / C <sub>3</sub> - Alfa/ Delta F <sub>3</sub> / C <sub>3</sub> - Alfa/ Delta/ Teta F <sub>3</sub> / C <sub>3</sub> - Delta F <sub>3</sub> / C <sub>3</sub> - Delta/ Teta/ Alfa/ Beta/ Gama C <sub>Z</sub> / TP <sub>8</sub> - Beta/ Gama F <sub>3</sub> / C <sub>3</sub> / C <sub>Z</sub> / TP <sub>8</sub> - Delta/ Alfa/ Beta/ Gama F <sub>3</sub> / F <sub>Z</sub> / F <sub>4</sub> / C <sub>3</sub> / P <sub>4</sub> - Delta/ Teta/ Alfa
200-300 ms	C <sub>3</sub> / O <sub>2</sub> - Teta/ Alfa C <sub>3</sub> / O <sub>2</sub> / C <sub>Z</sub> / P <sub>Z</sub> / P <sub>4</sub> - Teta/ Alfa/ Gama F <sub>3</sub> - Delta/ Teta
300-400 ms	TP <sub>7</sub> / P <sub>4</sub> - Teta/ Alfa F <sub>3</sub> / C <sub>3</sub> - Gama P <sub>Z</sub> / P <sub>4</sub> - Alfa TP <sub>7</sub> / P <sub>4</sub> - Teta TP <sub>7</sub> / P <sub>Z</sub> / P <sub>4</sub> - Alfa, Teta C <sub>3</sub> - Delta/ Gamma F <sub>3</sub> / C <sub>3</sub> - Delta/ Gamma
400-500 ms	TP <sub>8</sub> - Alfa/ Gamma C <sub>3</sub> - Beta/ Gama C <sub>3</sub> / C <sub>Z</sub> - Beta/ Gama C <sub>Z</sub> - Alfa/ Gama C <sub>3</sub> / C <sub>Z</sub> - Gama C <sub>Z</sub> / O <sub>1</sub> / O <sub>2</sub> - Alfa C <sub>Z</sub> / O <sub>1</sub> / O <sub>2</sub> / C <sub>3</sub> - Alfa/ Gama
500-600 ms	F <sub>3</sub> - Alfa/ Gama O <sub>1</sub> - Delta/ Alfa F <sub>3</sub> / O <sub>1</sub> - Delta/ Alfa F <sub>3</sub> / O <sub>1</sub> - Alfa F <sub>3</sub> / O <sub>1</sub> - Alfa/ Gama

Tablo 3.9’da ifade edilen tüm bant ve kanal kombinasyonlarına göre, nötr, nahoş ve hoş şartlar için yeni öz nitelikler oluşturuldu. Bu işlemin ardından bu yeni öz niteliklerin, k-EYK, DVM ve KEKKR yöntemleri kullanılarak orijinal ve parlak gruplar arasında tekrar sınıflandırılma işlemi gerçekleştirildi. En iyi bant-kanal kombinasyonlarının her biri için üç farklı sınıflandırıcı ve farklı zaman pencerelerine ait sınıflandırma performans sonuçları Tablo 3.11-3.16’da sunuldu.

### 3.4.3. Oylama ile Sınıflandırma Bulgularının İyileştirilmesi

Nötr, nahış ve hoş koşullar için en iyi bant-kanal kombinasyonlarına göre, elde edilen yeni öz niteliklerin orijinal ve parlak gruplar arasında üç sınıflandırma yöntemi ile sınıflandırılması sonucunda bulunan sınıflandırma doğruluklarının, daha da artırılabilmesi için, üç farklı sınıflandırıcının performansları oylama prosedürü ile birleştirildi. Bu prosedüre göre; yeni öz niteliklerin orijinal ve parlak gruplar arasında ikili sınıflandırılma sürecinde, her bir öz nitelik vektörüne ait üç sınıflandırıcı (k-EYK, DVM ve KEKKR) tahmininden tek bir tahmin etiketi elde edebilmek için bir kriter belirlendi. Bu kriter gereği; en az iki banda ait sınıf tahmin sonuçları birbirleriyle aynı ise öz nitelik o sınıf etiketi ile etiketlenilecektir. Bu kriter gereği bütün olası durumlar için tahmin edilebilecek sınıf etiketleri Tablo 3.10’da gösterilmiştir.

Tablo 3.10. Oylama prosedüründe kullanılan kriter gereği olası durumlar sonucu tahmin edilen etiketler

	K-EYK	DVM	KEKKR	Tahmin Etiketi
Sınıf Etiketleri	0	0	0	0
	0	0	1	0
	0	1	0	0
	0	1	1	1
	1	0	0	0
	1	0	1	1
	1	1	0	1
	1	1	1	1

### 3.4.4. En İyi Bant-Kanal Kombinasyonu Sonrası k-EYK, DVM, KEKKR ve Oylama Kullanılarak Elde Edilen Sınıflandırma Performans Değerlendirme Bulguları

Tablo 3.9’a göre en iyi bant-kanal kombinasyonları ile gerçekleştirilen k-eyk, dvm, kekkrr ve oylama sonucunda elde edilen performans değerlendirme sonuçları Tablo 3.11-3.16’da gösterilmiştir. Tablolarda eğitim ve test yazan satırlardaki değerler, dvm, k-eyk ve kekkrr sınıflandırma sonucunda elde edilen eğitim ve test sınıflandırma doğruluk (denklem 49) sonuçlarıdır. ‘oylama’, ‘duyarlılık’ ve ‘özgüllük’ yazan satırlar ise sırasıyla; oylama prosedürü için sınıflandırıcı performans değerlendirmesinde kullanılan doğruluk,

hassasiyet ve özgülük (denklem 49-51) değerleridir. Tablo 3.11-3.16'da % 70 üzerinde sınıflandırma doğruluğu sağlanan durumlar sarı ile renklendirilmiştir

Tablo 3.11. Nötr, nahoş ve hoş görsel uyaran koşullarına ait, en iyi bant-kanal kombinasyonları kullanılarak, 100-200 ms zaman penceresi için, k-eyk, dvm, kekkkr ve oylama sonrası elde edilen sınıflandırıcı performans değerlendirme bulguları

<b>F<sub>3</sub>/ F<sub>7</sub>/ F<sub>4</sub>/ C<sub>3</sub> - Delta</b>									
Nötr			Nahoş			Hoş			
	dvm	keyk	kekkkr	dvm	keyk	kekkkr	dvm	keyk	kekkkr
Eğitim	58,06	52,69	59,68	75,40	74,60	71,43	58,33	52,78	52,08
Test	46,77	54,84	46,77	69,05	71,43	71,43	60,42	50,00	41,67
Oylama	46,77			71,43			54,17		
Duyarlılık	12,90			52,38			58,33		
Özgüllük	80,65			90,48			50,00		
<b>C<sub>3</sub>/ P<sub>4</sub> - Teta</b>									
Nötr			Nahoş			Hoş			
	dvm	keyk	kekkkr	dvm	keyk	kekkkr	dvm	keyk	kekkkr
Eğitim	56,45	52,69	61,29	76,19	70,63	76,19	59,72	61,11	56,25
Test	58,06	61,29	50,00	66,67	71,43	66,67	50,00	52,08	43,75
Oylama	54,84			66,67			47,92		
Duyarlılık	51,61			47,62			62,50		
Özgüllük	58,06			85,71			33,33		
<b>F<sub>3</sub>/ C<sub>3</sub> - Alfa</b>									
Nötr			Nahoş			Hoş			
	dvm	keyk	kekkkr	dvm	keyk	kekkkr	dvm	keyk	kekkkr
Eğitim	62,37	61,83	56,45	61,90	60,32	69,05	63,19	60,42	54,17
Test	53,23	48,39	53,23	61,90	59,52	71,43	52,08	60,42	58,33
Oylama	53,23			61,90			60,42		
Duyarlılık	41,94			38,10			62,50		
Özgüllük	64,52			85,71			58,33		
<b>F<sub>3</sub>/ C<sub>3</sub> - Gama</b>									
Nötr			Nahoş			Hoş			
	dvm	keyk	kekkkr	dvm	keyk	kekkkr	dvm	keyk	kekkkr
Eğitim	52,69	54,30	53,23	60,32	62,70	54,76	56,94	56,94	52,08
Test	51,61	50,00	48,39	50,00	40,48	52,38	62,50	54,17	64,58
Oylama	48,39			50,00			62,50		
Duyarlılık	12,90			14,29			54,17		
Özgüllük	83,87			85,71			70,83		
<b>F<sub>3</sub>/ C<sub>3</sub> - Alfa/ Delta</b>									
Nötr			Nahoş			Hoş			
	dvm	keyk	kekkkr	dvm	keyk	kekkkr	dvm	keyk	kekkkr
Eğitim	60,75	55,91	59,68	71,43	69,05	71,43	59,72	53,47	54,17
Test	48,39	54,84	51,61	69,05	69,05	71,43	58,33	54,17	54,17
Oylama	51,61			69,05			58,33		
Duyarlılık	32,26			52,38			87,50		
Özgüllük	70,97			85,71			29,17		
<b>F<sub>3</sub>/ C<sub>3</sub> - Alfa/ Delta/ Teta</b>									
Nötr			Nahoş			Hoş			
	dvm	keyk	kekkkr	dvm	keyk	kekkkr	dvm	keyk	kekkkr
Eğitim	60,22	55,38	66,13	76,19	75,40	80,95	62,50	52,78	66,67
Test	51,61	50,00	50,00	71,43	76,19	80,95	66,67	54,17	56,25
Oylama	50,00			76,19			56,25		
Duyarlılık	32,26			66,67			83,33		
Özgüllük	67,74			85,71			29,17		

Tablo 3.12. Nötr, nahoş ve hoş görsel uyaran koşullarına ait, en iyi bant-kanal kombinasyonları kullanılarak, 100-200 ms zaman penceresi için, k-eyk, dvm, kekkkr ve oylama sonrası elde edilen sınıflandırıcı performans değerlendirme bulguları devamı

		<b>F<sub>3</sub>/ C<sub>3</sub> - Delta</b>									
		Nötr			Nahoş			Hoş			
		dvm	keyk	kekkkr	dvm	keyk	kekkkr	dvm	keyk	kekkkr	
100-200 ms	Eğitim	56,99	54,30	58,06	72,22	66,67	73,81	59,03	52,08	58,33	
	Test	53,23	46,77	56,45	71,43	71,43	76,19	64,58	54,17	68,75	
	Oylama	51,61			71,43			70,83			
	Duyarlılık	32,26			57,14			79,17			
	Özgüllük	70,97			85,71			62,50			
			<b>F<sub>3</sub>/ C<sub>3</sub> - Delta/ Teta/ Alfa/ Beta/ Gama</b>								
			Nötr			Nahoş			Hoş		
			dvm	keyk	kekkkr	dvm	keyk	kekkkr	dvm	keyk	kekkkr
	Eğitim		54,84	53,76	70,97	78,57	75,40	83,33	63,89	55,56	72,92
	Test		54,84	53,23	46,77	73,81	73,81	69,05	70,83	58,33	66,67
	Oylama		53,23			73,81			77,08		
	Duyarlılık		41,94			57,14			79,17		
	Özgüllük		64,52			90,48			75,00		
			<b>C<sub>7</sub>/ TP<sub>8</sub> - Beta/ Gama</b>								
			Nötr			Nahoş			Hoş		
			dvm	keyk	kekkkr	dvm	keyk	kekkkr	dvm	keyk	kekkkr
	Eğitim		62,37	63,44	69,35	59,52	57,94	57,14	51,39	60,42	54,17
	Test		53,23	56,45	54,84	57,14	59,52	52,38	62,50	50,00	62,50
	Oylama		54,84			57,14			56,25		
	Duyarlılık		51,61			61,90			50,00		
	Özgüllük		58,06			52,38			62,50		
			<b>F<sub>3</sub>/ C<sub>3</sub> / C<sub>7</sub>/ TP<sub>8</sub> - Delta/ Alfa/ Beta/ Gama</b>								
			Nötr			Nahoş			Hoş		
			dvm	keyk	kekkkr	dvm	keyk	kekkkr	dvm	keyk	kekkkr
	Eğitim		62,90	57,53	79,03	70,63	73,02	80,95	55,56	53,47	72,92
	Test		50,00	53,23	54,84	78,57	66,67	38,10	62,50	52,08	60,42
	Oylama		54,84			73,81			64,58		
	Duyarlılık		48,39			57,14			58,33		
Özgüllük		61,29			90,48			70,83			
		<b>F<sub>3</sub>/ F<sub>7</sub>/ F<sub>4</sub>/ C<sub>3</sub>/ P<sub>4</sub> - Delta/ Teta/ Alfa</b>									
		Nötr			Nahoş			Hoş			
		dvm	keyk	kekkkr	dvm	keyk	kekkkr	dvm	keyk	kekkkr	
Eğitim		60,22	55,38	66,13	76,19	75,40	80,95	62,50	52,78	66,67	
Test		51,61	50,00	50,00	71,43	76,19	80,95	66,67	54,17	56,25	
Oylama		50,00			76,19			56,25			
Duyarlılık		32,26			66,67			83,33			
Özgüllük		67,74			85,71			29,17			



Tablo 3.13. Nötr, nahoş ve hoş görsel uyaran koşullarına ait, en iyi bant-kanal kombinasyonları kullanılarak, 200-300 ms zaman penceresi için, k-eyk, dvm, kekkkr ve oylama sonrası elde edilen sınıflandırıcı performans değerlendirme bulguları

200-300 ms	<b>C<sub>3</sub>/ O<sub>2</sub> - Teta/ Alfa</b>										
		Nötr			Nahoş			Hoş			
		dvm	keyk	kekkkr	dvm	keyk	kekkkr	dvm	keyk	kekkkr	
	Eğitim	55,38	53,76	54,84	53,97	65,08	52,38	67,36	69,44	68,75	
	Test	43,55	56,45	51,61	59,52	50,00	50,00	50,00	52,08	50,00	
	Oylama	48,39			52,38			50,00			
	Duyarlılık	51,61			47,62			33,33			
	Özgüllük	45,16			57,14			66,67			
		<b>C<sub>3</sub>/ O<sub>2</sub> / C<sub>Z</sub>/ P<sub>Z</sub> / P<sub>4</sub> - Teta/ Alfa/ Gama</b>									
		Nötr			Nahoş			Hoş			
	dvm	keyk	kekkkr	dvm	keyk	kekkkr	dvm	keyk	kekkkr		
Eğitim	58,60	60,75	69,35	53,97	59,52	80,95	62,50	69,44	75,00		
Test	46,77	46,77	48,39	54,76	59,52	42,86	43,75	47,92	45,83		
Oylama	46,77			54,76			47,92				
Duyarlılık	58,06			76,19			54,17				
Özgüllük	35,48			33,33			41,67				
	<b>F<sub>3</sub> - Delta/ Teta</b>										
	Nötr			Nahoş			Hoş				
	dvm	keyk	kekkkr	dvm	keyk	kekkkr	dvm	keyk	kekkkr		
Eğitim	58,60	52,15	53,23	68,25	65,08	71,43	65,28	65,28	45,83		
Test	59,68	56,45	50,00	50,00	54,76	52,38	50,00	62,50	68,75		
Oylama	58,06			50,00			66,67				
Duyarlılık	58,06			42,86			54,17				
Özgüllük	58,06			57,14			79,17				

Tablo 3.14. Nötr, nahoş ve hoş görsel uyaran koşullarına ait, en iyi bant-kanal kombinasyonları kullanılarak, 300-400 ms zaman penceresi için, k-eyk, dvm, kekkkr ve oylama sonrası elde edilen sınıflandırıcı performans değerlendirme bulguları

300-400 ms	<b>TP<sub>7</sub>/ P<sub>4</sub> - Teta/ Alfa</b>										
		Nötr			Nahoş			Hoş			
		dvm	keyk	kekkkr	dvm	keyk	kekkkr	dvm	keyk	kekkkr	
	Eğitim	51,61	52,15	53,23	65,87	61,90	61,90	63,89	57,64	66,67	
	Test	46,77	56,45	45,16	69,05	69,05	76,19	56,25	45,83	52,08	
	Oylama	46,77			69,05			52,08			
	Duyarlılık	54,84			76,19			50,00			
	Özgüllük	38,71			61,90			54,17			
		<b>F<sub>3</sub>/ C<sub>3</sub> - Gama</b>									
		Nötr			Nahoş			Hoş			
	dvm	keyk	kekkkr	dvm	keyk	kekkkr	dvm	keyk	kekkkr		
Eğitim	53,23	54,30	59,68	69,84	67,46	57,14	60,42	58,33	52,08		
Test	58,06	48,39	56,45	47,62	54,76	52,38	58,33	47,92	58,33		
Oylama	56,45			50,00			58,33				
Duyarlılık	74,19			42,86			41,67				
Özgüllük	38,71			57,14			75,00				

Tablo 3.15. Nötr, nahoş ve hoş görsel uyaran koşullarına ait, en iyi bant-kanal kombinasyonları kullanılarak, 300-400 ms zaman penceresi için, k-eyk, dvm, kekkkr ve oylama sonrası elde edilen sınıflandırıcı performans değerlendirme bulguları devamı

		<b>P<sub>Z</sub>/ P<sub>4</sub> - Alfa</b>									
		Nötr			Nahoş			Hoş			
		dvm	keyk	kekkkr	dvm	keyk	kekkkr	dvm	keyk	kekkkr	
300-400 ms	Eğitim	56,45	52,69	56,45	61,90	57,94	54,76	51,39	52,08	54,17	
	Test	50,00	51,61	53,23	54,76	57,14	66,67	52,08	52,08	39,58	
	Oylama	50,00			59,52			50,00			
	Duyarlılık	67,74			52,38			29,17			
	Özgüllük	32,26			66,67			70,83			
			<b>TP<sub>7</sub>/ P<sub>4</sub> - Teta</b>								
			Nötr			Nahoş			Hoş		
			dvm	keyk	kekkkr	dvm	keyk	kekkkr	dvm	keyk	kekkkr
	Eğitim		53,23	53,76	53,23	66,67	57,94	61,90	62,50	57,64	66,67
	Test		48,39	56,45	45,16	69,05	71,43	76,19	60,42	47,92	52,08
	Oylama		48,39			71,43			54,17		
	Duyarlılık		51,61			76,19			45,83		
	Özgüllük		45,16			66,67			62,50		
			<b>TP<sub>7</sub>/ P<sub>Z</sub> / P<sub>4</sub> - Alfa, Teta</b>								
			Nötr			Nahoş			Hoş		
			dvm	keyk	kekkkr	dvm	keyk	kekkkr	dvm	keyk	kekkkr
	Eğitim		56,45	50,00	58,06	66,67	61,11	71,43	69,44	66,67	72,92
	Test		46,77	40,32	43,55	71,43	57,14	66,67	47,92	50,00	52,08
	Oylama		45,16			66,67			50,00		
	Duyarlılık		67,74			66,67			58,33		
	Özgüllük		22,58			66,67			41,67		
			<b>C<sub>3</sub> - Delta/ Gamma</b>								
			Nötr			Nahoş			Hoş		
			dvm	keyk	kekkkr	dvm	keyk	kekkkr	dvm	keyk	kekkkr
Eğitim		51,61	59,68	58,06	65,87	64,29	59,52	56,94	50,69	56,25	
Test		43,55	50,00	54,84	50,00	59,52	47,62	56,25	45,83	58,33	
Oylama		45,16			52,38			54,17			
Duyarlılık		38,71			38,10			87,50			
Özgüllük		51,61			66,67			20,83			
		<b>F<sub>3</sub>/ C<sub>3</sub> - Delta/ Gamma</b>									
		Nötr			Nahoş			Hoş			
		dvm	keyk	kekkkr	dvm	keyk	kekkkr	dvm	keyk	kekkkr	
Eğitim		55,38	53,76	53,23	69,84	66,67	69,05	55,56	59,72	60,42	
Test		48,39	38,71	61,29	52,38	47,62	59,52	47,92	52,08	56,25	
Oylama		50,00			54,76			54,17			
Duyarlılık		61,29			71,43			50,00			
Özgüllük		38,71			38,10			58,33			

Tablo 3.16. Nötr, nahoş ve hoş görsel uyaran koşullarına ait, en iyi bant-kanal kombinasyonları kullanılarak, 400-500 ms zaman penceresi için, k-eyk, dvm, kekkr ve oylama sonrası elde edilen sınıflandırıcı performans değerlendirme bulguları

400-500 ms	<b>TP<sub>8</sub> – Alfa/ Gamma</b>									
	Nötr			Nahoş			Hoş			
	dvm	keyk	kekkr	dvm	keyk	kekkr	dvm	keyk	kekkr	
	Eğitim	51,08	43,01	51,61	58,73	64,29	59,52	62,50	63,19	60,42
	Test	51,61	50,00	48,39	47,62	57,14	59,52	43,75	56,25	45,83
	Oylama	48,39			54,76			45,83		
	Duyarlılık	12,90			52,38			70,83		
	Özgüllük	83,87			57,14			20,83		
	<b>C<sub>3</sub> – Beta/ Gama</b>									
	Nötr			Nahoş			Hoş			
dvm	keyk	kekkr	dvm	keyk	kekkr	dvm	keyk	kekkr		
Eğitim	59,68	61,83	58,06	64,29	65,87	61,90	56,25	56,94	56,25	
Test	69,35	67,74	66,13	45,24	54,76	47,62	52,08	50,00	52,08	
Oylama	74,19			45,24			52,08			
Duyarlılık	74,19			76,19			20,83			
Özgüllük	74,19			14,29			83,33			
<b>C<sub>3</sub> / C<sub>Z</sub>– Beta/ Gama</b>										
Nötr			Nahoş			Hoş				
dvm	keyk	kekkr	dvm	keyk	kekkr	dvm	keyk	kekkr		
Eğitim	65,59	61,83	66,13	64,29	67,46	57,14	58,33	58,33	58,33	
Test	54,84	56,45	51,61	47,62	40,48	42,86	52,08	39,58	47,92	
Oylama	54,84			35,71			54,17			
Duyarlılık	38,71			52,38			29,17			
Özgüllük	70,97			19,05			79,17			
<b>C<sub>Z</sub>– Alfa/ Gama</b>										
Nötr			Nahoş			Hoş				
dvm	keyk	kekkr	dvm	keyk	kekkr	dvm	KEYK	KEKCR		
Eğitim	63,44	59,14	58,06	51,59	53,97	52,38	68,75	68,75	62,50	
Test	43,55	51,61	45,16	54,76	42,86	52,38	56,25	56,25	47,92	
Oylama	41,94			45,24			56,25			
Duyarlılık	16,13			47,62			50,00			
Özgüllük	67,74			42,86			62,50			
<b>C<sub>3</sub> / C<sub>Z</sub>– Gama</b>										
Nötr			Nahoş			Hoş				
dvm	keyk	kekkr	dvm	keyk	kekkr	dvm	keyk	KEKCR		
Eğitim	65,05	62,37	64,52	69,05	63,49	59,52	59,03	59,03	64,58	
Test	50,00	53,23	58,06	50,00	50,00	42,86	54,17	58,33	47,92	
Oylama	53,23			52,38			52,08			
Duyarlılık	22,58			66,67			33,33			
Özgüllük	83,87			38,10			70,83			
<b>C<sub>Z</sub>/ O<sub>1</sub>/ O<sub>2</sub> - Alfa</b>										
Nötr			Nahoş			Hoş				
dvm	keyk	kekkr	dvm	keyk	kekkr	dvm	keyk	kekkr		
Eğitim	59,14	58,60	45,16	62,70	56,35	57,14	68,06	67,36	68,75	
Test	45,16	50,00	50,00	45,24	50,00	57,14	39,58	45,83	39,58	
Oylama	51,61			50,00			39,58			
Duyarlılık	45,16			42,86			54,17			
Özgüllük	58,06			57,14			25,00			
400-500 ms										
dvm	keyk	kekkr	dvm	keyk	kekkr	dvm	keyk	kekkr		
Eğitim	62,90	63,44	69,35	50,00	49,21	64,29	62,50	56,94	68,75	
Test	53,23	50,00	53,23	47,62	52,38	42,86	37,50	50,00	39,58	
Oylama	50,00			40,48			41,67			
Duyarlılık	25,81			38,10			50,00			
Özgüllük	74,19			42,86			33,33			

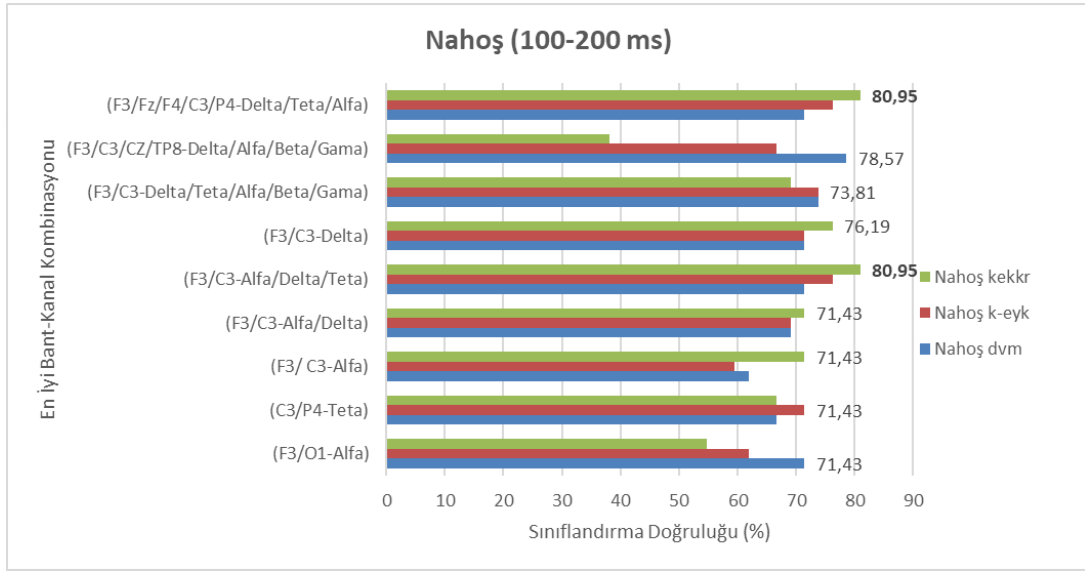
Tablo 3.17. Nötr, nahoş ve hoş görsel uyaran koşullarına ait, en iyi bant-kanal kombinasyonları kullanılarak, 500-600 ms zaman penceresi için, k-eyk, dvm, kekkr ve oylama sonrası elde edilen sınıflandırıcı performans değerlendirme bulguları

		<b>F<sub>3</sub> – Alfa/ Gama</b>									
		Nötr			Nahoş			Hoş			
		dvm	keyk	kekkr	dvm	keyk	kekkr	dvm	keyk	kekkr	
500-600 ms	Eğitim	54,84	51,61	54,84	64,29	65,87	66,67	59,03	56,25	50,00	
	Test	45,16	40,32	46,77	52,38	59,52	54,76	64,58	58,33	47,92	
	Oylama	46,77			57,14			56,25			
	Duyarlılık	16,13			38,10			50,00			
	Özgüllük	77,42			76,19			62,50			
			<b>O<sub>1</sub> – Delta/ Alfa</b>								
			Nötr			Nahoş			Hoş		
			dvm	keyk	kekkr	dvm	keyk	kekkr	dvm	keyk	kekkr
	Eğitim		59,68	59,14	58,06	69,05	69,84	64,29	59,72	61,11	50,00
	Test		48,39	53,23	56,45	50,00	52,38	64,29	54,17	50,00	45,83
	Oylama		51,61			54,76			54,17		
	Duyarlılık		54,84			52,38			54,17		
	Özgüllük		48,39			57,14			54,17		
			<b>F<sub>3</sub>/ O<sub>1</sub> – Delta/ Alfa</b>								
			Nötr			Nahoş			Hoş		
			dvm	keyk	kekkr	dvm	keyk	kekkr	dvm	keyk	kekkr
	Eğitim		62,37	63,44	61,29	62,70	65,87	69,05	68,06	61,11	68,75
	Test		53,23	51,61	43,55	50,00	50,00	59,52	39,58	50,00	43,75
	Oylama		50,00			54,76			43,75		
	Duyarlılık		32,26			57,14			37,50		
Özgüllük		67,74			52,38			50,00			
		<b>F<sub>3</sub>/ O<sub>1</sub> – Alfa</b>									
		Nötr			Nahoş			Hoş			
		dvm	keyk	kekkr	dvm	keyk	kekkr	dvm	keyk	kekkr	
Eğitim		67,20	62,90	62,90	65,08	67,46	59,52	56,94	48,61	52,08	
Test		38,71	40,32	37,10	71,43	61,90	54,76	50,00	52,08	37,50	
Oylama		40,32			66,67			50,00			
Duyarlılık		19,35			66,67			70,83			
Özgüllük		61,29			66,67			29,17			
		<b>F<sub>3</sub>/ O<sub>1</sub> – Alfa/ Gama</b>									
		Nötr			Nahoş			Hoş			
		dvm	keyk	kekkr	dvm	keyk	kekkr	dvm	keyk	kekkr	
Eğitim		72,58	74,19	61,29	73,02	68,25	76,19	58,33	52,08	60,42	
Test		40,32	46,77	37,10	54,76	69,05	54,76	50,00	52,08	47,92	
Oylama		43,55			54,76			50,00			
Duyarlılık		35,48			71,43			37,50			
Özgüllük		51,61			38,10			62,50			

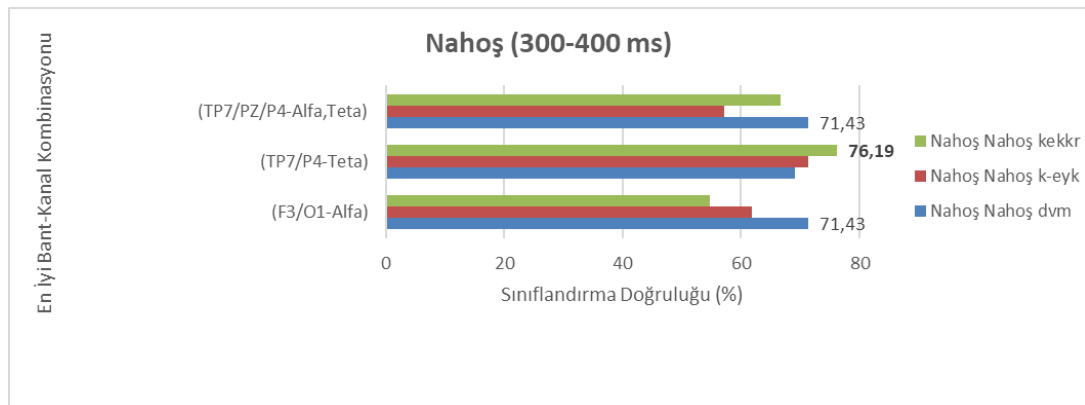
Tablo 3.11-3.16’da test sınıflandırma doğruluk değerleri % 70 ve üzerinde olan en iyi bant-kanal kombinasyonları, nötr, nahoş ve hoş deneysel koşullar için ait oldukları zaman penceresi bilgisine göre grafiksel olarak Şekil 3.5-3.8’de sunulmuştur. Grafiklerde yeşil sütunlar kekkr sınıflandırıcı test doğruluğunu, kırmızı sütunlar k-eyk sınıflandırıcı test doğruluğunu ve mavi sütunlar ise dvm sınıflandırıcı test doğruluğunu göstermektedir. Her bir şekilde dikey eksen en iyi bant-kanal kombinasyonlarının içerdiği bant ve kanal

bilgilerini, yatay eksen ise sınıflandırma doğruluk yüzdeleri (%) ifade etmektedir. Grafik başlıklarında ise grafiğin hangi koşul ve zaman penceresi için elde edildiği belirtilmiştir.

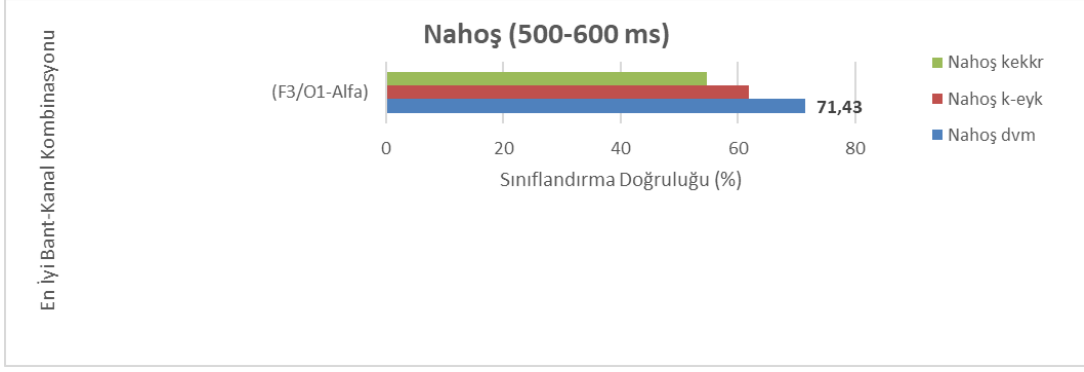
Grafiklerde, her bir en iyi bant-kanal kombinasyonu için üç sınıflandırıcı arasında en yüksek sınıflandırma doğruluğuna sahip doğruluk değeri ilgili sütunun üzerinde belirtilmiştir. Ayrıca her bir grafikte, en iyi bant-kanal kombinasyonu arasında en yüksek sınıflandırma doğruluğunu gösteren sütun üzerinde ilgili sınıflandırıcıya ait doğruluk yüzdesi diğerlerinden farklı olarak koyu renk ile belirtilmiştir.



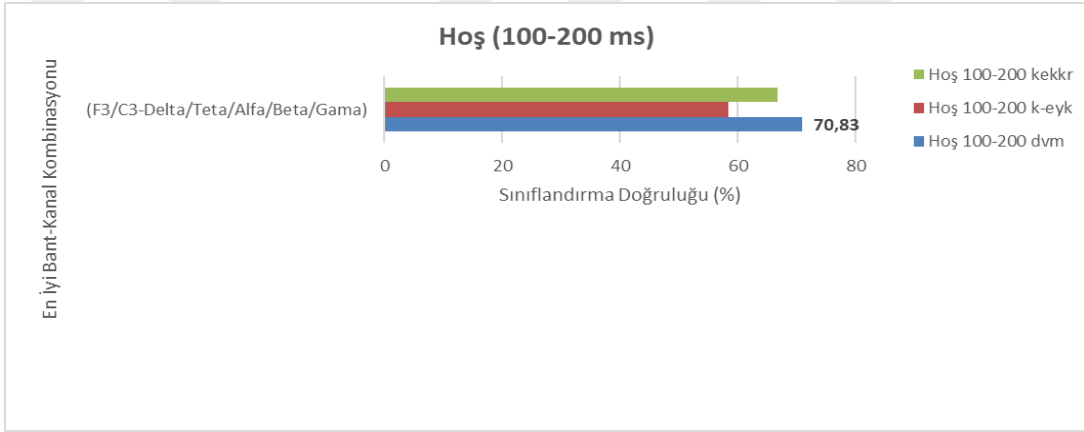
Şekil 3.5. Nahoş deneysel koşullarına ait, 100-200 ms zaman penceresinde en iyi bant-kanal kombinasyonları için k-eyk, dvm ve kekkr test sınıflandırma doğruluk değerleri % 70 ve üzerinde olan kombinasyonlar



Şekil 3.6. Nahoş deneysel koşullarına ait, 300-400 ms zaman penceresinde en iyi bant-kanal kombinasyonları için k-eyk, dvm ve kekkr test sınıflandırma doğruluk değerleri % 70 ve üzerinde olan kombinasyonlar



Şekil 3.7. Nahoş deneysel koşullarına ait, 500-600 ms zaman penceresinde en iyi bant-kanal kombinasyonları için k-eyk, dvm ve kekkr test sınıflandırma doğruluk değerleri % 70 ve üzerinde olan kombinasyonlar



Şekil 3.8. Hoş deneysel koşullarına ait, 100-200 ms zaman penceresinde en iyi bant-kanal kombinasyonları için k-eyk, dvm ve kekkr test sınıflandırma doğruluk değerleri % 70 ve üzerinde olan kombinasyonlar

Şekil 3.5-3.8'deki bulgular farklı deneysel koşullara göre incelendiğinde; nahoş koşullar için sınıflandırma başarısının 100-200 ms, 300-400 ms ve 500-600 ms zaman pencerelerinde % 70'in üzerinde olduğu ve bunlar içerisinde en optimum şartlarda, en yüksek sınıflandırma başarısının, 100-200 ms zaman aralığında, (F<sub>3</sub>/C<sub>3</sub>- Delta/Teta/Alfa) bant-kanal kombinasyonuna ait öz nitelikler için, kekkr yöntemi kullanılarak % 81 doğrulukla gerçekleştiği görülmektedir. Bunun anlamı, nahoş deneysel koşullar için sınıflandırma üzerinde parlaklık etkisinin baskın olarak, erken zaman pencerelerinde (100-200 ms), frontal ve santral merkez hat üzerinde ve düşük frekanslardan elde edilen öz nitelik kombinasyonları için ortaya çıktığıdır. Bununla birlikte daha geç zaman pencerelerinde (300-400 ms, 500-600 ms) nispeten daha düşük sınıflandırma başarısıyla

aynı etki gözlemlenmeye devam etmiştir. Ayrıca sınıflandırıcı olarak kekkr yönteminin nahoş deneysel koşullar için diğer sınıflandırıcılara göre daha başarılı sonuçlar verdiği görülmektedir.

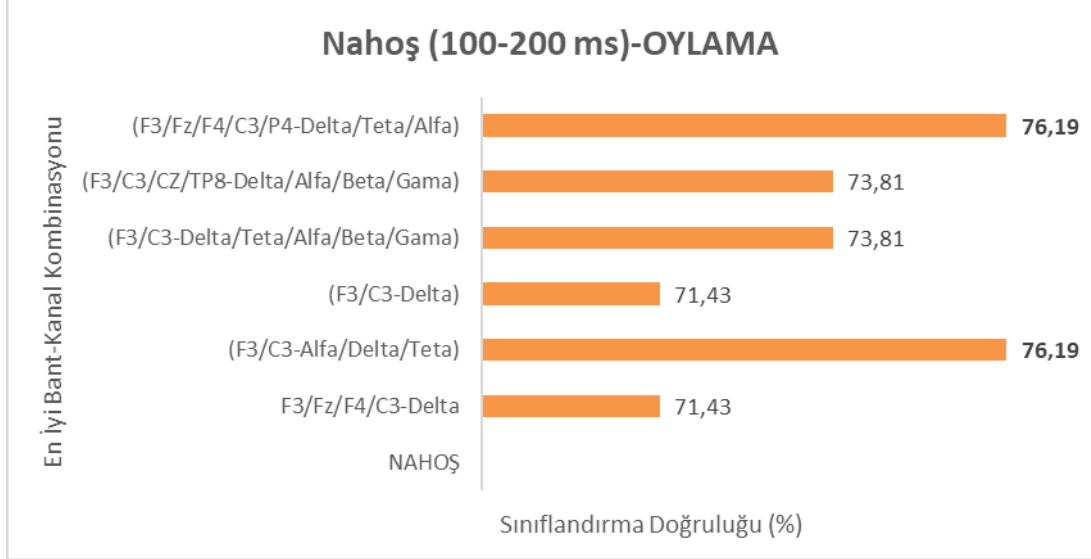
Grafikler hoş deneysel koşullar için incelenecek olursa, sınıflandırma başarısının 100-200 ms zaman penceresinde % 71'olduğu ve bu başarının ( $F_3/C_3$ -Delta/Teta/Alfa/Beta/Gama) bant-kanal kombinasyonuna ait öz nitelikler için dvm yöntemi kullanılarak gerçekleştirildiği görülmektedir. Bunun anlamı ise, hoş deneysel koşullar için sınıflandırma üzerinde parlaklık etkisinin nahoş koşullara benzer olarak erken zaman penceresinde (100-200 ms), frontal ve santral merkez hat üzerinden elde edilen öz nitelikler için ortaya çıktığıdır. Bununla birlikte nahoş koşullara ek olarak, bu etki hem düşük hem de yüksek frekanslar için elde edilen öz niteliklerin kombinasyonu sonucunda ortaya çıkmaktadır. Ayrıca hoş deneysel koşullar için sınıflandırıcı olarak dvm yönteminin diğer sınıflandırıcılara göre daha başarılı sonuçlar verdiği görülmektedir. Grafikler incelendiğinde, en iyi bant-kanal kombinasyonu için nötr deneysel koşullarda parlaklığın sınıflandırma üzerinde etkisi görülmemiştir.

En iyi bant-kanal kombinasyonu için, üç farklı sınıflandırıcıya ait en yüksek sınıflandırma başarılarının grafiklerle sunulmasının ardından üç farklı sınıflandırıcının başarımlarının birleştirilerek gerçekleştirilen oylama prosedürü sonuçları incelenecek olursa;

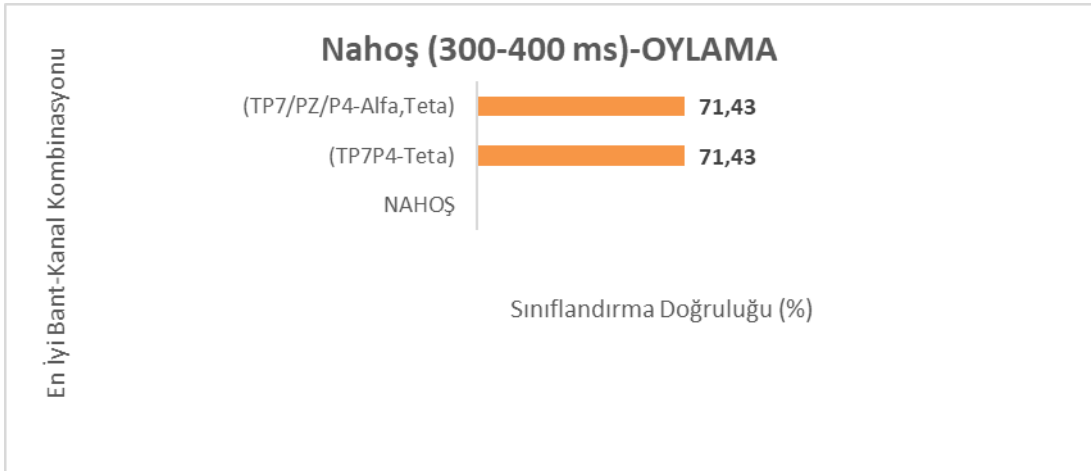
Tablo 3.11-3.16'da oylama prosedürüne göre doğruluk değerleri % 70 ve üzerinde olan en iyi bant-kanal kombinasyonları, nötr, nahoş ve hoş deneysel koşullar için, ait oldukları zaman pencere bilgilerine göre grafiksel olarak Şekil 3.9-3.12'de sunulmuştur. Grafiklerde turuncu sütunlar nahoş deneysel koşullar için elde edilen oylama sınıflandırma doğruluk sonuçlarını, yeşil sütunlar nötr deneysel koşullar için elde edilen oylama sınıflandırma doğruluk sonuçlarını ve kırmızı sütunlar ise hoş deneysel koşullar için elde edilen oylama sınıflandırma doğruluk sonuçlarını göstermektedir. Her bir şekilde dikey eksen en iyi bant-kanal kombinasyonlarının içerdiği bant ve kanal bilgilerini, yatay eksen ise sınıflandırma doğruluk yüzdelerini (%) ifade etmektedir. Grafik başlıklarında ise grafiğin hangi koşul ve zaman penceresi için elde edildiği belirtilmiştir.

Grafiklerde, her bir en iyi bant-kanal kombinasyonları için oylama doğruluk değerleri ilgili sütunun üzerinde belirtildi. Ayrıca her bir grafikte, en iyi bant-kanal kombinasyonları arasında en yüksek sınıflandırma doğruluğunu gösteren sütun üzerinde

ilgili sınıflandırıcıya ait doğruluk yüzdesi diğerlerinden farklı olarak koyu renk ile belirtilmiştir.

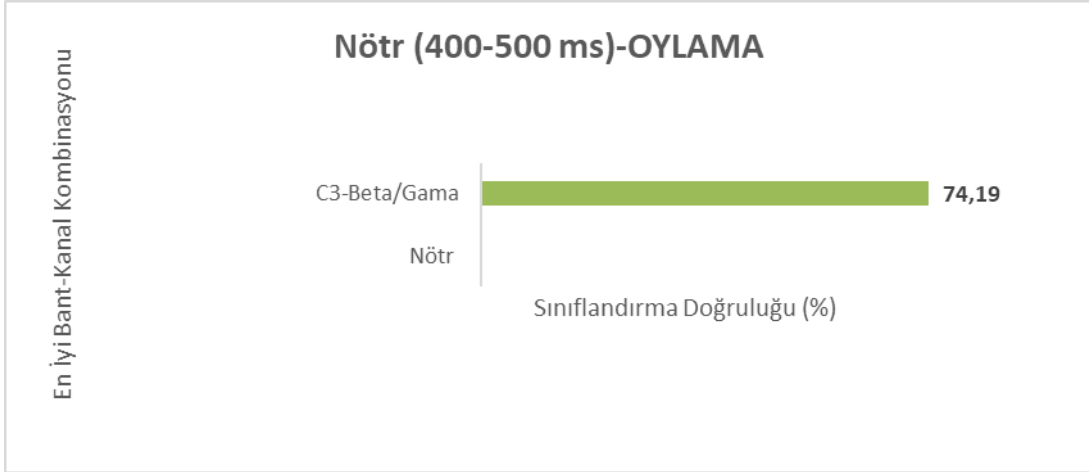


Şekil 3.9. Nahoş koşullar için, 100-200 ms zaman penceresine ait en iyi bant-kanal kombinasyonlarına ait öz niteliklerin oylama prosedürü ile sınıflandırılması sonucunda doğruluk değerleri % 70 ve üzerinde olan kombinasyonlar

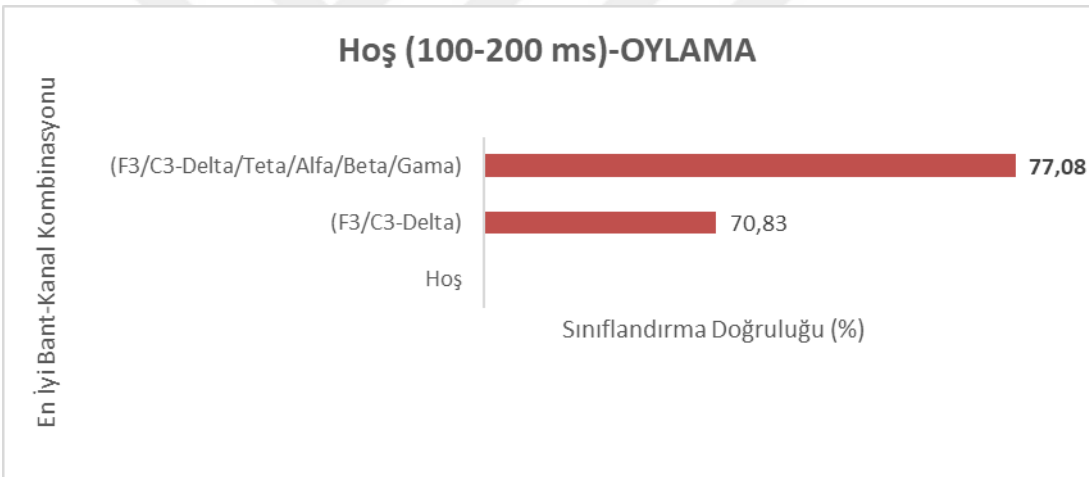


Şekil 3.10. Nahoş koşullar için, 300-400 ms zaman penceresine ait en iyi bant-kanal kombinasyonlarına ait öz niteliklerin oylama prosedürü ile sınıflandırılması sonucunda doğruluk değerleri % 70 ve üzerinde olan kombinasyonlar





Şekil 3.11. Nötr koşullar için, 400-500 ms zaman penceresine ait en iyi bant-kanal kombinasyonlarına ait öz niteliklerin oylama prosedürü ile sınıflandırılması sonucunda doğruluk değerleri % 70 ve üzerinde olan kombinasyonlar



Şekil 3.12. Hoş koşullar için, 100-200 ms zaman penceresine ait en iyi bant-kanal kombinasyonlarına ait öz niteliklerin oylama prosedürü ile sınıflandırılması sonucunda doğruluk değerleri % 70 ve üzerinde olan kombinasyonlar.

Şekil 3.9-3.12'deki sonuçlar farklı deneysel koşullara göre incelendiğinde; nahoş deneysel koşullar için sınıflandırma başarısının 100-200 ms ve 300-400 ms zaman pencerelerinde % 70'in üzerinde olduğu ve bunlar içerisinde en optimum şartlarda, en yüksek sınıflandırma başarısının, 100-200 ms zaman aralığında, (F<sub>3</sub>/C<sub>3</sub>- Delta/Teta/Alfa) bant-kanal kombinasyonuna ait öz nitelikler için % 76. 19 doğrulukla gerçekleştiği görülmektedir. Bunun anlamı, nahoş deneysel koşullar için oylama sonucu gerçekleştirilen sınıflandırma üzerinde parlaklık etkisinin baskın olarak, erken zaman pencerelerinde (100-

200 ms), frontal ve santral merkez hat üzerinde ve düşük frekanslardan elde edilen öz nitelik kombinasyonları için ortaya çıktıdır. Bununla birlikte daha geç zaman penceresinde (300-400 ms) nispeten daha düşük sınıflandırma başarısıyla aynı etki gözlemlenmeye devam etmiştir.

Grafikler nötr deneysel koşullar için incelenecek olursa, sınıflandırma başarısının 400-500 ms zaman penceresinde % 74.19'olduğu ve bu başarının (C<sub>3</sub>- Beta/Gama) bant-kanal kombinasyonuna ait öz nitelikler için elde edildiği görülmektedir. Bunun anlamı, nötr deneysel koşullar için sınıflandırma üzerinde parlaklık etkisinin, nahoş koşullara benzer olarak santral kanaldan ve nahoş koşullardan farklı olarak geç zaman penceresinde (400-500 ms), yüksek frekanslardan elde edilen öz niteliklerin kombinasyonu sonucunda ortaya çıktıdır.

Grafikler son olarak hoş deneysel koşullar için incelendiğinde ise sınıflandırma başarısının 100-200 ms zaman penceresinde % 77.08 olduğu ve bu başarının (F<sub>3</sub>/C<sub>3</sub>- Delta/Teta/Alfa/Beta/Gama) bant-kanal kombinasyonuna ait öz nitelikler için elde edildiği görülmektedir. Bunun anlamı, hoş deneysel koşullar için sınıflandırma üzerinde parlaklık etkisinin, nahoş koşullara benzer olarak erken zama penceresinde (100-200 ms), frontal ve santral merkez hat üzerinde ve nahoş koşullara ek olarak hem düşük hem de yüksek frekanslardan elde edilen öz nitelik kombinasyonları için ortaya çıktıdır.

Oylama bulguları özetlenecek olursa; oylamanın nahoş deneysel koşullar için sınıflandırma doğruluğunu arttırıcı bir etkisi gözlemlenmezken hoş ve nötr deneysel koşullar için sınıflandırma doğruluğunu arttırıcı yönde katkısı olduğu görülmektedir.

Bununla birlikte en-iyi bant-kanal kombinasyonlarına ait öz nitelikler kullanılarak gerçekleştirilen k-EYK, DVM, KEKKR ve oylama sınıflandırma bulgularına göre; nötr, nahoş ve hoş deneysel koşullarda, farklı zaman aralıklarının her biri için, en yüksek sınıflandırma doğruluğunun ortaya çıktığı sınıflandırıcı ve optimum bant-kanal kombinasyonları Tablo 3.18 ile özetlenmiştir. Bu tablo incelenerek parlaklığın orijinal ve parlak öz niteliklerin sınıflandırılması üzerindeki önemli etkileri gözlemlenebilir.

Tablo 3.18. En iyi bant-kanal kombinasyonlarından elde edilen öz nitelikler kullanılarak gerçekleştirilen, k-EYK, DVM, KEKKR ve oylama sınıflandırma sonuçlarına göre; nötr, nahoş ve hoş koşullarda, farklı zaman aralıklarının her biri için, en yüksek sınıflandırma doğruluğunun ortaya çıktığı sınıflandırıcı ve optimum bant-kanal kombinasyonları

Koşul	Zaman Penceresi	Sınıflandırıcı Seçeneği	Kanal	Frekans Bandı	Sınıflandırma Doğruluğu
Nahoş	100-200 ms	kekkr	F <sub>3</sub> / C <sub>3</sub>	Alfa/ Delta/ Teta	% 81
	300-400 ms	kekkr	TP <sub>7</sub> / P <sub>4</sub>	Teta	% 76.10
	500-600 ms	dvm	F <sub>3</sub> / O <sub>1</sub>	Alfa	% 71.43
Hoş	100-200 ms	Oylama (kekkr, keyk, dvm)	F <sub>3</sub> / C <sub>3</sub>	Delta/ Teta/ Alfa/ Beta/ Gama	% 77.08
Nötr	400-500 ms	Oylama (kekkr, keyk, dvm)	C <sub>3</sub>	Beta/ Gama	% 74.19

Tablo 3.18' e göre nötr, nahoş ve hoş deneysel koşulların her birinde en yüksek sınıflandırma doğruluğunun ortaya çıktığı şartlar için oluşturulan karmaşıklık matrisleri Tablo 3.19-3.21'de özetlenmiştir.

Tablo 3.19. En iyi bant-kanal kombinasyonlarından elde edilen öz nitelikler kullanılarak gerçekleştirilen sınıflandırma sonuçlarına göre, nahoş deneysel koşullarda en yüksek sınıflandırma doğruluğunu (% 81) veren kekkr sınıflandırıcı için karmaşıklık matrisi.

Koşul: Nahoş, Zaman Penceresi: 100-200 ms			
Kanal: F <sub>3</sub> / C <sub>3</sub> -Alfa/ Delta/ Teta			
Sınıflandırıcı: kekkr			
Sınıflandırma Doğruluğu: % 81			
Karmaşıklık Matrisi		Tahmin Edilen Sınıf	
		Orijinal	Parlak
Gerçek Sınıf	Orijinal	18	4
	Parlak	3	16

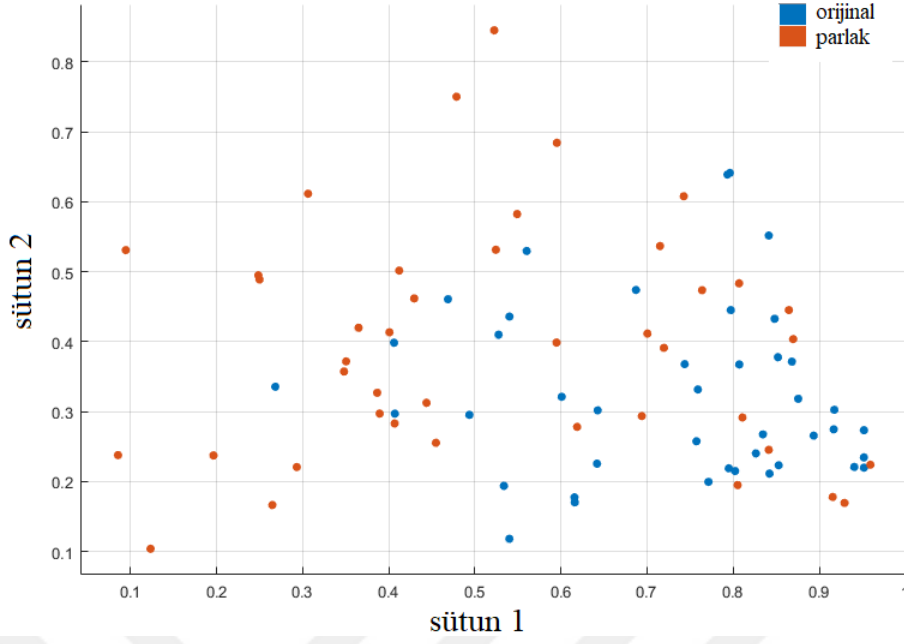
Tablo 3.20. En iyi bant-kanal kombinasyonlarından elde edilen öz nitelikler kullanılarak gerçekleştirilen sınıflandırma sonuçlarına göre, hoş deneysel koşullarda en yüksek sınıflandırma doğruluğunu (% 77.08) veren oylama sınıflandırma seçeneği için karmaşıklık matrisi

Koşul: Hoş, Zaman Penceresi: 100-200 ms			
Kanal: C <sub>3</sub> -Beta/ Gama			
Sınıflandırıcı: Oylama			
Sınıflandırma Doğruluğu: % 77.08			
Karmaşıklık Matrisi		Tahmin Edilen Sınıf	
		Orijinal	Parlak
Gerçek Sınıf	Orijinal	19	6
	Parlak	5	18

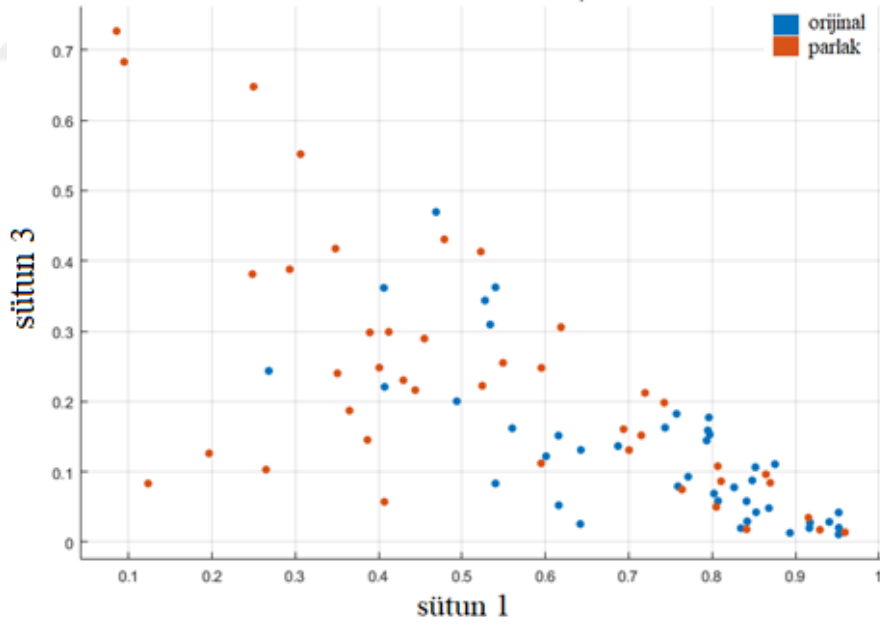
Tablo 3.21. En iyi bant-kanal kombinasyonlarından elde edilen öz nitelikler kullanılarak gerçekleştirilen sınıflandırma sonuçlarına göre, nötr deneysel koşullarda en yüksek sınıflandırma doğruluğunu (% 74.19) veren kekkr sınıflandırıcı için karmaşıklık matrisi

Koşul: Nötr, Zaman Penceresi: 400-500 ms			
Kanal: F <sub>3</sub> / C <sub>3</sub> -Alfa/ Delta/ Teta			
Sınıflandırıcı: kekkr			
Sınıflandırma Doğruluğu: % 74.19			
Karmaşıklık Matrisi		Tahmin Edilen Sınıf	
		Orijinal	Parlak
Gerçek Sınıf	Orijinal	23	8
	Parlak	8	23

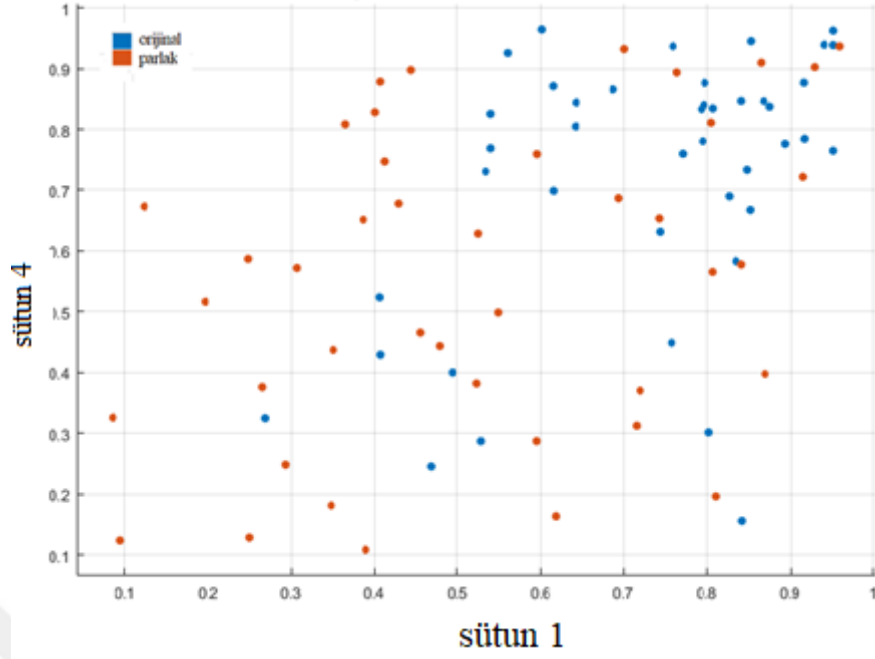
Şekil 3.13-3.27'de ise en yüksek sınıflandırma doğruluğunun elde edildiği nahos deneysel koşullar için (100-200 ms, F<sub>3</sub>/ C<sub>3</sub>-Alfa/ Delta/ Teta, kekkr, % 81) oluşturulan saçılım grafikleri gösterilmektedir. Bu grafiklere bakılarak bu başarının oluşmasını sağlayan 1x6 boyutlu öz nitelik vektörlerindeki her bir sütun elemanlarının birbiriyle olan ilişkisi gözlemlenebilmektedir. Grafiklerde mavi noktalar orijinal gruplara ait öz nitelikleri, kırmızı noktalar ise parlak gruplara ait öz nitelikleri ifade etmektedir.



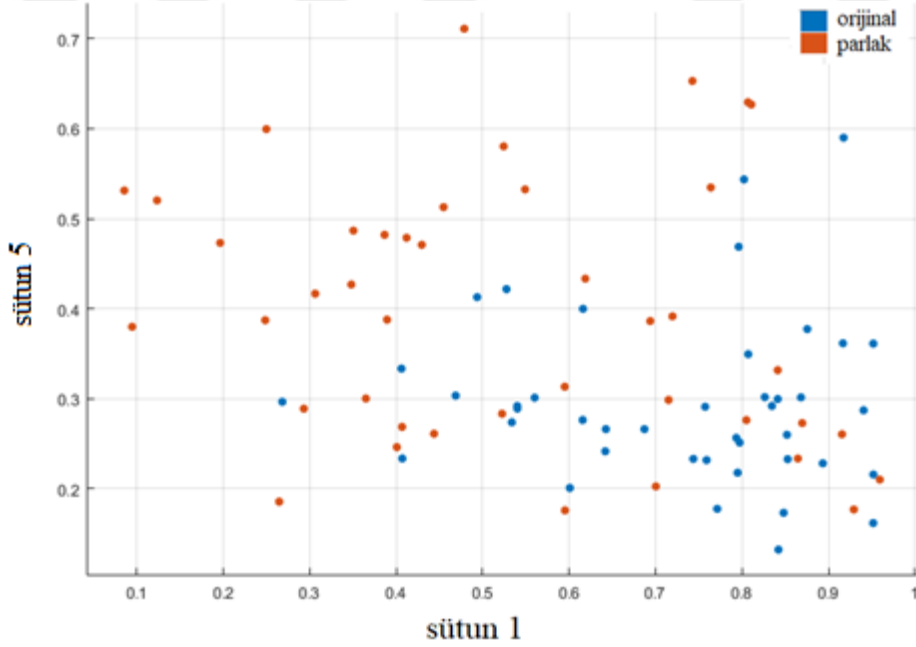
Şekil 3.13. Nahoş deneysel koşullar için (100-200 ms,  $F_3/ C_3$ -Alfa/ Delta/ Teta, kekkr, % 81) oluşturulan  $1 \times 6$  boyutlu öz nitelik vektörlerindeki 1. Sütun ile 2. Sütun elemanlarına ait saçılım grafiği



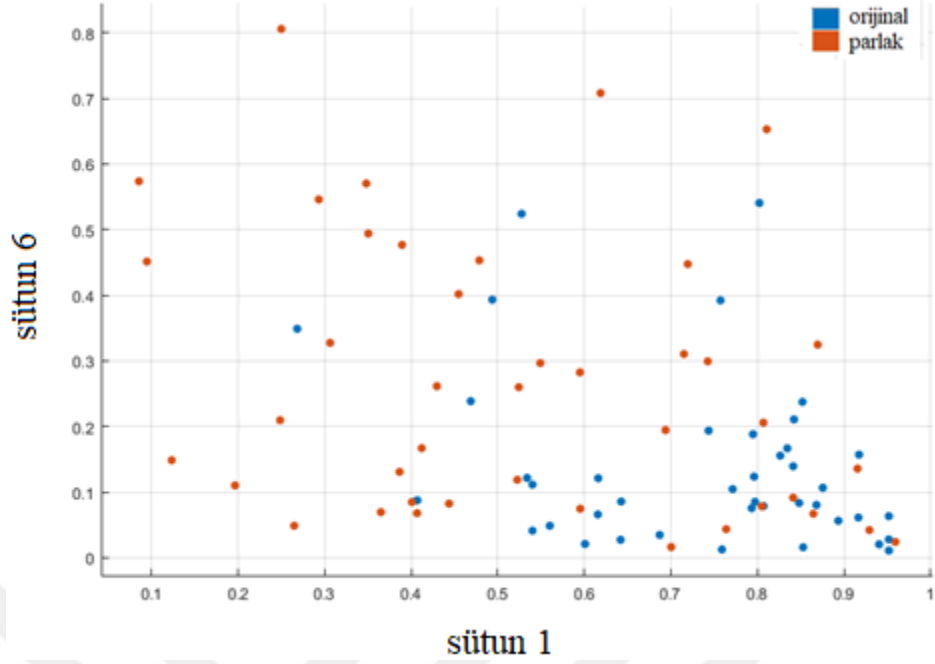
Şekil 3.14. Nahoş deneysel koşullar için (100-200 ms,  $F_3/ C_3$ -Alfa/ Delta/ Teta, kekkr, % 81) oluşturulan  $1 \times 6$  boyutlu öz nitelik vektörlerindeki 1. Sütun ile 3. Sütun elemanlarına ait saçılım grafiği



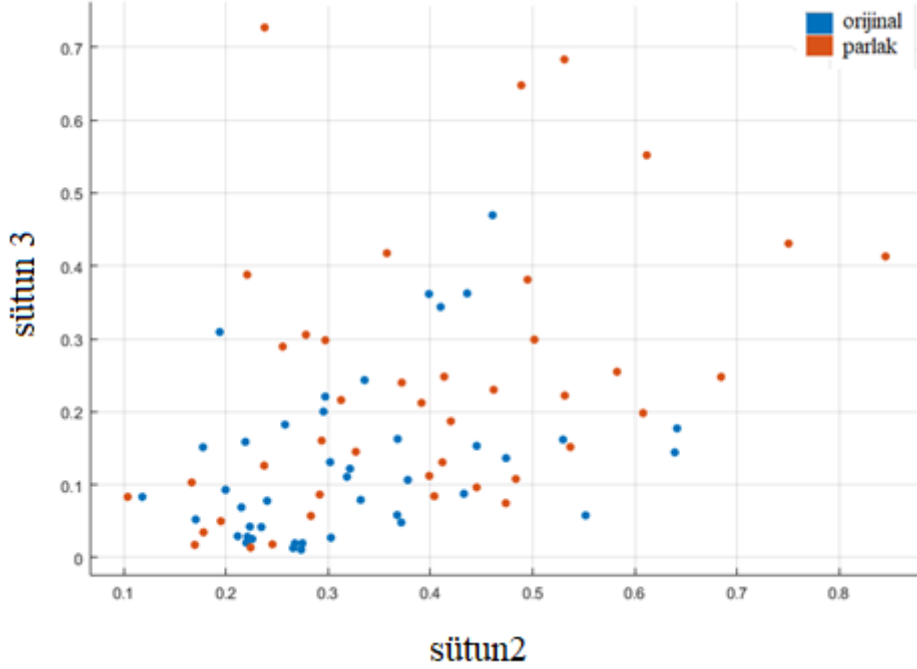
Şekil 3.15. Nahoş deneysel koşullar için (100-200 ms,  $F_3$ /  $C_3$ -Alfa/ Delta/ Teta, kekkr, % 81) oluşturulan 1x6 boyutlu öz nitelik vektörlerindeki 1. Sütun ile 4. Sütun elemanlarına ait saçılım grafiği



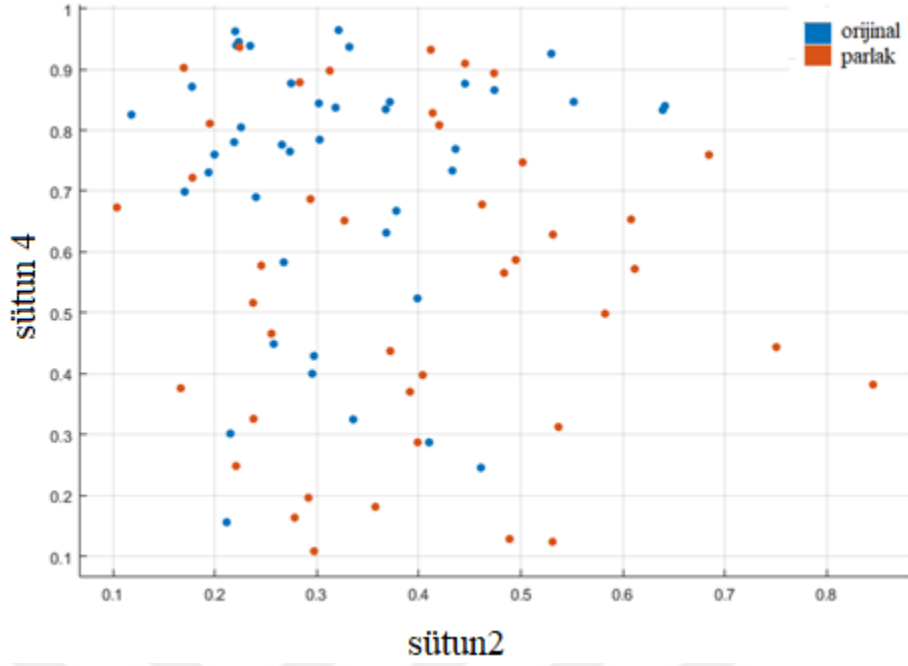
Şekil 3.16. Nahoş deneysel koşullar için (100-200 ms,  $F_3$ /  $C_3$ -Alfa/ Delta/ Teta, kekkr, % 81) oluşturulan 1x6 boyutlu öz nitelik vektörlerindeki 1. Sütun ile 5. Sütun elemanlarına ait saçılım grafiği



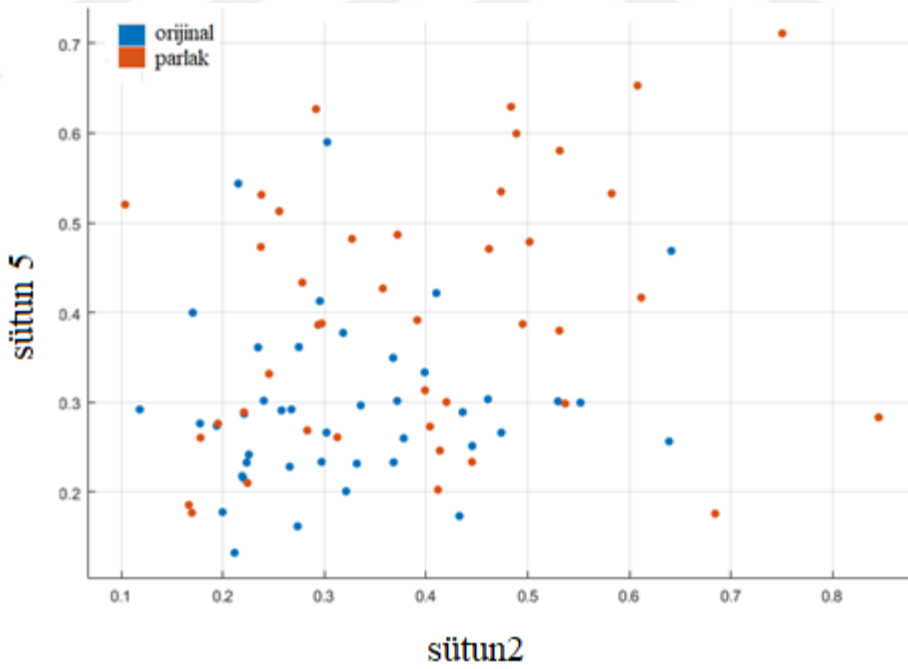
Şekil 3.17. Nahoş deneysel koşullar için (100-200 ms,  $F_3/ C_3$ -Alfa/ Delta/ Teta, kekkr, % 81) oluşturulan 1x6 boyutlu öz nitelik vektörlerindeki 1. Sütun ile 6. Sütun elemanlarına ait saçılım grafiği.



Şekil 3.18. Nahoş deneysel koşullar için (100-200 ms,  $F_3/ C_3$ -Alfa/ Delta/ Teta, kekkr, % 81) oluşturulan 1x6 boyutlu öz nitelik vektörlerindeki 2. Sütun ile 3. Sütun elemanlarına ait saçılım grafiği

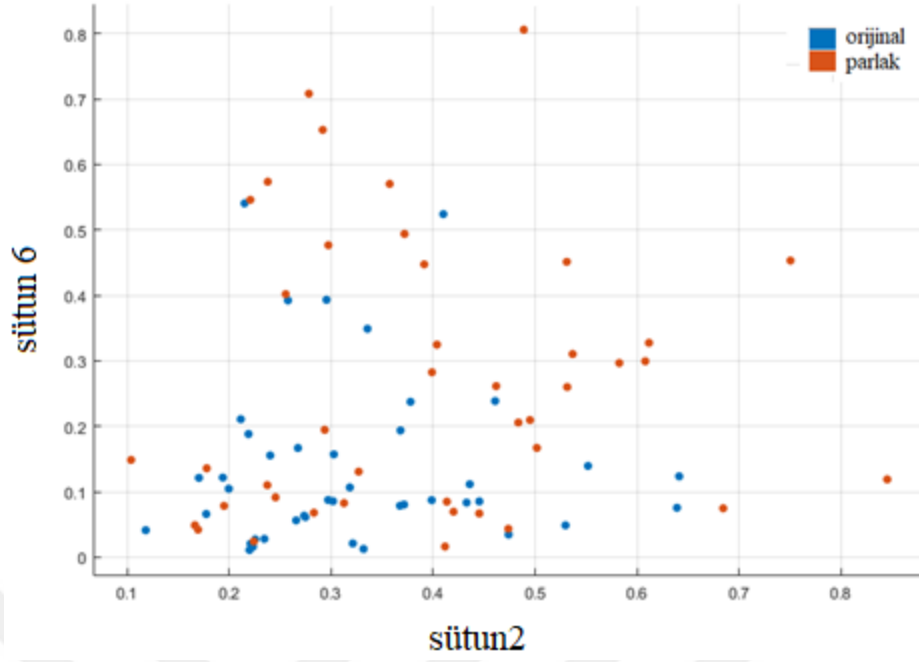


Şekil 3.19. Nahoş deneysel koşullar için (100-200 ms,  $F_3$ /  $C_3$ -Alfa/ Delta/ Teta, kekkır, % 81) oluşturulan 1x6 boyutlu öz nitelik vektörlerindeki 2. Sütun ile 4. Sütun elemanlarına ait saçılım grafiği.

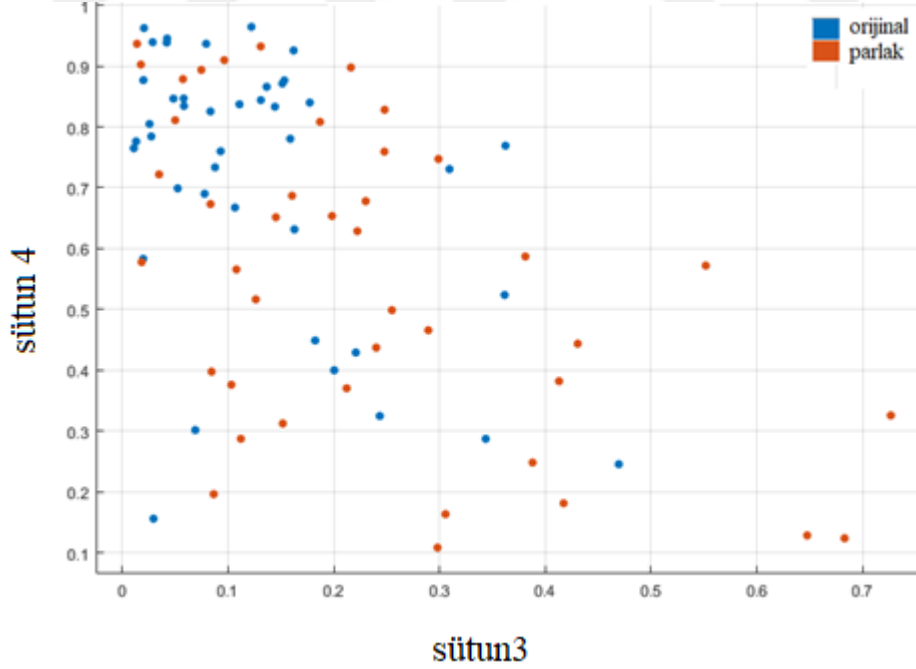


Şekil 3.20. Nahoş deneysel koşullar için (100-200 ms,  $F_3$ /  $C_3$ -Alfa/ Delta/ Teta, kekkır, % 81) oluşturulan 1x6 boyutlu öz nitelik vektörlerindeki 2. Sütun ile 5. Sütun elemanlarına ait saçılım grafiği

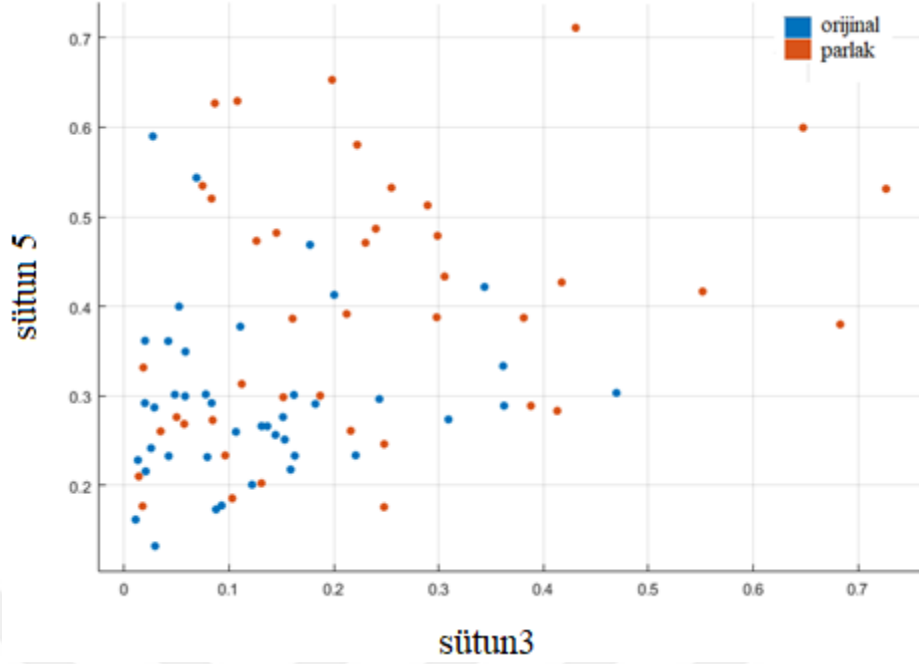




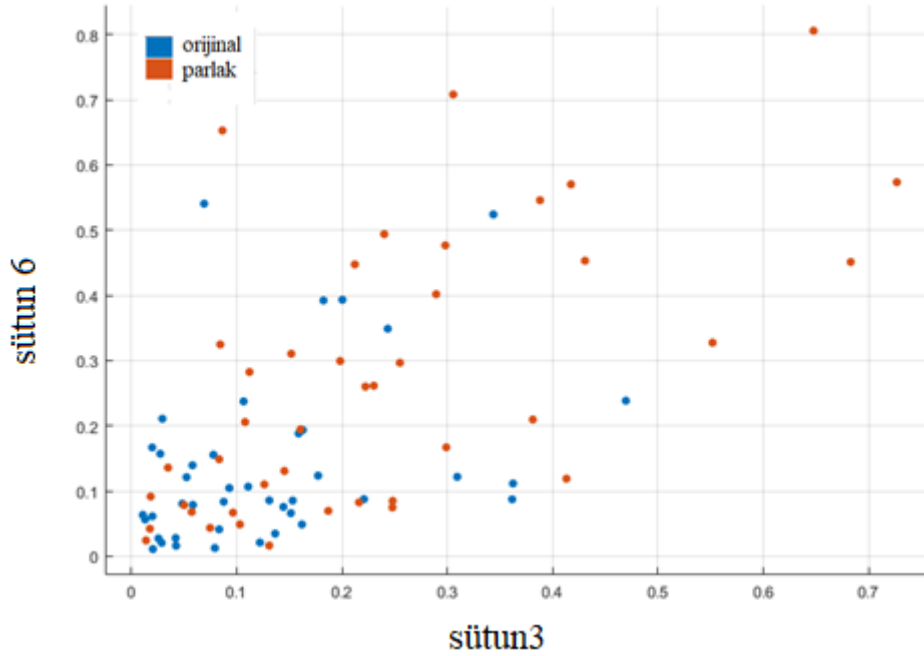
Şekil 3.21. Nahoş deneysel koşullar için (100-200 ms,  $F_3/ C_3$ -Alfa/ Delta/ Teta, kekkr, % 81) oluşturulan 1x6 boyutlu öz nitelik vektörlerindeki 2. Sütun ile 6. Sütun elemanlarına ait saçılım grafiği



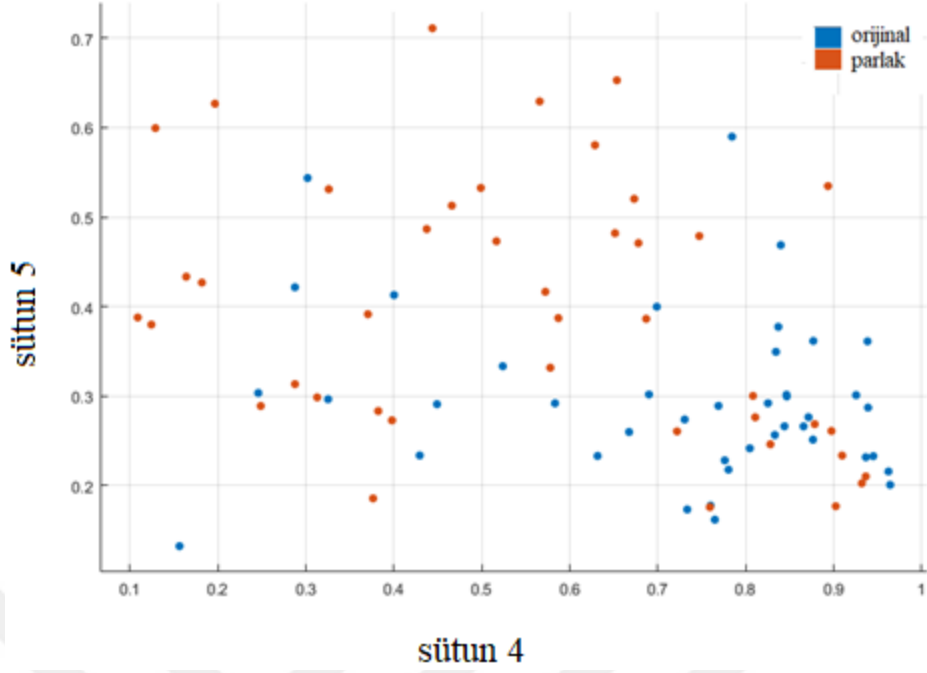
Şekil 3.22. Nahoş deneysel koşullar için (100-200 ms,  $F_3/ C_3$ -Alfa/ Delta/ Teta, kekkr, % 81) oluşturulan 1x6 boyutlu öz nitelik vektörlerindeki 3. Sütun ile 4. Sütun elemanlarına ait saçılım grafiği



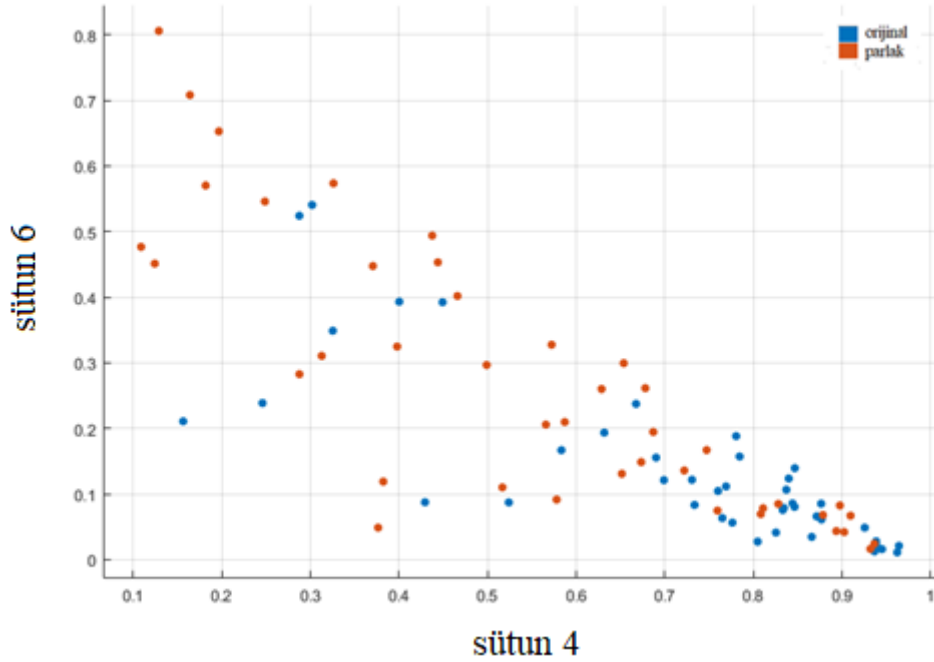
Şekil 3.23. Nahoş deneysel koşullar için (100-200 ms,  $F_3/ C_3$ -Alfa/ Delta/ Teta, kekkr, % 81) oluşturulan 1x6 boyutlu öz nitelik vektörlerindeki 3. Sütun ile 5. Sütun elemanlarına ait saçılım grafiği



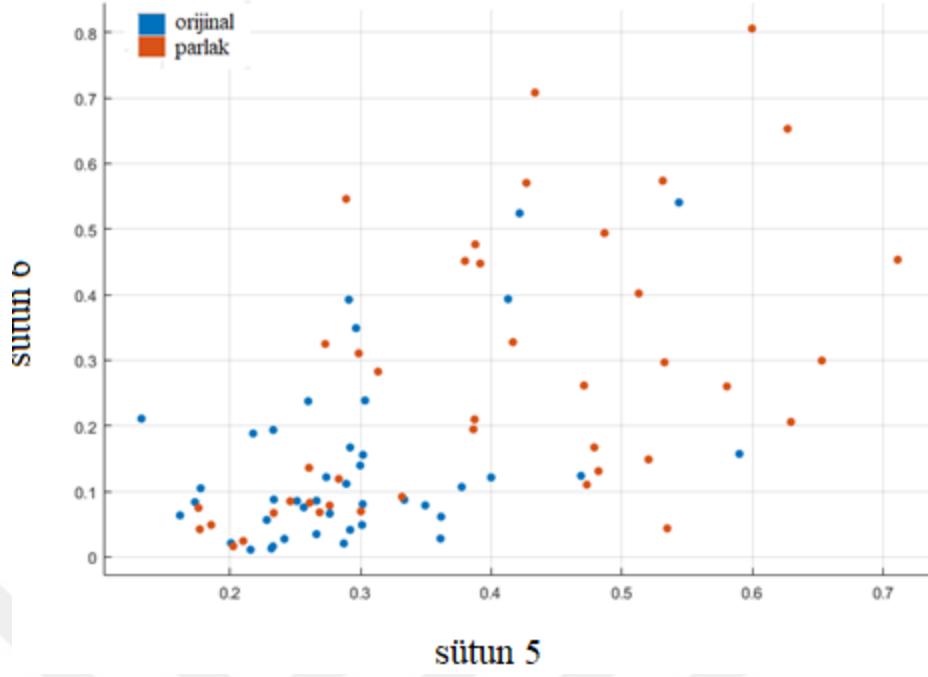
Şekil 3.24. Nahoş deneysel koşullar için (100-200 ms,  $F_3/ C_3$ -Alfa/ Delta/ Teta, kekkr, % 81) oluşturulan 1x6 boyutlu öz nitelik vektörlerindeki 3. Sütun ile 6. Sütun elemanlarına ait saçılım grafiği



Şekil 3.25. Nahoş deneysel koşullar için (100-200 ms,  $F_3$ /  $C_3$ -Alfa/ Delta/ Teta, kekr, % 81) oluşturulan 1x6 boyutlu öz nitelik vektörlerindeki 4. Sütun ile 5. Sütun elemanlarına ait saçılım grafiği.



Şekil 3.26. Nahoş deneysel koşullar için (100-200 ms,  $F_3$ /  $C_3$ -Alfa/ Delta/ Teta, kekr, % 81) oluşturulan 1x6 boyutlu öz nitelik vektörlerindeki 4. Sütun ile 6. Sütun elemanlarına ait saçılım grafiği



Şekil 3.27. Nahoş deneysel koşullar için (100-200 ms,  $F_3/ C_3$ -Alfa/ Delta/ Teta, kekkr, % 81) oluşturulan  $1 \times 6$  boyutlu öz nitelik vektörlerindeki 5. Sütun ile 6. Sütun elemanlarına ait saçılım grafiği

#### 4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Yapılan çalışmada, farklı duygusal içerikli görüntülerin görsel işlenmesi sırasında, görüntü parlaklığının beyin aktivitesi üzerindeki etkileri araştırıldı. Bu araştırma hem istatistiksel yöntemler, hem de sınıflandırma yöntemleri kullanılarak gerçekleştirildi. Görsel işleme sırasında EEG kayıtlarında parlaklık etkisinin gözlemlendiği zaman pencereleri, frekans bantları ve elektrot noktaları, beyin aktivitesinin spektral güç dağılımı kullanılarak incelendi. Çalışmada, orijinal ve parlak UDRS görüntülerinin sunumu sırasında elde edilen ortalama EEG güç spektrogramları arasındaki farklılıklar üzerinde duruldu.

Çalışmanın istatistiksel yöntemler kullanılarak gerçekleştirilen kısmına ait ana bulgu, görüntü parlaklığının nöral aktiviteyi etkilediğidir. Görsel uyaranların sunumu sırasında elde edilen ortalama beyin aktivitesinin gücü, uyaran parlaklığı ile değişmektedir. Bu etki, EEG'de gözlemlenen beyin aktivitesinin olduğu zaman penceresi, frekans bandı ve elektrot noktalarına göre farklılık göstermektedir. Bununla birlikte, görüntü parlaklığının nöral aktivite üzerindeki etkisi görüntünün duygusal içeriğine (hoş, nahoş ve nötr) bağlı olarak da değişim göstermektedir. Elde edilen istatistiksel bulgular, üç farklı duygusal içerik için görüntü parlaklığının EEG'de gözlemlenen beyin aktivitesini etkilediği zaman pencereleri, frekans bantları ve elektrot noktalarını ortaya koydu (Şekil 3.1-3.3).

Elde edilen istatistiksel bulgularımıza göre, hoş ve nahoş görsel uyaranların parlaklığındaki değişimin (artış/ azalış) beyin aktivitesi üzerindeki etkileri uyaran başlangıcından sonraki erken zaman penceresinde (100-200 ms) ortaya çıkmakta ve geç zaman penceresine (700 ms) kadar devam etmektedir. Bununla birlikte, nötr görsel uyaranlar için, uyaran parlaklığının beyin aktivitesi üzerindeki etkileri diğer uyaran tiplerine kıyasla daha geç (200-300 ms) ortaya çıkmakta olup geç zaman penceresine (700 ms) kadar devam etmektedir. Bu durum hoş ve nahoş görüntülerin parlaklığının beyin aktivitesi üzerindeki etkisinin, nötr görüntülerden daha erken ortaya çıktığı anlamına gelmektedir. Bulgular arasında en dikkat çekici nokta ise, belirli frekans bantları ve zaman pencerelerinde, hoş ve nötr görsel uyaranların parlaklığındaki artış, parietal ve oksipital bölgelerdeki aktivitenin ortalama gücünü artırırken, nahoş uyaranların parlaklığındaki artış parietal ve oksipital bölgelerdeki aktivitenin ortalama gücünü azaltmaktadır. Bu etki, hoş ve nahoş uyaranlar için yüksek frekanslarda (alfa, beta ve gama), nötr uyaranlar içinse

hem düşük hem de yüksek frekanslarda (delta, teta ve gama) gözlemlenmektedir. Başka bir deyişle parietal ve oksipital bölgeler her üç tip duygusal görüntü için parlaklığın ayırt edici etkisinin ortaya çıktığı bölgeler olup, parlaklıktaki artış, hoş ve nötr görüntüler için parietal ve oksipital yanıtların gücü üzerinde benzer etkiye sahipken (güç artışı), nahoş görüntüler içinse zıt bir etki (güç azalışı, baskılama) göstermektedir. Oksipital lobun, görsel algılamanın temelini oluşturan nöral toplulukları içeren görsel işlem merkezi olduğu bilinmektedir (McManus, 1995). Gözden gelen bilgiler bu lobda işlenir ve bellekte depolanan bilgilerle ilişkilendirilir (McManus, 1995). Parietal lob ise bilişsel amaçlar için duygusal bilgileri işler. Parietal lobun bir diğer görevi de görsel algı ve tanımadır (McManus, 1995). Yani, parlaklığın her üç tip duygusal görüntü için ayırt edici etkisi görsel alanlarda (parietal ve oksipital) ortaya çıkmıştır.

Bununla birlikte, her üç görsel uyaran tipi için, uyaran parlaklığındaki artış, frontal ve santral aktivitenin ortalama gücünü düşürmektedir (nahoş uyaranlar için 100-300 ms zaman aralığı hariç). Bu durum, parlaklığın her üç uyaran tipi için beynin ön bölgelerinde aynı etkiye neden olduğu anlamına gelir. Fakat nahoş görüntüler için farklı bir durum da söz konusudur, diğer görüntülerden farklı olarak, nahoş görüntülerin parlaklığındaki artış 100-300 ms zaman penceresinde frontal beta aktivitesinin gücünü artırır. Önceki çalışmalar, frontal korteksteki frontal göz alanlarının (Frontal-Eye Fields-FEF), dikkatin görsel alandaki hedeflere yönlendirilmesinde önemli olduğunu bildirmiştir (Blanke vd., 1999). FEF yanıtlarının görsel seçime duygusal bir katkısı olduğu da bilinmektedir (Blanke vd., 1999; Muggleton, 2003). Bu bilgi ve yaptığımız çalışma bulguları birlikte değerlendirildiğinde, orijinal nahoş görüntülerle karşılaştırıldığında parlak nahoş görüntülerin, görsel işlemenin erken aşamalarında (100-300 ms) kortikal aktivitenin gücünü artırarak dikkat yönelimine katkı sağlıyor olabilir mi sorusu gündeme gelmektedir. Bu sorunun net cevabı için farklı deneysel düzenekler kurularak dikkat çalışmaları yapılması gerekmektedir.

Dikkate değer bir diğer bulgu ise nötr görüntülerin parlaklık değişiminin beyin aktivitesi üzerindeki etkisinin tüm zaman pencereleri için beta bandında gözlemlenmemiş olmasıdır. Beta tepkileri, yüksek uyarılma, çok sensörlü uyarım ve bilişsel yük ile artmaktadır. Ayrıca, beta bant aktivitesinin artan görsel dikkatle birlikte görsel sistemin uyarılmasını yansıttığı da bildirilmiştir (Feng vd., 2012; Güntekin, Emek-Savaş, Kurt, Yener ve Başar, 2013). Bu bilgilerin ışığında, hoş ve nahoş görüntülerden daha az uyarıcı

olan nötr görüntüler için parlaklığın beta aktivitesi üzerinde bir etkisinin olmaması anlamlı görünmektedir.

Tüm bunların yanında nahış görüntüler için, davranışsal verilerden elde edilen bulgular ile EEG verilerinin analizinden elde edilen bulguların birbirleriyle tutarlı olduğu görülmektedir. Davranışsal performans değerlendirme sonuçlarına göre, parlak nahış görüntülerin orijinal versiyonlarıyla karşılaştırıldığında daha az uyarıcı olduğu istatistiksel olarak belirlendi. Literatürdeki birçok çalışmada, uyarılmanın beyin aktivitesini çoğunlukla geç zaman dilimlerinde (uyaran sonrası 250 ms'den sonra) modüle ettiği bildirilmiştir (Olofsson, Nordin, Sequeira ve Polich, 2008b; Olofsson ve Polich, 2007; Yu Shi, Ruiz, Taib, C Choi ve Chen, 2007). Şekil 3.2 incelendiğinde, parlak nahış görüntülerin orijinal versiyonlarıyla karşılaştırıldığında, geç zaman pencerelerinde beyin aktivitesinin gücünü düşürdüğü ve bu durumun performans sonuçlarıyla örtüştüğü görülmektedir. Beyin aktivitesi üzerindeki bu baskılayıcı etkinin uyarılma nedeniyle olduğu ve parlaklık artışının ise bu baskılayıcı etkiyi daha da arttırdığını düşünmekteyiz. Bu etkiyi açıkça ortaya koyabilmek için galvanik cilt yanıt ölçümleri (Modica vd., 2018; Montagu ve Coles, 1968) yapmak gereklidir. Bu ölçümle değişen deri iletkenliği ölçülerek kortikal uyarılma hakkında daha net bilgi edinilebilir. Çalışmadaki davranışsal veri analizleri sadece elektrofizyolojik bulgularımızı desteklemek amacıyla yapılmıştır. Bu çalışmanın amacı, parlaklığın uyarılma ve değerlik üzerindeki etkisini kanıtlamak değildir. Temel amaç, parlaklığın beyin aktivitesi üzerindeki etkisini araştırmak ve literatür çalışmalarında parlaklık parametresinin göz önünde bulundurulması gerekliliğini vurgulamaktır. Davranışsal verilerden elde edilen sonuçları kapsamlı olarak yorumlayabilmek için, daha ileri deney düzenekleri ve OİP ölçümleri yapılmalıdır. Bu nedenle, sonuçların davranışsal durumlarla ilişkilendirilmesi daha sonraki çalışmalarda yapılacaktır.

Çalışmanın sınıflandırma yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilen kısmına ait ana bulgulara gelecek olursak, bu bulgularda da istatistiksel bulgulara paralel olarak görüntü parlaklığının nöral aktiviteyi etkilediğini ortaya konulmuştur.

Görsel uyarıların sunumu sırasında oluşan beyin aktivitesindeki oransal bant gücü kullanılarak elde edilen öz nitelikler, orijinal ve parlak gruplar arasında k-eyk, dvm, kekkr ve oylama yöntemleri kullanılarak % 71-81 sınıflandırma doğruluğuyla sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırma başarıları, görsel uyarın içeriğine göre değişmekte olup, EEG'de gözlemlenen beyin aktivitesinin oluştuğu belirli zaman aralıkları, frekans bantları ve elektrot noktalarından elde edilen öz nitelikler için elde edilmiştir (Tablo 3.18).

Sınıflandırma bulgularımıza göre en yüksek sınıflandırma başarıları; nahoş görsel uyarılar için, 100-200 ms, 300-400 ms ve 500-600 ms zaman aralıklarında, sırasıyla (F<sub>3</sub>/C<sub>3</sub>- Delta/Teta/ Alfa), (TP<sub>7</sub>/P<sub>4</sub>- Teta), (F<sub>3</sub>/O<sub>1</sub>-Alfa) bant-kanal kombinasyonları ile ve % 81 (kekkr), % 76.10 (kekkr) ve % 71.43 (dvm) sınıflandırma doğruluğuyla; hoş görsel uyarılar için, 100-200 ms zaman aralığında, (F<sub>3</sub>/C<sub>3</sub>-Delta/Teta/Alfa/Beta/Gama) bant-kanal kombinasyonu ile % 78 (oylama) sınıflandırma doğruluğuyla ve nötr görsel uyarılar içinse 400-500 ms zaman aralığında, (C<sub>3</sub>-Beta/Gama) bant-kanal kombinasyonu ile % 74.19 (oylama) sınıflandırma doğruluğuyla ortaya konulmuştur. Yani en yüksek sınıflandırma doğruluğu sırasıyla nahoş ve hoş uyarılar için (% 81 ve % 78) elde edilmiştir.

Sonuçlar ayrıntılı olarak analiz edildiğinde en yüksek sınıflandırma başarısının hem nahoş hem de hoş uyarılar için (% 81 ve % 78) ortak olarak erken zaman diliminde (100-200 ms), frontal ve santral merkez hat üzerinde ve ağırlıklı olarak alçak frekanslardan elde edilen öz nitelikler için ortaya çıktığı görülmektedir. Ayrıca nahoş deneysel koşullar için yüksek sınıflandırma başarısı alçak frekanslardan elde edilen öz nitelik kombinasyonları için ortaya çıkarken, nötr deneysel şartlarda ise yüksek frekanslardan elde edilen öz nitelik kombinasyonlarında ortaya çıkmıştır. Bununla birlikte hoş deneysel şartlarda ise hem alçak hem de yüksek frekanslardan elde edilen öz nitelik kombinasyonları için elde edilmiştir.

İstatistiksel analizlerle birlikte sınıflandırma çalışması gerçekleştirilmesindeki amaç, parlaklığın beyin yanıtları üzerinde etkili olup olmadığını istatistiksel analizlere paralel olarak sınıflandırma yöntemleriyle de incelemek ve parlaklığın duygu sınıflandırma çalışmalarında da etkili olabileceğine yönelik bir ön çalışma yapmaktır. Bununla birlikte, elde edilen sınıflandırma bulguları, istatistiksel analiz sonuçlarındaki gibi parlaklığın beyin yanıtlarının gücü üzerindeki etkisinin ne şekilde olduğu (artış/ azalış) hakkında bilgi vermemektedir. Bunun sebebi, istatistiksel analiz çalışmamızda, deneklerden elde edilen beyin yanıtlarının güç ortalamaları orijinal ve parlak gruplar arasında karşılaştırılırken, sınıflandırma çalışmalarında ise farklı kanal ve bantlardan elde edilen öz nitelik kombinasyonlarının orijinal ve parlak gruplar arasında ayrıştırılıp ayrıştırılmadığı incelenmektedir. Bu sebeple sınıflandırma çalışma sonuçları, görüntü parlaklığının beyin yanıtlarını etkileyip etkilemediği konusunda bilgi verirken, bu yanıtların gücünün parlaklık etkisiyle nasıl değiştiği (artış/ azalış) konusunda bilgi vermez. İstatistiksel analiz çalışmaları ile sınıflandırma çalışmaları sonuçlarında parlaklık etkisinin gözlemlendiği zaman penceresi, frekans bandı ve kanal bilgilerinin birebir örtüşmeme sebebi ise;



istatistiksel analizlerde görüntüler karşısında oluşan beyin yanıtlarının ortalama gücü olduğu gibi kullanılırken, sınıflandırma çalışmalarında ise bu yanıtlardan elde edilen bant güçleri kullanılarak çıkartılan öz niteliklerin, sınıflandırma performansını arttırması amacıyla farklı kombinasyonlarının kullanılmasıdır. Yani bu kombinasyonlar ile veriler daha farklı bir uzaya taşınıp burada sınıflandırılmaktadır. Bununla birlikte her iki değerlendirme şeklinde de parlaklığın beyin yanıtlarını etkilediği ortaya konulmuştur.

Bu çalışmayı yapmaktaki çıkış noktamız, Lakens'in UDRS görüntülerini kullandığı öncü araştırma idi. Lakens çalışmasında, parlak görüntülerin daha pozitif, koyu görüntülerin ise daha negatif değerlendirildiğini bildirmiştir (Lakens, Fockenberg, Lemmens, Ham ve Midden, 2013b). Ancak bu değerlendirme davranışsal verilerle yapılmış olup, bu bulguların nöral aktiviteye nasıl yansıdığı araştırılmamıştır. Bu nedenle, bu çalışmada öncelikli hedefimiz, duygusal görüntülerin parlaklığının beyin aktivitesinin gücü üzerindeki etkisini incelemek ve bu etkinin ortaya çıktığı zaman pencereleri, frekans bantları ve elektrot noktalarını belirlemektir. Elde edilen bulgular, görüntü parlaklığının, bu görüntüler karşısında beyinde meydana gelen aktivitenin gücünü değiştirdiğini ve bu etkinin görüntünün duygusal içeriğine göre değiştiğini ortaya koydu. Literatürde UDRS ve benzer görüntü veri tabanlarını kullanan birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar çoğunlukla görsel işleme, duygu sınıflandırma, duygu değerlendirme ve nöro pazarlama alanlarındadır (Ganin, Kosichenko ve Kaplan, 2018; Jing, Mei, Song, Wang ve Shi, 2019; Leyh vd., 2016; McFarland, Parvaz, Sarnacki, Goldstein ve Wolpaw, 2017; Migliore vd., 2019; Sánchez-Reolid vd., 2018; Zamuner, 2013; Zhang ve Lee, 2012). Bu çalışmaların çoğunda görüntü parlaklığı dikkate alınmamıştır. Bununla birlikte, çalışma sonuçlarımız görüntü parlaklığının beyin aktivitesinin gücünü değiştirme potansiyeline sahip önemli bir parametre olduğunu göstermiştir. Bu nedenle, çalışmalarında görsel uyaran kullanan araştırmacıları, uyaran parlaklığını çalışma sonuçlarını etkileyebilecek önemli bir parametre olarak göz önünde bulundurmaları gerektiği konusunda uyarmaktayız. Böylece parlaklık etkisi kontrol edilerek, görsel işleme süreçlerinin yanlış yorumlanmasının önüne geçilecektir.

Yapılan çalışmada hoş, nahos ve nötr duygusal görsel uyaranların algısal bir özelliği olan parlaklığın, görsel işleme sırasında nöral aktiviteyi nasıl etkilediği ve bu etkinin beyin korteksinde nasıl temsil edildiği çok boyutlu olarak analiz edildi. Çalışma başlangıcında ortaya konulan tüm hipotezlerin değerlendirilmesi sonrasında elde edilen bulgular özetlenecek olursa;

1. Görsel uyarın lüminans düzeyi, dolayısıyla parlaklığı beyin aktivitesinin gücünü değiştirmekte ve bu etki uyarının içeriğine göre değişmektedir.
2. Parlaklık, EEG üzerinde gözlemlenen beyin aktivitesinin gözlemlendiği zaman aralığı, frekans bandı ve elektrot noktasına göre farklı etkiler ortaya koymaktadır;
  - Parietal ve oksipital bölgeler her üç tip duygusal uyarın için parlaklığın ayırt edici etkisinin ortaya çıktığı bölgelerdir.
  - Hoş ve nötr görsel uyarınların parlaklığındaki artış, parietal ve oksipital bölgelerdeki aktivitenin ortalama gücünü arttırırken, nahoş uyarınların parlaklığındaki artış parietal ve oksipital bölgelerdeki aktivitenin ortalama gücünü azaltmaktadır.
  - Bu etki, hoş ve nahoş uyarınlar için yüksek frekanslarda (alfa, beta ve gama), nötr uyarınlar içinse hem düşük hem de yüksek frekanslarda (delta, teta ve gama) ortaya çıkmaktadır.
  - Hoş ve nahoş görüntülerin parlaklığının beyin aktivitesi üzerindeki etkisi, nötr görüntülerden daha erken ortaya çıkmaktadır.
  - Her üç görsel uyarın tipi için, uyarın parlaklığındaki artış, frontal ve santral aktivitenin ortalama gücünü düşürmektedir (nahoş uyarınlar için 100-300 ms zaman aralığı hariç). Bu, parlaklığın, her üç uyarın tipi için beynin ön bölgelerinde aynı etkiye neden olduğu anlamına gelir.
3. Duygusal görsel uyarınların parlaklığının beyin yanıtları üzerindeki etkisi sınıflandırma yöntemleriyle de ortaya konulabilmektedir. Nahoş, hoş ve nötr koşullar için en yüksek sınıflandırma başarısı sırasıyla % 81 (100-200 ms, F3/C3- Delta/Teta/ Alfa, kekk), % 78 (100-200 ms, F3/C3- Delta/Teta/Alfa/Beta/Gama, oylama) ve % 74.19 (400-500 ms, C3-Beta/Gama, oylama) olarak elde edilmiştir.

Çalışmanın özğün tarafı; görsel uyarınların fiziksel bir özelliği olan lüminans düzeyinin, görsel işleme sırasında oluşan beyin aktivitesi üzerindeki etkisinin, farklı duygusal içerikler için, farklı elektrot noktalarından elde edilen EEG kayıtlarında, farklı zaman pencereleri için farklı frekans bantlarında çok boyutlu ve ayrıntılı olarak araştırılmasıdır. Bulgulardan da anlaşıldığı gibi, görsel uyarıcıların parlaklığı, görsel işleme çalışmalarında duygusal ve bilişsel süreçleri etkileme potansiyeline sahiptir. Bu nedenle, bu tür çalışmalarda parlaklık etkisinin kontrol edilmesi gerektiğini önemle vurgulamaktayız.

## 5. ÖNERİLER

Konuyla ilgili literatürdeki bulgular ile yapılan çalışmadan elde edilen bulgular birleştirildiğinde, parlaklık etkisinin ortaya çıktığı zaman pencerelerinde görülmesi beklenen bilişsel süreçlerin de parlaklıktan etkilenmesi beklenmektedir. Bu etkileşim parlaklığın duygularımızın gücü üzerinde bir etkisi olup olmadığı sorusunu gündeme getirmektedir. Görsel algı, görsel sistemi etkileyen fiziksel özelliklerin bir sonucudur (Hot ve Sequeira, 2013). Görsel uyarıcıların fiziksel bir özelliği olan parlaklık bu sistemi etkilediğine göre, sistemde farklı bir algı yaratma potansiyeline de sahiptir. Bu çalışmada, parlaklık nedeniyle beyin aktivitesinde meydana gelen nörofizyolojik değişiklikleri açıklamamıza rağmen, bu değişikliklerin bilişsel yorumu halen daha belirsizliğini korumaktadır. Görsel bilgi işlemenin erken aşamalarında, beyin salınımları uyanlarla ilgili çok temel özelliklere cevap verirken, geç aşamalarda daha karmaşık ve bilişsel tepkiler ortaya çıkar. Birçok çalışmada, bu yanıtların gözlemlendiği zaman pencereleri ve frekans bantları bildirilmiştir (Balconi, Brambilla, vd., 2009; Bamidis vd., 2009; Clayson ve Larson, 2019; Liu, Liu, Chen, Jiang ve Shang, 2019; Miskovic ve Schmidt, 2010; Rozenkrants ve Polich, 2008; Yusoff, Anuar ve Reza, 2018). Ancak, bu çalışmaların çoğunda, görsel uyarıcıların parlaklığı göz önünde bulundurulmamıştır. Başka bir deyişle, duysal ve bilişsel süreçlerin görsel uyanların parlaklığından etkilenip etkilenmediği açık değildir. Görsel uyanların parlaklık değişiminin etkisiyle nöral aktivitenin gücünde meydana gelen değişim duysal ve bilişsel süreçleri (algı, dikkat yönelimi, karar verme, hafıza, uyarılma, duygusal değerlendirme vb.) veya bu süreçler sırasında hissettiğimiz duyguları etkileyebilir mi? Bu soruyu cevaplamak için ileri deneysel mekanizmalar ve ileri düzey OİP analizleri gerekmektedir. Gelecekteki çalışmalarda, bu çalışmada belirttiğimiz zaman pencereleri, frekans bantları ve elektrot noktalarına odaklanılarak, ileri deneysel düzenekler ve OİP analizleri yoluyla parlaklığın bilişsel süreçler üzerindeki etkisi hakkında önemli bilgiler elde edinilebilir. Bu bilgiler kullanılarak, parlaklık koşulları iyileştirilip bilişsel performansın artırılması sağlanabilir. Duygusal görsel uyanların parlaklık koşullarının bilişsel performans üzerindeki etkisi tüketici davranışlarını inceleyen pazarlama bilimi içinde önemli bir konudur. Çünkü duygular davranışla sona erer ve insan davranışını etkileyen duygular parlaklıktan etkilenebilir. Bu nedenle, görsel uyanların

bişsel performans üzerindeki parlaklık etkisini araştırmak, nöro-pazarlama çalışmalarına da katkı sağlayacaktır.



## 6. KAYNAKLAR

- Abhang, P. A., Gawali, B. W. ve Mehrotra, S. C., 2016. Introduction to EEG and Speech Based Emotion Recognition, United States of America, Academic Press.
- Aftanas, L. I., Varlamov, A. A., Pavlov, S. V., Makhnev, V. P. ve Reva, N. V., 2002. Time-Dependent Cortical Asymmetries Induced by Emotional Arousal: EEG Analysis of Event-Related Synchronization and Desynchronization in Individually Defined Frequency Bands, International Journal of Psychophysiology, 44, 1, 67–82.
- Akt, Z. ve Acemo, H., 2011. Sağlık Çalışanları için Araştırma ve Pratik İstatistik, Ailem Yayınları, Erzurum.
- Aminoff, M. J., 2012. Aminoff's Electrodiagnosis in Clinical Neurology, 6. Baskı, Elsevier.
- Amrhein, C., Mühlberger, A., Pauli, P. ve Wiedemann, G., 2004. Modulation of Event-Related Brain Potentials During Affective Picture Processing: A Complement to Startle Reflex and Skin Conductance Response?, International Journal of Psychophysiology, 54, 231-240.
- Aydin, S., Demirtaş, S., Ateş, K. ve Tunga, M. A., 2016. Emotion Recognition with Eigen Features of Frequency Band Activities Embedded in Induced Brain Oscillations Mediated by Affective Pictures, International Journal of Neural Systems, 26, 3.
- Balconi, M., Brambilla, E. ve Falbo, L., 2009. Appetitive vs. Defensive Responses to Emotional Cues. Autonomic Measures and Brain Oscillation Modulation, Brain Research, 1296, 72-84.
- Balconi, M., Falbo, L. ve Brambilla, E., 2009. Bis/ Bas Responses to Emotional Cues: Self Report, Autonomic Measure and Alpha Band Modulation, Personality and Individual Differences, 47, 8, 858–863.
- Bamidis, P. D., Klados, M. A., Frantzidis, C., Vivas, A. B., Papadelis, C., Lithari, C. ve Pappas, C., 2009. A Framework Combining Delta Event-Related Oscillations (EROs) and Synchronisation Effects (Erd/ Ers) to Study Emotional Processing, Computational and Mathematical Methods in MedicineComputational Intelligence and Neuroscience.
- Bar, M. ve Bar, M., 2014. A Cortical Mechanism for Triggering Top-Down Facilitation in Visual Object Recognition A Cortical Mechanism for Triggering Top-Down Facilitation in Visual Object Recognition, Journal of Cognitive Neuroscience, 15, 4, 600–609.

- Barrett, L. F., Lindquist, K. A., Moreau, E. B., Duncan, S., Maria, G., Mize, J. ve Brennan, L., 2007. Of Mice and Men: Natural Kinds of Emotions in the Mammalian Brain? A Response to Panksepp and Izard Lisa, Perspect Psychol Sci., 2, 3, 297–311.
- Bekhtereva, V., Craddock, M. ve Müller, M. M., 2015. Attentional Bias to Affective Faces and Complex IAPS Images in Early Visual Cortex Follows Emotional Cue Extraction. NeuroImage, 112, 254–266.
- Berger, H., 1934. Über das Elektrenkephalogramm des Menschen. Deutsche Medizinische Wochenschrift, 60, 51.
- Bieniek, M. M., Frei, L. S. ve Rousselet, G. A., 2013. Early ERPs to Faces: Aging, Luminance, and Individual Differences, Frontiers in Psychology, 4, 268, 1-27.
- Blanke, O., Morand, S., Thut, G., Michel, C. M., Spinelli, L., Landis, T. ve Seeck, M., 1999. Visual Activity in the Human Frontal Eye Field, 10, 5, 925–930.
- Boyacıoğlu, H. ve Güneri, P., 2006. Sağlık Araştırmalarında Kullanılan Temel İstatistik Yöntemler, 30, 3, 33–39.
- Bradley, M. M. ve Lang, P. J., 1994. Measuring Emotion: The Self-Assessment Manikin and the Semantic Differential. Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry, 25, 49-59.
- Bull, D., 2014. Communicating Pictures, Academic Press.
- Bulut, N. S., 2015. Kognitif Tekniklerin Bilince Ulaşan ve Ulaşmayan Görsel Uyarıların Emosyonel İşlenmesi Üzerine Etkisinin 0,1 Hz Kalp Atım Hızı Değişkenliği ile Saptanması, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi, İstanbul.
- Cacioppo, J., Tassinary, L. G. ve Berntson, G. G., 2007. The Handbook of Psychophysiology, 3. Baskı, Cambridge University Press.
- Clayson, P. E. ve Larson, M. J., 2019. The Impact of Recent and Concurrent Affective Context on Cognitive Control: An ERP Study of Performance Monitoring, International Journal of Psychophysiology, 143, 44–56.
- Costa, T., Cauda, F., Crini, M., Tatu, M. K., Celeghin, A., De Gelder, B. ve Tamietto, M., 2014. Temporal and Spatial Neural Dynamics in the Perception of Basic Emotions from Complex Scenes. Social Cognitive and Affective Neuroscience, 9, 11, 1690–1703.
- Cowie, R., Douglas-Cowie, E., Savvidou, S., McMahon, E., Sawey, M. ve Schröder, M., 2000. “Feeltrace”: An Instrument for Recording Perceived Emotion in Real Time, ISCA Workshop on Speech and Emotion, 19–24.

- Cuthbert, B. N., Schupp, H. T., Bradley, M. M., Birbaumer, N. ve Lang, P. J., 2000. Brain Potentials in Affective Picture Processing: Covariation with Autonomic Arousal and Affective Report. Biological Psychology, 52, 2, 95–111.
- Daugherty, G., 2009. Digital Image Processing for Medical Applications. Cambridge University Press.
- Delplanque, S., N'diaye, K., Scherer, K. ve Grandjean, D., 2007. Spatial Frequencies or Emotional Effects? A Systematic Measure of Spatial Frequencies for IAPS Pictures by a Discrete Wavelet Analysis, Journal of Neuroscience Methods, 165, 1, 144–150.
- Delplanque, S., Silvert, L., Hot, P., Rigoulot, S. ve Sequeira, H., 2006. Arousal and Valence Effects on Event-Related P3a and P3b During Emotional Categorization. International Journal of Psychophysiology, 60, 315-322.
- Donchin, E. ve Coles, M. G. H., 1988. Is the P300 Component a Manifestation of Context Updating? Behavioral and Brain Sciences, 11, 03, 357.
- Ekman, P. ve Davidson, R. J., 1994. The Nature of Emotion: Fundamental Questions, Oxford University Press.
- Feng, C., Wang, L., Liu, C., Zhu, X., Dai, R., Mai, X. ve Luo, Y. J., 2012. The Time Course of the Influence of Valence and Arousal on the Implicit Processing of Affective Pictures. Plos One, 7, 1, 1–9.
- Fields, M., Marcuse, L. ve Yoo, J. Y., 2016. Rowan's Primer and Mini-Atlas of EEG, Elsevier-Health Sciences Division.
- Frantzidis, C. A., Bratsas, C., Klados, M. A., Konstantinidis, E., Lithari, C. D., Vivas, A. B., ... Bamidis, P. D., 2010. On the Classification of Emotional Biosignals Evoked while Viewing Affective Pictures: An Integrated Data-Mining-Based Approach for Healthcare Applications. IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine, 14, 2, 309–318.
- Freeman J, Ziemba CM, Heeger DJ, S. E. ve JA., M., 2013. A Functional and Perceptual Signature of the Second Visual Area in Primates, Nature Neuroscience, 16, 974–981.
- Fries, P., Reynolds, J. H., Rorie, A. E. ve Desimone, R., 2001. Modulation of Oscillatory Neuronal Synchronization by Selective Visual Attention, Science, 291, 1560-1563.
- Gabor, D., 1946. Theory of Communication. Journal of the Institution of Electrical Engineers - Part I: General, 93, 26, 429–441.

- Ganin, I. P., Kosichenko, E. A. ve Kaplan, A. Y., 2018. Properties of EEG Responses to Emotionally Significant Stimuli Using a P300 Wave-Based Brain-Computer Interface. Neuroscience and Behavioral Physiology, 48, 9, 1093–1099.
- Germain, S., 2015. Frontal Lobe and Psychopathy, Themis: Research Journal of Justice Studies and Forensic Science, 3, 1, 150-158.
- Ghodrati, M., Ghodousi, M. ve Yoonessi, A., 2016. Low-Level Contrast Statistics of Natural Images can Modulate the Frequency of Event-Related Potentials (ERP) in Humans, Frontiers in Human Neuroscience, 10, 1–12.
- Gholami, R. ve Fakhari, N., 2017. Support Vector Machine: Principles, Parameters, and Applications, In Handbook of Neural Computation, 1. Baskı, Academic Press.
- Giannakopoulos, T. ve Pikrakis, A., 2014, Introduction to Audio Analysis, Academic Press.
- Gianotti, L. R. R., Faber, P. L., Schuler, M., Pascual-Marqui, R. D., Kochi, K. ve Lehmann, D., 2008. First Valence, then Arousal: The Temporal Dynamics of Brain Electric Activity Evoked by Emotional Stimuli, Brain Topography, 20, 143-156.
- Gilbert, C. D. ve Li, W., 2013. Top-Down Influences on Visual Processing, Nature Reviews Neuroscience, 14, 5, 350–363.
- Glickstein, M., 1988. The Discovery of the Visual Cortex. American, 259, 118–127.
- Goldstein, E. B., 2005. Sensation and Perception, 8. Baskı, Wadsworth Cengage Learning.
- Goto, N., Lim, X. L., Shee, D., Hatano, A., Khong, K. W., Buratto, L. G., Schaefer, A., 2019. Can Brain Waves Really Tell If a Product will be Purchased? Inferring Consumer Preferences From Single-Item Brain Potentials. Frontiers in Integrative Neuroscience, 13, 1–13.
- Gravetter, F. J. ve Wallnam, L. B. Statistics for the Behavioral Sciences, 9. Baskı, Jon-David Hague.
- Groen, I. I. A., Silson, E. H. ve Baker, C. I., 2017. Contributions of Low- and High-Level Properties to Neural Processing of Visual Scenes in the Human Brain, Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 372, 1714.
- Güntekin, B. ve Başar, E., 2010a. A New Interpretation of P300 Responses upon Analysis of Coherences, Cognitive Neurodynamics, 4, 107-118.
- Güntekin, B. ve Başar, E., 2010b. Event-Related Beta Oscillations are Affected by Emotional Eliciting Stimuli, Neuroscience Letters, 483, 3, 173–178.



- Güntekin, B. ve Başar, E., 2014. A Review of Brain Oscillations in Perception of Faces and Emotional Pictures, Neuropsychologia, 58, 33–51.
- Güntekin, B., Emek-Savaş, D. D., Kurt, P., Yener, G. G. ve Başar, E., 2013. Beta Oscillatory Responses in Healthy Subjects and Subjects with Mild Cognitive Impairment. NeuroImage: Clinical, 3, 39-46
- Güntekin, B., Femir, B., Gölbaşı, B. T., Tülay, E. ve Başar, E., 2017. Affective Pictures Processing is Reflected by an Increased Long-Distance EEG Connectivity. Cognitive Neurodynamics, 11, 4, 355–367.
- Hansen, B. C., Jacques, T., Johnson, A. P. ve Elleberg, D., 2011. From Spatial Frequency Contrast to Edge Preponderance: The Differential Modulation of Early Visual Evoked Potentials by Natural Scene Stimuli, Visual Neuroscience, 28, 3, 221–237.
- Hansen, B. C., Johnson, A. P. ve Elleberg, D., 2012. Different Spatial Frequency Bands Selectively Signal for Natural Image Statistics in the Early Visual System. Journal of Neurophysiology, 108, 8, 2160–2172.
- Harris, J. M., Ciorciari, J. ve Gountas, J., 2019. Consumer Neuroscience and Digital/ Social Media Health/ Social Cause Advertisement Effectiveness. Behavioral Sciences, 9, 4.
- Herrmann, C. S., Strüber, D., Helfrich, R. F. ve Engel, A. K., 2016. EEG Oscillations: From Correlation to Causality, International Journal of Psychophysiology, 103, 12–21.
- Hess, R. F. ve Plant, G. T., 1983. The Effect of Temporal Frequency Variation on Threshold Contrast Sensitivity Deficits in Optic Neuritis. Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry, 46, 4, 322–330.
- Hidalgo-Muñoz, A. R., López, M. M., Galvao-Carmona, A., Pereira, A. T., Santos, I. M., Vázquez-Marrufo, M. ve Tomé, A. M., 2014. EEG Study on Affective Valence Elicited by Novel and Familiar Pictures using ERD/ ERS and SVM-RFE. Medical and Biological Engineering and Computing, 52, 149-158.
- Hot, P. ve Sequeira, H., 2013. Time Course of Brain Activation Elicited by Basic Emotions. NeuroReport, 24, 16, 898–902.
- Hu, C., Youn, B. D. ve Wang, P., 2019. Engineering Design under Uncertainty and Health Prognostics, Springer Series in Reliability Engineering.
- Izard, C. E., 2007. Basic Emotions, Natural Kinds, Emotion Schemas, and a New Paradigm, Perspectives on Psychological Science, 2, 3, 260–280.

- Jensen, O., Kaiser, J. ve Lachaux, J. P., 2007. Human Gamma-Frequency Oscillations Associated with Attention and Memory, *Trends in Neurosciences*, 30, 7, 317–324.
- Jiang, X.-F. ve Bian, X.-P., 2013. Positive-Negative Emotional Categorization of Clothing Color Based on Brightness. *Engineering*, 05, 10, 189–194.
- Jing, K., Mei, Y., Song, Z., Wang, H. ve Shi, R., 2019. How Do Price and Quantity Promotions Affect Hedonic Purchases? An ERPs Study, *Frontiers in Neuroscience*, 13, 1–9.
- Johannes, S., Münte, T. F., Heinze, H. J. ve Mangun, G. R., 1995. Luminance and Spatial Attention Effects on Early Visual Processing, *Cognitive Brain Research*, 2, 189–205
- Kandel E. R., Schvartz J. H. ve Jessel, T. M., *Essentials of Neural Science and Behavior*, Appleton and Lange.
- Keil, A., Stolarova, M., Moratti, S. ve Ray, W. J., 2007. Adaptation in Human Visual Cortex as a Mechanism for Rapid Discrimination of Aversive Stimuli. *NeuroImage*, 36, 2, 472–479.
- Kilavik, B. E., Zaepffel, M., Brovelli, A., MacKay, W. A. ve Riehle, A., 2013. The Ups and Downs of Beta Oscillations in Sensorimotor Cortex, *Experimental Neurology*, 245, 15–26.
- Klimesch, W., 1997. EEG-Alpha Rhythms and Memory Processes, *International Journal of Psychophysiology*, 26, 1-3, 319-340.
- Klimesch, W., 1999. EEG Alpha and Theta Oscillations Reflect Cognitive and Memory Performance: a review and analysis, *Brain Research Reviews*, 29, 169–195.
- Kolb B. ve Whishaw. I. Q., *Fundamentals of Human Neuropsychology*, 4. Baskı, Worth Publishers.
- Kropotov, J. D., 2008. *Quantitative EEG, Event-Related Potentials and Neurotherapy*, Academic Press.
- Kropotov, J. D., 2016. *Functional Neuromarkers for Psychiatry*, Academic Press.
- Kurt, P., Eroğu, K., Bayram Kuzgun, T. ve Güntekin, B., 2017. The Modulation of Delta Responses in the Interaction of Brightness and Emotion, *International Journal of Psychophysiology*, 112, 1–8.
- Kutas, M., Mccarthy, G. ve Donchin, E., 1977. Augmenting Mental Chronometry: The P300 as a Measure of Stimulus Evaluation Time, *Science*, 197, 4305, 792–795.

- Lacerda, E. M. C. B., Ventura, D. F., ve Silveira, L. C. L., 2009. Visual Assessment by Psychophysical Methods of People Subjected to Occupational Exposure to Organic Solvents, Psicologia, 22, 1, 117-145.
- Lakens, D., Fockenberg, D. A., Lemmens, K. P. H., Ham, J. ve Midden, C. J. H., 2013a. Brightness Differences Influence The Evaluation of Affective Pictures, Cognition and Emotion, 27, 7, 1225-1246.
- Lakens, D., Fockenberg, D. A., Lemmens, K. P. H., Ham, J. ve Midden, C. J. H., 2013b. Brightness Differences Influence The Evaluation of Affective Pictures, Cognition and Emotion, 27, 7, 1225–1246.
- Lakens, D., Semin, G. R. ve Foroni, F., 2012. But for the Bad, There would not be Good: Grounding Valence in Brightness through Shared Relational Structures, Journal of Experimental Psychology: General, 141, 3, 584-594.
- Lang, P. J., Bradley, M. M. ve Cuthbert, B. N., 1997. International Affective Picture System (IAPS): Technical Manual and Affective Ratings, NIMH Center for the Study of Emotion and Attention, 39–58.
- Leyh, R., Heinisch, C., Kungl, M. T. ve Spangler, G., 2016. Attachment Representation Moderates the Influence of Emotional Context on Information Processing, Frontiers in Human Neuroscience, 10, 1–12.
- Li, W. ve Liu, Z., 2011. A Method of SVM with Normalization in Intrusion Detection. Procedia Environmental Sciences, 11, 256–262.
- Liu, W., Liu, F., Chen, L., Jiang, Z. ve Shang, J., 2019. Cognitive Reappraisal in Children: Neuropsychological Evidence of Up-Regulating Positive Emotion from an ERP Study, Frontiers in Psychology, 10, 1–10.
- Long, B., Yu, C. P. ve Konkle, T., 2018. Mid-Level Visual Features Underlie the High-Level Categorical Organization of the Ventral Stream, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 115, 38, 1-10.
- Ma, H., Mo, Z., Zhang, H., Wang, C. ve Fu, H., 2018. The Temptation of Zero Price: Event-Related Potentials Evidence of How Price Framing Influences the Purchase of Bundles, Frontiers in Neuroscience, 12, 1–8.
- Ma, Q., Wang, X., Shu, L. ve Dai, S., 2008. P300 and Categorization in Brand Extension, Neuroscience Letters, 431, 57-61.
- Magliero, A., Bashore, T. R., Coles, M. G. H. ve Donchin, E., 1984. On the Dependence of P300 Latency on Stimulus Evaluation Processes, Psychophysiology, 21, 2, 171–186.
- Malik, A. S. ve Amin, H. U., 2017. Designing EEG Experiments for Studying the Brain, Elsevier.

- Malmivuo, J. ve Plonsey, R., 1995. *Bioelectromagnetism*. Oxford University Press.
- Martini, N., Menicucci, D., Sebastiani, L., Bedini, R., Pingitore, A., Vanello, N. ve Gemignani, A., 2012. The Dynamics of EEG Gamma Responses to Unpleasant Visual Stimuli: From Local Activity to Functional Connectivity, NeuroImage, 60, 2, 922–932.
- Mavratzakis, A., Herbert, C. ve Walla, P., 2016. Emotional Facial Expressions Evoke Faster Orienting Responses, but Weaker Emotional Responses at Neural and Behavioural Levels Compared to Scenes: A Simultaneous EEG and Facial EMG Study, NeuroImage, 124, 931-946.
- McFarland, D. J., Parvaz, M. A., Sarnacki, W. A., Goldstein, R. Z. ve Wolpaw, J. R. 2017. Prediction of Subjective Ratings of Emotional Pictures by EEG Features, Journal of Neural Engineering, 14, 1, 1–9.
- McManus, C., 1995. Cognitive Assessment for Clinicians, thebmj, 76.
- Meier, B. P., Robinson, M. D., Crawford, L. E. ve Ahlvers, W. J., 2007. When “Light” and “Dark” Thoughts Become Light and Dark Responses: Affect Biases Brightness Judgments, Emotion, 7, 2, 366-376.
- Migliore, S., Curcio, G., Porcaro, C., Cottone, C., Simonelli, I., D’aurizio, G. ve Vernieri, F., 2019. Emotional Processing in RRMS Patients: Dissociation between Behavioural and Neurophysiological Response. Multiple Sclerosis and Related Disorders, 27, 344–349.
- Miskovic, V. ve Schmidt, L. A., 2010. Cross-Regional Cortical Synchronization During Affective Image Viewing, Brain Research, 1362, 102–111.
- Modica, E., Cartocci, G., Perrotta, D., Di Feo, P., Aricò, P., Inguscio, B. M. S. ve Mancini, M., 2018. Neurophysiological Profile of Antismoking Campaigns. Computational Intelligence and Neuroscience, 1-11.
- Montagu, J. D. ve Coles, E. M., 1968. Mechanism and Measurement of the Galvanic Skin Response: an Addendum, Psychological Bulletin, 69, 1, 74–76.
- Muggleton, N. G., 2003. Human Frontal Eye Fields and Visual Search, Journal of Neurophysiology, 89, 3340–3343.
- Müller, M. M. ve Gundlach, C., 2017. Competition for Attentional Resources between Low Spatial Frequency Content of Emotional Images and a Foreground Task in Early Visual Cortex, Psychophysiology, 54, 3, 429–443.
- Nizam, H., 2017. Desen Sınıflandırma için Kortikal Gösterimlerin Geleneksel Görüntü İşleme Yöntemleri ile Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.

- Olofsson, J. K., Nordin, S., Sequeira, H. ve Polich, J., 2008a. Affective Picture Processing: An Integrative Review of ERP Findings, Biological Psychology, 77, 247–265.
- Olofsson, J. K. ve Polich, J., 2007. Affective Visual Event-Related Potentials: Arousal, Repetition, and Time-on-Task, Biological Psychology, 75, 101-108.
- Öner, L. ve Reha, A., 1990. Tekrarlı Ölçümlerde Varyans Analizi, Fabâd Farmasötik. Bilim Dergisi, 15, 113–119.
- Özen, N. E. ve Rezaki, M., 2007. Prefrontal korteks : Bellek İşlevi ve Bunama ile İlişkisi. Türk Psikiyatri Dergisi, 18, 3, 262–269.
- Özmen, A., Şıklar, E., Durucasu, H., Atlas, M. ve Er, F., 2013, İstatistik-II. Anadolu Üniversitesi Yayını, Eskişehir.
- Pamir, Z., 2014. The Effect of Context Luminance on Contrast Perception, Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.
- Peirce, J. W., 2015. Understanding Mid-Level Representations in Visual Processing, Journal of Vision, 15, 5–9.
- Peli, E., 1990. Contrast in Complex Images, Journal of the Optical Society of America, 7, 10, 2032–2040.
- Portella, C., Machado, S., Arias-carrión, O., Sack, A. T., Silva, J. G., Orsini, Leite, M. A., Silva, A. C., Nardi, A. E., Cagy, M., Piedade, R. ve Ribeiro, P., 2012. Relationship between Early and Late Stages of Information Processing: An Event-Related Potential Study, Neurology International, 4, 3, 71–77.
- Roe A. W., Chelazzi, L., Connor, C. E., Conway, B. R., Fujita, I., Gallant, J. L., Lu, H. ve Vanduffel, W., 2012. Toward a Unified Theory of Visual Area V4, Neuron, 74, 12–29.
- Rouw, R., Kosslyn, S. M. ve Hamel, R., 1997. Detecting High-Level and Low-Level Properties in Visual Images and Visual Percepts, Cognition, 63, 2, 209–226.
- Rozenkrants, B. ve Polich, J., 2008. Affective ERP Processing in a Visual Oddball Task: Arousal, Valence, and Gender, Clinical Neurophysiology, 119, 2260-2265.
- Russell, J. A., 1980. A Circumplex Model of Affect, Journal of Personality and Social Psychology, 39, 6, 1161–1178.
- Sánchez-Reolid, R., García, A., Vicente-Querol, M., Fernández-Aguilar, L., López, M. ve González, A., 2018. Artificial Neural Networks to Assess Emotional States from Brain-Computer Interface, Electronics, 7, 12, 384.
- Sanei, S. ve Chambers, J. A., 2007. Eeg Signal Processing, John Wiley ve Sons, Ltd.

- Scher, M. S., 2017. Swaiman's Pediatric Neurology, Principles and Practice, 6. Baskı, Elsevier.
- Schettino, A., Keil, A., Porcu, E. ve Müller, M. M., 2016. Shedding Light on Emotional Perception: Interaction of Brightness and Semantic Content in Extrastriate Visual Cortex, NeuroImage, 133, 341–353.
- Schiller P.H. ve Malpeli. J. G., 1978. Functional Specificity of Lateral Geniculate Nucleus Laminae of the Rhesus Monkey, Neurophysiol, 41, 3, 788–797.
- Schmahmann, J. D. ve Pandya, D. N., 2009. Fiber Pathways of the Brain, Oxford University Press.
- Schürmann, M. ve Başar, E., 2001. Functional Aspects of Alpha Oscillations in the EEG, International Journal of Psychophysiology, 39, 2–3.
- SJ., L., 2005. An Introduction to the Event-Related Potential Technique, MIT Press.
- Smith, E. E. ve Kosslyn, S. M., 2007. Cognitive Psychology: Mind and Brain, Pearson Education.
- Smith, E. E., Kosslyn, S. M. ve Şahin, M., 2014. Bilişsel Psikoloji, Zihin ve Beyin, 10. Baskı, Nobel Akademik Yayıncılık.
- Smith, N. K., Cacioppo, J. T., Larsen, J. T. ve Chartrand, T. L., 2003. May I have your Attention, Please: Electrocortical Responses to Positive and Negative Stimuli, Neuropsychologia, 41, 171-183.
- Sobolewski, A., Holt, E., Kublik, E. ve Wróbel, A., 2011. Impact of Meditation on Emotional Processing- A visual ERP study, Neuroscience Research, 71, 44-48.
- Spiegel, M. R. ve Stephens, L. J., 1999. İstatistik, 3. Baskı, Nobel.
- Spiegel, M. R. ve Stephens, L. J., 2008. Theory and Problems of Statistics, 4. Baskı, McGraw-Hill.
- Sreeja, P. S., Mahalakshmi, G., 2017. Emotion Models: A Review, International Journal of Control Theory and Applications, 10, 8 , 651–657.
- Stangor, C. ve Walinga, J., 2010. Introduction to Psychology - 1st Canadian Edition. <https://pdfs.semanticscholar.org/a647/01914b115e32e9800e3181c7ba23f631f690.pdf>16.12.2019.
- Taktak, A. F. G. ve Fisher, A. C., 2007. The Impact of Microarray Technology in Brain Cancer, Elsevier.
- Thorpe, S. ve Fize, D. M. C., 1996. Speed of Processing in the Human Visual System, Nature, 381, 520–522.

- Tian, Y., Zhang, H., Pang, Y. ve Lin, J., 2018. Classification for Single-Trial N170 During Responding to Facial Picture With Emotion, Frontiers in Computational Neuroscience, 12, 68.
- Torralba, A. ve Oliva, A., 2003. Statistics of Natural Image Categories, Network: Computation in Neural Systems, 14, 3, 391–412.
- Valberg, A., 2005. Light Vision Color, John Wiley ve Sons.
- Valdez, P. ve Mehrabian, A., 1994. Effects of Color on Emotions, Journal of Experimental Psychology: General, 123, 4, 394–409.
- Vogel, E. K., Luck, S. J., 2000. The Visual N1 Component as an Index of a Discrimination Process, Psychophysiology, 37, 190–203.
- Waugh, A. ve Grant, A., 2014. Anatomy and Physiology in Health and Illness, 12. Baskı, Elsevier.
- Welchman, A. E., Deubelius, A., Conrad, V. Bühlhoff, H. H. ve Kourtzi, Z., 2005. 3D Shape Perception from Combined Depth Cues in Human Visual Cortex, Natural Neuroscience, 8, 820–827.
- Womelsdorf, T. ve Fries, P., 2006. Neuronal Coherence During Selective Attentional Processing and Sensory-Motor Integration, Journal of Physiology Paris, 100, 4, 182–193.
- Yamins, D. L. K., Dicarlo, J. J., 2016. Using Goal-Driven Deep Learning Models to Understand Sensory Cortex, Natural Neuroscience, 19, 356–365.
- Yazgan, E. ve Korürek, E., 2004. Tıp Elektronik, İ.T.Ü Kütüphanesi Katoloğu.
- Yu Shi, A., Ruiz, N., Taib, R., C Choi, E. H. ve Chen, F., 2007. Galvanic Skin Response (GSR) as an Index of Cognitive Load CHI 2007 Work-in-Progress. *Chi*, 2651–2656.
- Yuan, J., Zhang, Q., Chen, A., Li, H., Wang, Q., Zhuang, Z. ve Jia, S., 2007. Are we Sensitive to Valence Differences in Emotionally Negative Stimuli? Electrophysiological Evidence From an ERP Study, Neuropsychologia, 45, 2764–2771.
- Yusoff, N., Anuar, N. N. ve Reza, M. F., 2018. The Effect of Sex on the Electropsychological Process of Emotional Arousal Intensity, Malaysian Journal of Medical Sciences, 25, 3, 103–110.
- Zamuner, E., 2013. The Role of the Visual System in Emotion Perception, Acta Analytica, 28, 2, 179–187.

Zhang, Q. ve Lee, M., 2012. Emotion Development System by Interacting with Human EEG and Natural Scene Understanding, Cognitive Systems Research, 14, 37-49.

Zhou, Z. H., 2011. Cost-Sensitive Learning, International Conference on Modeling Decisions for Artificial Intelligence, 17–18.





## 7. EKLER

DeneySEL çalışma, İstanbul Arel Üniversitesi Etik Kurulu'nun 10432314-200.00.00-18 sayılı karar ile onayladığı deney prosedürlerine göre gerçekleştirilmiştir.

Nötr, nahoş ve hoş deneysel koşullarına ait, altı farklı zaman penceresinin her biri için ( $T_1 = 100-200$ ,  $T_2 = 200-300$ ,  $T_3 = 300-400$ ,  $T_4 = 400-500$ ,  $T_5 = 500-600$  ve  $T_6 = 600-700$ ), beş frekans bandına ait (delta, teta, alfa, beta ve gama) üç sınıflandırıcı için sınıflandırma doğruluk sonuçları (eğitim ve test doğruluk) Tablo 8.1-8.18 ile ifade edilmiştir.

Ek Tablo 1. k-EYK, DVM ve KEKKR sınıflandırma yöntemleri kullanılarak nötr koşullar için 100-200 ms zaman penceresinde, delta, teta, alfa, beta ve gama bantlar için 14 kanaldan elde edilen öz niteliklerin orijinal ve parlak gruplar arasında sınıflandırılması sonucunda elde edilen eğitim ve test başarı sonuçları.  $E$ , eğitim ve  $T$ , test sınıflandırma doğruluk sonuçlarıdır

		Delta (100-200 ms)														
		$F_3$	$F_Z$	$F_4$	$C_3$	$C_Z$	$C_4$	$TP_7$	$TP_8$	$P_3$	$P_Z$	$P_4$	$O_1$	$O_Z$	$O_2$	
Delta (100-200 ms)	DVM	E	61,29	53,76	55,38	52,69	55,91	53,23	56,45	60,22	61,83	57,53	61,83	59,14	59,68	61,29
		T	50,00	48,39	46,77	56,45	50,00	38,71	51,61	54,84	62,90	54,84	43,55	53,23	43,55	48,39
	k-EYK	E	58,60	45,16	52,69	53,76	48,39	52,15	55,91	63,44	60,22	56,45	54,30	54,84	48,92	60,22
		T	50,00	37,10	50,00	54,84	50,00	45,16	48,39	54,84	59,68	53,23	54,84	48,39	48,39	45,16
	KEKKR	E	56,45	54,84	54,84	50,00	53,23	48,39	53,23	50,00	50,00	58,06	56,45	53,23	54,84	58,06
		T	48,39	53,23	51,61	58,06	46,77	45,16	62,90	53,23	53,23	43,55	45,16	56,45	46,77	30,65
		$F_3$	$F_Z$	$F_4$	$C_3$	$C_Z$	$C_4$	$TP_7$	$TP_8$	$P_3$	$P_Z$	$P_4$	$O_1$	$O_Z$	$O_2$	
Teta (100-200 ms)	DVM	E	58,60	55,38	61,29	59,14	58,06	55,91	59,14	62,90	60,75	57,53	54,30	59,14	53,76	55,38
		T	58,06	50,00	46,77	48,39	48,39	54,84	54,84	43,55	51,61	45,16	41,94	53,23	58,06	51,61
	k-EYK	E	55,91	50,00	59,68	56,45	59,68	53,76	51,61	54,30	60,75	54,84	53,23	50,00	48,92	55,38
		T	56,45	51,61	48,39	54,84	50,00	50,00	59,68	40,32	35,48	56,45	46,77	54,84	54,84	50,00
	KEKKR	E	53,23	53,23	53,23	56,45	46,77	54,84	51,61	59,68	50,00	50,00	50,00	54,84	43,55	48,39
		T	46,77	50,00	51,61	48,39	50,00	51,61	53,23	43,55	54,84	45,16	45,16	50,00	56,45	53,23
		$F_3$	$F_Z$	$F_4$	$C_3$	$C_Z$	$C_4$	$TP_7$	$TP_8$	$P_3$	$P_Z$	$P_4$	$O_1$	$O_Z$	$O_2$	
Alfa (100-200 ms)	DVM	E	62,90	55,91	57,53	48,92	63,44	54,30	48,39	58,60	63,98	61,83	64,52	61,29	53,76	60,22
		T	46,77	50,00	48,39	53,23	48,39	50,00	46,77	45,16	45,16	53,23	48,39	62,90	56,45	46,77
	k-EYK	E	65,05	57,53	52,69	51,61	64,52	50,54	46,77	60,22	67,74	61,83	62,90	55,38	52,15	58,60
		T	56,45	50,00	46,77	50,00	48,39	37,10	51,61	53,23	46,77	54,84	41,94	58,06	56,45	54,84
	KEKKR	E	59,68	58,06	51,61	48,39	61,29	51,61	48,39	56,45	56,45	59,68	56,45	58,06	53,23	58,06
		T	51,61	48,39	51,61	43,55	43,55	46,77	41,94	51,61	56,45	48,39	43,55	58,06	54,84	46,77

Ek 1'in devamı

		Beta (100-200 ms)														
		F <sub>3</sub>	F <sub>Z</sub>	F <sub>4</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>Z</sub>	C <sub>4</sub>	TP <sub>7</sub>	TP <sub>8</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>Z</sub>	P <sub>4</sub>	O <sub>1</sub>	O <sub>Z</sub>	O <sub>2</sub>	
Beta (100-200 ms)	DVM	E	55,38	63,98	60,75	57,53	55,91	55,91	56,99	56,45	56,99	62,90	59,68	57,53	62,90	58,06
		T	50,00	50,00	54,84	53,23	48,39	45,16	56,45	45,16	56,45	48,39	48,39	54,84	53,23	46,77
	k-EYK	E	52,69	58,60	59,68	53,23	59,14	53,76	50,54	54,84	61,29	61,83	62,90	58,06	60,75	59,14
		T	48,39	51,61	54,84	46,77	50,00	38,71	53,23	54,84	58,06	54,84	48,39	46,77	53,23	50,00
	KEKKR	E	54,84	43,55	53,23	59,68	50,00	51,61	51,61	53,23	56,45	58,06	58,06	56,45	61,29	51,61
		T	46,77	53,23	48,39	56,45	54,84	45,16	64,52	53,23	54,84	58,06	56,45	53,23	48,39	<b>69,35</b>
Gamma (100-200 ms)	DVM	E	55,38	61,29	54,30	54,84	59,68	58,06	59,14	61,29	56,45	56,99	56,99	60,75	58,06	54,30
		T	54,84	43,55	51,61	43,55	53,23	45,16	48,39	46,77	50,00	50,00	48,39	41,94	46,77	50,00
	k-EYK	E	52,69	64,52	60,75	56,45	61,83	60,75	56,99	60,75	52,69	51,08	55,38	60,75	59,14	52,69
		T	51,61	46,77	51,61	40,32	56,45	50,00	<b>69,35</b>	48,39	40,32	50,00	50,00	53,23	50,00	50,00
	KEKKR	E	51,61	61,29	54,84	50,00	53,23	50,00	58,06	53,23	46,77	48,39	56,45	59,68	54,84	46,77
		Test	50,00	48,39	53,23	53,23	50,00	54,84	66,13	53,23	54,84	62,90	51,61	56,45	56,45	58,06

Ek Tablo 2. k-EYK, DVM ve KEKKR sınıflandırma yöntemleri kullanılarak nahoş koşullar için 100-200 ms zaman penceresinde, delta, teta, alfa, beta ve gama bantlar için 14 kanaldan elde edilen öz niteliklerin orijinal ve parlak gruplar arasında sınıflandırılması sonucunda elde edilen eğitim ve test başarı sonuçları. *E*, eğitim ve *T*, test sınıflandırma doğruluk sonuçlarıdır

		Delta (100-200 ms)														
		F <sub>3</sub>	F <sub>Z</sub>	F <sub>4</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>Z</sub>	C <sub>4</sub>	TP <sub>7</sub>	TP <sub>8</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>Z</sub>	P <sub>4</sub>	O <sub>1</sub>	O <sub>Z</sub>	O <sub>2</sub>	
Delta (100-200 ms)	DVM	E	69,84	75,40	73,81	69,84	60,32	70,63	69,84	61,90	63,49	62,70	59,52	57,14	50,79	61,90
		T	<b>71,43</b>	<b>66,67</b>	<b>66,67</b>	45,24	52,38	47,62	42,86	47,62	54,76	50,00	59,52	52,38	45,24	45,24
	k-EYK	E	69,05	73,81	74,60	65,08	54,76	70,63	69,84	65,08	71,43	59,52	53,97	57,14	50,00	58,73
		T	<b>69,05</b>	<b>66,67</b>	59,52	45,24	52,38	50,00	54,76	45,24	54,76	35,71	45,24	47,62	61,90	47,62
	KEKKR	E	64,29	73,81	64,29	59,52	57,14	50,00	64,29	52,38	61,90	52,38	57,14	47,62	47,62	57,14
		T	<b>66,67</b>	<b>69,05</b>	<b>66,67</b>	<b>71,43</b>	52,38	47,62	42,86	47,62	54,76	35,71	59,52	45,24	45,24	45,24
Teta (100-200 ms)	DVM	E	58,73	69,05	61,90	74,60	50,79	69,05	61,11	65,08	65,08	71,43	57,94	63,49	57,14	<b>65,08</b>
		T	57,14	47,62	54,76	54,76	45,24	47,62	50,00	42,86	59,52	35,71	57,14	45,24	52,38	50,00
	k-EYK	E	53,97	70,63	58,73	70,63	50,00	66,67	57,94	65,08	61,90	69,84	53,97	56,35	50,00	58,73
		T	52,38	47,62	59,52	57,14	40,48	52,38	57,14	45,24	57,14	42,86	<b>66,67</b>	57,14	52,38	50,00
	KEKKR	E	52,38	71,43	59,52	69,05	47,62	57,14	52,38	64,29	57,14	64,29	54,76	57,14	57,14	59,52
		T	61,90	47,62	57,14	<b>66,67</b>	42,86	52,38	61,90	42,86	42,86	33,33	54,76	47,62	64,29	52,38

## Ek 1'in devamı

		F <sub>3</sub>	F <sub>Z</sub>	F <sub>4</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>Z</sub>	C <sub>4</sub>	TP <sub>7</sub>	TP <sub>8</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>Z</sub>	P <sub>4</sub>	O <sub>1</sub>	O <sub>Z</sub>	O <sub>2</sub>	
Alfa (100-200 ms)	DVM	E	57,94	77,78	78,57	66,67	61,11	58,73	58,73	65,08	61,90	54,76	57,14	61,11	57,94	59,52
		T	61,90	59,52	57,14	<b>66,67</b>	54,76	52,38	47,62	52,38	54,76	42,86	59,52	54,76	30,95	59,52
	k-EYK	E	57,14	76,98	78,57	65,08	60,32	61,90	59,52	62,70	58,73	49,21	49,21	57,94	59,52	56,35
		T	61,90	57,14	59,52	59,52	57,14	50,00	52,38	54,76	52,38	54,76	50,00	47,62	30,95	52,38
	KEKKR	E	57,14	73,81	66,67	66,67	59,52	59,52	57,14	47,62	54,76	47,62	54,76	61,90	57,14	59,52
		T	<b>73,81</b>	61,90	59,52	64,29	52,38	52,38	42,86	42,86	59,52	30,95	61,90	52,38	59,52	50,00
Beta (100-200 ms)	DVM	E	69,05	69,84	66,67	57,14	62,70	54,76	67,46	62,70	59,52	61,11	56,35	54,76	50,79	59,52
		T	57,14	54,76	50,00	54,76	71,43	61,90	52,38	57,14	45,24	52,38	33,33	40,48	47,62	42,86
	k-EYK	E	69,84	71,43	69,05	47,62	56,35	55,56	69,84	60,32	63,49	58,73	59,52	57,14	53,97	57,94
		T	57,14	59,52	47,62	52,38	<b>76,19</b>	54,76	59,52	57,14	38,10	47,62	38,10	57,14	57,14	47,62
	KEKKR	E	66,67	59,52	57,14	57,14	54,76	59,52	61,90	57,14	57,14	57,14	57,14	57,14	57,14	54,76
		T	54,76	61,90	59,52	52,38	35,71	45,24	35,71	52,38	42,86	52,38	47,62	38,10	50,00	54,76
Gama (100-200 ms)	DVM	E	59,52	75,40	64,29	57,94	57,94	62,70	66,67	63,49	60,32	55,56	54,76	62,70	57,14	60,32
		T	50,00	50,00	59,52	50,00	52,38	47,62	33,33	<b>66,67</b>	35,71	52,38	52,38	42,86	45,24	47,62
	k-EYK	E	49,21	72,22	60,32	63,49	73,02	57,94	66,67	62,70	62,70	64,29	47,62	67,46	55,56	64,29
		T	50,00	50,00	59,52	50,00	57,14	52,38	35,71	61,90	38,10	50,00	47,62	47,62	47,62	40,48
	KEKKR	E	57,14	59,52	40,48	45,24	45,24	45,24	57,14	54,76	54,76	42,86	50,00	52,38	54,76	61,90
		T	52,38	57,14	40,48	42,86	38,10	50,00	35,71	61,90	50,00	50,00	45,24	61,90	61,90	50,00

Ek Tablo 3. k-EYK, DVM ve KEKKR sınıflandırma yöntemleri kullanılarak hoş koşullar için 100-200 ms zaman penceresinde, delta, teta, alfa, beta ve gama bantlar için 14 kanaldan elde edilen öz niteliklerin orijinal ve parlak gruplar arasında sınıflandırılması sonucunda elde edilen eğitim ve test başarı sonuçları. *E*, eğitim ve *T*, test sınıflandırma doğruluk sonuçlarıdır

		F <sub>3</sub>	F <sub>Z</sub>	F <sub>4</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>Z</sub>	C <sub>4</sub>	TP <sub>7</sub>	TP <sub>8</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>Z</sub>	P <sub>4</sub>	O <sub>1</sub>	O <sub>Z</sub>	O <sub>2</sub>	
Delta (100-200 ms)	DVM	E	58,33	62,50	59,72	61,11	54,17	60,42	56,25	64,58	55,56	68,75	49,31	56,94	63,89	58,33
		T	62,50	52,08	45,83	58,33	45,83	43,75	52,08	39,58	50,00	52,08	58,33	47,92	60,42	58,33
	k-EYK	E	59,72	61,11	61,81	55,56	54,17	52,78	54,17	58,33	55,56	68,06	52,08	61,11	61,11	59,72
		T	52,08	50,00	52,08	41,67	62,50	45,83	50,00	37,50	43,75	47,92	54,17	56,25	62,50	45,83
	KEKKR	E	56,25	54,17	54,17	54,17	54,17	52,08	54,17	56,25	52,08	68,75	54,17	54,17	62,50	60,42
		T	64,58	37,50	47,92	<b>68,75</b>	60,42	41,67	52,08	54,17	41,67	52,08	62,50	52,08	62,50	60,42

## Ek 1'in devamı

		Teta (100-200 ms)													
		F <sub>3</sub>	F <sub>Z</sub>	F <sub>4</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>Z</sub>	C <sub>4</sub>	TP <sub>7</sub>	TP <sub>8</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>Z</sub>	P <sub>4</sub>	O <sub>1</sub>	O <sub>Z</sub>	O <sub>2</sub>
DVM	E	67,36	61,11	62,50	61,81	53,47	59,72	56,25	61,11	61,11	64,58	67,36	61,81	47,92	61,11
	T	56,25	50,00	52,08	58,33	50,00	54,17	52,08	47,92	39,58	47,92	47,92	54,17	64,58	50,00
k-EYK	E	66,67	57,64	62,50	65,97	56,94	60,42	60,42	54,86	58,33	65,28	68,75	60,42	53,47	55,56
	T	56,25	52,08	47,92	56,25	56,25	50,00	54,17	47,92	39,58	52,08	47,92	62,50	52,08	58,33
KEKKR	E	66,67	54,17	52,08	47,92	54,17	54,17	52,08	58,33	50,00	58,33	62,50	60,42	54,17	60,42
	T	56,25	54,17	52,08	47,92	52,08	56,25	37,50	50,00	45,83	52,08	47,92	52,08	60,42	58,33
		Alfa (100-200 ms)													
		F <sub>3</sub>	F <sub>Z</sub>	F <sub>4</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>Z</sub>	C <sub>4</sub>	TP <sub>7</sub>	TP <sub>8</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>Z</sub>	P <sub>4</sub>	O <sub>1</sub>	O <sub>Z</sub>	O <sub>2</sub>
DVM	E	62,50	56,94	56,94	75,69	54,86	55,56	59,72	57,64	56,25	66,67	56,94	54,17	59,03	59,72
	T	56,25	47,92	47,92	45,83	58,33	52,08	37,50	47,92	50,00	50,00	60,42	52,08	54,17	52,08
k-EYK	E	68,06	53,47	63,89	77,78	61,11	52,78	58,33	64,58	60,42	68,75	61,11	56,94	59,72	63,19
	T	58,33	50,00	54,17	43,75	52,08	50,00	45,83	52,08	47,92	58,33	56,25	62,50	50,00	54,17
KEKKR	E	50,00	56,25	54,17	60,42	50,00	54,17	50,00	54,17	47,92	54,17	56,25	58,33	56,25	52,08
	T	58,33	41,67	47,92	56,25	56,25	41,67	56,25	52,08	37,50	54,17	<b>68,75</b>	54,17	56,25	52,08
		Beta (100-200 ms)													
		F <sub>3</sub>	F <sub>Z</sub>	F <sub>4</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>Z</sub>	C <sub>4</sub>	TP <sub>7</sub>	TP <sub>8</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>Z</sub>	P <sub>4</sub>	O <sub>1</sub>	O <sub>Z</sub>	O <sub>2</sub>
DVM	E	53,47	61,11	61,81	57,64	56,94	54,17	61,81	50,69	56,94	57,64	52,78	61,81	59,03	60,42
	T	62,50	52,08	64,58	64,58	62,50	54,17	50,00	62,50	47,92	41,67	50,00	50,00	54,17	56,25
k-EYK	E	63,19	64,58	58,33	61,11	52,78	52,08	61,81	51,39	56,25	56,94	44,44	68,06	63,19	56,25
	T	52,08	47,92	52,08	56,25	52,08	47,92	45,83	56,25	50,00	54,17	52,08	50,00	50,00	47,92
KEKKR	E	54,17	47,92	52,08	54,17	54,17	47,92	56,25	50,00	56,25	58,33	47,92	54,17	58,33	58,33
	T	39,58	31,25	60,42	45,83	64,58	41,67	43,75	47,92	50,00	41,67	50,00	47,92	54,17	56,25
		Gama (100-200 ms)													
		F <sub>3</sub>	F <sub>Z</sub>	F <sub>4</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>Z</sub>	C <sub>4</sub>	TP <sub>7</sub>	TP <sub>8</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>Z</sub>	P <sub>4</sub>	O <sub>1</sub>	O <sub>Z</sub>	O <sub>2</sub>
DVM	E	63,19	54,86	54,17	54,17	59,03	63,19	70,83	53,47	52,78	70,83	59,72	54,86	60,42	56,25
	T	56,25	60,42	52,08	58,33	50,00	50,00	50,00	47,92	47,92	43,75	56,25	50,00	54,17	58,33
k-EYK	E	65,97	56,25	59,03	53,47	77,08	68,75	69,44	60,42	61,11	69,44	62,50	59,03	68,75	65,97
	T	54,17	64,58	54,17	50,00	56,25	39,58	47,92	45,83	45,83	62,50	52,08	52,08	52,08	50,00
KEKKR	E	50,00	52,08	56,25	50,00	47,92	62,50	56,25	52,08	47,92	58,33	47,92	58,33	60,42	56,25
	T	<b>66,67</b>	62,50	50,00	66,67	45,83	37,50	50,00	50,00	50,00	47,92	43,75	47,92	54,17	54,17

## Ek 1'in devamı

Ek Tablo 4. k-EYK, DVM ve KEKKR sınıflandırma yöntemleri kullanılarak nötr koşullar için 200-300 ms zaman penceresinde, delta, teta, alfa, beta ve gama bantlar için 14 kanaldan elde edilen öz niteliklerin orijinal ve parlak gruplar arasında sınıflandırılması sonucunda elde edilen eğitim ve test başarı sonuçları. *E*, eğitim ve *T*, test sınıflandırma doğruluk sonuçlarıdır

		Delta (200-300 ms)														
		F <sub>3</sub>	F <sub>Z</sub>	F <sub>4</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>Z</sub>	C <sub>4</sub>	TP <sub>7</sub>	TP <sub>8</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>Z</sub>	P <sub>4</sub>	O <sub>1</sub>	O <sub>Z</sub>	O <sub>2</sub>	
Delta (200-300 ms)	DVM	E	54,30	48,92	45,16	51,08	54,30	57,53	51,61	54,30	58,60	62,90	58,60	55,38	60,22	59,14
		T	43,55	51,61	58,06	46,77	53,23	41,94	41,94	54,84	51,61	45,16	46,77	43,55	53,23	48,39
	k-EYK	E	51,61	47,85	51,61	48,39	55,91	62,37	45,16	53,76	58,06	67,74	58,06	54,84	60,75	60,75
		T	61,29	48,39	61,29	46,77	54,84	43,55	38,71	62,90	56,45	48,39	50,00	45,16	48,39	54,84
	KEKKR	E	51,61	50,00	50,00	48,39	48,39	54,84	51,61	53,23	53,23	58,06	56,45	50,00	58,06	53,23
		T	58,06	46,77	50,00	48,39	59,68	50,00	40,32	54,84	50,00	41,94	46,77	50,00	54,84	51,61
		F <sub>3</sub>	F <sub>Z</sub>	F <sub>4</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>Z</sub>	C <sub>4</sub>	TP <sub>7</sub>	TP <sub>8</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>Z</sub>	P <sub>4</sub>	O <sub>1</sub>	O <sub>Z</sub>	O <sub>2</sub>	
Teta (200-300 ms)	DVM	E	53,76	61,83	60,22	58,60	62,90	62,37	57,53	55,38	60,22	59,68	60,75	56,99	72,58	59,14
		T	38,71	46,77	35,48	53,23	56,45	51,61	45,16	56,45	48,39	43,55	51,61	58,06	50,00	48,39
	k-EYK	E	56,45	59,14	61,29	59,14	63,98	62,90	56,45	49,46	59,14	59,14	63,44	60,75	71,51	60,75
		T	43,55	46,77	38,71	54,84	56,45	45,16	45,16	46,77	50,00	40,32	38,71	54,84	48,39	58,06
	KEKKR	E	53,23	54,84	56,45	53,23	62,90	59,68	56,45	50,00	54,84	56,45	61,29	56,45	50,00	50,00
		T	46,77	45,16	41,94	45,16	54,84	58,06	43,55	48,39	54,84	46,77	51,61	51,61	41,94	54,84
		F <sub>3</sub>	F <sub>Z</sub>	F <sub>4</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>Z</sub>	C <sub>4</sub>	TP <sub>7</sub>	TP <sub>8</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>Z</sub>	P <sub>4</sub>	O <sub>1</sub>	O <sub>Z</sub>	O <sub>2</sub>	
Alfa (200-300 ms)	DVM	E	60,22	56,45	55,91	56,99	58,06	52,69	63,98	58,60	59,14	59,14	59,14	56,45	62,37	61,29
		T	54,84	46,77	50,00	56,45	48,39	58,06	41,94	40,32	51,61	46,77	43,55	45,16	46,77	50,00
	k-EYK	E	60,75	54,30	53,76	58,06	51,61	56,99	56,99	61,29	62,37	57,53	54,30	59,14	67,20	54,84
		T	56,45	50,00	46,77	46,77	48,39	46,77	48,39	46,77	50,00	50,00	53,23	46,77	50,00	50,00
	KEKKR	E	45,16	53,23	48,39	51,61	51,61	48,39	61,29	58,06	59,68	59,68	58,06	53,23	54,84	51,61
		T	50,00	46,77	51,61	45,16	58,06	54,84	43,55	45,16	51,61	48,39	46,77	48,39	45,16	50,00
		F <sub>3</sub>	F <sub>Z</sub>	F <sub>4</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>Z</sub>	C <sub>4</sub>	TP <sub>7</sub>	TP <sub>8</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>Z</sub>	P <sub>4</sub>	O <sub>1</sub>	O <sub>Z</sub>	O <sub>2</sub>	
Beta (200-300 ms)	DVM	E	66,67	58,06	57,53	56,45	54,84	54,84	59,68	53,76	65,05	55,91	62,90	53,23	55,91	59,14
		T	53,23	50,00	45,16	51,61	43,55	53,23	50,00	53,23	45,16	48,39	61,29	43,55	53,23	41,94
	k-EYK	E	63,44	62,37	60,22	56,45	53,23	53,76	56,45	52,15	62,37	58,60	66,13	53,23	46,24	56,45
		T	46,77	58,06	32,26	56,45	50,00	54,84	38,71	66,13	43,55	59,68	62,90	56,45	46,77	40,32
	KEKKR	E	56,45	54,84	48,39	53,23	53,23	50,00	53,23	48,39	46,77	48,39	48,39	46,77	50,00	54,84
		T	48,39	46,77	58,06	54,84	43,55	41,94	51,61	50,00	45,16	48,39	46,77	46,77	46,77	51,61
		F <sub>3</sub>	F <sub>Z</sub>	F <sub>4</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>Z</sub>	C <sub>4</sub>	TP <sub>7</sub>	TP <sub>8</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>Z</sub>	P <sub>4</sub>	O <sub>1</sub>	O <sub>Z</sub>	O <sub>2</sub>	
Gama (200-300 ms)	DVM	E	58,60	60,22	54,30	55,91	50,00	64,52	62,37	55,91	51,61	61,29	59,14	63,44	56,45	61,29
		T	54,84	45,16	54,84	50,00	45,16	41,94	48,39	54,84	53,23	58,06	48,39	38,71	53,23	48,39
	k-EYK	E	60,75	58,06	55,91	60,22	55,38	57,53	59,68	44,09	53,76	59,68	53,76	66,67	56,99	61,29
		T	48,39	41,94	48,39	46,77	43,55	41,94	48,39	54,84	48,39	61,29	43,55	40,32	45,16	50,00
	KEKKR	E	48,39	56,45	53,23	50,00	51,61	50,00	58,06	50,00	54,84	54,84	56,45	58,06	56,45	61,29
		T	54,84	56,45	56,45	45,16	61,29	56,45	50,00	50,00	58,06	54,84	46,77	48,39	53,23	51,61

Ek 1'in devamı

Ek Tablo 5. k-EYK, DVM ve KEKKR sınıflandırma yöntemleri kullanılarak nahoş koşullar için 200-300 ms zaman penceresinde, delta, teta, alfa, beta ve gama bantlar için 14 kanaldan elde edilen öz niteliklerin orijinal ve parlak gruplar arasında sınıflandırılması sonucunda elde edilen eğitim ve test başarı sonuçları. *E*, eğitim ve *T*, test sınıflandırma doğruluk sonuçlarıdır

		F <sub>3</sub>	F <sub>Z</sub>	F <sub>4</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>Z</sub>	C <sub>4</sub>	TP <sub>7</sub>	TP <sub>8</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>Z</sub>	P <sub>4</sub>	O <sub>1</sub>	O <sub>Z</sub>	O <sub>2</sub>	
Delta (200-300 ms)	DVM	E	73,81	64,29	71,43	53,17	65,08	61,11	64,29	64,29	64,29	61,90	61,90	52,38	64,29	56,35
		T	54,76	61,90	59,52	38,10	59,52	47,62	52,38	52,38	42,86	47,62	54,76	61,90	42,86	40,48
	k-EYK	E	69,05	66,67	69,05	46,03	61,90	53,17	62,70	64,29	61,11	59,52	60,32	53,97	66,67	46,83
		T	54,76	52,38	59,52	33,33	54,76	47,62	52,38	52,38	42,86	47,62	52,38	59,52	45,24	52,38
	KEKKR	E	66,67	59,52	69,05	54,76	61,90	59,52	61,90	52,38	59,52	54,76	52,38	57,14	57,14	50,00
		T	54,76	57,14	59,52	30,95	50,00	50,00	52,38	45,24	38,10	40,48	45,24	47,62	50,00	33,33
Teta (200-300 ms)	DVM	E	62,70	69,05	66,67	57,94	51,59	59,52	72,22	53,17	62,70	52,38	61,90	57,94	65,87	65,08
		T	42,86	42,86	45,24	50,00	30,95	50,00	42,86	42,86	52,38	42,86	47,62	35,71	38,10	<b>73,81</b>
	k-EYK	E	59,52	67,46	65,87	60,32	60,32	52,38	72,22	52,38	61,11	46,83	63,49	57,14	64,29	65,87
		T	52,38	47,62	45,24	38,10	26,19	52,38	50,00	35,71	50,00	47,62	40,48	42,86	40,48	<b>76,19</b>
	KEKKR	E	61,90	69,05	61,90	61,90	50,00	54,76	45,24	52,38	59,52	52,38	59,52	54,76	61,90	64,29
		T	42,86	42,86	47,62	47,62	42,86	40,48	40,48	57,14	47,62	45,24	45,24	54,76	54,76	<b>69,05</b>
Alfa (200-300 ms)	DVM	E	61,11	66,67	74,60	60,32	60,32	57,94	58,73	69,05	57,94	59,52	65,08	57,14	67,46	57,14
		T	59,52	59,52	52,38	59,52	57,14	40,48	52,38	52,38	33,33	40,48	45,24	45,24	45,24	52,38
	k-EYK	E	63,49	65,87	75,40	59,52	58,73	62,70	61,11	63,49	48,41	53,17	65,08	49,21	69,84	57,14
		T	61,90	54,76	52,38	47,62	54,76	47,62	59,52	45,24	38,10	42,86	42,86	47,62	52,38	52,38
	KEKKR	E	57,14	66,67	71,43	54,76	59,52	52,38	47,62	61,90	52,38	54,76	52,38	52,38	57,14	57,14
		T	59,52	54,76	50,00	71,43	59,52	45,24	47,62	47,62	40,48	47,62	52,38	52,38	35,71	52,38
Beta (200-300 ms)	DVM	E	68,25	53,17	75,40	62,70	55,56	58,73	63,49	59,52	59,52	64,29	52,38	56,35	55,56	69,05
		T	54,76	52,38	50,00	54,76	47,62	61,90	52,38	40,48	69,05	54,76	45,24	47,62	45,24	61,90
	k-EYK	E	68,25	51,59	70,63	58,73	53,97	60,32	62,70	59,52	58,73	57,94	50,00	57,14	58,73	69,05
		T	59,52	54,76	54,76	54,76	52,38	64,29	47,62	59,52	52,38	52,38	40,48	54,76	45,24	54,76
	KEKKR	E	66,67	52,38	64,29	57,14	54,76	57,14	61,90	54,76	54,76	57,14	50,00	50,00	54,76	61,90
		T	54,76	59,52	54,76	45,24	40,48	52,38	54,76	38,10	38,10	50,00	57,14	61,90	52,38	35,71
Gamma (200-300 ms)	DVM	E	61,90	56,35	60,32	57,94	69,05	59,52	62,70	58,73	57,14	65,08	53,97	57,14	50,00	56,35
		T	50,00	50,00	50,00	50,00	61,90	54,76	45,24	52,38	45,24	57,14	57,14	61,90	47,62	47,62
	k-EYK	E	59,52	51,59	57,14	56,35	73,02	55,56	56,35	59,52	57,94	61,11	57,94	53,17	52,38	55,56
		T	42,86	52,38	54,76	40,48	<b>66,67</b>	61,90	47,62	42,86	50,00	<b>66,67</b>	<b>66,67</b>	47,62	42,86	47,62
	KEKKR	E	52,38	47,62	59,52	50,00	45,24	59,52	59,52	45,24	54,76	64,29	59,52	54,76	52,38	54,76
		T	50,00	47,62	52,38	59,52	47,62	54,76	45,24	42,86	35,71	57,14	<b>66,67</b>	57,14	35,71	35,71

Ek 1'in devamı

Ek Tablo 6. k-EYK, DVM ve KEKKR sınıflandırma yöntemleri kullanılarak hoş koşullar için 200-300 ms zaman penceresinde, delta, teta, alfa, beta ve gama bantlar için 14 kanaldan elde edilen öz niteliklerin orijinal ve parlak gruplar arasında sınıflandırılması sonucunda elde edilen eğitim ve test başarı sonuçları. *E*, eğitim ve *T*, test sınıflandırma doğruluk sonuçlarıdır

		Delta (200-300 ms)														
		F <sub>3</sub>	F <sub>Z</sub>	F <sub>4</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>Z</sub>	C <sub>4</sub>	TP <sub>7</sub>	TP <sub>8</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>Z</sub>	P <sub>4</sub>	O <sub>1</sub>	O <sub>Z</sub>	O <sub>2</sub>	
Delta (200-300 ms)	DVM	E	59,72	59,03	56,25	72,22	62,50	61,11	62,50	61,11	54,17	64,58	56,94	59,03	56,25	55,56
		T	45,83	58,33	52,08	50,00	54,17	43,75	43,75	54,17	50,00	58,33	54,17	58,33	47,92	52,08
	k-EYK	E	59,03	59,03	54,86	73,61	63,89	61,11	61,81	61,11	60,42	67,36	64,58	59,03	59,72	61,11
		T	60,42	60,42	41,67	45,83	52,08	43,75	39,58	47,92	64,58	47,92	52,08	56,25	52,08	56,25
	KEKKR	E	43,75	54,17	50,00	64,58	64,58	56,25	56,25	60,42	54,17	56,25	52,08	56,25	52,08	52,08
		T	68,75	58,33	54,17	54,17	54,17	39,58	54,17	52,08	52,08	47,92	39,58	58,33	37,50	54,17
		F <sub>3</sub>	F <sub>Z</sub>	F <sub>4</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>Z</sub>	C <sub>4</sub>	TP <sub>7</sub>	TP <sub>8</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>Z</sub>	P <sub>4</sub>	O <sub>1</sub>	O <sub>Z</sub>	O <sub>2</sub>	
Teta (200-300 ms)	DVM	E	61,81	74,31	59,72	62,50	63,89	67,36	54,17	60,42	54,17	67,36	68,75	59,72	65,28	63,19
		T	64,58	50,00	52,08	45,83	47,92	45,83	50,00	56,25	45,83	47,92	50,00	52,08	43,75	41,67
	k-EYK	E	63,19	72,92	61,11	63,19	59,72	66,67	54,17	62,50	52,78	70,83	68,75	62,50	63,19	62,50
		T	43,75	58,33	47,92	39,58	43,75	31,25	41,67	72,92	52,08	43,75	47,92	54,17	47,92	41,67
	KEKKR	E	56,25	62,50	47,92	58,33	62,50	60,42	54,17	56,25	52,08	54,17	52,08	54,17	58,33	58,33
		T	68,75	60,42	54,17	50,00	52,08	47,92	50,00	54,17	45,83	41,67	58,33	50,00	43,75	45,83
		F <sub>3</sub>	F <sub>Z</sub>	F <sub>4</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>Z</sub>	C <sub>4</sub>	TP <sub>7</sub>	TP <sub>8</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>Z</sub>	P <sub>4</sub>	O <sub>1</sub>	O <sub>Z</sub>	O <sub>2</sub>	
Alfa (200-300 ms)	DVM	E	47,22	68,75	62,50	70,14	58,33	64,58	60,42	58,33	54,17	66,67	63,89	59,03	57,64	53,47
		T	56,25	47,92	56,25	45,83	52,08	56,25	54,17	47,92	56,25	50,00	45,83	54,17	33,33	50,00
	k-EYK	E	56,25	68,75	61,11	72,22	59,72	63,89	56,94	55,56	56,25	63,19	60,42	56,94	60,42	62,50
		T	50,00	47,92	62,50	52,08	50,00	56,25	56,25	58,33	54,17	47,92	58,33	58,33	27,08	56,25
	KEKKR	E	52,08	60,42	54,17	66,67	56,25	50,00	45,83	54,17	56,25	56,25	52,08	56,25	43,75	47,92
		T	31,25	54,17	60,42	45,83	50,00	37,50	45,83	47,92	50,00	43,75	35,42	52,08	43,75	54,17
		F <sub>3</sub>	F <sub>Z</sub>	F <sub>4</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>Z</sub>	C <sub>4</sub>	TP <sub>7</sub>	TP <sub>8</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>Z</sub>	P <sub>4</sub>	O <sub>1</sub>	O <sub>Z</sub>	O <sub>2</sub>	
Beta (200-300 ms)	DVM	E	55,56	56,94	69,44	56,94	62,50	61,11	60,42	63,19	56,25	56,94	56,25	56,94	59,03	56,94
		T	45,83	45,83	54,17	52,08	54,17	50,00	54,17	43,75	52,08	41,67	47,92	47,92	45,83	41,67
	k-EYK	E	63,19	61,81	68,75	65,28	59,72	56,94	52,78	65,28	52,78	55,56	55,56	50,69	61,81	64,58
		T	45,83	43,75	56,25	41,67	43,75	47,92	47,92	47,92	52,08	47,92	47,92	41,67	39,58	43,75
	KEKKR	E	54,17	52,08	62,50	52,08	50,00	50,00	54,17	54,17	50,00	45,83	56,25	52,08	56,25	58,33
		T	56,25	45,83	45,83	56,25	58,33	45,83	50,00	60,42	45,83	52,08	50,00	56,25	35,42	52,08
		F <sub>3</sub>	F <sub>Z</sub>	F <sub>4</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>Z</sub>	C <sub>4</sub>	TP <sub>7</sub>	TP <sub>8</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>Z</sub>	P <sub>4</sub>	O <sub>1</sub>	O <sub>Z</sub>	O <sub>2</sub>	
Gama (200-300 ms)	DVM	E	57,64	61,81	60,42	55,56	56,25	59,72	61,11	56,25	57,64	53,47	56,25	56,25	56,25	58,33
		T	54,17	60,42	47,92	39,58	45,83	45,83	56,25	41,67	60,42	37,50	54,17	56,25	54,17	60,42
	k-EYK	E	58,33	72,92	57,64	57,64	55,56	62,50	58,33	65,28	65,97	50,00	60,42	59,72	59,03	61,11
		T	54,17	60,42	50,00	50,00	45,83	39,58	54,17	41,67	64,58	47,92	60,42	45,83	45,83	62,50
	KEKKR	E	52,08	52,08	52,08	60,42	45,83	54,17	58,33	52,08	41,67	50,00	50,00	52,08	54,17	58,33
		T	60,42	52,08	50,00	56,25	60,42	43,75	60,42	52,08	43,75	45,83	60,42	50,00	58,33	62,50

Ek 1'in devamı

Ek Tablo 7. k-EYK, DVM ve KEKKR sınıflandırma yöntemleri kullanılarak nötr koşullar için 300-400 ms zaman penceresinde, delta, teta, alfa, beta ve gama bantlar için 14 kanaldan elde edilen öz niteliklerin orijinal ve parlak gruplar arasında sınıflandırılması sonucunda elde edilen eğitim ve test başarı sonuçları. *E*, eğitim ve *T*, test sınıflandırma doğruluk sonuçlarıdır

		F <sub>3</sub>	F <sub>Z</sub>	F <sub>4</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>Z</sub>	C <sub>4</sub>	TP <sub>7</sub>	TP <sub>8</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>Z</sub>	P <sub>4</sub>	O <sub>1</sub>	O <sub>Z</sub>	O <sub>2</sub>	
Delta (300-400 ms)	DVM	E	56,45	58,60	53,23	65,05	58,06	55,38	53,23	60,22	66,13	60,22	59,68	60,22	61,29	59,14
		T	46,77	51,61	50,00	38,71	51,61	51,61	53,23	56,45	33,87	50,00	48,39	51,61	46,77	56,45
	k-EYK	E	56,99	59,14	46,24	61,83	55,38	58,06	58,06	58,06	70,43	62,37	60,22	60,22	61,29	55,91
		T	45,16	43,55	45,16	45,16	56,45	54,84	48,39	50,00	38,71	35,48	53,23	53,23	45,16	54,84
	KEKKR	E	48,39	46,77	51,61	58,06	53,23	51,61	56,45	54,84	51,61	58,06	58,06	54,84	50,00	45,16
		T	61,29	46,77	43,55	54,84	50,00	45,16	50,00	43,55	48,39	46,77	51,61	43,55	46,77	51,61
Teta (300-400 ms)	DVM	E	60,22	59,14	57,53	46,24	59,68	49,46	57,53	58,60	58,06	61,29	58,06	52,15	56,99	59,14
		T	53,23	48,39	53,23	53,23	43,55	51,61	48,39	50,00	40,32	41,94	56,45	45,16	58,06	45,16
	k-EYK	E	60,22	52,15	57,53	47,85	55,91	49,46	47,85	59,14	57,53	56,45	55,38	55,91	53,23	57,53
		T	50,00	50,00	53,23	41,94	48,39	43,55	56,45	48,39	54,84	41,94	58,06	43,55	54,84	46,77
	KEKKR	E	54,84	56,45	54,84	53,23	54,84	51,61	53,23	58,06	53,23	56,45	50,00	53,23	53,23	56,45
		T	51,61	46,77	51,61	46,77	43,55	51,61	50,00	48,39	43,55	43,55	38,71	48,39	62,90	56,45
Alfa (300-400 ms)	DVM	E	51,08	56,99	60,75	62,90	53,76	51,61	60,75	63,44	55,91	61,29	56,99	60,75	60,22	58,06
		T	48,39	58,06	56,45	46,77	58,06	45,16	51,61	41,94	45,16	48,39	54,84	50,00	40,32	46,77
	k-EYK	E	51,08	54,84	59,14	60,75	48,39	44,62	60,22	62,37	61,83	65,59	51,61	59,14	59,68	59,14
		T	45,16	53,23	58,06	56,45	64,52	53,23	50,00	50,00	38,71	46,77	48,39	59,68	41,94	46,77
	KEKKR	E	51,61	51,61	46,77	61,29	48,39	53,23	50,00	58,06	50,00	50,00	58,06	50,00	51,61	53,23
		T	62,90	45,16	40,32	46,77	53,23	50,00	48,39	48,39	46,77	45,16	50,00	45,16	48,39	46,77
Beta (300-400 ms)	DVM	E	55,38	56,99	56,45	51,61	55,91	61,29	55,91	59,68	62,37	58,60	63,44	58,06	54,84	56,45
		T	53,23	53,23	50,00	50,00	50,00	50,00	53,23	46,77	50,00	41,94	46,77	46,77	56,45	46,77
	k-EYK	E	54,84	57,53	53,76	50,00	59,14	56,99	54,84	55,91	61,29	60,22	59,14	55,91	56,99	54,84
		T	56,45	50,00	45,16	46,77	51,61	51,61	48,39	51,61	45,16	38,71	50,00	40,32	46,77	51,61
	KEKKR	E	59,68	51,61	54,84	51,61	50,00	50,00	53,23	59,68	53,23	46,77	54,84	51,61	51,61	50,00
		T	53,23	51,61	48,39	45,16	41,94	38,71	54,84	46,77	46,77	54,84	45,16	41,94	54,84	51,61
Gama (300-400 ms)	DVM	E	54,84	59,68	59,14	54,30	60,75	53,23	57,53	59,68	58,06	56,45	56,99	55,91	54,84	54,30
		T	50,00	46,77	51,61	45,16	53,23	45,16	53,23	<b>66,13</b>	51,61	45,16	54,84	46,77	43,55	48,39
	k-EYK	E	61,83	64,52	56,99	44,09	58,60	51,61	60,22	60,75	58,60	51,61	58,06	53,23	51,61	48,92
		T	48,39	41,94	56,45	51,61	50,00	46,77	59,68	50,00	48,39	43,55	56,45	43,55	50,00	48,39
	KEKKR	E	50,00	56,45	43,55	45,16	53,23	50,00	48,39	54,84	54,84	58,06	53,23	53,23	46,77	56,45
		T	37,10	54,84	53,23	62,90	56,45	41,94	50,00	51,61	46,77	48,39	51,61	54,84	53,23	46,77



Ek 1'in devamı

Ek Tablo 8. k-EYK, DVM ve KEKKR sınıflandırma yöntemleri kullanılarak nahoş koşullar için 300-400 ms zaman penceresinde, delta, teta, alfa, beta ve gama bantlar için 14 kanaldan elde edilen öz niteliklerin orijinal ve parlak gruplar arasında sınıflandırılması sonucunda elde edilen eğitim ve test başarı sonuçları. *E*, eğitim ve *T*, test sınıflandırma doğruluk sonuçlarıdır

		Delta (300-400 ms)													
		F <sub>3</sub>	F <sub>Z</sub>	F <sub>4</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>Z</sub>	C <sub>4</sub>	TP <sub>7</sub>	TP <sub>8</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>Z</sub>	P <sub>4</sub>	O <sub>1</sub>	O <sub>Z</sub>	O <sub>2</sub>
DVM	E	65,08	74,60	55,56	62,70	54,76	57,14	58,73	64,29	69,84	55,56	64,29	56,35	50,79	63,49
	T	50,00	57,14	59,52	57,14	40,48	42,86	50,00	45,24	45,24	42,86	50,00	47,62	50,00	52,38
k-EYK	E	61,90	74,60	53,97	61,11	51,59	57,94	66,67	61,11	68,25	54,76	58,73	49,21	53,97	55,56
	T	47,62	57,14	40,48	<b>66,67</b>	50,00	45,24	52,38	47,62	45,24	50,00	50,00	45,24	45,24	50,00
KEKKR	E	57,14	57,14	47,62	61,90	50,00	45,24	52,38	59,52	66,67	54,76	54,76	52,38	50,00	54,76
	T	42,86	52,38	50,00	50,00	54,76	52,38	47,62	45,24	47,62	30,95	59,52	50,00	61,90	42,86
		F <sub>3</sub>	F <sub>Z</sub>	F <sub>4</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>Z</sub>	C <sub>4</sub>	TP <sub>7</sub>	TP <sub>8</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>Z</sub>	P <sub>4</sub>	O <sub>1</sub>	O <sub>Z</sub>	O <sub>2</sub>
DVM	E	63,49	53,97	56,35	65,08	60,32	62,70	61,11	58,73	73,81	64,29	67,46	57,14	61,11	54,76
	T	52,38	38,10	45,24	50,00	47,62	61,90	<b>66,67</b>	57,14	50,00	59,52	<b>71,43</b>	54,76	42,86	47,62
k-EYK	E	69,84	61,11	47,62	65,87	58,73	59,52	58,73	57,94	73,81	57,94	63,49	53,97	54,76	57,14
	T	59,52	47,62	59,52	50,00	40,48	59,52	52,38	64,29	54,76	59,52	<b>66,67</b>	52,38	50,00	50,00
KEKKR	E	64,29	52,38	54,76	61,90	57,14	57,14	59,52	45,24	71,43	57,14	66,67	54,76	59,52	52,38
	T	50,00	57,14	50,00	50,00	57,14	52,38	54,76	57,14	50,00	61,90	<b>71,43</b>	54,76	47,62	61,90
		F <sub>3</sub>	F <sub>Z</sub>	F <sub>4</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>Z</sub>	C <sub>4</sub>	TP <sub>7</sub>	TP <sub>8</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>Z</sub>	P <sub>4</sub>	O <sub>1</sub>	O <sub>Z</sub>	O <sub>2</sub>
DVM	E	64,29	69,84	60,32	62,70	57,94	61,11	57,94	67,46	66,67	60,32	72,22	61,11	53,97	69,84
	T	50,00	54,76	54,76	47,62	57,14	59,52	54,76	54,76	40,48	47,62	50,00	52,38	45,24	52,38
k-EYK	E	65,87	72,22	61,11	61,11	50,79	55,56	57,14	69,84	69,05	59,52	69,05	58,73	57,14	67,46
	T	50,00	57,14	52,38	50,00	52,38	52,38	54,76	52,38	52,38	54,76	54,76	47,62	38,10	50,00
KEKKR	E	66,67	57,14	57,14	54,76	50,00	54,76	54,76	54,76	59,52	54,76	54,76	52,38	57,14	50,00
	T	47,62	52,38	52,38	54,76	57,14	61,90	52,38	38,10	50,00	66,67	66,67	42,86	42,86	57,14
		F <sub>3</sub>	F <sub>Z</sub>	F <sub>4</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>Z</sub>	C <sub>4</sub>	TP <sub>7</sub>	TP <sub>8</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>Z</sub>	P <sub>4</sub>	O <sub>1</sub>	O <sub>Z</sub>	O <sub>2</sub>
DVM	E	60,32	67,46	61,11	70,63	53,17	65,08	58,73	58,73	61,11	72,22	53,17	51,59	53,97	58,73
	T	42,86	45,24	54,76	57,14	59,52	57,14	61,90	50,00	40,48	54,76	59,52	40,48	50,00	50,00
k-EYK	E	53,17	60,32	69,05	73,02	50,79	65,87	57,94	62,70	57,94	75,40	55,56	53,97	57,94	56,35
	T	54,76	52,38	47,62	42,86	50,00	50,00	40,48	52,38	33,33	50,00	54,76	61,90	45,24	50,00
KEKKR	E	50,00	54,76	54,76	66,67	57,14	66,67	54,76	64,29	57,14	61,90	57,14	52,38	57,14	57,14
	T	59,52	57,14	64,29	57,14	52,38	54,76	61,90	50,00	38,10	45,24	42,86	54,76	59,52	50,00
		F <sub>3</sub>	F <sub>Z</sub>	F <sub>4</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>Z</sub>	C <sub>4</sub>	TP <sub>7</sub>	TP <sub>8</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>Z</sub>	P <sub>4</sub>	O <sub>1</sub>	O <sub>Z</sub>	O <sub>2</sub>
DVM	E	66,67	61,90	55,56	67,46	66,67	59,52	60,32	62,70	57,94	62,70	59,52	46,83	55,56	57,14
	T	45,24	54,76	64,29	61,90	40,48	57,14	50,00	57,14	42,86	42,86	42,86	50,00	52,38	45,24
k-EYK	E	67,46	60,32	51,59	68,25	65,08	57,14	47,62	61,11	53,17	65,87	61,90	53,17	57,94	57,94
	T	38,10	52,38	61,90	66,67	40,48	61,90	45,24	59,52	50,00	54,76	45,24	47,62	45,24	52,38
KEKKR	E	52,38	64,29	57,14	64,29	64,29	57,14	52,38	61,90	54,76	64,29	50,00	52,38	52,38	52,38
	T	<b>66,67</b>	64,29	61,90	52,38	35,71	54,76	47,62	61,90	38,10	42,86	54,76	54,76	52,38	35,71

Ek 1'in devamı

Ek Tablo 9. k-EYK, DVM ve KEKKR sınıflandırma yöntemleri kullanılarak hoş koşullar için 300-400 ms zaman penceresinde, delta, teta, alfa, beta ve gama bantlar için 14 kanaldan elde edilen öz niteliklerin orijinal ve parlak gruplar arasında sınıflandırılması sonucunda elde edilen eğitim ve test başarı sonuçları. *E*, eğitim ve *T*, test sınıflandırma doğruluk sonuçlarıdır

		Delta (300-400 ms)														
		F <sub>3</sub>	F <sub>Z</sub>	F <sub>4</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>Z</sub>	C <sub>4</sub>	TP <sub>7</sub>	TP <sub>8</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>Z</sub>	P <sub>4</sub>	O <sub>1</sub>	O <sub>Z</sub>	O <sub>2</sub>	
Delta (300-400 ms)	DVM	E	59,72	59,72	58,33	53,47	59,03	52,78	59,03	59,03	59,03	63,89	56,94	59,72	62,50	58,33
		T	60,42	45,83	52,08	60,42	54,17	54,17	43,75	54,17	47,92	50,00	50,00	50,00	45,83	50,00
	k-EYK	E	59,72	59,72	52,08	57,64	57,64	56,94	60,42	55,56	57,64	61,11	55,56	66,67	59,72	63,89
		T	62,50	54,17	64,58	56,25	60,42	54,17	43,75	52,08	54,17	50,00	58,33	39,58	60,42	58,33
	KEKKR	E	52,08	58,33	54,17	50,00	54,17	50,00	56,25	50,00	52,08	64,58	58,33	58,33	54,17	60,42
		T	62,50	54,17	54,17	52,08	56,25	37,50	43,75	50,00	52,08	47,92	47,92	47,92	45,83	50,00
		F <sub>3</sub>	F <sub>Z</sub>	F <sub>4</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>Z</sub>	C <sub>4</sub>	TP <sub>7</sub>	TP <sub>8</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>Z</sub>	P <sub>4</sub>	O <sub>1</sub>	O <sub>Z</sub>	O <sub>2</sub>	
Teta (300-400 ms)	DVM	E	61,81	61,11	61,11	52,08	63,89	61,81	59,03	55,56	56,25	71,53	61,11	63,19	56,94	61,11
		T	47,92	52,08	47,92	56,25	39,58	52,08	52,08	35,42	54,17	52,08	37,50	45,83	45,83	50,00
	k-EYK	E	61,11	57,64	57,64	55,56	67,36	65,97	51,39	57,64	59,03	73,61	61,11	66,67	54,86	61,11
		T	45,83	54,17	37,50	56,25	45,83	43,75	54,17	45,83	45,83	43,75	37,50	43,75	58,33	50,00
	KEKKR	E	56,25	58,33	54,17	45,83	54,17	56,25	56,25	52,08	58,33	66,67	60,42	58,33	54,17	56,25
		T	50,00	52,08	52,08	45,83	43,75	47,92	52,08	52,08	56,25	45,83	52,08	60,42	43,75	45,83
		F <sub>3</sub>	F <sub>Z</sub>	F <sub>4</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>Z</sub>	C <sub>4</sub>	TP <sub>7</sub>	TP <sub>8</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>Z</sub>	P <sub>4</sub>	O <sub>1</sub>	O <sub>Z</sub>	O <sub>2</sub>	
Alfa (300-400 ms)	DVM	E	61,11	59,03	56,25	52,78	58,33	55,56	54,17	58,33	72,22	54,17	61,11	56,25	54,17	57,64
		T	58,33	39,58	47,92	56,25	50,00	39,58	54,17	50,00	35,42	47,92	43,75	47,92	56,25	43,75
	k-EYK	E	65,97	61,81	58,33	54,86	55,56	51,39	57,64	57,64	74,31	59,72	59,72	56,25	52,78	54,86
		T	50,00	47,92	43,75	43,75	54,17	41,67	56,25	62,50	43,75	41,67	45,83	58,33	50,00	52,08
	KEKKR	E	58,33	54,17	54,17	52,08	56,25	50,00	52,08	56,25	50,00	54,17	54,17	56,25	52,08	56,25
		T	54,17	47,92	60,42	62,50	50,00	39,58	47,92	56,25	47,92	45,83	41,67	54,17	52,08	39,58
		F <sub>3</sub>	F <sub>Z</sub>	F <sub>4</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>Z</sub>	C <sub>4</sub>	TP <sub>7</sub>	TP <sub>8</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>Z</sub>	P <sub>4</sub>	O <sub>1</sub>	O <sub>Z</sub>	O <sub>2</sub>	
Beta (300-400 ms)	DVM	E	62,50	63,19	65,97	54,17	54,86	56,25	59,03	54,86	51,39	60,42	57,64	59,72	65,97	54,17
		T	43,75	45,83	58,33	56,25	45,83	58,33	45,83	56,25	50,00	54,17	60,42	45,83	37,50	60,42
	k-EYK	E	68,06	63,89	68,06	52,08	56,94	59,72	68,75	58,33	50,00	62,50	53,47	58,33	68,06	53,47
		T	47,92	47,92	54,17	52,08	52,08	62,50	45,83	50,00	52,08	52,08	52,08	45,83	47,92	60,42
	KEKKR	E	41,67	54,17	62,50	52,08	54,17	50,00	56,25	41,67	52,08	58,33	58,33	60,42	58,33	50,00
		T	56,25	52,08	50,00	47,92	52,08	45,83	47,92	50,00	54,17	54,17	64,58	45,83	56,25	45,83
		F <sub>3</sub>	F <sub>Z</sub>	F <sub>4</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>Z</sub>	C <sub>4</sub>	TP <sub>7</sub>	TP <sub>8</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>Z</sub>	P <sub>4</sub>	O <sub>1</sub>	O <sub>Z</sub>	O <sub>2</sub>	
Gama (300-400 ms)	DVM	E	52,78	62,50	59,03	56,25	57,64	54,17	63,19	56,25	61,11	56,25	52,78	59,03	59,03	56,25
		T	39,58	43,75	62,50	56,25	47,92	56,25	50,00	56,25	<b>68,75</b>	50,00	50,00	50,00	60,42	60,42
	k-EYK	E	53,47	62,50	56,94	65,28	55,56	62,50	63,89	55,56	65,28	61,11	54,17	51,39	60,42	61,81
		T	52,08	54,17	60,42	52,08	58,33	62,50	56,25	47,92	62,50	47,92	45,83	52,08	56,25	62,50
	KEKKR	E	45,83	45,83	52,08	52,08	43,75	52,08	60,42	54,17	54,17	54,17	52,08	52,08	54,17	47,92
		T	56,25	45,83	54,17	58,33	56,25	47,92	50,00	58,33	45,83	52,08	45,83	45,83	45,83	41,67

Ek 1'in devamı

Ek Tablo 10. k-EYK, DVM ve KEKKR sınıflandırma yöntemleri kullanılarak nötr koşullar için 400-500 ms zaman penceresinde, delta, teta, alfa, beta ve gama bantlar için 14 kanaldan elde edilen öz niteliklerin orijinal ve parlak gruplar arasında sınıflandırılması sonucunda elde edilen eğitim ve test başarı sonuçları. *E*, eğitim ve *T*, test sınıflandırma doğruluk sonuçlarıdır

		F <sub>3</sub>	F <sub>Z</sub>	F <sub>4</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>Z</sub>	C <sub>4</sub>	TP <sub>7</sub>	TP <sub>8</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>Z</sub>	P <sub>4</sub>	O <sub>1</sub>	O <sub>Z</sub>	O <sub>2</sub>	
Delta (400-500 ms)	DVM	E	62,37	58,60	53,23	65,05	58,06	55,38	53,23	60,22	66,13	60,22	59,68	60,22	61,29	59,14
		T	46,77	51,61	50,00	38,71	51,61	51,61	53,23	56,45	33,87	50,00	48,39	51,61	46,77	56,45
	k-EYK	E	63,44	64,52	56,45	64,52	59,14	54,84	66,13	51,08	56,45	48,92	52,69	58,60	61,83	49,46
		T	50,00	51,61	48,39	38,71	41,94	41,94	61,29	58,06	48,39	59,68	62,90	40,32	46,77	51,61
	KEKKR	E	51,61	58,06	48,39	46,77	61,29	54,84	51,61	51,61	56,45	51,61	59,68	61,29	51,61	51,61
		T	45,16	41,94	48,39	38,71	46,77	37,10	50,00	41,94	40,32	61,29	46,77	40,32	56,45	59,68
Teta (400-500 ms)	DVM	E	55,91	54,30	58,60	63,98	55,91	63,44	57,53	67,74	55,38	59,14	65,59	60,22	69,89	62,37
		T	51,61	54,84	54,84	46,77	46,77	58,06	56,45	43,55	53,23	58,06	53,23	50,00	51,61	48,39
	k-EYK	E	56,45	45,70	55,91	66,13	55,38	66,13	49,46	67,74	54,84	54,84	61,83	58,06	65,05	59,14
		T	45,16	54,84	53,23	48,39	53,23	59,68	53,23	51,61	59,68	48,39	48,39	50,00	53,23	46,77
	KEKKR	E	51,61	46,77	53,23	61,29	56,45	54,84	54,84	51,61	53,23	56,45	61,29	45,16	48,39	56,45
		T	50,00	54,84	54,84	48,39	53,23	48,39	58,06	46,77	40,32	54,84	45,16	45,16	48,39	50,00
Alfa (400-500 ms)	DVM	E	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		T	62,50	64,58	<b>70,83</b>	54,17	63,19	61,81	60,42	60,42	61,11	63,19	61,81	60,42	54,17	<b>65,97</b>
	k-EYK	E	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		T	60,42	63,89	<b>70,14</b>	56,25	66,67	61,11	59,72	57,64	63,19	61,81	63,19	65,28	61,81	64,58
	KEKKR	E	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		T	62,50	56,25	70,83	47,92	62,50	56,25	56,25	60,42	52,08	62,50	50,00	43,75	47,92	58,33
Beta (400-500 ms)	DVM	E	64,52	59,68	58,60	62,37	64,52	60,22	61,83	58,60	66,13	60,75	54,84	62,90	55,91	58,06
		T	51,61	54,84	48,39	<b>70,97</b>	48,39	58,06	64,52	35,48	51,61	51,61	46,77	46,77	61,29	48,39
	k-EYK	E	65,59	61,83	57,53	62,90	61,83	59,68	62,90	58,60	65,05	56,45	54,84	62,37	44,62	62,37
		T	54,84	58,06	51,61	<b>69,35</b>	51,61	46,77	41,94	41,94	45,16	45,16	43,55	45,16	58,06	53,23
	KEKKR	E	51,61	62,90	51,61	61,29	61,29	64,52	53,23	56,45	56,45	54,84	51,61	53,23	53,23	43,55
		T	53,23	53,23	50,00	64,52	48,39	56,45	51,61	37,10	40,32	46,77	58,06	38,71	61,29	46,77
Gama (400-500 ms)	DVM	E	54,30	57,53	57,53	58,60	66,13	53,76	51,61	54,30	61,83	58,60	58,60	59,68	54,84	54,30
		T	46,77	51,61	48,39	66,13	62,90	48,39	56,45	50,00	45,16	50,00	41,94	37,10	50,00	51,61
	k-EYK	E	50,54	55,91	52,15	58,60	65,59	53,76	51,08	56,99	62,37	58,60	58,60	62,90	56,99	53,23
		T	58,06	54,84	54,84	59,68	<b>75,81</b>	45,16	53,23	40,32	50,00	41,94	48,39	48,39	51,61	58,06
	KEKKR	E	54,84	53,23	54,84	59,68	64,52	53,23	56,45	53,23	56,45	56,45	56,45	62,90	48,39	51,61
		T	48,39	48,39	45,16	<b>66,13</b>	61,29	62,90	54,84	54,84	43,55	48,39	51,61	37,10	62,90	45,16

Ek 1'in devamı

Ek Tablo 11. k-EYK, DVM ve KEKKR sınıflandırma yöntemleri kullanılarak nahış koşullar için 400-500 ms zaman penceresinde, delta, teta, alfa, beta ve gama bantlar için 14 kanaldan elde edilen öz niteliklerin orijinal ve parlak gruplar arasında sınıflandırılması sonucunda elde edilen eğitim ve test başarı sonuçları. *E*, eğitim ve *T*, test sınıflandırma doğruluk sonuçlarıdır

		F <sub>3</sub>	F <sub>Z</sub>	F <sub>4</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>Z</sub>	C <sub>4</sub>	TP <sub>7</sub>	TP <sub>8</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>Z</sub>	P <sub>4</sub>	O <sub>1</sub>	O <sub>Z</sub>	O <sub>2</sub>	
Delta (400-500 ms)	DVM	E	65,87	50,00	60,32	61,90	56,35	58,73	63,49	60,32	71,43	52,38	57,94	59,52	52,38	59,52
		T	47,62	28,57	50,00	38,10	35,71	50,00	54,76	59,52	45,24	45,24	47,62	61,90	47,62	59,52
	k-EYK	E	69,05	55,56	54,76	59,52	51,59	65,08	59,52	55,56	70,63	54,76	57,14	56,35	56,35	64,29
		T	50,00	45,24	50,00	47,62	35,71	54,76	57,14	47,62	42,86	52,38	57,14	<b>69,05</b>	52,38	57,14
	KEKKR	E	54,76	45,24	54,76	59,52	50,00	54,76	59,52	52,38	64,29	54,76	54,76	57,14	52,38	47,62
		T	64,29	54,76	52,38	40,48	57,14	54,76	52,38	59,52	47,62	54,76	57,14	52,38	59,52	54,76
Teta (400-500 ms)	DVM	E	59,52	61,11	59,52	69,84	61,11	57,14	58,73	68,25	69,05	68,25	61,11	65,87	59,52	58,73
		T	47,62	38,10	54,76	42,86	47,62	59,52	47,62	35,71	52,38	61,90	47,62	54,76	47,62	50,00
	k-EYK	E	57,94	57,14	54,76	68,25	62,70	57,14	47,62	69,05	65,87	67,46	51,59	61,90	71,43	51,59
		T	61,90	38,10	50,00	47,62	45,24	52,38	59,52	35,71	54,76	50,00	61,90	54,76	52,38	50,00
	KEKKR	E	50,00	59,52	47,62	69,05	50,00	54,76	54,76	69,05	54,76	45,24	57,14	61,90	59,52	54,76
		T	45,24	38,10	61,90	42,86	52,38	45,24	47,62	35,71	52,38	45,24	57,14	54,76	64,29	45,24
Alfa (400-500 ms)	DVM	E	56,99	61,29	55,38	68,82	54,30	61,29	63,98	55,38	53,76	60,75	63,44	59,14	53,23	58,06
		T	46,77	40,32	48,39	46,77	43,55	45,16	45,16	51,61	54,84	61,29	58,06	51,61	51,61	56,45
	k-EYK	E	54,84	61,29	47,85	69,89	51,61	57,53	57,53	62,90	45,16	61,29	66,13	55,91	58,60	55,91
		T	46,77	45,16	50,00	41,94	33,87	48,39	46,77	48,39	53,23	50,00	58,06	54,84	43,55	58,06
	KEKKR	E	58,06	54,84	53,23	53,23	51,61	53,23	53,23	48,39	54,84	54,84	48,39	45,16	51,61	58,06
		T	48,39	41,94	51,61	58,06	50,00	43,55	54,84	48,39	58,06	51,61	51,61	54,84	54,84	54,84
Beta (400-500 ms)	DVM	E	59,52	52,38	55,56	64,29	61,90	57,94	65,08	53,97	62,70	68,25	53,97	61,90	54,76	53,97
		T	57,14	54,76	<b>66,67</b>	47,62	33,33	54,76	57,14	47,62	52,38	59,52	50,00	61,90	54,76	50,00
	k-EYK	E	63,49	50,00	57,94	61,90	60,32	57,14	66,67	47,62	61,11	66,67	52,38	59,52	49,21	46,83
		T	47,62	54,76	59,52	45,24	40,48	50,00	59,52	42,86	42,86	54,76	57,14	57,14	50,00	54,76
	KEKKR	E	54,76	50,00	59,52	61,90	50,00	50,00	66,67	54,76	57,14	54,76	52,38	57,14	52,38	52,38
		T	52,38	47,62	54,76	45,24	59,52	54,76	54,76	47,62	33,33	45,24	47,62	54,76	52,38	50,00
Gama (400-500 ms)	DVM	E	52,38	60,32	54,76	59,52	59,52	51,59	57,94	62,70	59,52	55,56	55,56	69,05	57,14	50,00
		T	52,38	45,24	54,76	42,86	47,62	50,00	50,00	47,62	50,00	50,00	47,62	52,38	50,00	54,76
	k-EYK	E	49,21	59,52	56,35	57,14	58,73	50,00	57,14	61,90	63,49	50,79	46,03	67,46	53,17	49,21
		T	50,00	50,00	50,00	50,00	42,86	42,86	50,00	42,86	42,86	52,38	45,24	50,00	57,14	47,62
	KEKKR	E	52,38	54,76	47,62	59,52	59,52	57,14	59,52	47,62	59,52	52,38	50,00	50,00	59,52	54,76
		T	54,76	42,86	52,38	42,86	54,76	52,38	50,00	47,62	50,00	47,62	50,00	52,38	45,24	54,76

Ek 1'in devamı

Ek Tablo 12. k-EYK, DVM ve KEKKR sınıflandırma yöntemleri kullanılarak hoş koşullar için 400-500 ms zaman penceresinde, delta, teta, alfa, beta ve gama bantlar için 14 kanaldan elde edilen öz niteliklerin orijinal ve parlak gruplar arasında sınıflandırılması sonucunda elde edilen eğitim ve test başarı sonuçları. *E*, eğitim ve *T*, test sınıflandırma doğruluk sonuçlarıdır

		Delta (400-500 ms)														
		F <sub>3</sub>	F <sub>Z</sub>	F <sub>4</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>Z</sub>	C <sub>4</sub>	TP <sub>7</sub>	TP <sub>8</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>Z</sub>	P <sub>4</sub>	O <sub>1</sub>	O <sub>Z</sub>	O <sub>2</sub>	
Delta (400-500 ms)	DVM	E	59,03	63,19	62,50	49,31	65,28	61,81	68,06	55,56	61,11	60,42	65,97	53,47	63,19	56,94
		T	52,08	52,08	43,75	54,17	47,92	47,92	54,17	47,92	43,75	41,67	47,92	35,42	60,42	41,67
	k-EYK	E	61,11	60,42	60,42	54,86	63,19	55,56	68,06	58,33	56,25	58,33	70,83	52,08	59,72	57,64
		T	54,17	52,08	47,92	43,75	54,17	60,42	54,17	45,83	54,17	56,25	50,00	52,08	54,17	64,58
	KEKKR	E	52,08	60,42	56,25	52,08	56,25	54,17	66,67	54,17	58,33	58,33	58,33	54,17	45,83	58,33
		T	50,00	47,92	41,67	54,17	47,92	50,00	52,08	47,92	43,75	43,75	47,92	47,92	45,83	43,75
Teta (400-500 ms)	DVM	E	60,42	61,11	56,25	53,47	54,17	66,67	59,03	53,47	56,25	52,78	56,94	62,50	68,06	56,94
		T	50,00	47,92	47,92	45,83	56,25	43,75	62,50	60,42	47,92	45,83	45,83	43,75	47,92	35,42
	k-EYK	E	59,72	64,58	56,94	56,25	49,31	64,58	52,78	60,42	64,58	56,25	59,72	67,36	73,61	62,50
		T	35,42	50,00	50,00	41,67	43,75	41,67	64,58	54,17	52,08	43,75	52,08	39,58	54,17	52,08
	KEKKR	E	60,42	56,25	56,25	56,25	52,08	52,08	54,17	50,00	58,33	56,25	52,08	50,00	52,08	60,42
		T	45,83	45,83	41,67	50,00	52,08	50,00	68,75	39,58	43,75	50,00	50,00	54,17	52,08	50,00
Alfa (400-500 ms)	DVM	E	54,76	50,79	75,40	53,17	56,35	63,49	63,49	54,76	68,25	56,35	66,67	58,73	57,14	65,87
		T	54,76	50,00	45,24	59,52	54,76	47,62	50,00	57,14	52,38	50,00	61,90	52,38	54,76	57,14
	k-EYK	E	60,32	61,11	79,37	57,14	55,56	54,76	53,17	57,94	65,87	54,76	69,84	61,11	62,70	64,29
		T	40,48	42,86	54,76	57,14	50,00	42,86	50,00	69,05	59,52	54,76	52,38	57,14	57,14	45,24
	KEKKR	E	52,38	57,14	47,62	50,00	52,38	50,00	45,24	54,76	59,52	50,00	59,52	47,62	52,38	57,14
		T	33,33	50,00	42,86	52,38	52,38	64,29	52,38	59,52	50,00	45,24	57,14	54,76	54,76	59,52
Beta (400-500 ms)	DVM	E	52,08	60,42	51,39	56,25	52,08	59,72	64,58	66,67	60,42	61,81	70,14	61,11	67,36	63,89
		T	52,08	56,25	50,00	52,08	37,50	54,17	52,08	58,33	56,25	60,42	60,42	47,92	52,08	56,25
	k-EYK	E	62,50	64,58	47,92	47,92	54,17	61,11	61,81	68,06	62,50	63,89	69,44	59,72	67,36	64,58
		T	56,25	43,75	56,25	43,75	39,58	52,08	52,08	50,00	60,42	54,17	56,25	54,17	39,58	47,92
	KEKKR	E	50,00	54,17	52,08	56,25	56,25	50,00	62,50	58,33	62,50	58,33	68,75	54,17	45,83	58,33
		T	52,08	43,75	47,92	50,00	41,67	47,92	52,08	62,50	58,33	47,92	60,42	43,75	37,50	54,17
Gama (400-500 ms)	DVM	E	57,64	54,86	54,17	60,42	63,89	55,56	61,11	65,28	52,08	68,06	69,44	59,03	62,50	51,39
		T	50,00	52,08	56,25	52,08	54,17	50,00	47,92	62,50	58,33	47,92	54,17	50,00	52,08	45,83
	k-EYK	E	62,50	55,56	62,50	54,86	66,67	55,56	59,72	63,19	56,25	65,97	67,36	61,81	56,94	55,56
		T	52,08	43,75	39,58	47,92	52,08	45,83	33,33	<b>66,67</b>	60,42	45,83	64,58	43,75	39,58	45,83
	KEKKR	E	52,08	50,00	47,92	60,42	54,17	50,00	52,08	56,25	52,08	64,58	62,50	47,92	45,83	50,00
		T	60,42	47,92	56,25	54,17	45,83	56,25	50,00	43,75	52,08	47,92	54,17	43,75	43,75	41,67

Ek 1'in devamı

Ek Tablo 13. k-EYK, DVM ve KEKKR sınıflandırma yöntemleri kullanılarak nötr koşullar için 500-600 ms zaman penceresinde, delta, teta, alfa, beta ve gama bantlar için 14 kanaldan elde edilen öz niteliklerin orijinal ve parlak gruplar arasında sınıflandırılması sonucunda elde edilen eğitim ve test başarı sonuçları. *E*, eğitim ve *T*, test sınıflandırma doğruluk sonuçlarıdır

		F <sub>3</sub>	F <sub>Z</sub>	F <sub>4</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>Z</sub>	C <sub>4</sub>	TP <sub>7</sub>	TP <sub>8</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>Z</sub>	P <sub>4</sub>	O <sub>1</sub>	O <sub>Z</sub>	O <sub>2</sub>	
Delta (500-600 ms)	DVM	E	59,68	63,44	63,98	54,84	63,98	61,83	60,75	58,60	60,75	69,89	59,14	53,76	56,45	57,53
		T	35,48	50,00	53,23	45,16	33,87	54,84	54,84	61,29	50,00	50,00	50,00	48,39	50,00	46,77
	k-EYK	E	58,06	62,37	63,98	59,14	57,53	52,15	56,45	53,76	60,22	67,74	56,99	56,45	48,39	53,23
		T	37,10	50,00	51,61	46,77	33,87	51,61	48,39	58,06	48,39	54,84	51,61	53,23	43,55	54,84
	KEKKR	E	53,23	59,68	59,68	54,84	51,61	53,23	56,45	54,84	51,61	61,29	56,45	53,23	53,23	53,23
		T	40,32	50,00	51,61	50,00	56,45	48,39	58,06	51,61	45,16	56,45	43,55	51,61	50,00	41,94
Teta (500-600 ms)	DVM	E	60,22	56,99	48,39	59,68	60,22	60,75	53,76	54,30	73,66	66,67	62,37	56,99	57,53	50,54
		T	51,61	46,77	62,90	50,00	48,39	53,23	54,84	48,39	46,77	59,68	64,52	56,45	48,39	50,00
	k-EYK	E	61,29	54,30	53,23	62,90	60,22	60,75	52,69	58,06	69,89	65,59	60,22	55,91	55,91	44,62
		T	51,61	50,00	53,23	50,00	37,10	58,06	56,45	45,16	45,16	56,45	50,00	54,84	54,84	54,84
	KEKKR	E	53,23	51,61	54,84	62,90	56,45	62,90	56,45	53,23	43,55	62,90	61,29	56,45	51,61	51,61
		T	37,10	56,45	58,06	46,77	48,39	53,23	56,45	48,39	53,23	61,29	62,90	56,45	40,32	37,10
Alfa (500-600 ms)	DVM	E	72,58	56,45	62,37	52,15	47,31	58,06	65,05	58,60	55,91	73,66	62,37	61,29	60,75	58,06
		T	43,55	46,77	50,00	50,00	48,39	50,00	50,00	50,00	53,23	54,84	50,00	56,45	46,77	48,39
	k-EYK	E	71,51	51,08	62,90	51,08	48,92	51,61	64,52	57,53	50,54	69,89	60,22	60,22	56,45	60,75
		T	43,55	41,94	45,16	48,39	46,77	51,61	46,77	38,71	56,45	53,23	48,39	50,00	46,77	53,23
	KEKKR	E	67,74	54,84	59,68	48,39	48,39	50,00	53,23	48,39	53,23	72,58	56,45	59,68	53,23	54,84
		T	35,48	45,16	54,84	51,61	50,00	43,55	41,94	54,84	45,16	54,84	51,61	54,84	54,84	40,32
Beta (500-600 ms)	DVM	E	59,14	61,83	68,82	59,68	67,20	63,44	61,83	62,90	67,74	62,37	57,53	58,60	55,38	56,99
		T	46,77	50,00	64,52	54,84	51,61	56,45	45,16	48,39	51,61	59,68	48,39	37,10	45,16	45,16
	k-EYK	E	53,23	56,45	67,20	58,06	66,67	63,98	58,60	60,22	63,44	58,06	54,84	61,29	61,29	54,84
		T	46,77	54,84	62,90	51,61	51,61	58,06	45,16	45,16	37,10	56,45	51,61	43,55	48,39	45,16
	KEKKR	E	59,68	56,45	62,90	53,23	64,52	64,52	50,00	62,90	56,45	45,16	54,84	46,77	53,23	48,39
		T	48,39	50,00	53,23	58,06	53,23	59,68	50,00	43,55	41,94	46,77	54,84	54,84	46,77	50,00
Gama (500-600 ms)	DVM	E	61,29	56,45	59,68	59,14	60,22	58,60	61,83	61,29	54,30	55,91	55,38	55,38	51,61	55,38
		T	38,71	58,06	50,00	48,39	54,84	43,55	54,84	58,06	46,77	58,06	48,39	48,39	50,00	51,61
	k-EYK	E	56,99	56,99	57,53	53,23	60,75	53,76	62,90	58,06	59,14	54,84	58,60	47,31	47,85	54,84
		T	45,16	50,00	40,32	46,77	56,45	46,77	51,61	51,61	37,10	53,23	48,39	50,00	48,39	43,55
	KEKKR	E	56,45	54,84	61,29	61,29	59,68	53,23	64,52	59,68	51,61	56,45	54,84	48,39	46,77	54,84
		T	43,55	59,68	53,23	51,61	56,45	45,16	59,68	53,23	50,00	50,00	45,16	50,00	48,39	40,32

Ek 1'in devamı

Ek Tablo 14. k-EYK, DVM ve KEKKR sınıflandırma yöntemleri kullanılarak nahoş koşullar için 500-600 ms zaman penceresinde, delta, teta, alfa, beta ve gama bantlar için 14 kanaldan elde edilen öz niteliklerin orijinal ve parlak gruplar arasında sınıflandırılması sonucunda elde edilen eğitim ve test başarı sonuçları. *E*, eğitim ve *T*, test sınıflandırma doğruluk sonuçlarıdır

		F <sub>3</sub>	F <sub>Z</sub>	F <sub>4</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>Z</sub>	C <sub>4</sub>	TP <sub>7</sub>	TP <sub>8</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>Z</sub>	P <sub>4</sub>	O <sub>1</sub>	O <sub>Z</sub>	O <sub>2</sub>	
Delta (500-600 ms)	DVM	E	65,08	66,67	69,05	58,73	57,14	65,08	42,86	53,17	61,90	62,70	57,14	66,67	51,59	59,52
		T	50,00	54,76	54,76	45,24	52,38	57,14	47,62	47,62	47,62	40,48	40,48	<b>66,67</b>	45,24	54,76
	k-EYK	E	60,32	67,46	66,67	55,56	55,56	65,87	46,03	57,14	62,70	61,11	53,17	65,87	50,00	53,17
		T	52,38	52,38	57,14	54,76	52,38	50,00	47,62	40,48	50,00	42,86	47,62	57,14	45,24	50,00
	KEKKR	E	57,14	52,38	66,67	45,24	52,38	52,38	52,38	54,76	50,00	61,90	59,52	61,90	50,00	59,52
		T	54,76	57,14	52,38	45,24	52,38	54,76	54,76	50,00	59,52	47,62	52,38	61,90	61,90	54,76
Teta (500-600 ms)	DVM	E	58,73	58,73	69,05	54,76	56,35	54,76	62,70	57,14	57,14	53,97	49,21	66,67	56,35	62,70
		T	52,38	40,48	42,86	45,24	64,29	42,86	59,52	54,76	57,14	42,86	45,24	42,86	42,86	47,62
	k-EYK	E	67,46	54,76	61,11	48,41	58,73	53,17	59,52	52,38	54,76	46,03	55,56	61,90	52,38	60,32
		T	50,00	42,86	42,86	57,14	<b>69,05</b>	45,24	54,76	45,24	47,62	38,10	47,62	45,24	42,86	50,00
	KEKKR	E	52,38	57,14	59,52	50,00	45,24	50,00	59,52	54,76	57,14	50,00	45,24	59,52	59,52	59,52
		T	47,62	40,48	50,00	47,62	50,00	47,62	50,00	47,62	57,14	50,00	50,00	45,24	42,86	52,38
Alfa (500-600 ms)	DVM	E	67,46	59,52	59,52	54,76	50,00	56,35	64,29	59,52	51,59	58,73	55,56	66,67	50,79	59,52
		T	<b>69,05</b>	52,38	45,24	45,24	40,48	45,24	52,38	47,62	42,86	47,62	52,38	61,90	45,24	52,38
	k-EYK	E	69,84	53,17	55,56	50,00	50,79	57,14	58,73	53,97	61,11	57,94	52,38	65,08	53,97	65,87
		T	64,29	47,62	42,86	61,90	38,10	50,00	52,38	45,24	54,76	45,24	52,38	57,14	45,24	57,14
	KEKKR	E	45,24	52,38	54,76	50,00	50,00	59,52	42,86	52,38	52,38	54,76	50,00	64,29	50,00	57,14
		T	47,62	54,76	50,00	42,86	54,76	50,00	47,62	42,86	50,00	42,86	50,00	<b>66,67</b>	54,76	47,62
Beta (500-600 ms)	DVM	E	66,67	61,90	68,25	58,73	61,90	61,90	56,35	57,94	70,63	52,38	56,35	60,32	50,79	62,70
		T	52,38	45,24	50,00	54,76	54,76	40,48	54,76	50,00	54,76	57,14	47,62	<b>66,67</b>	33,33	33,33
	k-EYK	E	69,05	59,52	73,81	53,17	59,52	53,97	58,73	61,90	65,87	55,56	50,00	57,94	48,41	65,08
		T	45,24	54,76	47,62	47,62	47,62	42,86	35,71	50,00	45,24	54,76	40,48	57,14	47,62	38,10
	KEKKR	E	66,67	57,14	64,29	54,76	61,90	40,48	54,76	52,38	69,05	50,00	57,14	57,14	50,00	57,14
		T	54,76	61,90	59,52	54,76	59,52	50,00	40,48	54,76	59,52	57,14	45,24	59,52	54,76	57,14
Gama (500-600 ms)	DVM	E	60,32	59,52	60,32	57,14	62,70	54,76	59,52	49,21	60,32	55,56	57,94	61,11	50,79	57,94
		T	59,52	54,76	57,14	45,24	50,00	54,76	59,52	54,76	57,14	52,38	47,62	61,90	40,48	52,38
	k-EYK	E	64,29	62,70	59,52	45,24	61,11	57,94	58,73	45,24	60,32	56,35	61,90	61,90	55,56	61,90
		T	<b>66,67</b>	54,76	54,76	47,62	52,38	42,86	59,52	50,00	64,29	52,38	54,76	59,52	50,00	40,48
	KEKKR	E	54,76	59,52	57,14	50,00	54,76	45,24	42,86	52,38	52,38	52,38	54,76	57,14	54,76	54,76
		T	57,14	54,76	57,14	47,62	54,76	52,38	47,62	54,76	52,38	54,76	47,62	59,52	42,86	54,76

Ek 1'in devamı

Ek Tablo 15. k-EYK, DVM ve KEKKR sınıflandırma yöntemleri kullanılarak hoş koşullar için 500-600 ms zaman penceresinde, delta, teta, alfa, beta ve gama bantlar için 14 kanaldan elde edilen öz niteliklerin orijinal ve parlak gruplar arasında sınıflandırılması sonucunda elde edilen eğitim ve test başarı sonuçları. *E*, eğitim ve *T*, test sınıflandırma doğruluk sonuçlarıdır

		Delta (500-600 ms)														
		F <sub>3</sub>	F <sub>Z</sub>	F <sub>4</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>Z</sub>	C <sub>4</sub>	TP <sub>7</sub>	TP <sub>8</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>Z</sub>	P <sub>4</sub>	O <sub>1</sub>	O <sub>Z</sub>	O <sub>2</sub>	
Delta (500-600 ms)	DVM	E	51,39	54,17	59,72	50,69	65,28	68,06	57,64	61,11	60,42	68,75	67,36	51,39	71,53	55,56
		T	43,75	41,67	54,17	50,00	43,75	54,17	41,67	47,92	56,25	58,33	62,50	47,92	43,75	47,92
	k-EYK	E	50,69	59,03	54,86	52,08	63,19	66,67	60,42	63,89	59,72	69,44	65,97	59,72	72,22	61,81
		T	39,58	50,00	52,08	47,92	52,08	56,25	39,58	45,83	58,33	62,50	<b>66,67</b>	54,17	47,92	43,75
	KEKKR	E	47,92	43,75	58,33	52,08	50,00	64,58	58,33	47,92	56,25	68,75	62,50	47,92	58,33	52,08
		T	47,92	62,50	45,83	47,92	50,00	56,25	50,00	52,08	50,00	54,17	58,33	52,08	52,08	43,75
		F <sub>3</sub>	F <sub>Z</sub>	F <sub>4</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>Z</sub>	C <sub>4</sub>	TP <sub>7</sub>	TP <sub>8</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>Z</sub>	P <sub>4</sub>	O <sub>1</sub>	O <sub>Z</sub>	O <sub>2</sub>	
Teta (500-600 ms)	DVM	E	77,08	55,56	60,42	57,64	52,78	63,19	63,89	52,78	61,11	65,28	58,33	61,81	61,81	56,25
		T	39,58	45,83	39,58	47,92	60,42	41,67	47,92	52,08	45,83	54,17	39,58	47,92	52,08	50,00
	k-EYK	E	80,56	59,03	58,33	55,56	54,86	65,28	62,50	55,56	56,94	58,33	60,42	69,44	59,03	53,47
		T	43,75	50,00	41,67	37,50	45,83	45,83	54,17	50,00	52,08	50,00	39,58	52,08	47,92	47,92
	KEKKR	E	66,67	50,00	58,33	58,33	52,08	60,42	60,42	54,17	50,00	56,25	54,17	47,92	58,33	47,92
		T	41,67	39,58	29,17	47,92	60,42	64,58	54,17	50,00	43,75	52,08	54,17	52,08	50,00	41,67
		F <sub>3</sub>	F <sub>Z</sub>	F <sub>4</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>Z</sub>	C <sub>4</sub>	TP <sub>7</sub>	TP <sub>8</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>Z</sub>	P <sub>4</sub>	O <sub>1</sub>	O <sub>Z</sub>	O <sub>2</sub>	
Alfa (500-600 ms)	DVM	E	54,17	59,03	55,56	48,61	73,61	66,67	63,19	55,56	54,86	63,19	63,89	58,33	63,89	63,89
		T	45,83	64,58	43,75	54,17	50,00	50,00	47,92	50,00	54,17	52,08	56,25	50,00	50,00	45,83
	k-EYK	E	50,00	70,14	60,42	52,78	72,92	64,58	62,50	55,56	54,17	67,36	61,11	55,56	63,89	56,94
		T	50,00	58,33	37,50	50,00	45,83	50,00	50,00	45,83	45,83	52,08	45,83	50,00	43,75	45,83
	KEKKR	E	50,00	41,67	60,42	50,00	56,25	60,42	50,00	50,00	52,08	66,67	54,17	56,25	64,58	62,50
		T	41,67	64,58	43,75	45,83	50,00	50,00	41,67	52,08	58,33	54,17	56,25	45,83	43,75	45,83
		F <sub>3</sub>	F <sub>Z</sub>	F <sub>4</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>Z</sub>	C <sub>4</sub>	TP <sub>7</sub>	TP <sub>8</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>Z</sub>	P <sub>4</sub>	O <sub>1</sub>	O <sub>Z</sub>	O <sub>2</sub>	
Beta (500-600 ms)	DVM	E	63,19	52,08	47,92	60,42	63,19	64,58	49,31	64,58	60,42	64,58	65,97	58,33	58,33	56,25
		T	50,00	54,17	60,42	58,33	41,67	56,25	47,92	58,33	45,83	52,08	56,25	60,42	56,25	45,83
	k-EYK	E	59,72	53,47	50,69	63,19	58,33	70,14	56,94	63,89	61,81	63,89	65,97	57,64	61,81	62,50
		T	45,83	52,08	52,08	47,92	47,92	47,92	43,75	54,17	31,25	58,33	62,50	64,58	52,08	45,83
	KEKKR	E	50,00	56,25	45,83	60,42	56,25	62,50	54,17	52,08	52,08	64,58	66,67	56,25	54,17	56,25
		T	50,00	47,92	56,25	52,08	56,25	56,25	45,83	45,83	58,33	54,17	62,50	64,58	56,25	54,17
		F <sub>3</sub>	F <sub>Z</sub>	F <sub>4</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>Z</sub>	C <sub>4</sub>	TP <sub>7</sub>	TP <sub>8</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>Z</sub>	P <sub>4</sub>	O <sub>1</sub>	O <sub>Z</sub>	O <sub>2</sub>	
Gama (500-600 ms)	DVM	E	56,25	54,17	56,25	50,69	59,72	60,42	60,42	57,64	58,33	63,89	65,28	61,11	57,64	56,94
		T	50,00	50,00	52,08	62,50	54,17	50,00	43,75	62,50	54,17	52,08	50,00	47,92	29,17	45,83
	k-EYK	E	59,72	62,50	46,53	63,89	62,50	57,64	70,14	58,33	60,42	63,89	65,28	54,86	60,42	65,97
		T	52,08	45,83	56,25	54,17	47,92	50,00	45,83	60,42	52,08	52,08	47,92	50,00	35,42	39,58
	KEKKR	E	56,25	52,08	50,00	54,17	45,83	50,00	50,00	54,17	58,33	56,25	68,75	52,08	60,42	43,75
		T	43,75	45,83	50,00	47,92	47,92	58,33	43,75	47,92	54,17	50,00	50,00	41,67	39,58	54,17



Ek 1'in devamı

Ek Tablo 16. k-EYK, DVM ve KEKKR sınıflandırma yöntemleri kullanılarak nötr koşullar için 600-700 ms zaman penceresinde, delta, teta, alfa, beta ve gama bantlar için 14 kanaldan elde edilen öz niteliklerin orijinal ve parlak gruplar arasında sınıflandırılması sonucunda elde edilen eğitim ve test başarı sonuçları. *E*, eğitim ve *T*, test sınıflandırma doğruluk sonuçlarıdır

		F <sub>3</sub>	F <sub>Z</sub>	F <sub>4</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>Z</sub>	C <sub>4</sub>	TP <sub>7</sub>	TP <sub>8</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>Z</sub>	P <sub>4</sub>	O <sub>1</sub>	O <sub>Z</sub>	O <sub>2</sub>	
Delta (600-700 ms)	DVM	E	69,89	61,29	62,37	60,75	66,67	60,22	61,83	58,06	60,75	59,14	58,06	53,23	62,37	63,44
		T	43,55	50,00	53,23	51,61	50,00	50,00	50,00	45,16	48,39	59,68	40,32	50,00	53,23	37,10
	k-EYK	E	64,52	57,53	63,44	56,45	63,98	59,14	63,44	53,76	62,90	58,06	60,22	53,76	58,06	62,37
		T	41,94	48,39	51,61	45,16	54,84	45,16	58,06	41,94	50,00	46,77	41,94	54,84	54,84	40,32
	KEKKR	E	56,45	51,61	58,06	58,06	61,29	53,23	59,68	53,23	58,06	58,06	48,39	58,06	56,45	56,45
		T	50,00	50,00	54,84	43,55	48,39	46,77	50,00	46,77	46,77	61,29	51,61	56,45	50,00	37,10
Teta (600-700 ms)	DVM	E	59,14	61,83	50,00	61,83	54,84	67,20	59,14	59,68	53,76	62,90	67,74	48,92	54,84	61,83
		T	51,61	50,00	51,61	51,61	46,77	46,77	51,61	48,39	43,55	50,00	56,45	54,84	50,00	32,26
	k-EYK	E	54,30	58,06	48,92	65,59	56,45	66,67	58,60	60,22	58,60	61,29	67,74	46,77	51,61	63,98
		T	46,77	53,23	46,77	50,00	48,39	51,61	50,00	50,00	43,55	53,23	61,29	50,00	58,06	43,55
	KEKKR	E	58,06	59,68	51,61	58,06	51,61	54,84	50,00	54,84	53,23	61,29	62,90	50,00	48,39	61,29
		T	53,23	53,23	62,90	51,61	51,61	54,84	51,61	48,39	43,55	53,23	62,90	53,23	45,16	37,10
Alfa (600-700 ms)	DVM	E	51,08	48,39	60,22	58,60	64,52	61,29	60,22	56,99	54,30	54,84	54,30	61,83	56,99	64,52
		T	53,23	53,23	50,00	53,23	43,55	43,55	43,55	50,00	51,61	51,61	50,00	45,16	45,16	38,71
	k-EYK	E	43,01	50,54	58,06	60,22	64,52	54,84	54,30	47,85	51,61	55,38	56,45	56,99	57,53	64,52
		T	53,23	46,77	43,55	53,23	50,00	50,00	56,45	48,39	43,55	45,16	<b>66,13</b>	46,77	46,77	41,94
	KEKKR	E	53,23	45,16	59,68	53,23	54,84	53,23	54,84	51,61	54,84	58,06	59,68	54,84	59,68	62,90
		T	53,23	54,84	56,45	48,39	45,16	45,16	46,77	53,23	50,00	62,90	45,16	58,06	48,39	45,16
Beta (600-700 ms)	DVM	E	56,45	62,90	64,52	68,82	65,59	54,30	61,29	58,06	62,90	54,30	56,45	58,06	58,60	60,22
		T	43,55	56,45	59,68	43,55	41,94	45,16	37,10	45,16	54,84	50,00	45,16	33,87	51,61	43,55
	k-EYK	E	55,38	67,20	62,37	67,74	62,90	50,54	60,22	58,60	61,83	52,69	56,99	62,37	61,83	57,53
		T	41,94	51,61	58,06	43,55	43,55	53,23	38,71	40,32	51,61	38,71	53,23	38,71	43,55	64,52
	KEKKR	E	51,61	58,06	56,45	67,74	59,68	51,61	58,06	58,06	50,00	53,23	51,61	43,55	58,06	56,45
		T	54,84	51,61	51,61	45,16	50,00	54,84	50,00	43,55	48,39	37,10	56,45	43,55	50,00	43,55
Gama (600-700 ms)	DVM	E	59,68	56,99	56,45	62,37	60,22	54,84	63,98	55,91	52,69	53,23	62,37	54,84	55,91	69,35
		T	51,61	48,39	45,16	48,39	50,00	50,00	50,00	50,00	40,32	54,84	50,00	50,00	56,45	58,06
	k-EYK	E	51,61	59,68	59,68	59,68	65,59	51,08	66,67	48,92	50,54	55,91	61,29	58,60	53,23	68,28
		T	48,39	50,00	48,39	45,16	43,55	59,68	51,61	50,00	43,55	35,48	56,45	40,32	48,39	59,68
	KEKKR	E	45,16	58,06	54,84	48,39	58,06	51,61	58,06	48,39	50,00	48,39	50,00	54,84	50,00	61,29
		T	54,84	48,39	46,77	40,32	50,00	40,32	50,00	51,61	35,48	50,00	53,23	46,77	46,77	48,39

Ek 1'in devamı

Ek Tablo 17. k-EYK, DVM ve KEKKR sınıflandırma yöntemleri kullanılarak nahoş koşullar için 600-700 ms zaman penceresinde, delta, teta, alfa, beta ve gama bantlar için 14 kanaldan elde edilen öz niteliklerin orijinal ve parlak gruplar arasında sınıflandırılması sonucunda elde edilen eğitim ve test başarı sonuçları. *E*, eğitim ve *T*, test sınıflandırma doğruluk sonuçlarıdır

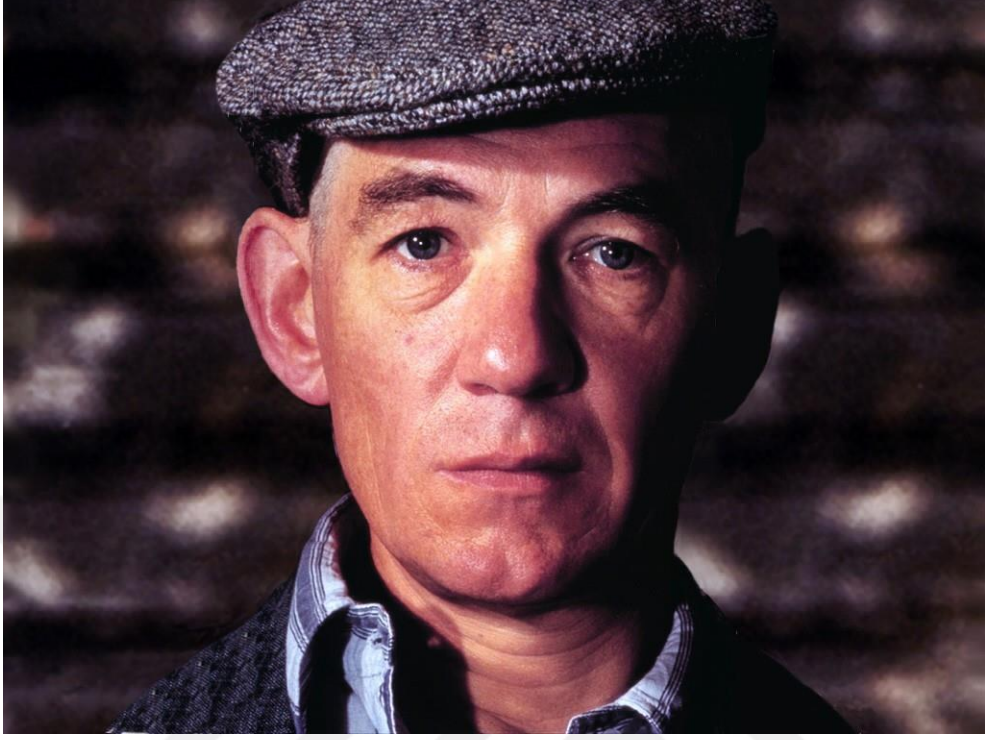
		F <sub>3</sub>	F <sub>Z</sub>	F <sub>4</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>Z</sub>	C <sub>4</sub>	TP <sub>7</sub>	TP <sub>8</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>Z</sub>	P <sub>4</sub>	O <sub>1</sub>	O <sub>Z</sub>	O <sub>2</sub>	
Delta (600-700 ms)	DVM	E	65,87	61,90	56,35	50,79	66,67	57,14	61,11	61,90	63,49	61,90	57,14	73,02	60,32	59,52
		T	47,62	59,52	45,24	52,38	52,38	61,90	47,62	47,62	61,90	47,62	57,14	57,14	45,24	54,76
	k-EYK	E	61,11	62,70	61,90	57,14	66,67	59,52	63,49	62,70	62,70	54,76	61,11	69,84	58,73	62,70
		T	50,00	57,14	59,52	57,14	54,76	42,86	50,00	47,62	61,90	42,86	50,00	54,76	40,48	57,14
	KEKKR	E	61,90	59,52	57,14	47,62	64,29	57,14	59,52	59,52	54,76	59,52	54,76	57,14	61,90	57,14
		T	52,38	57,14	42,86	52,38	45,24	42,86	47,62	45,24	54,76	45,24	57,14	54,76	52,38	52,38
Teta (600-700 ms)	DVM	E	70,63	63,49	56,35	58,73	65,87	46,03	70,63	68,25	61,90	62,70	61,90	62,70	61,90	50,00
		T	47,62	40,48	52,38	42,86	52,38	42,86	35,71	59,52	59,52	38,10	50,00	64,29	54,76	54,76
	k-EYK	E	67,46	53,17	54,76	53,97	61,90	53,17	73,02	61,90	69,84	61,90	61,11	61,11	57,94	52,38
		T	45,24	33,33	50,00	45,24	50,00	38,10	38,10	52,38	57,14	40,48	50,00	59,52	50,00	50,00
	KEKKR	E	64,29	47,62	45,24	54,76	64,29	45,24	61,90	61,90	57,14	59,52	61,90	59,52	59,52	47,62
		T	52,38	42,86	52,38	47,62	47,62	59,52	45,24	52,38	42,86	38,10	47,62	54,76	52,38	50,00
Alfa (600-700 ms)	DVM	E	58,73	56,35	61,90	57,14	68,25	70,63	57,94	59,52	66,67	57,14	62,70	61,90	60,32	61,11
		T	54,76	47,62	52,38	52,38	54,76	42,86	47,62	45,24	57,14	52,38	52,38	52,38	47,62	54,76
	k-EYK	E	53,97	63,49	60,32	59,52	66,67	68,25	50,79	61,11	66,67	55,56	59,52	62,70	66,67	63,49
		T	54,76	47,62	52,38	61,90	40,48	42,86	64,29	47,62	50,00	52,38	52,38	50,00	50,00	57,14
	KEKKR	E	50,00	54,76	57,14	47,62	59,52	59,52	52,38	54,76	50,00	54,76	54,76	59,52	50,00	52,38
		T	45,24	52,38	45,24	42,86	45,24	47,62	54,76	35,71	47,62	45,24	54,76	52,38	50,00	52,38
Beta (600-700 ms)	DVM	E	64,29	64,29	57,94	57,94	61,90	76,19	51,59	65,08	62,70	69,05	53,17	72,22	54,76	62,70
		T	45,24	52,38	54,76	50,00	57,14	57,14	45,24	57,14	52,38	52,38	50,00	61,90	59,52	52,38
	k-EYK	E	65,08	57,14	58,73	61,90	61,90	75,40	54,76	65,08	63,49	69,84	50,79	64,29	54,76	65,87
		T	47,62	<b>66,67</b>	54,76	47,62	57,14	52,38	54,76	57,14	38,10	50,00	40,48	61,90	61,90	57,14
	KEKKR	E	57,14	59,52	52,38	52,38	50,00	47,62	47,62	54,76	59,52	57,14	50,00	61,90	54,76	45,24
		T	52,38	59,52	45,24	52,38	45,24	47,62	47,62	54,76	61,90	52,38	47,62	64,29	52,38	57,14
Gama (600-700 ms)	DVM	E	57,94	61,11	51,59	57,94	53,17	65,87	65,08	57,94	65,08	74,60	61,11	66,67	73,81	64,29
		T	45,24	52,38	54,76	52,38	47,62	61,90	47,62	57,14	52,38	50,00	47,62	59,52	54,76	45,24
	k-EYK	E	63,49	54,76	54,76	55,56	45,24	67,46	63,49	60,32	65,87	71,43	60,32	64,29	65,08	61,90
		T	47,62	54,76	52,38	50,00	57,14	52,38	47,62	45,24	52,38	50,00	47,62	59,52	50,00	45,24
	KEKKR	E	59,52	54,76	59,52	52,38	52,38	59,52	64,29	59,52	66,67	47,62	61,90	64,29	64,29	47,62
		T	50,00	57,14	47,62	50,00	45,24	54,76	47,62	57,14	52,38	50,00	45,24	54,76	50,00	42,86

Ek 1'in devamı

Ek Tablo 18. k-EYK, DVM ve KEKKR sınıflandırma yöntemleri kullanılarak hoş koşullar için 600-700 ms zaman penceresinde, delta, teta, alfa, beta ve gama bantlar için 14 kanaldan elde edilen öz niteliklerin orijinal ve parlak gruplar arasında sınıflandırılması sonucunda elde edilen eğitim ve test başarı sonuçları. *E*, eğitim ve *T*, test sınıflandırma doğruluk sonuçlarıdır

		Delta (600-700 ms)														
		F <sub>3</sub>	F <sub>Z</sub>	F <sub>4</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>Z</sub>	C <sub>4</sub>	TP <sub>7</sub>	TP <sub>8</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>Z</sub>	P <sub>4</sub>	O <sub>1</sub>	O <sub>Z</sub>	O <sub>2</sub>	
Delta (600-700 ms)	DVM	E	65,28	68,06	58,33	52,08	55,56	65,97	62,50	48,61	56,94	65,97	53,47	59,72	66,67	54,86
		T	45,83	56,25	41,67	50,00	45,83	56,25	31,25	56,25	39,58	41,67	64,58	50,00	52,08	58,33
	k-EYK	E	65,97	70,14	59,72	55,56	56,25	63,19	59,72	54,86	52,08	64,58	56,94	55,56	64,58	57,64
		T	50,00	45,83	50,00	60,42	39,58	56,25	39,58	58,33	41,67	50,00	<b>66,67</b>	52,08	50,00	54,17
	KEKKR	E	52,08	58,33	58,33	50,00	50,00	58,33	60,42	47,92	52,08	64,58	54,17	54,17	50,00	50,00
		T	45,83	62,50	37,50	54,17	52,08	56,25	35,42	45,83	43,75	45,83	41,67	50,00	45,83	45,83
		F <sub>3</sub>	F <sub>Z</sub>	F <sub>4</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>Z</sub>	C <sub>4</sub>	TP <sub>7</sub>	TP <sub>8</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>Z</sub>	P <sub>4</sub>	O <sub>1</sub>	O <sub>Z</sub>	O <sub>2</sub>	
Teta (600-700 ms)	DVM	E	61,81	69,44	61,81	63,89	65,28	59,03	66,67	63,19	55,56	63,19	49,31	63,89	64,58	71,53
		T	43,75	37,50	60,42	47,92	43,75	52,08	43,75	50,00	47,92	56,25	60,42	43,75	47,92	45,83
	k-EYK	E	64,58	71,53	70,14	63,19	61,81	56,94	67,36	61,81	50,00	62,50	47,22	61,81	59,03	72,92
		T	41,67	37,50	47,92	54,17	37,50	50,00	43,75	50,00	50,00	60,42	52,08	54,17	52,08	41,67
	KEKKR	E	54,17	62,50	60,42	56,25	54,17	58,33	58,33	58,33	56,25	56,25	52,08	56,25	62,50	62,50
		T	39,58	29,17	43,75	54,17	41,67	43,75	58,33	50,00	45,83	45,83	43,75	52,08	47,92	41,67
		F <sub>3</sub>	F <sub>Z</sub>	F <sub>4</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>Z</sub>	C <sub>4</sub>	TP <sub>7</sub>	TP <sub>8</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>Z</sub>	P <sub>4</sub>	O <sub>1</sub>	O <sub>Z</sub>	O <sub>2</sub>	
Alfa (600-700 ms)	DVM	E	61,11	61,81	54,17	51,39	61,81	57,64	57,64	57,64	61,81	58,33	59,72	68,75	61,11	63,19
		T	56,25	54,17	45,83	43,75	58,33	52,08	39,58	45,83	35,42	41,67	56,25	56,25	41,67	47,92
	k-EYK	E	59,03	69,44	58,33	56,94	60,42	63,19	55,56	57,64	65,28	58,33	62,50	70,14	62,50	72,22
		T	50,00	60,42	52,08	56,25	50,00	52,08	43,75	54,17	37,50	45,83	56,25	54,17	35,42	39,58
	KEKKR	E	56,25	52,08	54,17	47,92	50,00	58,33	54,17	58,33	52,08	58,33	54,17	62,50	54,17	47,92
		T	39,58	56,25	43,75	62,50	50,00	47,92	43,75	52,08	43,75	39,58	47,92	52,08	52,08	50,00
		F <sub>3</sub>	F <sub>Z</sub>	F <sub>4</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>Z</sub>	C <sub>4</sub>	TP <sub>7</sub>	TP <sub>8</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>Z</sub>	P <sub>4</sub>	O <sub>1</sub>	O <sub>Z</sub>	O <sub>2</sub>	
Beta (600-700 ms)	DVM	E	56,94	61,81	70,83	54,17	57,64	60,42	64,58	59,72	54,86	59,72	51,39	47,22	47,22	56,25
		T	50,00	43,75	50,00	50,00	52,08	41,67	45,83	58,33	35,42	60,42	50,00	47,92	45,83	50,00
	k-EYK	E	62,50	63,89	71,53	47,92	59,03	65,97	63,89	65,28	54,17	56,25	51,39	51,39	50,69	59,03
		T	37,50	52,08	41,67	58,33	41,67	39,58	52,08	54,17	50,00	47,92	56,25	52,08	39,58	47,92
	KEKKR	E	52,08	50,00	56,25	54,17	52,08	60,42	56,25	52,08	52,08	54,17	47,92	50,00	52,08	58,33
		T	50,00	58,33	43,75	54,17	52,08	54,17	47,92	52,08	60,42	45,83	50,00	43,75	47,92	52,08
		C <sub>f</sub>	F <sub>Z</sub>	F <sub>4</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>Z</sub>	C <sub>4</sub>	TP <sub>7</sub>	TP <sub>8</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>Z</sub>	P <sub>4</sub>	O <sub>1</sub>	O <sub>Z</sub>	O <sub>2</sub>	
Gama (600-700 ms)	DVM	E	56,94	57,64	56,94	59,03	69,44	60,42	60,42	59,03	53,47	50,69	60,42	52,08	59,03	53,47
		T	45,83	43,75	47,92	54,17	41,67	50,00	35,42	52,08	50,00	50,00	50,00	56,25	47,92	58,33
	k-EYK	E	58,33	58,33	59,72	60,42	68,06	56,25	61,11	61,81	56,94	53,47	54,17	63,19	59,03	56,94
		T	45,83	47,92	47,92	33,33	47,92	37,50	50,00	62,50	52,08	45,83	41,67	56,25	47,92	58,33
	KEKKR	E	54,17	54,17	60,42	56,25	62,50	43,75	54,17	58,33	54,17	45,83	52,08	56,25	50,00	54,17
		T	41,67	64,58	50,00	52,08	41,67	45,83	39,58	54,17	37,50	37,50	45,83	47,92	50,00	47,92

Ek 1'in devamı



Ek Şekil 1. 2190 no'lu nötr içerikli UDRS görüntüsü



Ek Şekil 2. 2210 no'lu nötr içerikli UDRS görüntüsü

Ek 1'in devamı

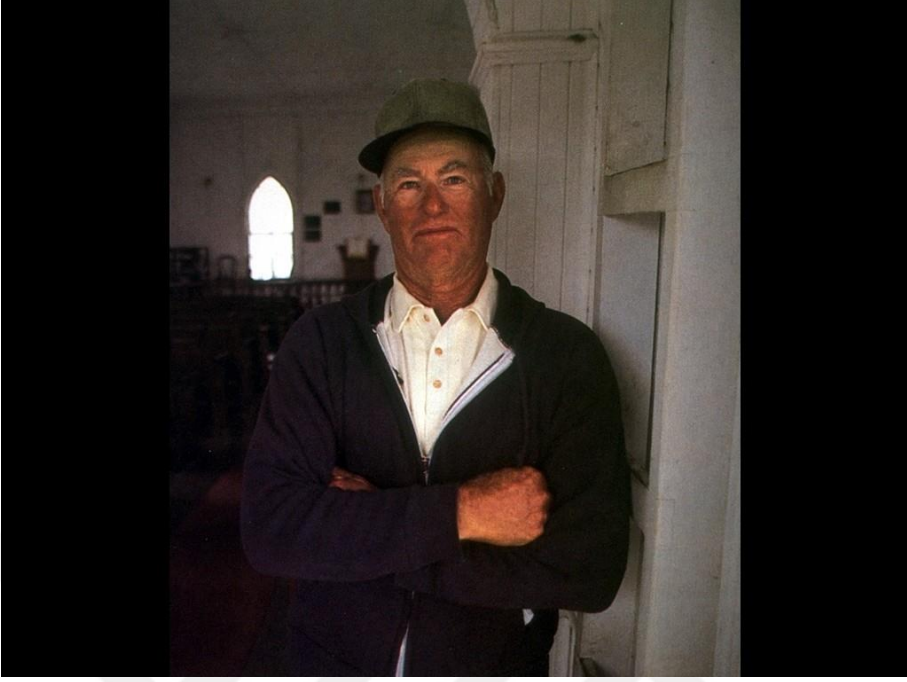


Ek Şekil 3. 2214 no'lu nötr içerikli UDRS görüntüsü



Ek Şekil 4. 2480 no'lu nötr içerikli UDRS görüntüsü

Ek 1'in devamı



Ek Şekil 5. 2495 no'lu nötr içerikli UDRS görüntüsü



Ek Şekil 6. 7010 no'lu nötr içerikli UDRS görüntüsü

Ek 1'in devamı



Ek Şekil 7. 7020 no'lu nötr içerikli UDRS görüntüsü



Ek Şekil 8. 7030 no'lu nötr içerikli UDRS görüntüsü

Ek 1'in devamı



Ek Şekil 9. 7041 no'lu nötr içerikli UDRS görüntüsü



Ek Şekil 10. 7080 no'lu nötr içerikli UDRS görüntüsü



Ek 1'in devamı



Ek Şekil 11. 1052 no'lu nahoş içerikli UDRS görüntüsü



Ek Şekil 12. 1114 no'lu nahoş içerikli UDRS görüntüsü

Ek 1'in devamı



Ek Şekil 12. 1274 no'lu nahoş içerikli UDRS görüntüsü



Ek Şekil 13. 1930 no'lu nahoş içerikli UDRS görüntüsü

Ek 1'in devamı

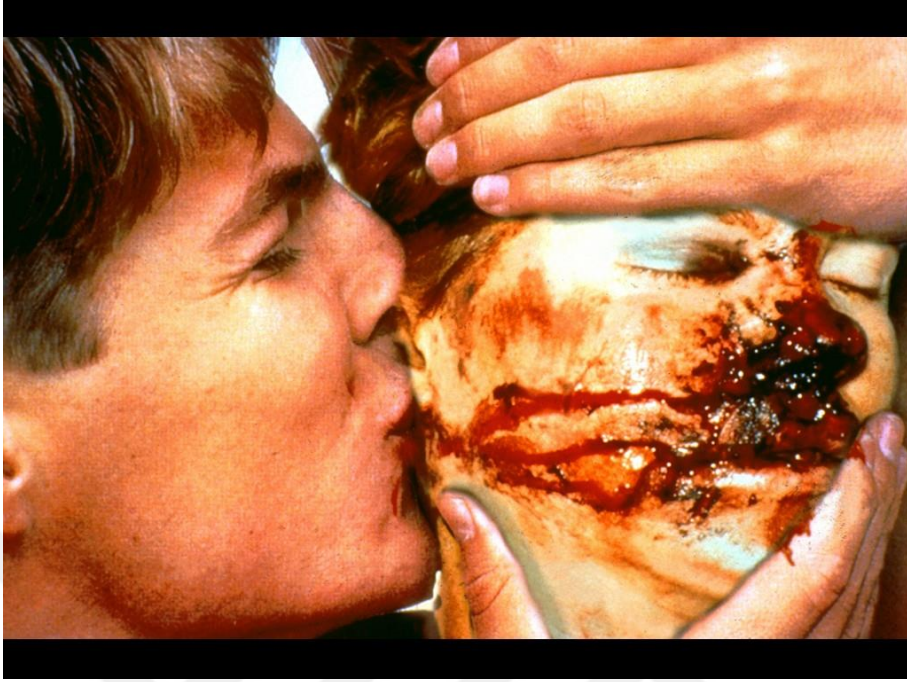


Ek Şekil 14. 1932 no'lu nahoş içerikli UDRS görüntüsü



Ek Şekil 15. 2205 no'lu nahoş içerikli UDRS görüntüsü

Ek 1'in devamı



Ek Şekil 16. 2352 no'lu nahoş içerikli UDRS görüntüsü



Ek Şekil 17. 3400 no'lu nahoş içerikli UDRS görüntüsü

Ek 1'in devamı



Ek Şekil 18. 6350 no'lu nahoş içerikli UDRS görüntüsü



Ek Şekil 19. 6550 no'lu nahoş içerikli UDRS görüntüsü

Ek 1'in devamı



Ek Şekil 20. 1460 no'lu hoş içerikli UDRS görüntüsü



Ek Şekil 21. 1500 no'lu hoş içerikli UDRS görüntüsü

Ek 1'in devamı



Ek Şekil 22. 1710 no'lu hoş içerikli UDRS görüntüsü



Ek Şekil 23. 1722 no'lu hoş içerikli UDRS görüntüsü

Ek 1'in devamı



Ek Şekil 24. 1750 no'lu hoş içerikli UDRS görüntüsü



Ek Şekil 25. 2058 no'lu hoş içerikli UDRS görüntüsü



Ek 1'in devamı



Ek Şekil 26. 2080 no'lu hoş içerikli UDRS görüntüsü



Ek Şekil 27. 2165 no'lu hoş içerikli UDRS görüntüsü

Ek 1'in devamı



Ek Şekil 28. 2032 no'lu hoş içerikli UDRS görüntüsü



Ek Şekil 29. 2340 no'lu hoş içerikli UDRS görüntüsü

## ÖZGEÇMİŞ

13.09.1984 tarihinde Trabzon'da doğdu. İlkokul, ortaokul ve lise öğrenimini Trabzon'da tamamladı. 2003 yılında başladığı On Dokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik–Elektronik Mühendisliği Bölümü'nden 2008 yılında Elektrik-Elektronik Mühendisi ünvanı ile mezun oldu. 2009-2010 yılı bahar döneminde Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. 2012-2013 yılı bahar döneminde yüksek lisans eğitimini tamamlayarak, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda doktora eğitimine başladı. 2013 tarihinden itibaren İstanbul Arel Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır. Yabancı dil olarak İngilizce bilmektedir.

### **SCI/ SCI-E indekslerine giren dergilerde yayınlanan makaleler**

- Kayıkçıoğlu, T., Maleki, M. ve Eroğlu, K., 2015. Fast and Accurate PLS-Based Classification of EEG Sleep Using Single Channel Data, Expert Systems Applications, 42, 7825-7830.
- Kurt, P., Eroğlu, K., Bayram T. K. ve Güntekin, B., 2017. The Modulation of Delta Responses in the Interaction of Brightness and Emotion, International Journal of Psychophysiology, 112, 1-8.
- Eroğlu, K., Kayıkçıoğlu, T. ve Osman, O., 2020. Effect of Brightness of visual stimuli on EEG signals, Behavioral and Brain Sciences, 382.

### **Hakemli konferans/ sempozyumların bildiri kitaplarında yer alan yayınlar**

- Maleki, M. Eroğlu, K., Aydemir, Ö., Manshoori ve N., Kayıkçıoğlu, T., 2013. A new method for selection optimum k value In k-NN classification algorithm, 21. IEEE Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları, Kıbrıs.
- Eroğlu, K., Maleki, M. ve Kayıkçıoğlu, T., 2013. Fast and High Accuracy Classification of Sleep Eeg using PLSR Method, 21. IEEE Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları, Kıbrıs.
- Eroğlu, K., Mehmetoğlu, E. ve Kılıç, N., 2014. Success of Ensemble Algorithms in Classification of Electrical Impadence Spectroscopy Breast Tissue Records, 22. IEEE Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları, Trabzon.

- Eroğlu, K., Kurt, P., Kayıkçıoğlu, T. ve Osman, O., 2015. Determining the Effect of luminance on the EEG measurement with STFT method, Tıp Teknolojileri Ulusal Kongresi, Muğla.
- Eroğlu, K., Kurt, P., Kayıkçıoğlu, T. ve Osman, O., 2016. Investigation of luminance effect on the emotional assessment using Hjorth descriptors, Tıp Teknolojileri Ulusal Kongresi, Antalya.
- Eroğlu, K., Kurt, P., Kayıkçıoğlu, T. ve Osman, O., 2016. Investigation the Effect of Luminance Level on the Image in EEG Recordings using Wigner Ville Distrubition, Elektrik-Elektronik, Bilgisayar, Biyomedikal Mühendislikleri Bilimsel Toplantısı, İstanbul.
- Eroğlu, K., Kurt, P., Kayıkçıoğlu, T. ve Osman, O., 2016. Investigation the effect of luminance level on the emotional assesment in EEG recordings using wavelet transform, 24. IEEE Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları, Zonguldak.
- Eroğlu, K. ve Palabas, T., 2016. The impact on the classification performance of the combined use of different classification methods and different ensemble algorithms in chronic kidney disease detection, Elektrik - Elektronik ve Biyomedikal Mühendisliği Konferansı, Bursa.
- Eroğlu, K., Kurt, P., Kayıkçıoğlu, T. ve Osman, O., 2017. Observation of the effect of the increase in luminance level on emotional assessment in EEG records using Welch method, 25. IEEE Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları, Antalya.
- Eroğlu, K., Kurt, P., Kayıkçıoğlu, T. ve Osman, O., 2017. Investigation of the Effect of Luminance Level on Emotional Evaluation by P300 Waves Observed in EEG Records, Tıp Teknolojileri Ulusal Kongresi, Trabzon.
- Eroğlu, K., Kurt, P., Kayıkçıoğlu, T. ve Osman, O., 2017. Investigation of Luminance Effect on the Emotional Assessment using Principle Components Analysis Method, 40. International Conference on Telecommunications and Signal Processing, 2017, Barselona-İspanya.
- Palabaş, T. ve Eroğlu, K., 2018. Occupancy Detection from Temperature, Humidity, Light, CO2 and Humidity Ratio Measurements using Machine Learning, 26. IEEE Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları, İzmir.