

**BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
BİYOMEDİKAL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
BİYOMEDİKAL MÜHENDİSLİĞİ TEZLİ YÜKSEK LİSANS  
PROGRAMI**

**TIKAYICI UYKU APNESİNİN KONUŞMA SİNYALLERİNİN  
DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZLERİ İLE TESPİT EDİLMESİ**

**HAZIRLAYAN**

**YASEMİN UYAR TOPRAK**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**TEZ DANIŞMANI**

**DR. ÖĞR. ÜYESİ DERYA YILMAZ**

**TEZ ORTAK DANIŞMANI**

**DOÇ. DR. METİN YILDIZ**

**ANKARA – 2020**

**BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU**

Tarih: 25/06/ 2020

Öğrencinin Adı, Soyadı: Yasemin UYAR TOPRAK

Öğrencinin Numarası: 20511131

Anabilim Dalı: Biyomedikal Mühendisliği

Programı: Biyomedikal Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans

Danışmanın Unvanı/Adı, Soyadı: Dr. Öğr. Üyesi/ Derya YILMAZ

Tez Başlığı: Tıkayıcı Uyku Apnesinin Konuşma Sinyallerinin Doğrusal Olmayan Analizleri ile Tespit Edilmesi

Yukarıda başlığı belirtilen Yüksek Lisans tez çalışmamın; Giriş, Ana Bölümler ve Sonuç Bölümünden oluşan, toplam 90 sayfalık kısmına ilişkin, 25/06/2020 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 3'tür. Uygulanan filtrelemeler:

1. Kaynakça hariç
2. Alıntılar hariç
3. Beş (5) kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

“Başkent Üniversitesi Enstitüleri Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Usul ve Esaslarını” inceledim ve bu uygulama esaslarında belirtilen azami benzerlik oranlarına tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Öğrenci İmzası:

Onay

25/06/2020

Dr. Öğr. Üyesi, Derya YILMAZ

## TEŞEKKÜR

Tez çalışmamda akademik bilgi ve tecrübeleriyle bana yol gösteren, gerekli araştırma ve geliştirme çabalarımnda yardımlarını esirgemeyen çok değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi, Derya YILMAZ'a ve tez eş danışman hocam Doç. Dr. Metin YILDIZ'a teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamın tamamlanmasında olumlu ve yapıcı eleştirileriyle beni yönlendiren tez izleme komitesi üyeleri, çok değerli hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

Tez süresince desteğini esirgemeyen çok değerli genel müdürüm Sayın Hüseyin İNCEÖZ'e teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamın tamamlanması süresince manevi desteğini ve yardımlarını her zaman hatırlayacağım sevgili arkadaşım Tuğçe KANTAR UĞUR'a teşekkürlerimi sunarım.

Ses kayıtlarının alınması sırasında sağladıkları kolaylıklar ve yardımları için Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesi Psikiyatri bölümü öğretim üyesi Prof. Dr. Sinan Yetkin'e ve birlikte çalıştığı uyku merkezi kliniğindeki ekibine teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım sırasında gösterdikleri sabır, sevgi ve destek için eşim Özgür TOPRAK'a ve aileme teşekkürlerimi sunarım.

# ÖZET

**Yasemin UYAR TOPRAK**

## **TIKAYICI UYKU APNESİNİN KONUŞMA SİNYALLERİNİN DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZLERİ İLE TESPİT EDİLMESİ**

**Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Biyomedikal Mühendisliği Anabilim Dalı**

**2020**

Tıkayıcı Uyku Apnesi (TUA) en sık görülen uyku bozukluklarından biridir. TUA Altın Standart Tanı Yöntemi Polisomnografidir. TUA tanısı, bir gece uykusu boyunca çok sayıda fizyolojik parametrenin kaydı ve bu kayıtların skorlanması sonucunda konulabilmektedir. Uygulanması sırasında karşılaşılan zorluklar ve maliyetinin yüksek olması nedeniyle, son yıllarda TUA tespitinde Polisomnografinin yerine basitleştirilmiş yaklaşımların geliştirilmesine yönelik çalışmalar önem kazanmıştır. Hastaların evlerinde kendi başlarına kaydedebilecekleri fizyolojik parametrelerin ve TUA belirteçlerinden biri olan horlama seslerinin değerlendirilmesini içeren çalışmalar, apne tespitinde belli oranda başarı göstermişlerdir. Ancak bu yöntemlerde gece boyunca kayıt yapılması dezavantajı ortadan kaldırılamamıştır. Son yıllarda, solunum ve ses yolunun ortak olmasını dikkate alan çalışmalarda, hastalar uyanırken kaydedilen birkaç dakikalık ünlü harfleri içeren konuşma seslerinin klasik ses analizleriyle değerlendirilmesi yaklaşımıyla TUA tespitine odaklanılmıştır.

Bu çalışmada, literatürdeki çalışmalardan farklı olarak, TUA hastalarında uyku sırasında sarkarak solunum yolunu tıkayan kaslar (art damak, yumuşak damak, küçük dil veya dil kökü) tarafından üretilen ünsüz sesler kullanılarak yüksek doğrulukla TUA tespiti yapmak amaçlanmıştır.

Çalışmada, 20 TUA hastası ve 20 sağlıklı denekten alınan; {/ca/, /ci/, /cɪ/, /cu/, /ga/, /gi/, /gɪ/, /gu/, /ha/, /hi/, /hɪ/, /hu/, /ka/, /ki/, /kɪ/, /ku/, /na/, /ni/, /nɪ/, /nu/, /sa/, /si/, /sɪ/, /su/} ünsüz ve {/a/, /i/, /ɪ/, /u/} ünlü seslerin doğrusal olmayan doğasını ortaya koyan özellikleri hesaplanmış ve bunların TUA tespit başarımları, K En Yakın Komşu (K-EYK) ve Destek

Vektör Makineleri (DVM) sınıflayıcılarıyla değerlendirilmiştir. Öncelikle doğrusal olmayan özelliklerle sadece ünlü, sadece ünsüz ve tüm sesler için sınıflama yapılmıştır. Ardından, doğrusal olmayan özelliklere klasik ses analizlerinde kullanılan bazı özellikler eklenerek, yapılan sınıflama işlemleri tekrarlanmıştır.

Doğrusal olmayan özelliklerle elde edilen TUA tespit doğrulukları; ünlü, ünsüz ve tüm sesler için sırasıyla, K-EYK ile %97,5, %97,5 ve %100; DVM sınıflayıcısıyla %95, %97,5 ve %96,25 olmuştur. Hem doğrusal olmayan hem de klasik ses analizine ait özelliklerin birlikte kullanıldığı sınıflamalarda ise K-EYK sınıflama doğruluğu sadece ünlü seslerde artarak %100'e ulaşmış, diğer gruplarda neredeyse değişiklik olmamıştır. Bu uygulamadaki DVM doğrulukları ise ünlüler ve tüm sesler için bir miktar artarken (%98,75), ünsüz seslerde (%97,5) değişmemiştir. Bu sonuçlar, ünsüz sesler için doğrusal olmayan özelliklerin ayırt edici olduğunu göstermektedir. Elde edilen sonuçlar, doğrusal olmayan özelliklerin hem ünsüz hem de ünlü sesler için, klasik ses analizleri ile literatürde elde edilenlerden çok daha yüksek TUA tespit başarımı sağladığını göstermektedir.

Sonuç olarak bu tez çalışmasında, TUA hastası kişilerden alınacak birkaç dakikalık ses kaydı ve doğrusal olmayan analizlerle daha önce klasik ses analizlerini kullanarak TUA tespiti yapan çalışmaların ulaştığı başarımların değerlerinin oldukça üzerinde değerlere ulaşılmıştır. Çalışmada önerilen sistemin, başarılı TUA ön tanısı yapılabileceği öngörülmektedir.

**ANAHTAR KELİMELER:** Tıkayıcı Uyku Apnesi, Doğrusal Olmayan Zaman Serisi Analizleri, Konuşma Sinyali Analizleri, Sınıflandırıcılar.

# ABSTRACT

**Yasemin UYAR TOPRAK**

## **DETERMINATION OF OBSTRUCTIVE SLEEP APNEA WITH NONLINEAR ANALYSIS OF SPEAKING SIGNALS**

**BaskentUniversityInstitute of Science**

**Department of BiomedicalEngineering**

**2020**

Obstructive Sleep Apnea (OSA) is one of the most common sleep disorders. Polysomnography is a gold standard diagnostic method for OSA. OSA can be diagnosed as a result of recording many physiological parameters of patients during a night's sleep and scoring these records. Due to the difficulties encountered during its implementation and the high cost, the studies for the development of simplified approaches instead of Polysomnography in OSA detection have gained importance in recent years. Studies involving the evaluation of physiological parameters and snoring sounds, which are one of the OSA markers, that patients can record on their own at home, have shown some success in the detection of apnea. However, in these methods, the disadvantage of recording night long could not be eliminated. In recent years, studies, that take into account the commonness of the respiratory and vocal tract, focus on OSA detection with the approach of evaluating the speech sounds containing a few minutes of vowels recorded while patients are awake by using the classical sound analysis.

In this study, unlike the studies in the literature, it was aimed to detect OSA with high accuracy using consonant sounds produced by the muscles (art palate, velum, uvula or tongue root) that shake during sleep and block the airway in OSA patients.

In the study, the characteristics revealing the nonlinear nature of consonant {/ca/, /ci/, /cɪ/, /cu/, /ga/, /gi/, /gɪ/, /gu/, /ha/, /hi/, /hɪ/, /hu/, /ka/, /ki/, /kɪ/, /ku/, /na/, /ni/, /nɪ/, /nu/, /sa/, /si/, /sɪ/, /su/} and vowel {/a/, /i/, /ɪ/, /u/} sounds obtained from 20 OSA patients and 20 healthy subjects were calculated, and their OSA detection performances were evaluated with the K Nearest Neighbors (K-NN) and Support Vector Machines (SVM) classifiers. Firstly, classification is made only for vowels, only consonants and all sounds with nonlinear

features. Then, some properties used in classical sound analysis were added to the nonlinear features and the classification procedures were repeated.

OSA detection accuracies obtained with nonlinear features were found as 97.5%, 97.5% and 100% (with K-NN); 95%, 97.5% and 96.25% (with DVM), for vowels, consonants and all sounds, respectively. In classifications where both non-linear and classical sound analysis features are used together, K-NN classification accuracy increased only in vowel sounds and reached 100%, while other groups almost did not change. DVM accuracies in this application were slightly increased for vowels and all voices (98.75%), but did not change for consonant voices (97.5%). These results indicate that nonlinear features are distinctive for consonant sounds. The obtained results show that nonlinear features provide much higher OSA detection performance for both consonant and vowel sounds than those reported in the literature with classical sound analysis.

As a result, in this thesis study, we reached higher values with a few minutes of voice recording to be taken from OSA patients and nonlinear time series analysis than those achieved by previous studies, using traditional sound analysis. It is anticipated that the system proposed in the study can successfully make pre-diagnosis of OSA.

**KEYWORDS:** Obstructive Sleep Apnea, Nonlinear Time Series Analysis, Classifiers, Speech Signal Analysis.

# İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
ÖZET .....	ii
ABSTRACT .....	iv
İÇİNDEKİLER.....	vi
TABLolar LİSTESİ .....	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ .....	xii
1. GİRİŞ .....	1
1.1. Çalışmanın Konusu .....	1
1.2. Çalışmanın Amacı ve Önemi .....	2
2. GENEL BİLGİLER.....	5
2.1. Tıkalıcı Uyku Apnesi (TUA) Sendromu .....	5
2.1.1. Tıkalıcı uyku apnesinin semptomları .....	6
2.2. Tıkalıcı Uyku Apnesi Tanı Yöntemleri .....	8
2.2.1. Polisomnografi (PSG) .....	8
2.2.2. Alternatif tanı yöntemleri.....	9
2.3. Ses .....	10
2.3.1. İnsan sesleri .....	11
2.3.2. İnsan seslerinin uyku apnesi ile ilişkisi .....	11
2.3.3. Konuşma seslerinden TUA tespitine yönelik çalışmalar .....	14
2.4. Mikrofonlar.....	16
2.4.1. Mikrofonların seçimini etkileyen faktörler .....	17
2.4.2. Mikrofon çeşitleri.....	18
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	21
3.1. Yöntem .....	21
3.2. Geliştirilen Bilgisayar Tabanlı Ses Kayıt Sistemi.....	23
3.3. Ses Kayıt Sistemi için Mikrofon Seçimi .....	26
3.4. Deney Grubu ve Veri Kayıtları.....	26
3.5. Veri Setinin Hazırlaması.....	27
3.6. Gürültünün Azaltılması .....	30
3.7. Çalışmada Kullanılan Klasik Ses Analiz Parametreleri.....	33

3.7.1. Spektral analiz ile formant frekanslar ve güçlerin tespiti.....	33
3.7.2. Doğrusal öngörülü kodlama (DÖK).....	35
3.7.3. Mel-frekans kepsral katsayıları (MFKK) .....	35
3.8. Doğrusal Olmayan Analiz ve Hesaplanan Özellikler.....	36
3.8.1. Zaman gecikmesinin hesaplanması .....	37
3.8.2. Yerleştirme boyutunun hesaplanması.....	38
3.8.3. Lyapunov üsteli .....	40
3.8.4. Higuchi boyutu .....	42
3.8.5. Entropiler.....	42
3.8.6. Relief özellik seçimi.....	44
3.9. Sınıflama Algoritmaları .....	45
3.9.1. Destek vektör makineleri (DVM) .....	46
3.9.2. K-en yakın komşu (K-EYK) algoritması .....	48
3.9.3. Sınıflandırıcıların performansının belirlenmesinde kullanılan parametreler .....	49
4. ANALİZLERDE ELDE EDİLEN SONUÇLAR .....	54
4.1. Veri Seti .....	54
4.2. Hesaplanan Özellikler .....	55
4.3. Relief Sonuçları.....	64
4.4. Sınıflandırma .....	73
4.4.1. Doğrusal olmayan parametreler kullanılarak sınıflandırma .....	73
4.4.2. Doğrusal ve doğrusal olmayan parametreler kullanılarak sınıflandırma .....	79
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	87
KAYNAKLAR.....	91
<b>EKLER</b>	
EK 1: Geliştirilen Bilgisayar Tabanlı Ses Kayıt Sistemi Yazılım Kodları	
EK 2: Etik Kurul İzin Formu	
EK 3: Ses Dosyası Ayırıştırma Programı	
EK 4: Sessiz Harf Tespit Programı	
EK 5: Gönüllü Onam Formu	

## TABLULAR LİSTESİ

	<b>Sayfa</b>
Tablo 2.1. Apne-Hipopne indeksine göre belirlenen uyku apne sendromunun derecesi. ....	6
Tablo 2.2. TUA Semptomları. ....	7
Tablo 2.3. Standart PSG’de ölçülen parametreler. ....	8
Tablo 2.4. Mikrofon seçimini etkileyen faktörler [126]. ....	17
Tablo 3.1. Harflerin özelliklerine göre sınıflandırılması. ....	22
Tablo 3.2. Ses kayıtlarında kullanılan ünlü ve ünsüz sesler. ....	27
Tablo 3.3. Tüm ünlü ve ünsüz seslerin başlangıç ve bitiş değerleri tablosu. ....	29
Tablo 3.4. Veri tabanına göre hata matrisi. ....	50
Tablo 4.1. Demografik özelliklerin gruplara göre değerlendirilmesi ve dağılımları. ....	54
Tablo 4.2. Analiz edilen tüm sesler için hesaplanan parametreler. ....	55
Tablo 4.3. /a/, /i/, /ı/, /u/ ünlü grubunun ortalama ve standart sapma değerleri. ....	57
Tablo 4.4. /ca/, /ci/, /cı/, /cu/ ünsüz seslerin ortalama ve standart sapma değerleri. ....	58
Tablo 4.5. /ga/, /gi/, /gı/, /gu/ ünsüz seslerin ortalama ve standart sapma değerleri. ....	59
Tablo 4.6. /ha/, /hi/, /hı/, /hu/ ünsüz seslerin ortalama ve standart sapma değerleri. ....	60
Tablo 4.7. /ka/, /ki/, /kı/, /ku/ ünsüz seslerin ortalama ve standart sapma değerleri. ....	61
Tablo 4.8. /na/, /ni/, /nı/, /nu/ ünsüz seslerin ortalama ve standart sapma değerleri. ....	62
Tablo 4.9. /sa/, /si/, /sı/, /su/ ünsüz seslerin ortalama ve standart sapma değerleri. ....	63
Tablo 4.10. Ünlü sesler için oluşturulan özellik vektörü. ....	65
Tablo 4.11. Ünsüz sesler için oluşturulan özellik vektörü. ....	66
Tablo 4.12. Tüm sesler için oluşturulan özellik vektörü. ....	67
Tablo 4.13. Doğrusal olmayan özelliklerin Relief sonuçları. ....	68
Tablo 4.14. Ünlü sesler için oluşturulan özellik vektörü. ....	69
Tablo 4.15. Ünsüz sesler için oluşturulan özellik vektörü. ....	70
Tablo 4.16. Tüm sesler için özellik vektörü. ....	71

Tablo 4.17. Hesaplanan tüm özelliklerin Relief sonuçları. ....	72
Tablo 4.18. Ünlü harf grubu için belirlenen öznitelikler. ....	73
Tablo 4.19. Ünsüz ses grubu için belirlenen öznitelikler. ....	74
Tablo 4.20. Tüm sesler için belirlenen öznitelikler. ....	74
Tablo 4.21. Hassas K-EYK ile Kübik DVM sınıflayıcı sonuçlarının karşılaştırılması.....	79
Tablo 4.22. Ünlü ses grubu için belirlenen öznitelikler. ....	80
Tablo 4.23. Ünsüz ses grubu için belirlenen öznitelikler. ....	80
Tablo 4.24. Tüm sesler için belirlenen öznitelikler. ....	81
Tablo 4.25. Hassas K-EYK ile Kübik DVM sınıflayıcı sonuçlarının karşılaştırılması.....	86
Tablo 4.26. Doğrusal olmayan özellikler ile bütün özelliklerin sınıflama başarımları. ....	86

## ŞEKİLLER LİSTESİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 2.1. TUA sırasında solunum yolu bileşenlerinin durumu. ....	5
Şekil 2.2. Lateral Sefalometrik Görüntü.....	10
Şekil 2.3. Ses Oluşum Mekanizması. ....	12
Şekil 2.4. Ses organları ve ünlülerin üretilmesi sırasında dilin konumu .....	13
Şekil 2.5. Ünsüz harflerin oluşumunda etkili olan ses yolu bileşenleri.....	14
Şekil 2.6. Dinamik Mikrofonun Çalışma Prensibi .....	19
Şekil 2.7. Kondenser Mikrofonun Çalışma Prensibi .....	20
Şekil 3.1. TUA tespitinin belirlenmesi için yapılan çalışmanın blok diyagramı.....	21
Şekil 3.2. Dilin hareketlerine göre ünlü sesler .....	22
Şekil 3.3. Geliştirilen ses kayıt sisteminin grafik kullanıcı arayüzü. ....	23
Şekil 3.4. Geliştirilen ses kayıt sisteminin hasta bilgi girişi bölümüne ilişkin akış diyagramı. ....	24
Şekil 3.5. Geliştirilen ses kayıt sisteminin ses kayıt bölümüne ilişkin akış diyagramı. ....	25
Şekil 3.6. Behringer C-1U kondenser mikrofon.....	26
Şekil 3.7. Ses sinyallerinin kaydedilmesi. ....	27
Şekil 3.8. Bir TUA hastasına ait /a/ sesi örneği.....	29
Şekil 3.9. Bir TUA hastasına ait /ca/ sesi örneği.....	29
Şekil 3.10. Alçak ve yüksek geçiren filtrelerden geçirilen orijinal sinyal.....	30
Şekil 3.11. Örneklemenin şematik diyagram ile gösterilmesi.....	31
Şekil 3.12. Dalgacık ayrıştırma ağacı.....	31
Şekil 3.13. Filtrelenen /i/ sesi örneği .....	32
Şekil 3.14. TUA hastası bir denekten alınan bir /a/ sesinin güç spektral yoğunluğu .....	34
Şekil 3.15. /a/ sesi için zaman gecikmesinin belirlenmesinde kullanılan fonksiyon eğrisi. 38	
Şekil 3.16. /si/ sesine ait gömülü boyutun belirlenmesinde kullanılan fonksiyon eğrisi.....	39
Şekil 3.17. /a/ sesinin üç boyutlu faz uzayındaki çekerleri .....	40

Şekil 3.18. /si/ sesinde sadece /s/ ünsüzüne ait ses için yapılan en büyük Lyapunov üsteli hesabı .....	41
Şekil 3.19. İki olası durum için entropinin olasılık dağılımıyla değişimi .....	43
Şekil 3.20. İki boyutta doğrusal ayrılabilir sınıflar.....	47
Şekil 3.21. İki boyutta ayrılamaz sınıflar ve daha yüksek boyutlu bir özellik uzayındaki bir hiperdüzlemle doğrusal olarak ayrılma .....	48
Şekil 3.22. Bilinmeyen nesnenin k=3 ve k=5 için sınıflandırılması.....	49
Şekil 3.23. Duyarlılık ve Özgüllük.....	52
Şekil 3.24. ROC Eğrisi .....	53
Şekil 4.1. Hassas K-EYK modelinin ünlü (a), ünsüz (b) ve tüm sesler (c) için eğitim sonuçlarına ait hata matrisleri ve ROC eğrileri.....	75
Şekil 4.2. Hassas K-EYK modelinin ünlü (a), ünsüz (b) ve tüm sesler (c) için test sonuçlarına ait hata matrisleri ve ROC eğrileri.....	76
Şekil 4.3. Kübik DVM modelinin ünlü (a), ünsüz (b) ve tüm sesler (c) için sonuçlarına ait hata matrisleri ve ROC eğrileri. ....	77
Şekil 4.4. Kübik DVM modelinin ünlü (a), ünsüz (b) ve tüm sesler (c) için test sonuçlarına ait hata matrisleri ve ROC eğrileri.....	78
Şekil 4.5. Hassas K-EYK modelinin ünlü (a), ünsüz (b) ve tüm sesler (c) için eğitim sonuçlarına ait hata matrisleri ve ROC eğrileri.....	82
Şekil 4.6. Hassas K-EYK modelinin ünlü (a), ünsüz (b) ve tüm sesler (c) için test sonuçlarına ait hata matrisleri ve ROC eğrileri.....	83
Şekil 4.7. Kübik DVM modelinin ünlü (a), ünsüz (b) ve tüm sesler (c) için sonuçlarına ait hata matrisleri ve ROC eğrileri. ....	84
Şekil 4.8. Kübik DVM modelinin ünlü (a), ünsüz (b) ve tüm sesler (c) için test sonuçlarına ait hata matrisleri ve ROC eğrileri.....	85

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

AHI	Apne-Hipopne İndeksi
AUC	Area Under Curve
BT	Bilgisayarlı Tomografi
DÖK	Doğrusal Öngörülü Kodlama
DVM	Destek Vektör Makineleri
EEG	Elektroensefalografi
EKG	Elektrokardiyografi
EMG	Elektromiyografi
EOG	Elektrookülografi
ICSD	International Classification of Sleep Disorders
KBB	Kulak Burun Boğaz
K-EYK	K-En Yakın Komşu
MATLAB GUI	MATLAB Grafiksel Kullanıcı Arayüzü
MFKK	Mel-Frekans Kepstral Katsayıları
MRG	Manyetik Rezonans Görüntüleme
NREM	Non Rapid Eye Movement
PSG	Polisomnografi
REM	Rapid Eye Movement
ROC	Receiver Operating Characteristic
TUA	Tıkaçıcı Uyku Apnesi
ÜSY	Üst Solunum Yolu

# 1. GİRİŞ

## 1.1. Çalışmanın Konusu

Uyku, geçici olarak bilincin kaybolması ile dış uyaranların bir kısmının veya tamamının algılanmadığı, bununla beraber tepki gücü zayıflayarak vücudumuzdaki birçok organın faaliyetlerinin büyük ölçüde azaldığı bir dinlenme durumu olarak tanımlanabilir.

İnsan vücudunun zihinsel ve fiziksel olarak sağlıklı kalabilmesi için uyku çok önemlidir. Düzenli ve kaliteli bir uyku, vücudun ve tüm hayati işlevlerin fiziksel ve zihinsel olarak yeniden düzenlenmesini sağlar. Dolayısıyla yaşamımızın üçte birini oluşturan uyku sırasındaki bir bozukluk ve/veya kesinti birçok sağlık problemine sebep olabilmektedir.

Uyku hastalıkları konusunda ilk sınıflama 1979 yılında o tarihteki adıyla “American Sleep Disorders Association” tarafından ve “Uyku ve Arousal bozukluklarının tanısal sınıflaması” başlığı altında yayınlanmıştır. Uluslararası Uyku Hastalıkları Sınıflaması'nın üçüncü basımına (International Classification of Sleep Disorders Version 2 –ICSD (3)) göre uyku ile bağlantılı bozukluklar altı ana başlık altında yayınlanmış olup bunlar; insomniler (uyku ile bağlantılı solunum bozuklukları), parasomniler (uyku ile bağlantılı davranış bozuklukları), hipersomni ile beraber seyreden santral hastalıklar, sirkadiyen (ritim uyku-uyanıklık bozuklukları), ve diğer uyku bozukluklarıdır [1]. Bu sınıflandırmaya göre uykunun 85 farklı hastalığı vardır. Bu hastalıkların en önemli iki grubu insomnia ve uyku apnesi başta olmak üzere uykuda solunum bozukluklarıdır.

Uyku apnesi, uykuda tekrarlayıcı soluk kesilmeleri ile karakterize bir hastalık olup tedavisi ihmal edildiğinde vücudumuzdaki her sisteme (fiziksel ve/veya psikolojik) ciddi zararlar verebilmektedir. Bu nedenle uyku apne rahatsızlığı olan hastalar farklı şikayetleri sonucunda farklı sistemleri ilgilendiren kliniklere başvurabilmektedirler. Uyku apne rahatsızlığı olan hastalar genelde göğüs hastalıkları ve kulak, burun, boğaz (KBB) uzmanları tarafından uyku laboratuvarlarına yönlendirilmektedir. Uyku laboratuvarlarına başvuran hastalar çoğunlukla gündüz uykululuğundan yakınmaktadır. Bununla birlikte dikkat eksikliği, iş performansında azalma, kaza ve travmalarda eğilim artışı bu hastalar tarafından sıkça belirtilen şikayetlerdir.

Uyku testi olarak tanımlanan polisomnografi (PSG), uyku sırasında hastada değişen fizyolojik aktiviteyi gözlemleyebilmek, ölçebilmek ve kaydedebilmek için kullanılır. Polisomnografi ile farklı fizyolojik bölgelerden alınan elektriksel sinyaller, uyku yapısının

değerlendirilmesine ve uyku sırasındaki patolojik, biyolojik ve psikolojik birçok değişimin, REM (Rapid Eye Movement) ve NREM (Non Rapid Eye Movement) olarak bilinen uyku dönemleri ile tanımlanmasına, ayrılmasına ve incelenmesine olanak vermektedir. Uyku apne teşhisinde altın standart tanı yöntemi olarak kullanılan polisomnografi ile hastadan alınan bu verilerin bir uzman hekim tarafından skorlanması gerekir.

Tıkaçıcı Uyku Apnesi (TUA) tanısında kullanılan polisomnografi, gece uykusu süresince birçok fizyolojik sinyalin kaydedilmesini ve bunların bir uzmanca değerlendirilmesini gerektirdiğinden, maliyeti yüksek ve uzun zaman alan bir yöntemdir. Bu dezavantajlarından dolayı son yıllarda polisomnografinin yerine daha basit ve uygulanması kolay yöntemlerin geliştirilmesi için yapılan çalışmalar ağırlık kazanmıştır.

TUA'lı kişilerde uyku sırasındaki solunum ve horlama seslerinin akustik özelliklerindeki değişimlerden yararlanarak uykuyla ilişkili sesleri apne tespitinde kullanan bazı çalışmalar yapılmıştır [2,3,4,5]. Bu çalışmalardan yola çıkılarak, TUA hastalarının üst solunum yolu (ÜSY) kaslarında görülen değişimlerin, kişinin normal konuşma seslerini de etkileyebileceği değerlendirilerek, konuşma seslerini TUA tanısı için kullanan çalışmalar gerçekleştirilmeye başlanmıştır.

## **1.2. Çalışmanın Amacı ve Önemi**

Tıkaçıcı Uyku Apnesi (TUA), en sık görülen uyku bozukluklarından biridir. Dünyada farklı toplumlar üzerinde yapılan araştırmalar incelendiğinde apne rahatsızlığının görülme sıklığının kadınlarda %2,1-%4,5 aralığında iken erkeklerde %3,1-%7,5 aralığında olduğu görülmektedir [6,7,8,9,10,11,12,13]. Her yaşta kadın ve erkekte görülebilmekte ancak erkeklerde kadınlara oranla yaklaşık iki kat daha fazla görüldüğü belirtilmektedir. Ülkemizde %0,9 – 1,9 olarak bilinmektedir [14]. Amerika Birleşik Devletleri'nde, 30-65 yaş aralığındaki yaklaşık 12 milyon bireyin uyku apne problemine sahip olduğu ve bu bireylerin yaklaşık %25'nin apne derecelerinin orta veya ağır olduğu öngörülmektedir [15]. TUA sendromu tedavi edilmediği durumda kişinin ölümüne sebep olabilecek hayati risklere yol açabilir.

TUA tanısı için çeşitli klinik, radyolojik veya endoskopik yöntemler önerilse de altın standart tanı yöntemi olarak polisomnografi kullanılmaktadır. Çok sayıda fizyolojik sinyal kaydı ve analizinin yapılması gerektiren polisomnografinin, hastane ortamında gece boyu kalmayı gerektirmesi, kişiye bağlanan sensörlerin çıkması ihtimaline karşın uzman bir kişinin gece boyunca hastaları takip etmesi gereksinimi, kişilerin gözlem altında uyuma

güçlüğü çekmesi, sınırlı sayıdaki uyku merkezinde uygulanabilmesi sebebi ile bu tetkikin uygulanması için uzun sıralar beklenmesi ve pahalı olması gibi birçok dezavantajı vardır. Bu dezavantajlar dikkate alınarak, hastanın gece uykusu sırasında, kendi evinde birkaç fizyolojik parametreyi kaydederek, bunları hastaneye iletmesi ve bu kayıtlardan TUA tespiti yapılmaya çalışılması şeklinde yöntemler önerilmiştir [16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26]. Son yıllarda buna alternatif olarak, TUA'ya, kişilerin ses yolu üzerindeki kaslarında meydana gelen sorunların yol açtığı değerlendirilerek, kişiler uyanırken yapılan birkaç dakikalık ses kayıtlarının analiz edilmesi ile TUA tespiti yapan bilimsel çalışmalar ve patentler görülmeye başlanmıştır [27,28,29,30].

İnsanda konuşma sesi üretimi; ciğerlerden çıkan basınçlı havanın kontrolü ve ses yolu üzerindeki çeşitli bileşenler tarafından (ses telleri, boğaz, ağız, diş, dudak, burun vb.) şekillendirilmesi ile gerçekleşir [31]. Ünlü harflere ilişkin sesler, ses tellerinin titreşimleri tarafından oluşturulup; dil, çene ve dudakların katkısı ile şekillendirilir. Ortaya çıkan ünlü ses, bir temel frekansı olmasına rağmen, sesin şekillendirilmesinde etkili olan organların uyguladığı filtrelemeler sebebi ile tamamen periyodik ve sabit genlikli değildir. Apne tespiti için konuşma sesi analizi yapan çalışmalarda çoğunlukla, üretilen sesin zaman ve frekans düzlemindeki özelliklerinin incelendiği klasik ses analizi yöntemleri kullanılmıştır [27,28,29,30,32,33].

Ünsüz sesler ise ses tellerinden ziyade ses yolu üzerindeki organların (boğaz, ağız, diş, dudak, burun vb.) sesin çıkarılması sırasında aldığı şekillerle ortaya çıkmaktadır [34]. Ünsüz sesler ötümlü ve ötümsüz şeklinde iki gruba ayrılır. Ötümlü ünsüzlerin seslendirilmesinde hem ses telleri hem de hava yolundaki diğer bileşenler etkilidir. Ötümsüz sesler oluşturulurken ses telleri açıktır. Ağız ve/veya burun boşluğundaki bileşenlerin uyguladığı kuvvetlerle hava türbülanslar yaparak ağızdan çıkar. Türbülans yapısı gereği doğrusal olmayan bileşenler içerdiğinden, bu sesleri klasik ses analiz yöntemleri ile karakterize etmek zordur [35].

Uyanık kişilerden alınan ses kayıtları ile TUA tespiti yapan çalışmalarda, ünlü veya geniz tarafından şekillendirilen birkaç ötümlü ünsüz ses ve bunların analizleri kullanılmıştır [33]. TUA'lı kişilerde deforme olarak solunum yolunu tıkayan kaslar (bazı ünsüz seslerin oluşturulmasında birinci derece etkili olan kaslar) tarafından oluşturulan ünlü ve ünsüz seslerin, doğrusal olmayan analiz yöntemleri ile incelenmesi, TUA tanısı için konuşma seslerinin kullanımına ilişkin değerli sonuçlar verebilir. Önerilen metotlardan elde edilen sonuçlar, kişiden kaydedilecek birkaç dakikalık ses kayıtlarının TUA ön teşhisinde kullanılabilirliğini ortaya koyacaktır.

Sonuç olarak bu çalışmada, TUA’lı kişilerden alınacak birkaç dakikalık ses kayıtlarının doğrusal olmayan yaklaşımlar kullanılarak analiz edilmesi ve bu sayede;

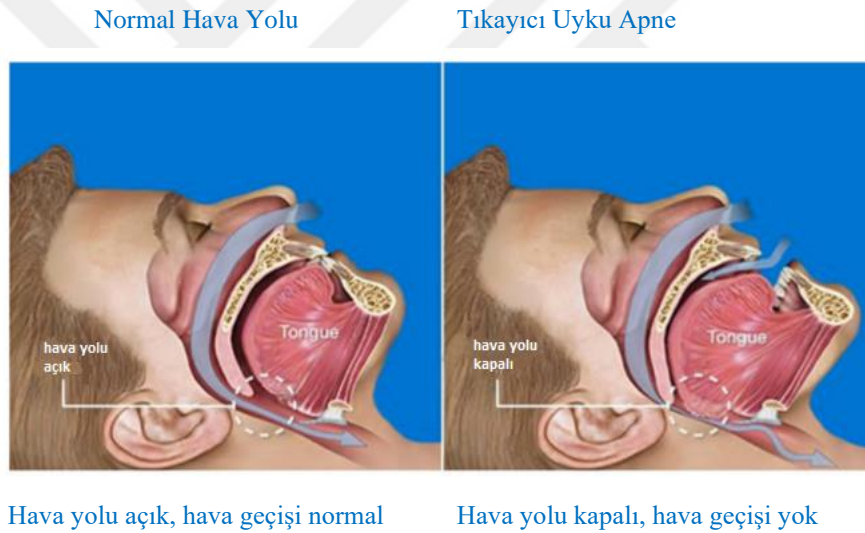
- Seslerin doğrusal olmayan zelliklerinin TUA tespitinde kullanılabilirliğinin değerlendirilmesi,
- Önerilen yöntemlerle TUA tespiti başarımının, sınıflama algoritmaları kullanılarak belirlenmesi,
- TUA n teşhisinin birkaç dakikada konulmasını sağlayacak bir karar destek sistemine öncülük edecek veriler elde edilmesi amaçlanmıştır.



## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Tıkayıcı Uyku Apnesi (TUA) Sendromu

Uyku ile ilişkili hastalıklar toplumda oldukça yaygın olarak görülmekte ve bireylerin yaşam kalitesini olumsuz olarak etkilemektedir. Ayrıca; kardiyovasküler, psikiyatrik, metabolik ve nörolojik hastalıkların görülme olasılığını arttırarak bireyin sağlığının bozulmasına sebep olmaktadır. Uyku ile ilişkili bozukluklar sınıflamasında, en önemli gruplardan biri uykuda solunum bozuklularıdır. Bu rahatsızlık tedavi edilmediği durumda, kişinin uykuda ölümüne kadar varan ağır sonuçlar doğurabilir. TUA sırasında, Şekil 2.1.'de görüldüğü gibi; hastaların art damak, yumuşak damak, küçük dil veya dil kökündeki kaslar uyku sırasında sarkarak solunum yolunu tıkarlar.



Şekil 2.1. TUA sırasında solunum yolu bileşenlerinin durumu [36].

Apne, 10 saniye veya daha fazla sürede ağız ve burunda hava akımının olmamasıdır [37]. 10 saniye veya daha fazla sürede hava akımının normalin en az %50 altına düştüğü ve bununla birlikte oksijen saturasyonunda %3'lük bir düşüş meydana geldiği durum ise "hipopne" olarak adlandırılır [24]. Tıkayıcı, santral ve mikst uyku apnesi olmak üzere üç çeşidi vardır. Uyku ile ilişkili solunum bozuklukları içerisinde en yaygın görülen hastalık TUA sendromudur. TUA sırasında; abdomen ve torakstaki solunum çabasının sürmesine karşın ağız ve burunda hava akımı olmaz. TUA sendromunda görülen solunum çabasının yokluğu durumu ise santral apne olarak tanımlanır. Her iki apnenin ard arda görülmesi

durumunda yani başlangıçta hem solunum çabası hem de hava akımı yok iken devamında solunum çabası olmasına karşın hava akımının olmaması durumu mikst apne olarak tanımlanır. Bu apne çeşitleri arasında TUA tüm olguların %90-95'ini kapsamaktadır [14]. Bu nedenle çalışmamızda TUA tespitine odaklanılmıştır.

Uyku evrelerinde oluşan apne ve hipopnelerin toplamı, uykuda geçen süreye (saat) oranlanarak Apne-Hipopne İndeksi (AHİ) bulunur. Bu indeks değerine bakılarak uyku apne sendromunun derecesi (Tablo 2.1.) belirlenir [30].

Tablo 2.1. Apne-Hipopne indeksine göre belirlenen uyku apne sendromunun derecesi.

AHİ	Derece
<5	Normal
5-15	Hafif
16-30	Orta
>30	Ağır

Uyku apnesi, her yaştaki kadın ve erkekte görülebilmeye karşın erkeklerde görülme sıklığı kadınlara göre fazladır. Amerika Birleşik Devletleri'nde, 30-65 yaş aralığındaki yaklaşık 12 milyon bireyin uyku apne problemine sahip olduğu ve bu bireylerin yaklaşık %25'nin apne derecelerinin orta veya ağır olduğu öngörülmektedir [15].

### 2.1.1. Tıkayıcı uyku apnesinin semptomları

TUA'nın başlıca semptomları horlama, özellikle gündüz vakti aşırı uyku hali, tanıklı apne, boğulma hissi ile uyanma ve uykusuzluk olarak görülmektedir [38,39]. TUA semptomları uyku bozukluğuna bağlı ana semptomlar ile kardiyopulmoner ve nöropsikiyatrik semptomlar olmak üzere iki başlık altında toplanabilir (Tablo 2.2.).

Tablo 2.2. TUA Semptomları.

Ana Semptomlar	Kardiyopulmoner Semptomlar	Nöropsikiyatrik Semptomlar
Horlama	Uykuda Boğulma Riski	Baş Ağrısı
Tanımlı Apne	Atipik Göğüs Ağrısı	Yetersiz ve Bölünmüş Uyku
Gündüz Aşırı Uyku Hali	Nokturnal Aritmiler	İnsomnia
Yetersiz Uyku		Karar Verme Yeteneğinde Azalma
Bilişsel Bozukluklar		
Karakter ve Kişilik Değişiklikleri		
İmpotans		

Horlama semptomu, uyku esnasında solunumun kısmi olarak engellenmesi sonucu orofarenkste oluşan gürültülü titreşime ilişkin ses olarak tanımlanabilir. Erişkinlerde görülme sıklığı en az %20 olup, 40 yaş üstü erkeklerde bu oranın %60'a kadar yükseldiği bilinmektedir [40,41]. Horlama, yapılan araştırmalar sonucu en önemli TUA belirtilerinden biridir. TUA üst solunum yolunun daralması ile oluşur ve kimi zaman bu daralma tam anlamıyla tıkanma ile de sonuçlanabilir. TUA hastalarında haftada en az 5 gece veya daha fazla sayıda horlama gerçekleşmektedir [40].

Tanımlı apne semptomu; TUA'lı hastalar genellikle eşleri tarafından fark edilirler. Hastalar eğer apne döngüsü içinde uyanırlarsa bu durumu uyku sırasında nefes alamama, nefes darlığı veya boğulma hissi olarak tarif edebilirler [53].

Gündüz aşırı uyku hali semptomu; uyku zamanı boyunca tekrar eden apne, hipoapne ve arousallar sonucu uyku bölünmeleri yaşayan hastalar bir sonraki gün içerisinde tam olarak uykularını alamamaları nedeniyle aşırı uyku ihtiyacı hissederler [42,43]. Toplumda %5 oranında görülür [44]. Bilişsel bozukluğa bağlı olarak hafızada zayıflama, öğrenme becerilerinde azalma ve reflekslerde zayıflama görülür [45,46,47,48,49,50]. Gündüz aşırı uyku hali spesifik olmayan bir semptom olmasına karşın TUA'lı hastalarda önemli bir belirleyicidir.

Kardiyopulmoner semptomlar; bu hastalarda boğulma hissi ile uyanma durumları ve uyku sırasında güçlü solunum çabasının devam etmesi sebebiyle atipik göğüs ağrıları görülebilir [51]. TUA'lı hastalarda nokturnal aritmiler sık (%50) görülür [52]. Düşük oranlarda ani ölümler veya ventriküler taşikardiler de görülebilir.

Nöropsikiyatrik semptomlar; genellikle hastalar uyandıklarında baş ağrısından yakınırırlar [51]. Hafızada belirgin oranda düşüş ve unutkanlık gibi durumlar söz konusudur.

Bu semptomun belirtilerini gösteren TUA'lı hastaların %30'unda depresyon olduğu belirlenmiştir [53].

## 2.2. Tıkkayıcı Uyku Apnesi Tanı Yöntemleri

### 2.2.1. Polisomnografi (PSG)

Uyku apne sendromunun tanı yöntemlerinde uzman hekim başlangıçta klinik, radyolojik ve endoskopik tanı yöntemlerine başvurur. Ancak uyku apnesi, uyku esnasında ortaya çıkan bir hastalık olması sebebiyle asıl tanı yöntemi olarak polisomnografi (PSG) kullanılmaktadır [54]. PSG uykuda Tablo 2.3.'de verilen birçok fizyolojik parametrenin en az 6 saat süre ile kaydedilmesini, elde edilen kayıtların bir uzman hekim tarafından değerlendirilip raporlanmasını gerektiren bir sistemdir. Ancak bu yöntemin pek çok dezavantajı vardır. En önemlileri; PSG kayıt işlemi için hastanede bir uyku laboratuvarına ve hastanın gözetimi için bu konuda uzman bir klinisyene ihtiyaç duyulması, yeterli donanıma sahip uyku laboratuvarlarının sayısının az olması sebebiyle uzun sürebilecek bekleme listelerinin oluşması, kayıtların minimum 6 saat gibi oldukça uzun sürmesi ve bununla birlikte klinisyenlerin ve cihazların tüm gece çalışmasının gerekmesi ve testin maliyetli olması sayılabilir.

Bunlarla birlikte PSG kaydı için hastanın hastane ortamında uyumasının gerekmesi ve ayrıca birçok parametrenin izlenmesi için hastaya çok sayıda sensör takılması gerekmesi sonucunda hastanın rahat uyuyamamasına sebep olabilmekte ve test tekrarlanabilmektedir. Bu durum zaman ve para kaybına yol açmaktadır. Bu dezavantajlardan dolayı, TUA tanısında PSG dışında daha az parametrenin kullanıldığı başka yöntemler araştırılmıştır.

Tablo 2.3. Standart PSG'de ölçülen parametreler.

1.Elektroensefalografi (EEG)	7.Solunum gazları değişimi
2.Elektrookülografi (EOG)	8.Kol ve bacaklarda kas aktivitesi
3.Elektromiyografi (EMG)	9.Vücut pozisyonu
4.Elektrokardiyografi (EKG)	10.Horlama
5.Solunum efor kaydı	11.Görüntü kaydı
6.Ağız ve burundan hava giriş çıkışının kaydı	

Konu ile ilgili literatür araştırmalarında; solunum parametrelerine [21,25], nazal akış sinyallerine [23], EEG sinyallerine [24] ve EKG'den elde edilen özelliklere [16,17,18,19,55,56] göre uyku apne sendromunun tespitine yönelik çok sayıda çalışmalar bulunmaktadır. Yapılan çalışmaların ortak amacı hastayı rahatsız etmeden, az sayıda parametre ile çalışan sistemler oluşturabilmektir. Bu yöntemlerde, gerekli olan fizyolojik sinyallerin hastanın kendi evinde ve kendisi tarafından kaydedilmesi öngörölmüştür. Ancak bu çalışmaların hiçbirinde istenilen oranda başarı sağlanamamıştır. Hastaların kayıtları kendi başına yapmasında sorunlar (bağlantı problemleri, kayıt cihazları için batarya takibi gerekliliği gibi) ile karşılaşılmıştır. Ayrıca önerilen sistemlerin birçoğu hasta ile kayıt cihazları arasında elektriksel bağlantılar içermekte, hastaya rahatsızlık vermekte ve hastanın uyku sırasındaki hareketlerini sınırlamaktadır.

### **2.2.2. Alternatif tanı yöntemleri**

Radyolojik tanı; kesin bir tanı yöntemi olmamakla birlikte ÜSY'nin görüntülenmesinde önemli bilgi edinimleri sağlar. Hastalığın belirlenme aşamalarında tek başına bir sonuç alınamamakla birlikte yardımcı tanı yöntemi olarak kullanılır ve tedavi esnasında önemli kazanımlar sağlar. Birçok radyolojik tanı yöntemi vardır. Radyolojik tanı yöntemlerinin klinik uygulamalardaki avantaj ve dezavantajlarını bilmek, hastalarda uygulanacak tanı yönteminin seçiminin belirlenmesi için önemlidir [57,58].

Sefalometrik analiz; lateral sefalometrik inceleme kemik ve yumuşak doku sınırlarının radyografik olarak görüntülenmesi ve çeşitli referans noktaları ile ölçümler yapılması için yaygın olarak kullanılır (Şekil 2.2.). Maliyetinin düşük olması, düşük doz radyasyon içermesi, kolay ve hızlı uygulanabilirliği gibi avantajlara sahip bir tetkiktir [58,59]. Yapılan lateral sefalometrik incelemelerde TUA olgularında yer alan bir takım belirleyici ölçümler saptanabilmektedir [58,60,62,63].



Şekil 2.2. Lateral Sefalometrik Görüntü [60].

Manyetik rezonans görüntüleme (MRG); radyasyona maruz kalmadan ÜSY ve çevre yumuşak dokuların incelenmesini sağlar. Hem uyurken hem de uyku halinde iken ÜSY görüntülemeleri yapılabildiği için idealdir [58,59]. Bilgisayarlı tomografi (BT); Baş ve boyun bölgelerinde bulunan yumuşak ve sert doku analizi için yüksek çözünürlükte görüntüleme sağlayan tanı yöntemi olarak kullanılmaktadır [58,59]. MRG ile kıyaslandığında yumuşak doku analizi açısından daha kısıtlı bilgi sağlar. Pahalı ve radyasyon maruziyeti vardır.

Floroskopi; yaygın olarak anjiyografide kullanılan bir görüntüleme yöntemidir. Hem uykuda hem de uyanık durumda ÜSY'nin dinamik olarak incelemesi amacıyla kullanılmaktadır. Radyasyon maruziyeti sebebiyle sınırlı kullanıma sahiptir [58,59]. Endoskopik tanı yöntemi; radyasyon maruziyeti olmayan bu tanı yönteminde ÜSY bölgesi tamamen değerlendirilebilmektedir. İnvaziv bir yöntem olmasına karşın kolay uygulanabilir bir görüntüleme yöntemidir [14].

### 2.3. Ses

Fiziksel olarak ses; gaz, sıvı veya katı ortamlarda oluşan mekanik titreşimlerdir. Tüm mekanik titreşimler işitilemez, işitilebilme durumunun oluşabilmesi için belirli şiddet ve frekans aralıklarında olması gerekir. İnsanda işitme aralığı, yaklaşık 16 Hz ve 20 000 Hz arasındadır [64].

Ses, duyuşal olarak şiddetli veya zayıf olarak ayrılabilmekte ve bu durum sesin fiziksel şiddeti ile ilintilidir. Ses tonu doğrudan frekans ile ilişkilidir ve ince veya kalın olarak ifade edilebilmektedir. Frekansı yüksek olan sesler ince olarak algılanırken, düşük olanlar kalın

olarak algılanır. Sesin niteliği (kalite, tını) ise iki sesin şiddet ve temel frekansı aynı olduğunda seslerin içerdiği armoniklerin sayı ve bağıl genliklerinin farklı olması durumu ile tanımlanmaktadır [64].

### 2.3.1. İnsan sesleri

Konuşmayı oluşturan sesler ünlüler ve ünsüzler olarak iki gruba ayrılır. Ünlülerin oluşumu dil ve konuşma esnasında ağzın formuna göre ön-arka, yükseklik-alçaklık ve yuvarlaklık-düzlük olarak üç sınıfta incelenmektedir [65].

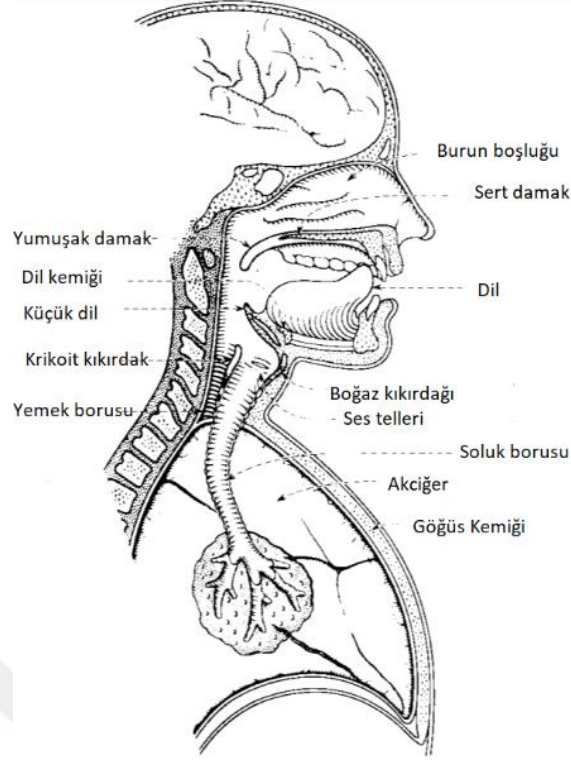
- Ön-Arka : Dilin yatay düzlemde nerede olduğu ile ilgilidir.  
Yükseklik-Alçaklık : Ağız boşluğunun geniş ve darlığı ile ilgilidir.  
Yuvarlaklık-Düzlük : Dudakların durumu ile ilgilidir (büzülmüş veya düz).

Konuşma esnasında dil öne doğru yığılıp dişler de temasa geçerse /i/ ve /ü/ sesleri meydana gelir. Bu seslerin oluşum bölgesi ağzın ön tarafıdır. Dil ağız tabanında ve çene aşağıda iken dil damaktan uzakta ise oluşan ses /a/'dır. Dil yumuşak damağa yani ağzın arka tarafına doğru yığılıp geçiş bölgesi daralırsa u sesi çıkar.

Türkçe'de /i/, /ü/, /ö/, /e/ sesleri ön, /a/ arka orta ve /a/, /ı/, /o/, /u/ sesleri ise arka grubu oluşturur.

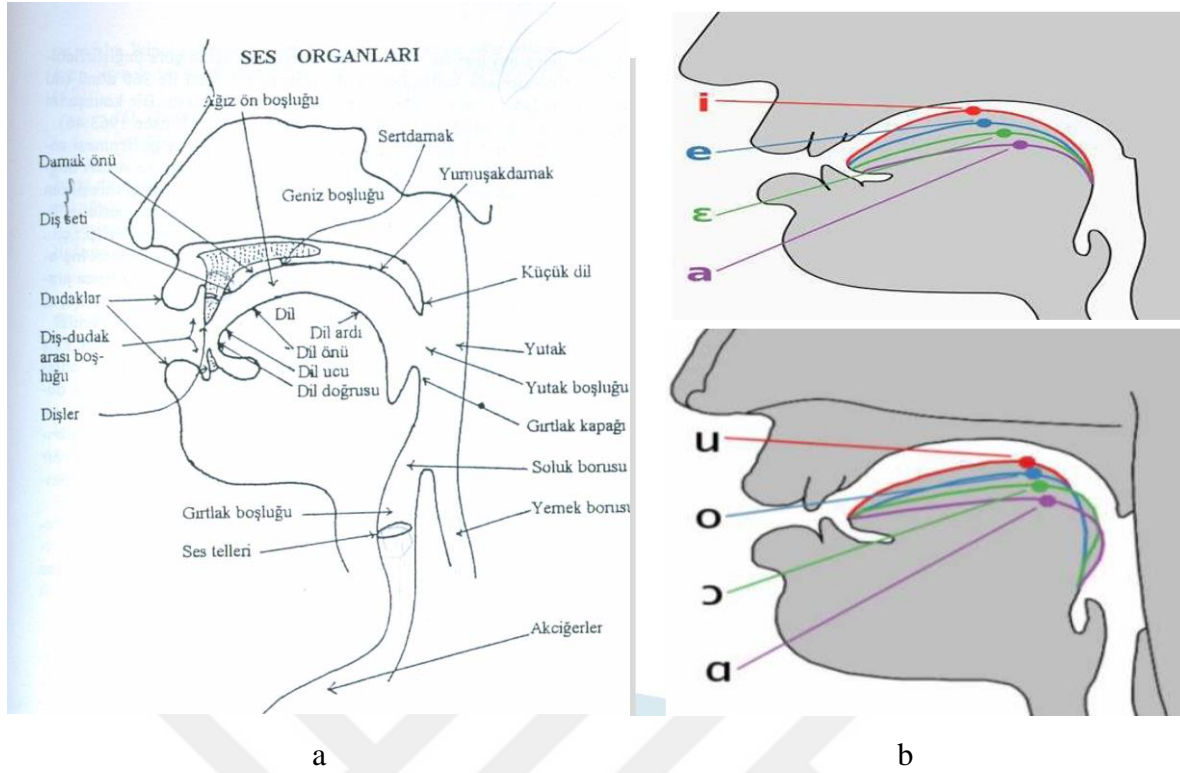
### 2.3.2. İnsan seslerinin uyku apnesi ile ilişkisi

İnsanda konuşma sesi üretimi; göğüs kafesi ve diyaframın oluşturduğu kontrollü basınç ile ciğerlerinden çıkan havanın ses yolu üzerindeki çeşitli bileşenler tarafından (ses telleri, boğaz, ağız, diş, dudak, burun) şekillendirilmesi ile gerçekleşir (Şekil 2.3.).



Şekil 2.3. Ses Oluşum Mekanizması [66].

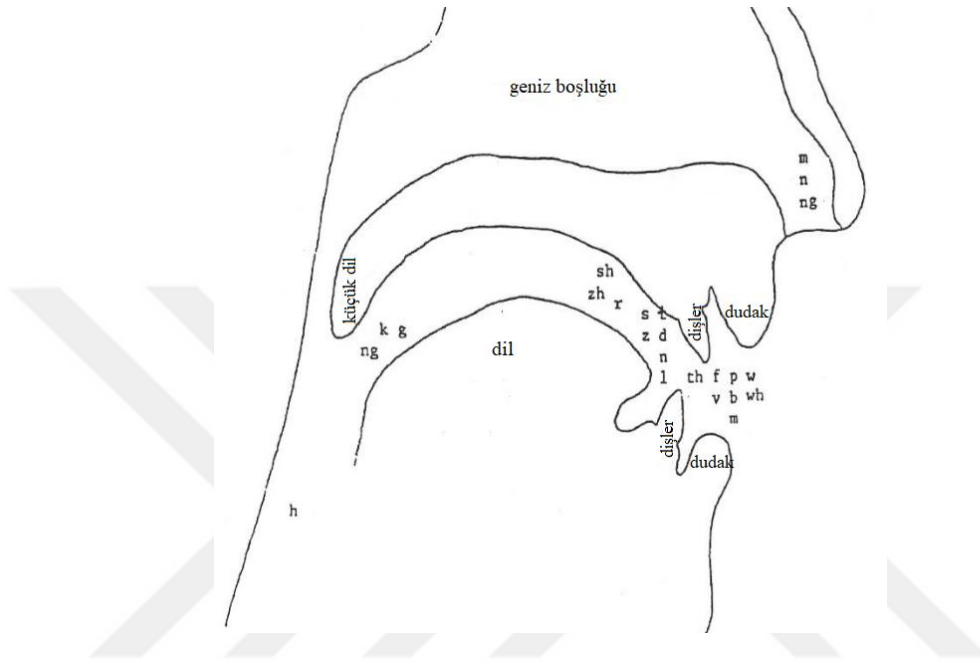
Konuşma dilinin simgeleri fonem olarak adlandırılır, ünlü ve ünsüz olmak üzere iki grupta incelenir. Ünlü harflerin sesleri, akciğerlerden gelen solugun ses yolundan geçerken ses tellerinin titreşimleri ile oluşturulur. Ünlüler, sesin çıkarılışı sırasında ağırlıklı olarak çene açısının durumu, dudakların biçimi ve dilin devinimine göre sınıflandırılmaktadır. Ünlülerin oluşumu esnasında dudakların aldığı biçime göre “yuvarlak” ve “düz”, havanın ağız boşluğundan çıkışı esnasında çenenin aşağıya doğru sarkması ile ya da sarkmaması ile “dar” ve “geniş”, dilin ağız boşluğu içerisinde öne ve arkaya yığılması ile “ön”ve “arka” ünlüler şeklinde tanımlanmaktadır. Ortaya çıkan ünlü ses, bir temel frekansı olmasına rağmen sesin şekillendirilmesinde etkili olan organların uyguladığı filtrelemeler sebebi ile tamamen periyodik ve sabit genlikli değildir. Şekil 2.4a.’da ses oluşumunda etkili olan organlar, Şekil 2.4b.’de ünlü harflerin oluşumu sırasında dilin konumu gösterilmiştir [67,68].



Şekil 2.4. Ses organları ve ünlülerin üretilmesi sırasında dilin konumu [67,68].

Ünsüz seslerin ise, bir kısmı ses telleri yardımıyla oluşturulurken çoğunluğu ise ses telleri açıkken oluşturulmaktadır. Ses yolu üzerindeki organların (damak, ağız, diş, dudak, burun) aldığı şekillerle ortaya çıkmaktadır. Şekil 2.5.'de ünsüz harflerin oluşumunda etkili olan ses yolu bileşenleri görülmektedir. Ünsüzler, çıkış biçimleri (patlamalı, genizsi vb.), çıkış yerleri (çift dudak, dudak-diş vb.) ve ses tellerinin titreşimine göre sınıflandırılmaktadır. Çıkış biçimlerine göre sınıflandırılan ünsüzler ses yolunda oluşan kapanma, sürtünme ya da her ikisinin birlikte neden olduğu ünsüzlerdir. Çıkış yerlerine göre sınıflandırılan ünsüzler ise ses yolundan geçen solüğün farklı noktalarda sıkıştırılması ya da durdurulmasıyla oluşan ünsüzlerdir. Ünsüz sesler ötümlü ve ötümsüz olmak üzere iki gruba ayrılır. Ötümlü ünsüzlerin sesleniminde ses telleri ve hava yolundaki diğer bileşenler etkilidir. Ötümsüz sesler oluşturulurken ise ses telleri açıktır. Örneğin, /c/, /g/ ve /n/sesleri ötümlü, /s/, /k/ ve /h/ sesleri ötümsüz gruptadır. Ağız ve/veya burun boşluğundaki bileşenlerin uyguladığı kuvvetlerle hava türbülanslar yaparak ağızdan çıkar [69]. Türbülans yapısı gereği doğrusal olmayan bileşenler içerdiğinden, bu sesleri klasik ses analiz yöntemleri ile karakterize etmek güçtür.

Şekil 2.1.'den görüleceği üzere TUA sırasında ses üretiminde etkili olan dil kökü, küçük dil ve gırtlaktaki kaslarda gevşemeler olmaktadır. Bu sırada geniz de hava yolunun kapanmasından dolayı normal dışı bir basınç altında kalmaktadır. Bu bölgelerdeki deformasyonlar hastaların harfleri seslendirmesinde sağlıklı kişilere göre farklılıklar ortaya çıkaracaktır.



Şekil 2.5. Ünsüz harflerin oluşumunda etkili olan ses yolu bileşenleri [70].

### 2.3.3. Konuşma seslerinden TUA tespitine yönelik çalışmalar

Bu alandaki çalışmalar; ses analizi ve sestem kişi tanıma çalışmalarında yıllardır kullanılan parametreleri kullanmışlar ve temelde ses telleri tarafından üretilip ses yolu üzerindeki organlar tarafından son şekli verilen ünlü harfleri ya da yine üretiminde ses tellerinin de etkili olduğu nazal ünsüzleri kullanmışlardır.

Ses analizlerinde kullanılan temel parametreler;

- Temel frekans,
- Jimmer,
- Jitter,
- Harmoniklerin gürültüye oranı,
- Formantlar,
- Mel-kepstral katsayıları,

- Ses enerjisinin zamanla değişimi şeklinde özetlenebilir.

Bu konudaki ilk yayın Fox ve vd. tarafından 1989 yılında yapılmış ve TUA hastaları arasında artikülasyon, fonasyon ve rezonans bozuklukları olduğu tespit edilmiştir. TUA sendromunun tanımlanmasında bu analizlerin öngörü sağlayabileceği veya TUA'nın patolojisine ilişkin fikir verebileceği belirtilmiştir [71]. Sonraki yıllarda yapılan araştırmalarda Fiz ve vd. tarafından 1993 yılında TUA'lı hastalar ile sağlıklı kişilerin ürettikleri sesli harflerin temel bazı ses analiz parametreleri karşılaştırılmış ve aralarında istatistiksel farklar olduğu tespit edilmiştir [72]. Konu hakkında çalışan bir grup, 2009 ile 2017 yılları arasındaki çalışmalarında; otomatik konuşma ve konuşmacı tespitinde kullanılan yöntemler ve çeşitli sınıflandırıcılar kullanarak TUA ve AHI indeksi belirleme ile ilgili pek çok çalışma yapmışlardır [32,73,27]. Pozo ve vd. nazal ve nazal olmayan fonetik bağlamlarda ünlü harfleri modelleyerek TUA hastalarında anormal nazalizasyonu incelemişler, Gaussian Karışım Model'inin ayırt edici özelliğine ilişkin olarak %81 doğru sınıflandırma oranı elde etmişlerdir [32]. Espinoza-Cuadros ve vd. 2015 yılında ses ve görüntü analizlerini birleştirdikleri çalışmaları ile TUA tespit hassasiyetini arttırmayı başarmışlardır (%85,1) [73]. Aynı grubun 2016 yılında yaptıkları farklı bir çalışmada %92,92 hassasiyet elde edilmiş ancak özgüllük değerleri %20,6'larda, doğru tanıma oranları %71,06'larda kalmıştır [27].

Goldshtein ve vd. [33], /a/, /e/, /i/, /o/, /u/ ünlü harfleri ve /n/ ile /m/ nazal sessizlerinin, ses analizi alanında hesaplanan pek çok parametresini özellik vektörü olarak alıp, aslında sesin modellenmesinde kullanılan Gaussian Karışım Model'ini kullanarak sağlıklı ve apneli kişileri %79 hassasiyet ve %83 özgüllük ile tespit edebilmişler. Aynı çalışma grubu çalışmalarına devam ederek, değişik sınıflandırıcıların başarımlarındaki etkisini [74,75] ve kayıt pozisyonunun başarıma etkisini [76] incelemişlerdir. Ayrıca AHI indeksi belirleme ve 2018 yılında solunum sesleri ile konuşma seslerinin bileşiminden TUA tespiti üzerinde çalışmışlardır. Bu çalışmada en iyi sonuca, Linear Diskriminant Analizi (LDA) sınıflandırıcısı kullanarak, %76,5 doğruluk elde etmişlerdir [75]. Son olarak da 2020 yılında kişinin kısa bir konuşma ifadesi içinde spontan solunum seslerinden TUA'nın tespitine yönelik çalışmışlar ve %77,14 doğruluk, %75 hassasiyet ve %79 özgüllük elde etmişlerdir [77].

Sesin üretim mekanizmasının doğrusal olmayan dinamik yapısı nedeniyle sesler de doğrusal olmayan karakteristiklere sahiptir [35]. Ötümsüz ünsüzlerin üretilmesi sırasında ses telleri açıktır, ciğerlerden üflenen hava ses yolu üzerindeki bileşenlerin kasılıp gevşemeleri ve aldığı şekillerin etkisiyle şekillendirilerek ağızdan çıkar. Buna bağlı olarak ortaya çıkan

ses türbülanslı ve kaotik bir yapı oluşturur. Bu sebeple bu seslerin klasik ses analiz yöntemleri ile layıkıyla karakterize edilmesi mümkün olamamaktadır.

Blanco ve vd. [78] 2013 yılında yaptıkları bir çalışma ile ses analizinde kullanılan doğrusal analiz yöntemlerinin yanında, insan işitme sisteminin farklı frekanslardaki sesleri işitme seviyesinin farklı olması gerçeğinden yola çıkarak, kaydedilen seslerin algılama boyutundaki şiddetlerinin elde edilmesini sağlayan bir yöntem olan Mel-Frekansı Kepstral katsayılarını (MFKK) kullanarak bir TUA tespit çalışması yapmışlardır. Doğrusal olmayan bir dönüşüm sağlayan bu yöntemle elde edilen katsayılar kullanılarak %86,7 hassasiyet ve %90,6 özgüllük değerine ulaşmışlardır.

Son yıllarda, bilgisayarların hız ve kapasitelerindeki gelişmeler doğrusal olmayan bir yapıya sahip fizyolojik sinyalleri analizleri konusundaki çalışmaları arttırmıştır. Faust ve Bairy [79]'nin tarama çalışmalarına bakılırsa; kaos teorisinden devşirilen;

- En Büyük Lyapunov Üsteli,
- Renyi'nin Entropisi,
- Shannon Spektral Entropi,
- Yaklaşım Entropisi,
- Fraktal Boyut,
- İlinti Boyutu.

gibi yöntemlerin fizyolojik sinyaller üzerinde kullanıldığı görülür.

Doğrusal olmayan sinyal analizleri, son yıllarda farklı hastalıkların tespitinde kullanılmaya başlanmıştır. Örneğin; Jiao ve vd., [80] 2017, çalışmalarında Parkinson hastalarından elde edilen seslerin üzerinde entropi hesabı yapmışlardır.

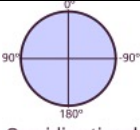
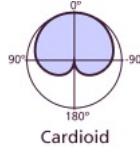

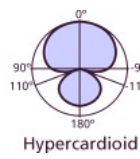
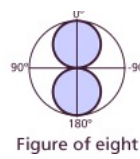
## 2.4. Mikrofonlar

Ses dalgalarının havada boyuna dalgalar şeklinde yayıldığı söylenebilir [64]. Sesin havada oluşturduğu bu akustik dalgadan yararlanarak sesin elektriğe dönüştürülmesi mikrofonlar aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. Mikrofonlar bu özelliği ile ses transdüseri olarak değerlendirilirler. Mikrofonların çalışma prensibi, ses dalgalarının havada yarattığı basıncın etkisinden yararlanarak diyaframı titreştirmesi esasına dayanır.

### 2.4.1. Mikrofonların seçimini etkileyen faktörler

Mikrofonun seçimi ve uygulama alanı için aşağıdaki Tablo 2.4.'de verilen faktörler dikkate alınarak değerlendirme yapmak gerekir.

Tablo 2.4. Mikrofon seçimini etkileyen faktörler [126].

Yönsellik	Mikrofonun hangi yön ve yönlerden algıladığı seslere verdiği tepkinin ifadesidir. Mikrofonların kullanılma yerleri algı tipine göre seçilir.
 <p>Heryöne kullanım (Omnidirectional)</p>	Çok yönlü algı tipinde olan mikrofon, her yönden gelen ses dalgalarını eşit olarak algılar. Bu algı tipi, sesin kaynağının belirsiz olduğu veya hareket halinde olduğu durumlarda kullanılabilir.
 <p>Bir yöne kullanım (Cardioid)</p>	Kardioid algı tipinde olan mikrofon, öncelikle sesi önden ve yandan algılar. Arkadan gelen istenmeyen gürültünün en iyi şekilde bastırılmasını sağlar. Kaydedilmek istenen ses, ortam seslerinden ve arka plan seslerinden ayrıştırılır.
 <p>Bir yöne kullanım (Supercardioid)</p>	Süperkardioid algı tipinde olan mikrofon, yandan gelen sesi kardioidden ve arkadan gelen sesi hiperkardioidden daha güçlü şekilde azaltır. Mikrofonun minimum hassasiyete sahip olduğu sıfır açısı $\pm 125^\circ$ 'de bulunur. Mikrofonun etrafındaki boşluk, bölme çizgisi mikrofon diyaframı olan iki yarımküreye bölünmüş olarak düşünülürse, süperkardioid için, ön yarımküreden ( $\pm 90^\circ$ ) gelen ses, arka yarımküreye kıyasla en üst düzeye çıkarılır. Diğer yöne bakıldığında, süperkardioid, ön yarımküreye kıyasla arka yarımküreden maksimum ses baskısı sağlar.
 <p>Bir yöne kullanım (Hypercardioid)</p>	Hiperkardioid algı tipinde olan mikrofon kardioid gibi önden gelen sesi algılar. Bununla birlikte, yandan gelen sesleri daha fazla zayıflatarak konuşma alma açısı kardioid ve süperkardioidden daha dardır. Buna karşılık, arkadan gelen ses, kardioid kadar hiperkardioid tarafından bastırılmaz. Sıfır açısı $\pm 110^\circ$ 'de bulunur. Hiperkardioid, en az ortam sesini alan modeldir.
 <p>İki yöne kullanım (Bidirectional)</p>	Çift yön algı tipinde olan mikrofon, sesi iki zıt yönden algılar. Önden ve arkadan gelen sesler eşit algılanırken yandan gelen ses bastırılır. Bu algı tipi istenmeyen gürültünün yandan en iyi şekilde bastırılmasını sağlayan modeldir.
Frekans Tepkisi	Mikrofonun farklı frekans değerlerine sahip seslere nasıl tepki verdiğinin ifadesidir. Mikrofonun frekans tepkisi, uygulamaya bağlı olarak farklı frekans karakteristiklerini karşılamalıdır.

Tablo 2.4. devam ediyor.

<b>Geçiş Tepkisi</b>	Mikrofona gelen ses dalgasının enerjisinin elektriksel sinyale dönüşme hızı veya cevabı olarak tanımlanır.
<b>Hassasiyet</b>	Mikrofon duyarlılığı, bir mikrofonun bir dönüştürücü olarak verimliliğinin ölçümüdür (akustik enerjiyi elektrik enerjisine ne kadar iyi dönüştürür). Bir mikrofonun hassasiyet derecesi, maruz kaldığı ses basıncı seviyesine göre çıkış voltajı (ses sinyali gücü) ile belirlenir.
<b>Dip Gürültü Oranı</b>	Dip gürültü oranı mikrofon çeşitlerine göre farklı şekillerde oluşur. Mikrofon içinde üretilen zayıf sestir ve ne kadar düşük olursa mikrofon o kadar iyi olur.
<b>Empedans</b>	Belirli bir ses frekans değeri uygulanırken mikrofonun çıkış uçlarından ölçülen empedans değeridir. Bir mikrofon sinyalinin en iyi şekilde hareket edebilmesi için mikrofon çıkış empedansının mikrofon ön amplifikatörünün giriş empedansını eşleştirmesi gerekir.
<b>Maksimum Ses Basınç Seviyesi</b>	Bir mikrofonun çıkış sinyalinin bozulmaya başladığı ses basıncı eşliğidir.

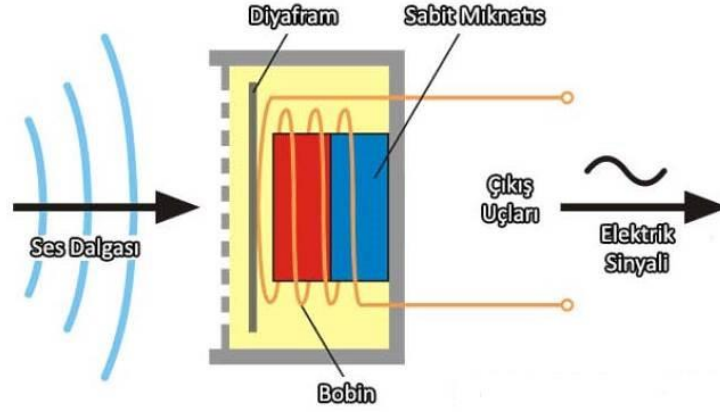
#### 2.4.2. Mikrofon çeşitleri

Sesin duyuşal şiddeti havada yarattığı basınç ile doğru orantılıdır. Bu basıncın miktarına bağılı olarak ie-dışa doğru titreşen diyaframın bu titreşim hareketlerini, elektriksel enerjiye dönüştürmek için farklı yöntemler kullanılmaktadır. Elektriksel sinyale çevrilen bu titreşimlerin nasıl çevrildiğı ise mikrofonun çalışma prensibine bağılıdır. Bu prensip mikrofon çeşitlerine göre değışim gösterebilmektedir. Dinamik mikrofonlar, kondenser (kapasitif) mikrofonlar, şeritli mikrofonlar, karbon mikrofonlar, kristal mikrofonlar çeşitli örneklerdir.

Çalışmalarımızın hedefi ve ihtiyaçlarımızı karşılaması doğrultusunda iki mikrofon çeşidi üzerinde durulmuştur. Bunlar dinamik mikrofonlar ve kapasitif(kondenser) mikrofonlardır.

Dinamik mikrofonlar en çok tercih edilen mikrofon çeşididir. Dinamik mikrofonlar elektromanyetik indüksiyon prensibine göre çalışırlar. Hareketli bir bobine sabitlenmiş bir diyafram içerirler. Bobin sabit bir mıknatıs tarafından üretilen statik bir manyetik alana

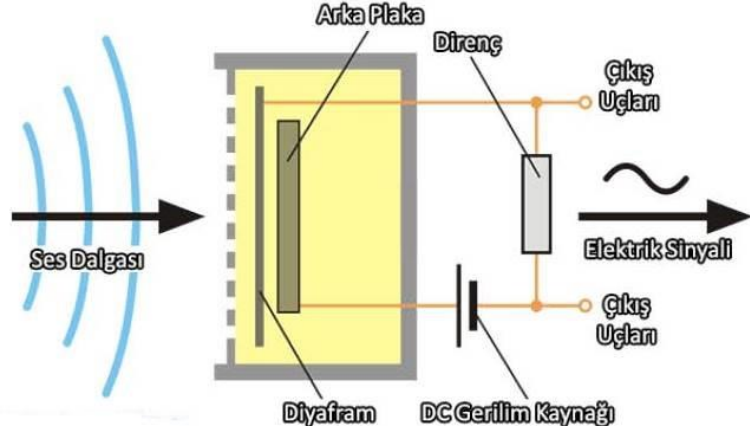
yerleştirilir. Ses dalgaları mikrofona çarptığında, diyaframda titreşimler gerçekleşir ve bu titreşimler bobine aktarılır. Bobinin manyetik alan içerisindeki hareketi algılanan sese orantılı bir sinyal gerilimi indükler (Şekil 2.6.).



Şekil 2.6. Dinamik Mikrofonun Çalışma Prensibi [81].

Dinamik mikrofonların güç kaynağına ihtiyacı yoktur. Yüksek basınçtaki sesleri tolere edebilirler. Bu nedenle dayanıklı ve güvenilirlerdir. Ancak ses frekans karakteristikleri çok inişli ve çıkışlıdır. Mikrofonun çıkışındaki sinyalin, sesin orijinal karakteristiğine yakınlığı ses kaynağının diyafram ile arasındaki mesafenin yakınlığı ile doğru orantılıdır.

Kapasitif (kondenser) mikrofonda hareketli bir diyafram ve sabit bir arka plaka, bir DC gerilim ile yüklü bir paralel plaka kapasitörü oluşturur. Mikrofona çarpan ses dalgaları diyaframı titreştirir ve bunun sonucunda kapasitans değişir, bu da direnç boyunca gelen ses sinyali ile orantılı olan voltaj değişikliklerine neden olur. Bu durumun sağlanabilmesi için kapasitör boyunca bir voltaj gereklidir (Şekil 2.7.). Kapasitif mikrofonların ses frekans karakteristikleri homojendir. Dolayısıyla dinamik mikrofonların aksine, ses kaynağı kondansatör mikrofona diyaframından uzaklaştığında frekans karakteristiği olarak mesafeye bağlı olarak değişmezler. Böylece sesin içindeki frekans bileşenlerine karşı mikrofona duyarlılığı azalmaz, sadece ses sinyalinin genel seviyesi azalır. Ancak kapasitif mikrofonlar çok hassastır ve üretim maliyetleri dinamik mikrofonlara göre daha yüksektir.

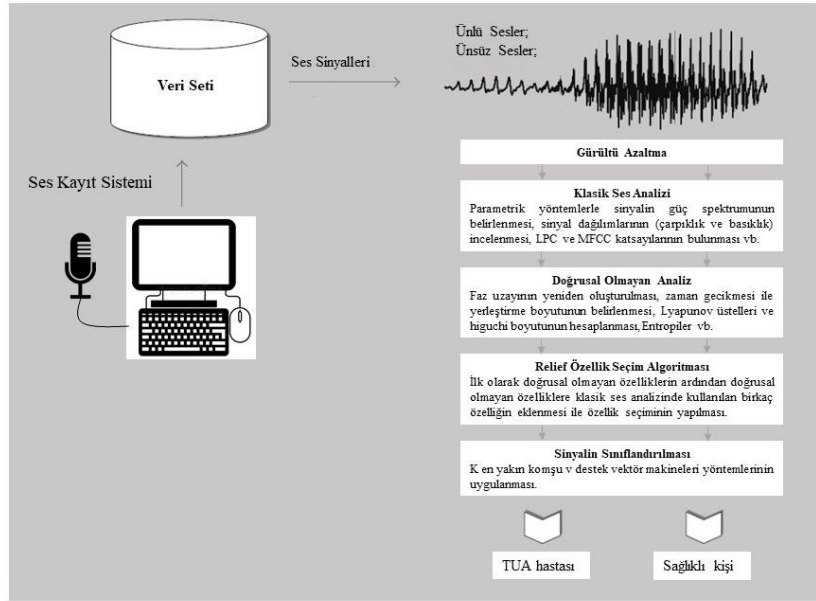


Şekil 2.7. Kondenser Mikrofonun Çalışma Prensibi [82].

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Yöntem

Çalışma için öncelikle sağlıklı ve hasta kişilerden TUA tespiti için kullanılabilir seslerin kaydedilmesi sağlanmıştır. Bu sesleri hastalarla ilgili bilgilerle beraber kaydedebilecek bir bilgisayar programı yazılmıştır. Deneklerden, geliştirilen program aracılığıyla, belirlenen ses ve heceler beşer kez tekrarlanarak kaydedilmiştir. Kaydedilen sesler üzerinde doğrusal olmayan analizlerle istenen öznelilikler hesaplanmış olup, en ayırt edici olanların belirlenmesi amacıyla özellik seçimi yapılmıştır. Seçilen özellikler K-En Yakın Komşu (K-EYK) ve Destek Vektör Makineleri (DVM) sınıflama algoritmalarına uygulanarak, TUA tespit başarımları değerlendirilmiştir (Şekil 3.1.).



Şekil 3.1. TUA tespitinin belirlenmesi için yapılan çalışmanın blok diyagramı.

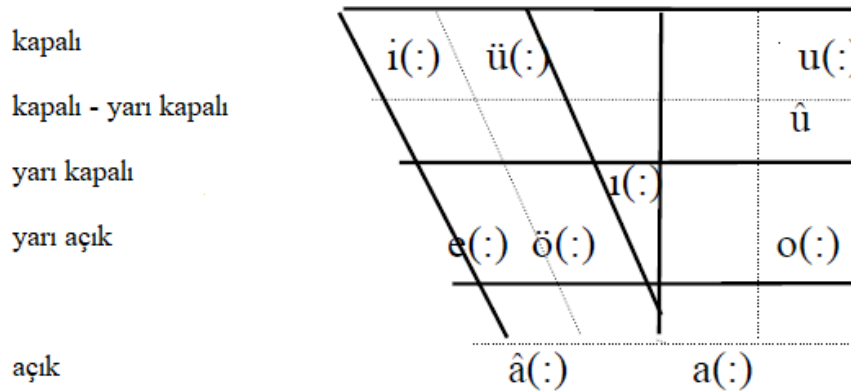
Çalışma kapsamında kaydedilmesi gereken seslerin belirlenmesi için öncelikle hangi ünsüz harflerin, hangi ünlü harflerle birlikte seslendirilmesi gerektiğine karar verilmiştir. Ünsüz harfler olarak ilk etapta, ses tellerinin kullanımına gerek duymayan (ötümsüz), sadece TUA hastalarında deforme olan ses yolu bileşenleri (gırtlak, art damak, küçükdil, dil kökü (Şekil 2.5.'den görülebileceği gibi)) tarafından üretilen /k/, /g/ ve /h/ ünsüzlerinin analiz

edilmesi planlanmıştır. Bu ünsüzlerden /k/ ve /g/ patlamalı, /h/ sürtünmeli ünsüz sınıfına girmektedir (Tablo 3.1.). Ayrıca, apneli hastalarda görülen geniz bölgesi tıkanıkları da dikkate alınarak /n/ ünsüzü ile ve ötümlü ve ötümsüz sürtünmeli seslerin de analizini yapabilmek amacıyla /s/ ve /c/ ünsüzleri de çalışmaya dahil edilmiştir. Deneklerin sadece ünsüzleri seslendirme konusunda sıkıntı yaşayacağı düşünülerek, ünsüz harfler bazı ünlü harfler ile hece haline getirilerek kaydedilmesine karar verilmiştir.

Tablo 3.1.Harflerin özelliklerine göre sınıflandırılması.

Ünlüler	Geniş	Dar	Geniş	Dar
Kalın	a	ı	o	u
İnce	e	i	ö	ü
Ünsüzler	Sürtünme	Patlamalı	Geniz	Kaygan
Ötümlü	c, j, v, z	b, d, g	m, n	ğ, l, r, y
Ötümsüz	ç, f, h, s, ş	t, k, p	-	-

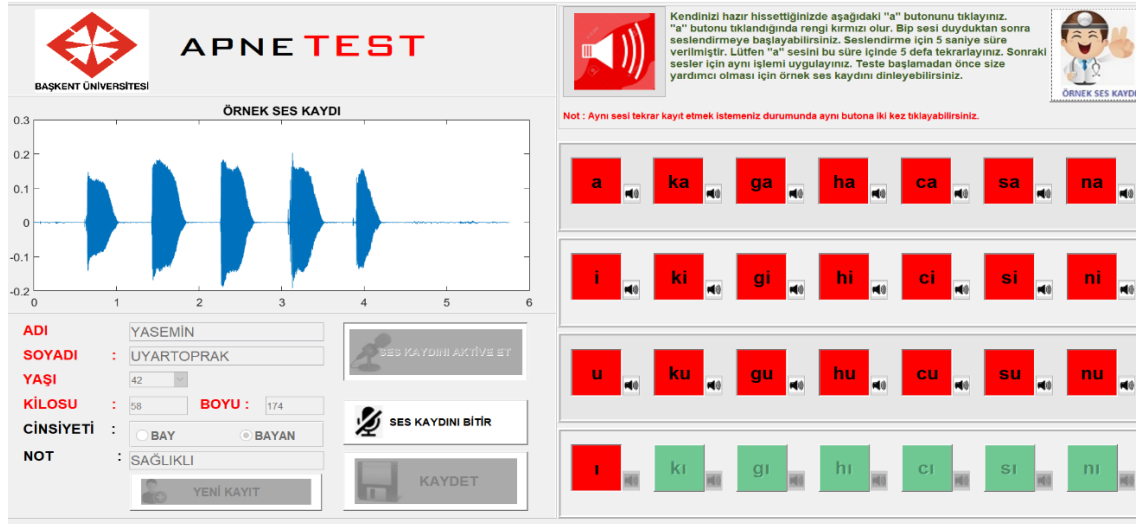
Şekil 3.2.'de görülen grafik, ünlülerin dilin ön-arka kısımlarının, yukarı-aşağı hareketleri sırasında hangi seslerin üretildiğini göstermektedir. Buna göre bu çalışmada, Şekil 2.4b.'de görüldüğü üzere, dilin arka kısımları tarafından oluşturulan /a/, /ı/, /u/ ünlülerinin ve üretimine dilin ön kısmının katıldığı /i/ ünlüsünün kullanılması uygun görülmüştür.



Şekil 3.2. Dilin hareketlerine göre ünlü sesler [34].

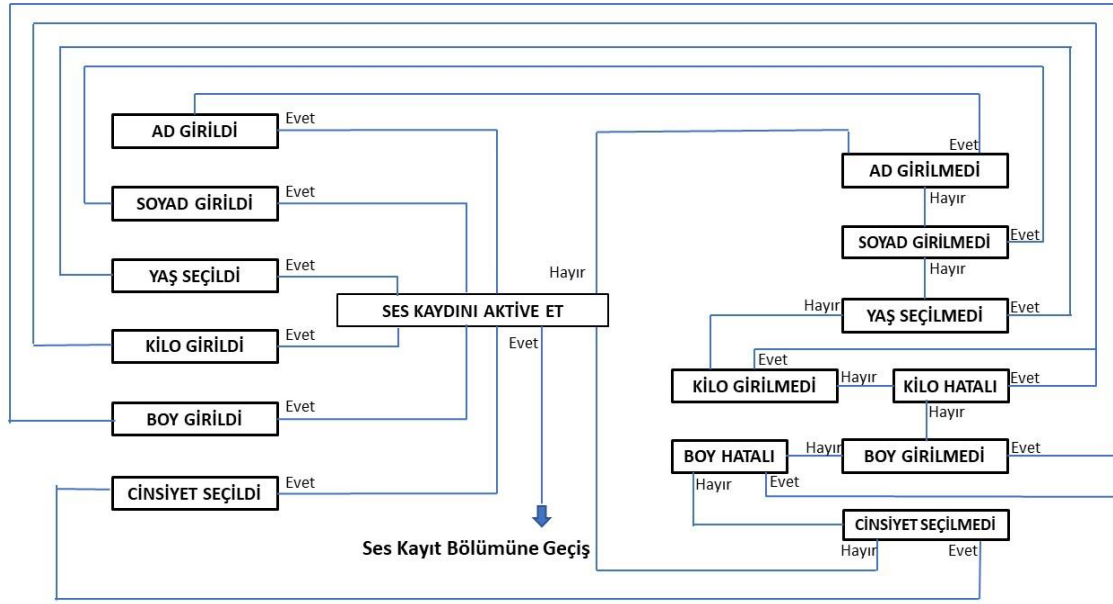
### 3.2. Geliştirilen Bilgisayar Tabanlı Ses Kayıt Sistemi

Ses kayıt sistemi MATLAB GUI (Graphical User Interface) aracılığı ile hazırlanmıştır (EK 1). Sistemin arayüzü tasarlanırken ses kaydı alınacak olan bireylerin demografik bilgilerinin girildiği bölüm ve sonrasında ses kayıtlarının alınacağı ve kaydedileceği ses kayıt ekranından oluşan ikinci bir bölüm belirlenmiştir. Şekil 3.3.'te geliştirilen ses kayıt sisteminin grafik kullanıcı arayüzü görünmektedir.



Şekil 3.3. Geliştirilen ses kayıt sisteminin grafik kullanıcı arayüzü.

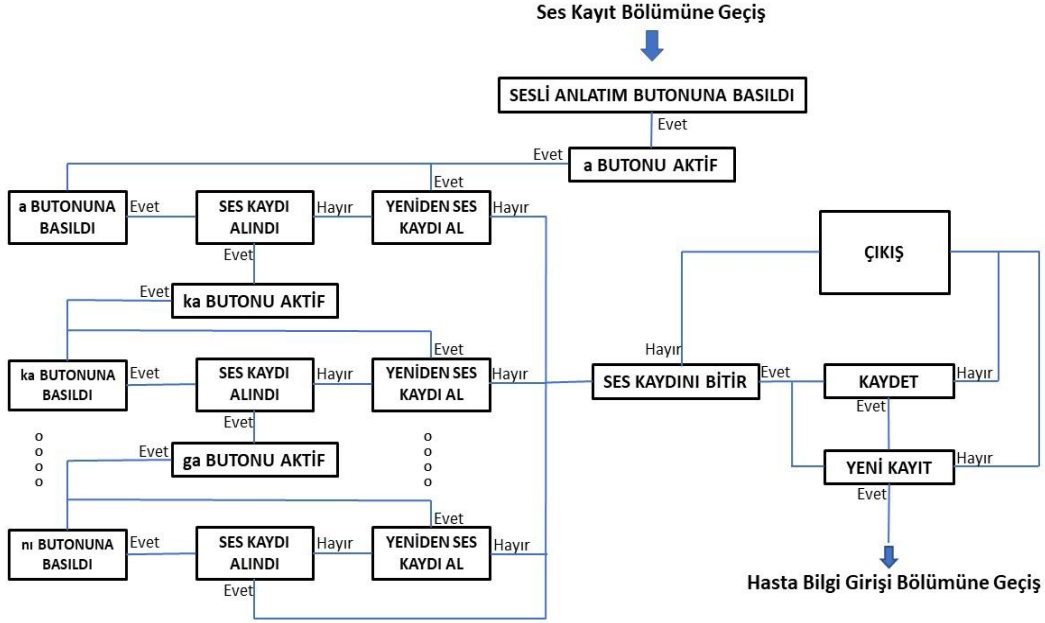
Demografik bilgilerin yer aldığı ilk bölüm tam olarak girildiği takdirde, program ses kayıt ekranına girişe izin vermektedir. Bu bilgilerin eksiksiz olarak girilebilmesi için gerekli yazılımsal önlemler alınmış olup programın ikinci bölüme geçiş aşamasına kadar olan akış diyagramı Şekil 3.4.'te görüldüğü gibidir.



Şekil 3.4. Geliştirilen ses kayıt sisteminin hasta bilgi girişi bölümüne ilişkin akış diyagramı.

Ayrıca program içerisinde yanlış girilme olasılığı olan giriş noktaları için de ilave önlemler alınmıştır. Örneğin kilo ve boy bilgilerinin girişi yapılırken sistem sadece rakamsal veri girişine izin vermektedir. Bununla birlikte kilo ve boy bilgilerinin, 30-65 yaş grubundaki yetişkinler için kabul edilebilir değerde veri girişinin yapıp yapılmadığı kontrol edilmektedir.

"Ses Kaydını Aktive Et" butonu ile demografik bilgilerin eksiksiz olarak girildiği kontrol edilerek bu bilgilerin kaydedilmesi sağlanmaktadır. Aynı zamanda bu buton ile programın ikinci bölümüne geçiş işlemi gerçekleştirilmektedir. Özel bir mikrofon ile ses kayıtlarının alındığı ikinci bölüme geçildiğinde, görsel arayüzün kullanımıyla ilgili sesli bir kayıt dinletilmektedir. Ayrıca aynı arayüz üzerinde, alınacak olan ses kaydının örneğini dinleyebilmek amacıyla bir ses kayıt örneği dinletisi oluşturulmuştur. İkinci bölümün akış diyagramı Şekil 3.5.'te görüldüğü gibidir.



Şekil 3.5. Geliştirilen ses kayıt sisteminin ses kayıt bölümüne ilişkin akış diyagramı.

Ses kayıt ekranı bölümünde apneli ve sağlıklı bireylerde ses yolu bileşenlerinde oluşacak farklılıklar ve harflerin üretiminde dilin ve diğer ses yolu bileşenlerinin de konumları değerlendirilerek belirlenen 28 harf ve hece için 28 adet ses kayıt butonu bulunmaktadır. Her buton üzerinde yazan harf veya hece için bir ses kaydı oluşturulmaktadır. Örneğin üzerinde "a" yazan bir buton /a/ harfinin ses kaydı için kullanılmaktadır. Butona basıldığında bir bip sesi duyulur ve bu sinyal sesinden sonra 7 sn içerisinde buton üzerinde yazan harf veya hecenin 5 kez aralıklı olarak tekrarlanması istenir. Kayıt işlemi tamamlanan harf veya hecenin bulunduğu butonun rengi yeşilden kırmızıya dönmektedir. Kaydın düzgün alınmadığı durumlarda kayıt butonuna tekrar basılarak mevcut kayıt silinebilmektedir. Bu durumda butonun rengi yeşile döner ve yeni bir kayıt için hazır hale gelir. Ayrıca her ses kayıt butonunun sağ alt kenarında üzerinde hoparlör bulunan küçük butonlar yer almaktadır. Bu butonlar sayesinde almış olduğunuz ses kayıtlarının tekrar dinlenebilmesine olanak sağlanmaktadır. Ses kayıt işleminin tamamlanabilmesi için tüm harf veya hecelerin bulunduğu seslerin kayıtlarının alınması şartı yoktur. İstenilen yerde ses kaydını bitir butonu ile kayıt alma işlemi sonlandırılabilir. Ya da kaydet butonuna basılmadığı takdirde kalınan yerden kayıt işlemine devam edilebilir. Bu sonlandırma işlemi tüm seslerin veya kısmi olarak alınabilecek seslerin kaydedilmesine olanak sağlamaktadır. "Ses kaydını Bitir" butonu ile birlikte "Kaydet" butonu aktif hale gelir. Bu sayede alınan ses

kayıtları demografik bilgilerle adapte edilebilecek şekilde kaydedilir. Kaydet butonu aynı zamanda ekranın yeni bir kayıt için temizlenmesini ve hazır hale getirilmesini sağlar. Bu işlemi "Yeni Kayıt" butonu ile de yapmak mümkündür. Her kaydedilen ses kaydı dosyası ses kayıt programının çalıştırıldığı klasör yapısı altına kaydedilir ve analiz için kullanılmak üzere arşivlenir.

### 3.3. Ses Kayıt Sistemi için Mikrofon Seçimi

Özellikle yüksek frekans aralıklarını desteklemesi ve ses alım kalitesi ile ses kaynağını ayırt edip arka plandaki sesleri filtreleme özelliklerinden dolayı kardioidkondenser mikrofon tercih edilmiştir. Ses kaydı için seçilen mikrofonun özellikleri Şekil 3.6.'da belirtilmiştir.

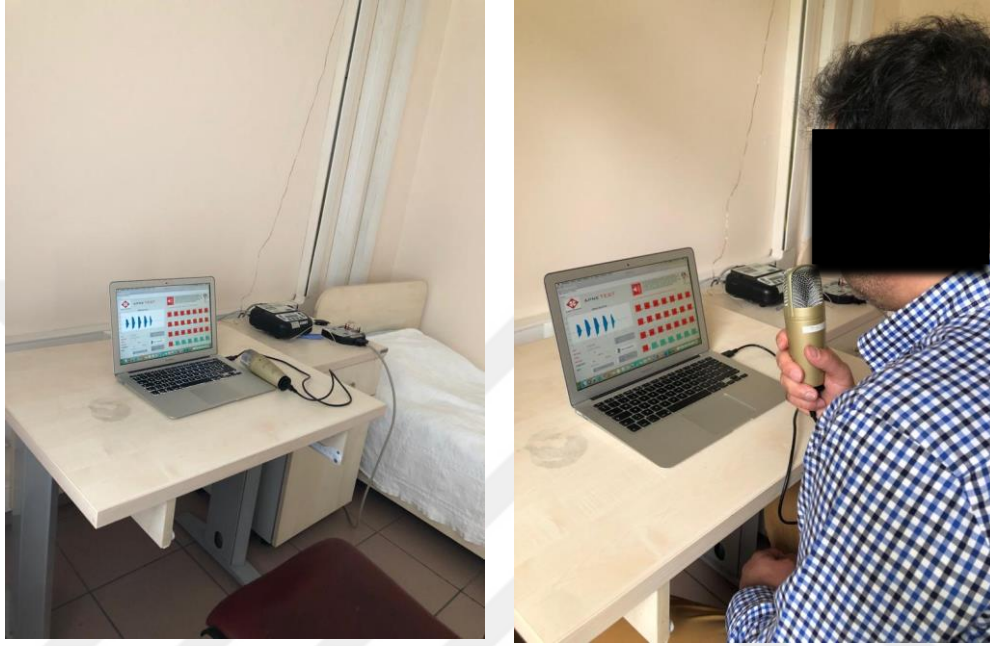
	<b>Behringer C-1UKondenser Mikrofon</b> Frekans Aralığı : 40Hz-20kHz Ses İşleme Prensibi : Basınç Değişimi Diyafram Tipi : Kardioid Bağlantı : USB Konnektör Max SPL : 136 dB Çıkış Empedansı : 100 ohm Yükleme Empedansı : >1 ohm Güç Gereksinimi : +36-52 V Akım : 2.5 mA
--	--

Şekil 3.6. Behringer C-1U kondenser mikrofon.

### 3.4. Deney Grubu ve Veri Kayıtları

Çalışmaya 30-65 yaşları arasında, TUA sendromu tanısı konmuş hastalar denek grubu, konmamış sağlıklı kişiler kontrol grubu olarak ele alınmıştır. Deney gruplarında yaş bakımından istatistiksel fark olmaması esas alınmıştır. TUA hastası bireylerden alınacak ses kayıtları, Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesine başvurup kendisine TUA teşhisi konmuş bireylerden alınmıştır. Sigara kullanmayan, herhangi bir ÜSY ve ses yolu ile ilgili rahatsızlığı olmayan, burun tıkanıklığı veya sinüzit belirtileri göstermeyen ve uyku

esnasında horlama olayını yaşamayan bireyler sağlıklı olarak kabul edilmiştir. Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesi etik kurulundan izin alınarak (EK 2, 12.03.2019 tarih ve 46418926 sayılı belge) yapılan bu çalışmalarda ses kaydının alınabilmesi için uyku odalarından bir tanesi tarafımıza tahsis edilmiştir (Şekil 3.7.). Bu sayede sessiz ve gürültüsüz bir ortamda ses örnekleri alabilme olanağı sağlanmıştır.



Şekil 3.7. Ses sinyallerinin kaydedilmesi.

### 3.5. Veri Setinin Hazırlanması

Yapılan çalışmada 20 TUA hastası ve 20 sağlıklı denek, Tablo 3.2.'de yer alan 28 ünlü ve ünsüz sesi beşer kez tekrarlamıştır.

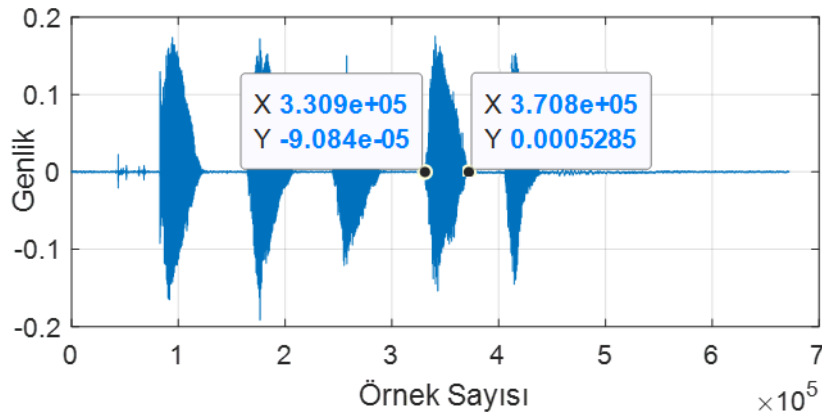
Tablo 3.2.Ses kayıtlarında kullanılan ünlü ve ünsüz sesler.

Ünlü Sesler	Ünsüz Sesler					
/a/	/ca/	/ga/	/ha/	/ka/	/na/	/sa/
/i/	/ci/	/gi/	/hi/	/ki/	/ni/	/si/
/ı/	/cı/	/gı/	/hı/	/kı/	/nı/	/sı/
/u/	/cu/	/gu/	/hu/	/ku/	/nu/	/su/

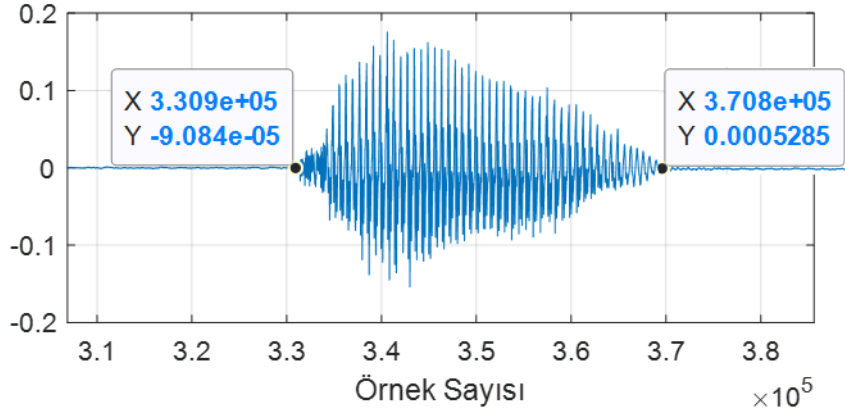
Kayıt, 96000 Hz örnekleme hızı, 16 bit ve ".mat" uzantılı olarak yapılmıştır. Kayıt işlemi sonrasında her bir deneğe ait 28 adet ses verisi elde edilirken sağlıklı deneklerden toplam 560 adet, TUA hastası deneklerden toplam 560 adet ses verisi elde edilmiştir. Ses kayıtlarının analize hazırlanma prosesinde, beşer kez tekrarlanarak tek bir ses dosyası halinde kaydedilen her bir ünlü ve ünsüz ses için ayrıştırma işlemi uygulanmış ve bu sayede deneklerden her bir ünlü ve ünsüz ses için beş ayrı ses dosyası elde edilmiştir. Bu işlemler MATLAB<sup>1</sup>'ta yazılan bir program kullanılarak yapılmıştır (EK 3). Örneğin /a/ sesinin analize hazırlanması için Şekil 3.8.'de görüldüğü şekilde seslerin başlangıç ve bitiş değerleri belirlenerek beş ayrı /a/ sesi kaydedilmiştir. Bu şekilde ayrıştırma işlemi sonrasında her bir denekten 28 ünlü ve ünsüz ses için 140 adet ses dosyası elde edilmiştir. 20 TUA hastası ve 20 sağlıklı denek için 28 ünlü ve ünsüz ses ayrıştırılarak 2800 adet TUA'lı ve 2800 adet sağlıklı olmak üzere toplam 5600 adet ses dosyası oluşturulmuştur (Bkz. Tablo 3.3.).

Analizde ünsüz harflere ait sinyal bölgelerinin ayrı değerlendirilmesi için 24 adet hecenin ünsüz harf başlangıç noktası ile ünlü harfe geçiş noktası belirlenerek sadece ünsüz sesler kaydedilmiştir. Bu işlemler MATLAB ile gerçekleştirilmiştir (EK 4). Örneğin /ca/ hecesi için /c/ ünsüz harfinin bitişi ile /a/ ünlü harfinin başlangıç noktası arasındaki bölge Şekil 3.9.'da görüldüğü şekilde seçilerek kaydedilmiştir. Bu işlem ile analiz öncesinde ünlü harfe ilişkin sesin kayıt işlemine girmediği ünsüz sesler oluşturulmuş ve sinyal uzunlukları belirlenmiştir.

Tüm bu işlemlerden sonra analiz aşamasında sinyallere örnek seyreltme (downsampling) işlemi uygulayarak ses sinyallerinin örnekleme hızı 44100'e indirgenmiştir.



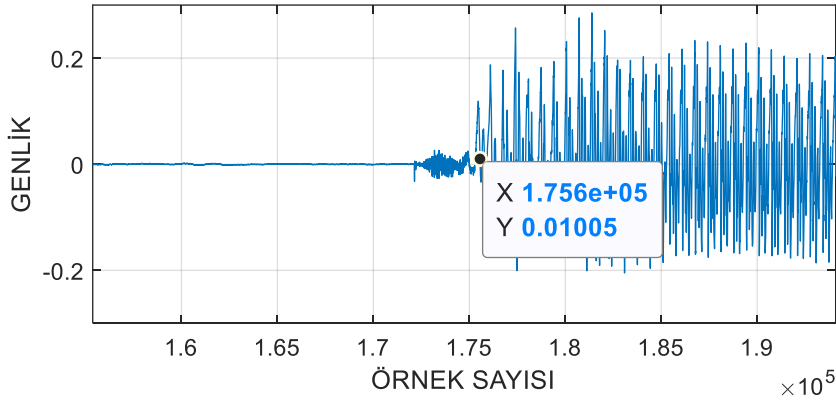
<sup>1</sup> MATLAB; Mathworks firmasının bir ürünüdür.



Şekil 3.8. Bir TUA hastasına ait /a/ sesi örneği.

Tablo 3.3. Tüm ünlü ve ünsüz seslerin başlangıç ve bitiş değerleri tablosu.

Ad- Soyad	A	Başlangıç (% H paketteki)	Bitiş (% H paketteki)	I	Başlangıç (% H paketteki)	Bitiş (% H paketteki)	U	Başlangıç (% H paketteki)	Bitiş (% H paketteki)	i	Başlangıç (% H paketteki)	Bitiş (% H paketteki)	KA	Başlangıç (% H paketteki)	Bitiş (% H paketteki)	K	Başlangıç (% H paketteki)	Bitiş (% H paketteki)	K	Başlangıç (% H paketteki)	Bitiş (% H paketteki)	K
DENEK 1	has1	82740	127500	has101	15170	66330	has201	18560	66760	has301	53600	94920	has401	95970	147000	7977	3664	has501	7307	60720	I	
	has2	184700	208400	has102	94160	147900	has202	90310	145400	has302	131700	175900	has402	175400	221400	6596	3030	has502	87450	142900	I	
	has3	344400	289000	has103	175100	223900	has203	186400	272000	has303	204400	253300	has403	247400	293300	7216	3315	has503	165400	214200	I	
	has4	311300	372100	has104	251700	299400	has204	241300	279700	has304	276000	321300	has404	322000	364900	4303	2918	has504	239300	284900	I	
	has5	484900	438100	has105	322300	360200	has205	315300	359900	has305	345600	387500	has405	388500	421500	5640	3473	has505	309600	347500	I	
DENEK 2	has6	12410	70140	has106	92370	149500	has206	112200	161200	has306	42310	88720	has406	27720	74720	7067	3246	has506	113700	168600	I	
	has7	107200	147600	has107	193300	241600	has207	195500	242100	has307	124500	173100	has407	198200	154700	5246	2410	has507	207200	272900	I	
	has8	342900	219700	has108	255500	146000	has208	285800	320200	has308	209600	263000	has408	190200	241200	4866	2235	has508	305400	359200	I	
	has9	258000	298300	has109	394700	442700	has209	372500	421500	has309	298500	352100	has409	276500	321900	6214	2855	has509	404700	456700	I	
	has10	313500	369400	has110	492400	544700	has210	484200	519700	has310	387200	430600	has410	363200	405000	5679	2609	has510	512900	561500	I	
DENEK 3	has11	8483	53130	has111	44070	90850	has211	49160	101300	has311	48410	91870	has411	31660	74900	6810	3128	has511	38410	87300	I	
	has12	92650	141000	has112	108500	150000	has212	107900	217700	has312	127200	173800	has412	117300	164700	8217	3784	has512	106400	159400	I	
	has13	177900	205900	has113	175000	218400	has213	206600	311900	has313	218200	266300	has413	197100	244300	8517	3912	has513	178000	231500	I	
	has14	256300	297000	has114	234700	280100	has214	356000	408000	has314	301600	343200	has414	274700	320600	6215	2855	has514	242000	292500	I	
	has15	322800	365500	has115	294000	339200	has215	456200	509300	has315	383400	428900	has415	351100	393800	7038	3233	has515	306700	355300	I	
DENEK 4	has16	30880	96070	has116	48130	93300	has216	74010	170800	has316	88530	142100	has416	49020	109600	4076	3710	has516	112100	175600	I	
	has17	340800	382900	has117	310100	175500	has217	186100	221100	has317	167700	223600	has417	123400	177600	8405	3861	has517	134500	256000	I	
	has18	220900	273300	has118	208500	258000	has218	202200	302700	has318	245700	302900	has418	222300	271200	7483	3438	has518	286400	341000	I	
	has19	314400	351600	has119	289700	336500	has219	310100	362100	has319	373100	438200	has419	290200	339000	7762	3546	has519	371800	422000	I	
	has20	388900	420700	has120	360400	396400	has220	408800	452400	has320	401700	445500	has420	389500	430400	7536	3379	has520	448600	494500	I	
DENEK 5	has21	43790	88880	has121	63790	100000	has221	83970	102900	has321	40220	86850	has421	59550	98110	5205	2391	has521	69710	115900	I	
	has22	123300	163400	has122	141800	184400	has222	153400	210600	has322	117400	162600	has422	140500	181500	5385	2474	has522	148700	196300	I	
	has23	203400	243700	has123	219700	265300	has223	246400	297500	has323	231400	274600	has423	217000	259900	6521	2996	has523	320900	373500	I	
	has24	284600	320500	has124	298900	344300	has224	339000	379000	has324	320500	362400	has424	296200	335500	5925	2722	has524	308500	353900	I	
	has25	361700	393700	has125	375300	419100	has225	421600	451700	has325	405200	438200	has425	370500	402900	5042	2318	has525	385300	429900	I	

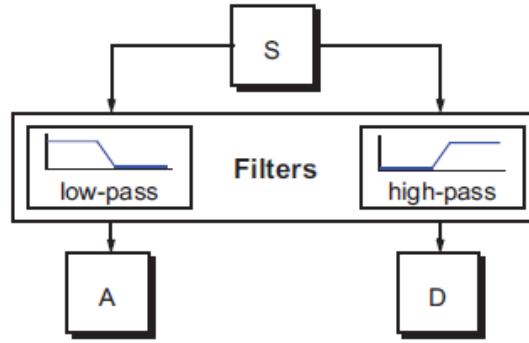


Şekil 3.9. Bir TUA hastasına ait /ca/ sesi örneği.

### 3.6. Gürültünün Azaltılması

Deneysel veriler çevresel faktörlerden etkilenmeye açıktır ve genellikle gürültülüdür. Yapılacak analizlerin doğruluğu için verilerin gürültüden arındırılması önemlidir.

Gürültünün azaltılabilmesi için çok çeşitli gürültü giderme yöntemi vardır. Kaotik sinyal analizinde seçilecek filtrenin sinyalin doğrusal olmayan dinamiklerini değiştirmemesine dikkat edilmelidir [83]. Bu çalışmada gürültü gidermek amacıyla, bu tür sinyaller için önerilmiş olan Ayrık Dalgacık Dönüşümü kullanılmıştır [84,85]. Ayrık Dalgacık Dönüşümünde, yüksek frekanslar için dar, düşük frekanslar için geniş olacak şekilde değişen pencere boyutlarının kullanılması en önemli avantajdır. Böylece, bütün frekans aralıkları için optimum zaman-frekans çözünürlüğü sağlanabilmektedir [86]. Bu teknikte orijinal sinyal birbirini tümleyen filtrelerden geçirilerek sinyal yüksek ve düşük frekanslı bileşenleri olarak ayrılmıştır. Alçak frekans geçiren filtre çıkışı asıl (A) yüksek frekans geçiren filtre çıkışı ise detay (D) katsayılarını verir (Şekil 3.10.).

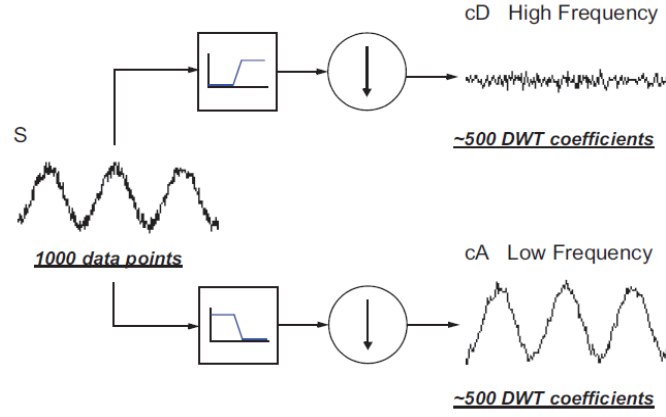


Şekil 3.10. Alçak ve yüksek geçiren filtrelerden geçirilen orijinal sinyal [87].

Ayrık Dalgacık Dönüşümünde  $x(n)$  orijinal sinyal alçak geçiren  $h(n)$  ve yüksek geçiren  $g(n)$  filtrelerinden geçirilir. Filtreleme işlemi sonrası Nyquist teoremi gereğince örneklerin yarısı atılır (Şekil 3.11.). Geriye kalan örnekler için bu işlem tekrar edilerek istenilen frekans aralıkları elde edilebilir. Eşitlik (3.1) ve Eşitlik (3.2)'de bu işlemin matematiksel ifadesi verilmiş olup  $Y_{yüksek}(k)$  yüksek frekans geçiren filtrenin,  $Y_{alçak}(k)$  ise alçak frekans geçiren filtrenin çıkışıdır [122]. Bu filtrelere ait olan çıkışlar sırası ile  $cA$  ve  $cD$  alt bantlarını oluşturur.

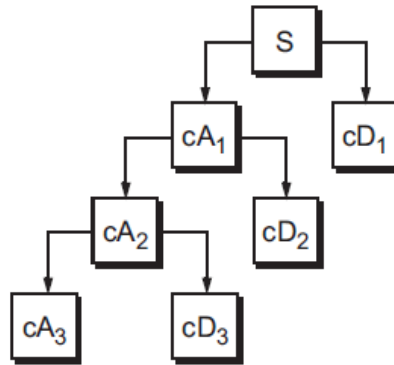
$$Y_{yüksek}(k) = \sum x(n)g(2k - n) \quad (3.1)$$

$$Y_{alçak}(k) = \sum x(n)h(2k - n) \quad (3.2)$$



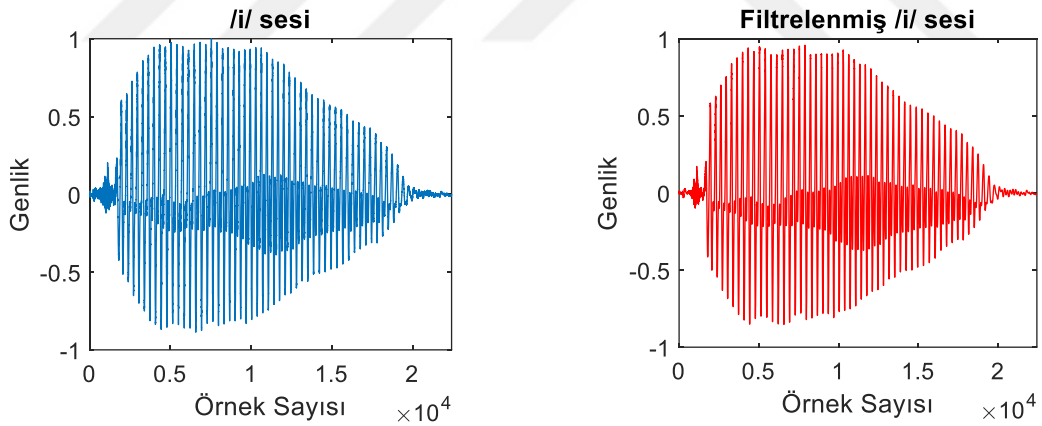
Şekil 3.11. Örneklemenin şematik diyagram ile gösterilmesi [87].

Bu ayrıştırma işlemi Şekil 3.12.'de gösterildiği gibi birden daha fazla sayıda yapılabilir ve bu sayı dalgacık ayrıştırma ağacının seviyesini belirtir. İstenilen frekans aralıkları elde edilene kadar dalgacık seviyesi artırılarak ayrıştırma işlemi devam eder. Bunun sonucunda dalgacık ayrıştırma ağacı yüksek frekanslarda daha iyi bir zaman çözünürlüğü sağlarken alçak frekanslarda daha iyi bir frekans çözünürlüğü sağlar.



Şekil 3.12. Dalgacık ayrıştırma ağacı [87].

Sinyaldeki gürültünün dalgacık dönüşümü kullanılarak bastırılması işlemi "denoising" olarak adlandırılmaktadır. Bu tekniğin kullanımı ile sinyalin dinamikleri bozulmaz ve istenmeyen gürültüler bastırılır. TUA hastalarından ve sağlıklı bireylerden alınan ses sinyallerinin, kayıt işlemleri sırasında çevresel etkenlerden ve hastaya bağlı olarak (hareket, nefes, vb.) meydana gelen gürültülerden arındırılabilmesi için MATLAB yazılım programında bulunan "Wavelet Toolbox" içerisinde yer alan "denoising" fonksiyonu kullanılmıştır. Denoising fonksiyonu uygulanırken dalgacık tipinin belirlenmesi önemlidir. Dalgacık tipinin seçiminde tercih edilen kriter, seçilen dalgacığın sinyalin formuna en çok yakın dalgacık olarak seçilmesidir. Bu nedenle çalışmada Daubechies "db8" dalgacığı seçilmiştir [123]. Sinyaldeki gürültüyü en iyi şekilde bastıracak dalgacık seviyesi için ses sinyalleri üzerinde bozulma yaratmayacak şekilde 3 seviyeli ayrıştırma işlemi ile sinyal alt bantlarına ayrıştırılmıştır. Eşik değerinin belirlenmesinde bu çalışmada "heursure thresholding" tekniği kullanılarak yumuşak eşiklendirme yapılmıştır [85]. Eşiklendirme işleminden sonra yaklaşık dalgacık katsayıları ve detay katsayıları birleştirilerek sinyal gürültüsü azaltılmış bir halde yeniden oluşturulur. Şekil 3.13.'te dalgacık dönüşümü uygulanarak yapılan filtreleme sonucuna bir örnek gösterilmiştir.



Şekil 3.13. Filtrelenen /i/ sesi örneği.

### 3.7. Çalışmada Kullanılan Klasik Ses Analiz Parametreleri

#### 3.7.1. Spektral analiz ile formant frekanslar ve güçlerin tespiti

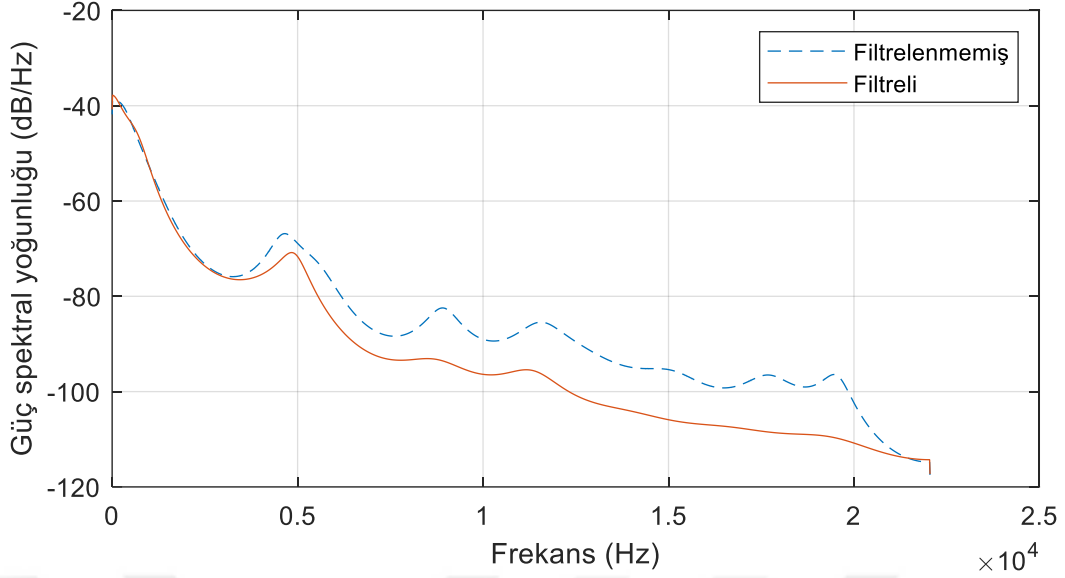
Doğrusal bir sistemde sinyal kaynağı, spektral olarak belirgin piklere sahiptir ve bu sistemlerden istenen bilgi sinyali dar bantlıdır. Ancak bilgi sinyalinin geniş banda sahip olması, sinyalin kaotik olabileceğine işaret edebilir. Bu nedenle sinyali tanımak, sinyalin periyodik durumunu araştırmak ve frekans bölgesi karakteristiklerini incelemek amacıyla ilk olarak spektral analiz uygulanabilir.

Spektral analiz bir zaman serisinin spektral içeriğini (yani frekansa göre gücün dağılımını), sonlu bir ölçüm kümesinden parametrik olmayan veya parametrik yöntemlerle belirleme problemini dikkate alır. Parametrik yöntemlerde, güç spektrumunu doğrudan dalga formundan tahmin edebilmek için bir dizi farklı yaklaşım vardır. Ses sinyallerinin güç spektral yoğunluğu model tabanlı bir yöntem olan Burg yöntemi kullanılarak elde edilmiştir. Burg yöntemi ses sinyallerinin (horlama sesi, konuşmacı sesi vb.) özellik çıkarımı işlemlerinde literatürde en çok kullanılan yöntemlerden biridir [127,128]. 1975 yılında Burg tarafından ortaya konulan bu yöntem, AR model parametrelerinin kestiriminde tahmin hatalarının en aza indirilmesi ve yansıma katsayısı kestirimini kullanır [95]. Aşağıdaki Eşitlik (3.3) ile ifade edilmiştir.

$$\hat{P}_B(f) = \frac{\hat{E}_p^2}{\left|1 + \sum_{k=1}^p \hat{a}_p(k) e^{-j2\pi f k}\right|^2} \quad (3.3)$$

Bu eşitlikte  $\hat{a}_p$  tahmin katsayıları,  $\hat{E}_p$  ileri ve geri yöndeki hataların en küçük kareler kestirimlerinin toplamlarıdır. Literatüre bakıldığında konuşma ve konuşmacı tanıma sistemleri gibi insan seslerinin analizlerinde Burg kestiriminin model derecesinin 20 olarak belirlenmesiyle doğru sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir [127].

Şekil 3.14.'te TUA hastası bir denekten alınan bir /a/ sesinin gürültü azaltma işlemi öncesi ve sonrasındaki güç spektral yoğunlukları gösterilmiştir. Gürültü azaltma işleminden sonraki güç spektral yoğunlukları incelendiğinde 3 kHz'in üzerindeki frekans bileşenleri için, sinyalin gücündeki azalma açıkça görülmektedir. Bu durum /a/ sesinin yüksek frekanslı bileşenlerinde yer alan istenmeyen gürültünün giderildiğini ifade etmektedir.



Şekil 3.14. TUA hastası bir denekten alınan bir /a/ sesinin güç spektral yoğunluğu.

Ses dalgası, ses tellerinin titreşimi, glotisin düzenli tekrarlanan hızlı açılıp kapanması, düzenli ve tekrarlanan küçük hava patlamalarını serbest bırakarak oluşur. Küçük hava patlamalarının gırtlaktan kaçma hızı (yani saniyedeki patlama sayısı), saniyede devir olarak ifade edilen ses dalgasının frekansını belirler ('döngü' bir tam titreşimdir) [96]. Sesin oluşması sırasında hem sese hem de ses kaynağına bağlı olarak çeşitli frekanslarda akustik enerji yoğunlaşması gerçekleşir. Bu frekanslara formant frekansı adı verilir. Formant, konuşma spektrumu içerisinde belirli bir frekans bölgesindeki akustik enerji konsantrasyonudur [97]. Formantlar yaklaşık olarak 1000 Hz aralıklarla meydana gelir. Her formant ses yolunda bir rezonansa karşılık gelir. Bu çalışmada 0-1000 Hz, F2 için 1000-2000 Hz, F3 için 2000-3000 Hz ve 3000-8000 Hz frekans bölgelerindeki en yüksek güçlü frekans bileşenleri belirlenmiştir. Belirlenen bölgelerde tepe frekansları ve toplam güç değerleri hesaplanmıştır.

Ayrıca bu çalışmada sinyal dağılımlarının özellikleri de incelenmiştir. Yüksek dereceli momentler olarak da tanımlanan çarpıklık ve basıklık parametreleri (üçüncü ve dördüncü derece istatistikler) bir sinyal dağılımının normal dağılım eğrisine göre durumunu değerlendirmekte kullanılır [99].

Çarpıklık, normal dağılımda simetrikliğin bozulma miktarıdır. Dağılımın sağa ya da sola çarpık olması çarpıklık değerini sıfırdan pozitif veya negatif değerlerde uzaklaştırır. Bir dağılımın çarpıklığı Eşitlik (3.4) ile tanımlanır,

$$s = \frac{E(x - \mu)^3}{\sigma^3} \quad (3.4)$$

Basıklık ise normal dağılıma göre dağılımın dikliğinin ya da düzlüğünün derecesidir ve sapma miktarına bağlı olarak pozitif/negatif değerler alır (Eşitlik (3.5)).

$$k = \frac{E(x - \mu)^4}{\sigma^4} \quad (3.5)$$

Eşitlik (3.4) ve (3.5)'te yer alan  $\mu$  aritmetik ortalamayı,  $\sigma$  standart sapmayı belirtmektedir.

### 3.7.2. Doğrusal öngörülü kodlama (DÖK)

Doğrusal öngörülü kodlama (DÖK), özellikle konuşma sinyali işlemede yaygın olarak kullanılan bir modeldir [98]. Doğrusal tahminde, bir örnek değeri olan  $x(n)$  için bir tahmin olan  $\hat{x}(n)$ , önceki örnek değerlerinin doğrusal bir kombinasyonu olarak verilir. Sinyal geçmişinin doğrusal bir kombinasyonunu oluşturmak ve bir sonraki sinyal değerini tahmin etmek için birçok yöntem vardır. DÖK, en küçük kareler anlamında tahmin hatasını en aza indirerek ileri bir doğrusal öngörücünün katsayılarını belirler. Aşağıdaki Eşitlik (3.6) ile geçmiş örneklere dayanarak gerçek değerli zaman serileri  $x$ 'in mevcut değerini tahmin eden bir  $p$ . dereceden doğrusal bir tahmin edicinin katsayıları bulunmuştur. Bu katsayıların oluşturduğu model sinyalin doğrusal özelliklerini taşıması sebebiyle bu çalışmada sinyalin modelle uyumsuzluk gösteren kısımları yani modelleme sonrası kalan artıklar kullanılmıştır.

$$\hat{x}(n) = -a(2)x(n-1) - a(3)x(n-2) - \dots - a(p+1)x(n-p) \quad (3.6)$$

### 3.7.3. Mel-frekans kepsstral katsayıları (MFKK)

Konuşma veya konuşmacı tanıma yaklaşımında literatürde en yaygın kullanılan spektral tabanlı parametre Mel-Frekans Kepsstral Katsayılarıdır (MFKK). Bu yöntem insan işitme sisteminin nasıl çalıştığına dair bir yaklaşım sunar [105]. Doğrusal tahmin katsayıları haricinde konuşmadaki özellik katsayılarını belirlerken ses yolunun modelini oluşturmaya

odaklanan MFKK, insan işitme sistemini taklit edebilmek için konuşma güç spektrumuna mel-frekans ölçeği uygular. Mel-frekans ölçeği işitme esnasında farklı seslere farklı frekans değerlerinde hassasiyet gösteren bir algılama ölçeğidir. 1000 Hz'e kadar olan sesler doğrusal olarak algılanmakta iken frekans yükseldikçe değişimin algılanması logaritmik bir şekilde olur [106]. Aşağıdaki Eşitlik (3.7)'deki matematiksel ifade kullanılarak frekans ( $f$ ) yani Hertz ölçeğindeki bir ses mel ( $M$ ) ölçeğine dönüştürülebilmektedir. Bu çalışmada MFKK ile modellenen sinyalin, kendisinden çıkarılması ile elde edilen, modelin öngördüğü doğrusal yapıya uymayan kısımlar yani artıklar kullanılmıştır.

$$M = 1125 \times \ln(1 + (f \div 700)) \quad (3.7)$$

### 3.8. Doğrusal Olmayan Analiz ve Hesaplanan Özellikler

Fizyolojik sinyallerin kaynağı olan sistemler birden fazla geri besleme mekanizmasının etkileşimde bulunduğu, dinamikleri zamanla değişen incelenmesi zor sistemlerdir. Bu tür sistemleri yöneten çok sayıda değişken olmakla birlikte genellikle sistemlerden yalnızca bir sinyal kaydedilir. Bu sinyal kullanılarak, sinyalin ve aynı zamanda sinyalin kaynağı olan sistemin doğrusal olmayan karakteristiklerini gözlemlemek mümkündür. Bunun için sistemin zaman içindeki davranışını incelemek gerekir ki doğrusal olmayan analizin ilk adımı sistemin faz (durum) uzayındaki çekerini oluşturmaktır. Doğrusal ya da doğrusal olmayan tüm sistemlerin zamandaki davranışlarını sisteme ait çekerini elde ederek açıklamak mümkündür. Çekerini elde etmek için sinyalin durum uzayına yerleştirilmesi gerekir ve doğrusal olmayan özellikler çeker üzerinden hesaplanır.

Çeker, sistemin sahip olduğu değişkenlerin zaman içerisindeki değişimlerine karşılık gelen, faz (durum) uzayındaki noktalar kümesi olarak adlandırılır ve dinamik sistemin içinde bulunabileceği mümkün olan bütün durumlarının birleşimini gösterir [88]. Bir dinamik sisteme ait değişken sayısı aynı zamanda bu sistemin serbestlik derecesini verir. Faz uzayı serbestlik derecesi sayısı kadar boyut bulundurur. Faz uzayındaki her bir nokta, sistemin farklı zamanlardaki durumunu, her bir yörünge ise sistemin farklı başlangıç noktaları için gerçekleşen durumunu temsil eder. Meydana gelen yörüngeler faz uzay diyagramında belli bir desen oluşturmuyorsa rastgele, birbiri üzerinde çakışık şekilde desenler oluşturuyorsa periyodik sistemler olarak tanımlanabilir. Kaotik sistemlerin çekerleri ise periyodik ve

rastgele sistemlerden farklı, tuhaf desenler oluştururlar ki bu nedenle garip çeker olarak adlandırılırlar.

Bir sinyal her biri spesifik bir  $t$  anında kaydedilen  $x(t)$  gözlemlerinden oluşmaktadır [89]. Sinyalin analizinde, tek değişken kaydedildiği için, sistemin davranışını izleyebilmek amacıyla faz uzayına yerleştirilmesi (yani çekerin elde edilmesi) gerekmektedir. Bunun için, Takens'in zaman gecikmeli koordinatlar metodu kullanılmıştır [90]. Bu metot, tek bir sinyalden çok boyutlu faz uzayına geçerken kullanılan en sistematik ve en yaygın kullanılan metottur [91].

Takens teoremi der ki:  $m$  boyutlu faz uzayında oluşturulan çekerin topolojik özellikleri (Lyapunov üstelleri, Fraktal boyutları vb.), hipotetik olarak o verilere ait topolojik özellikleri ile aynıdır [91].

Takens teoremi ile çeker, Eşitlik (3.8)'de ifade edilen orijinal sinyale ait zaman gecikmeli vektörler kullanılarak oluşturulur.

$$\vec{x}_i = (y_i, y_{i+\tau}, y_{i+2\tau}, \dots, y_{i+(m-1)\tau}), t = 1, \dots, N - (m - 1)\tau \quad (3.8)$$

Faz uzayında çekerin oluşturulması için zaman gecikmesinin ( $\tau$ ) ve yerleştirme boyutunun ( $m$ ) belirlenmesi farklı seçimlerin farklı çekerleri oluşturacağından dolayı önemlidir.

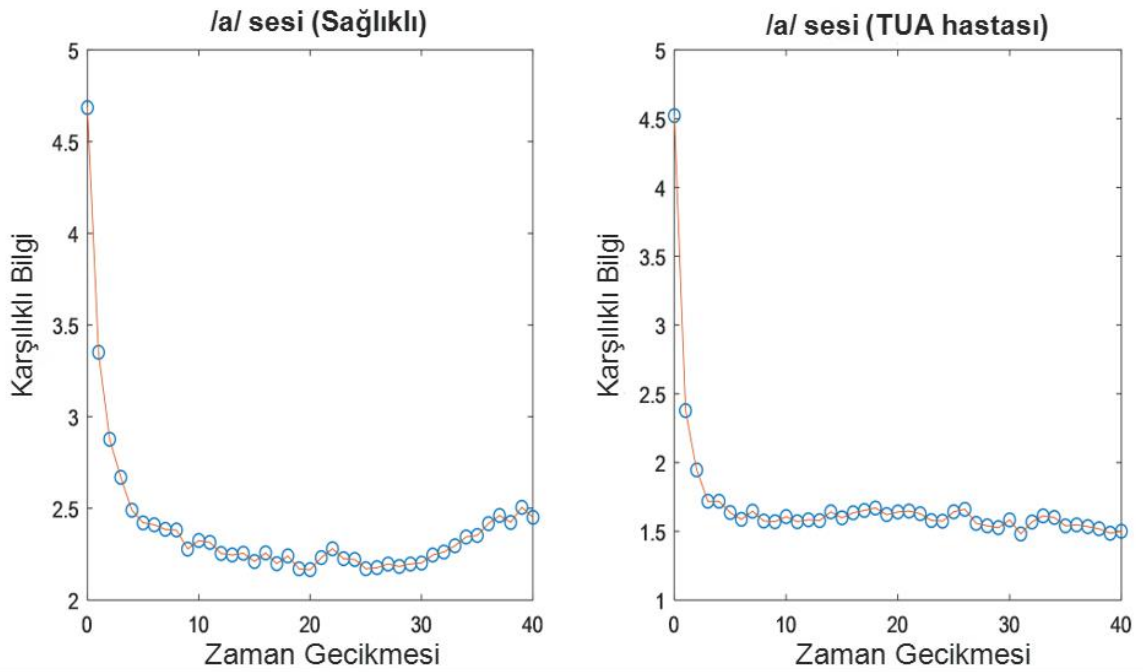
### 3.8.1. Zaman gecikmesinin hesaplanması

Sistemden elde edilen tek bir sinyali kullanarak çok boyutlu zaman gecikmeli vektörleri elde etmek için zaman gecikmesinin ( $T$ ) tespiti önemlidir. Literatürde zaman gecikmesinin ( $T$ ) belirlenmesine yönelik farklı metotlar ileri sürülmüş olsa da en çok kullanılan yöntem ortalama karşılıklı bilgi fonksiyonudur ve Eşitlik (3.9)'da verilmiştir [92]. Buna göre,  $x(n)$  sistemden alınan ölçümleri  $x(n + T)$  de  $T$  kadar bir zaman gecikmesi sonrasındaki ölçüm değerlerini göstermek üzere  $n$  ve  $n + T$ 'deki değerler arasındaki ortalama karşılıklı bilgi hesaplanır [93].

$$I(T) = \sum_{n=1}^N P(x(n), x(n + T)) \log_2 \left[ \frac{P(x(n), x(n + T))}{P(x(n))P(x(n + T))} \right] I(T) \geq 0 \quad (3.9)$$

Ortalama karşılıklı bilgi fonksiyonu,  $T$ 'nin çok küçük ya da çok büyük seçilmesini önlemede bir reçete olarak görülür. Eğer  $T$  çok küçük seçilirse bu iki ölçüm kümesi temelde aynı değerler içerecektir ki sistemin dinamikleri anlamak mümkün olmaz.  $T$  çok büyük seçilirse kümelerdeki ölçü değerleri birbirlerinden oldukça bağımsız hale gelir ki ortak bilgi içermezler [92]. Bu nedenle literatürde ortalama karşılıklı bilgi fonksiyonunun ilk minimum olduğu değer zaman gecikmesi için en uygun değer olarak belirtilmiştir [92].

Bu tez çalışmasında zaman gecikmesinin hesaplanmasında kullanılan ortalama karşılıklı bilgi fonksiyonu TUA hastası ve sağlıklı bir denekten alınan bir /a/ sesi üzerine uygulanmış ve /a/ sesi için ortalama karşılıklı bilgi fonksiyonuna ait sonuçlar Şekil 3.15.'te verilmiştir.



Şekil 3.15. /a/ sesi için zaman gecikmesinin belirlenmesinde kullanılan fonksiyon eğrisi.

### 3.8.2. Yerleştirme boyutunun hesaplanması

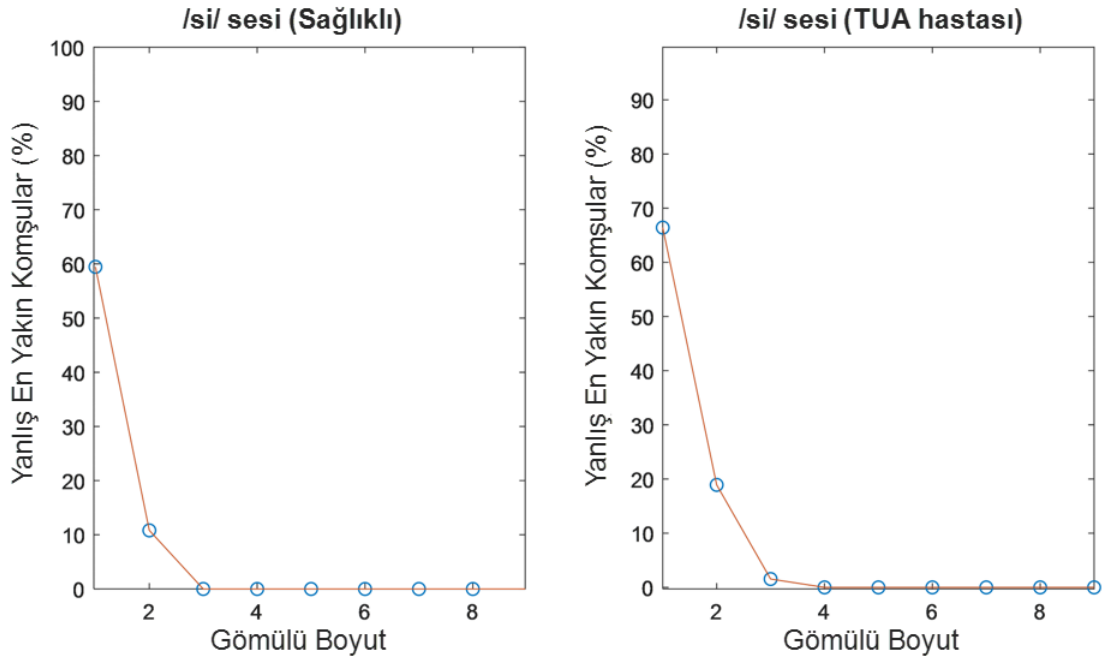
Sinyalin çeker faz uzayında oluşturulurken çeker üzerindeki tüm detayların elde edilebilmesi için faz uzayının boyutunun yeteri kadar büyük olması gerekir. Yerleştirme boyutunun (gömülü boyut) belirlenmesinde en yaygın kullanılan metot Kennel ve vd. tarafından sunulan yanlış en yakın komşular (False Nearest Neighborhood) metodudur [94]. Bu metotta  $m$  boyutlu faz uzayındaki her bir vektörün, bir en yakın komşusu hesaplanır,  $m+1$

boyutta aynı işlem tekrarlanarak bir önceki boyu için hesaplanan en yakın komşularda değişiklik olup olmadığına bakılır. Bu işleme boyut sayısı artırılarak devam edilir. Boyut sayısı arttıkça yanlış komşu sayısı azalır. Yanlış komşunun kalmadığı faz uzayı boyutu, çekerin yerleştirileceği doğru boyuttur.

Komşuların yanlış olup olmadığına bir eşik değeri ( $R_T$ ) ile karşılaştırılarak karar verilir (Eşitlik (3.10)).  $x(k + T_m)$  ve  $x^{NN}(k + T_m)$  en yakın komşular,  $R_m(k)$  ise vektörler arasındaki m boyutta öklit farktır [91,94]. Bu metotta, eşik değerinin ( $R_T$ ) tespitinde bir kuralın olmaması ve subjektif seçimi dezavantajdır.

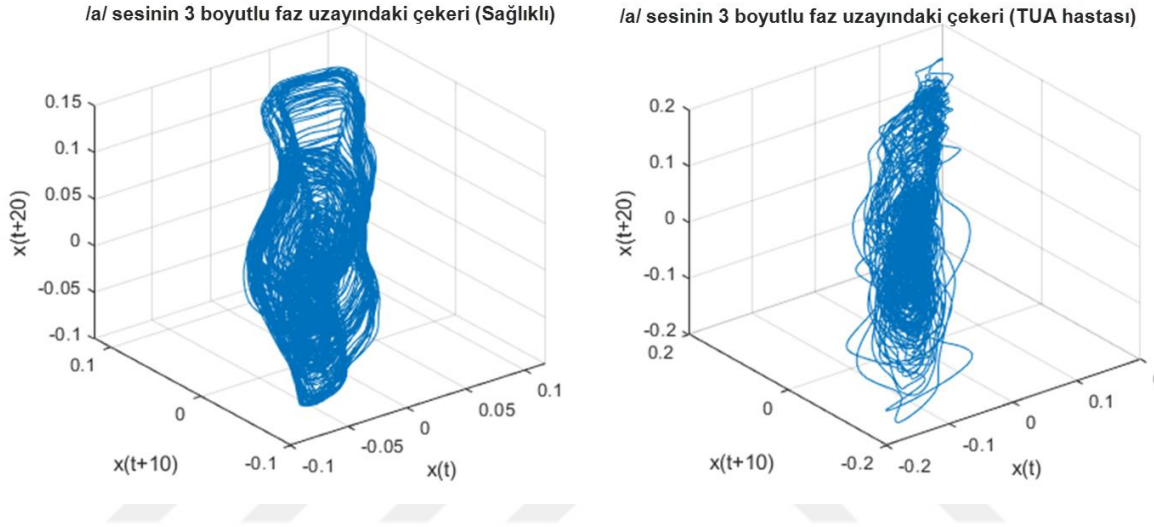
$$\frac{[x(k + T_m) - x^{NN}(k + T_m)]}{R_m(k)} > R_T \quad (3.10)$$

TUA hastası ve sağlıklı bir deneye ait bir /si/ sesinin yanlış en yakın komşu fonksiyonu kullanılarak yerleştirme boyutunun belirlenmesine yönelik uygulama Şekil 3.16.'da gösterilmektedir. Yanlış en yakın komşu değerinin değişimi ikinci boyuta kadar hızlı bir şekilde azalma göstermekle birlikte sağlıklı denekte üçüncü boyutta, TUA hastası denekte ise dördüncü boyutta sıfır değerine ulaşmaktadır.



Şekil 3.16. /si/ sesine ait gömülü boyutun belirlenmesinde kullanılan fonksiyon eğrisi.

TUA hastası ve sağlıklı denekten alınan bir /a/ sesi için hesaplanan yerleştirme boyutu ( $m=3$ ) ve zaman gecikmesi ( $T=10$ ) değerleri kullanılarak sinyal durum uzayına yerleştirilmiş ve elde edilen üç boyutlu faz uzayındaki çekerler Şekil 3.17.'de verilmiştir. /a/ sesine ait çekerler incelendiğinde üç boyutta oluşturulan faz uzayında karmaşık bir şekil olarak ortaya çıktığı ve uzayı tamamen doldurmayıp belirli bir alanda sıkıştığı görülmüştür. Bununla birlikte TUA hastası ile sağlıklı deneğin çekerleri kıyaslandığında arada belirgin bir fark olduğu göze çarpmaktadır.



Şekil 3.17. /a/ sesinin üç boyutlu faz uzayındaki çekerleri.

### 3.8.3. Lyapunov üsteli

Lyapunov üsteli sistemin çekerini oluşturan eğrilerin gelişim dinamiklerini tanımlar. Durum uzayı içindeki iki komşu eğrinin ortalama hangi oranla ıraksadığını ya da yakınsadığını belirten, değeri pozitif, negatif veya sıfır olabilen bir sayıdır [101]. Negatif değer iki komşu eğrinin birbirine yaklaştığını, pozitif değer ise uzaklaştığını ifade eder ki bu durum kaotik davranışlarda görülür. Bu nedenle pozitif Lyapunov üsteli kaosu göstergesi olarak kabul edilir. Davranışlarında doğrusal olmayan dinamiklerin yer aldığı kaotik sistemlerin en belirgin özellikleri, başlangıç koşullarına hassas biçimde bağlı olmalarıdır. Yani doğrusal olmayan başka bir deyişle kaotik sistemlerde başlangıç koşullarındaki çok küçük bir değişiklik bile, sistemin davranışında çok büyük değişimlere sebep olmaktadır. Pozitif Lyapunov karakteristik üsteli, iki yakın noktanın zamanla birbirlerinden hangi ortalama oranla ayrıldıklarını gösterdiğinden, başlangıç koşullarına hassasiyetin de bir

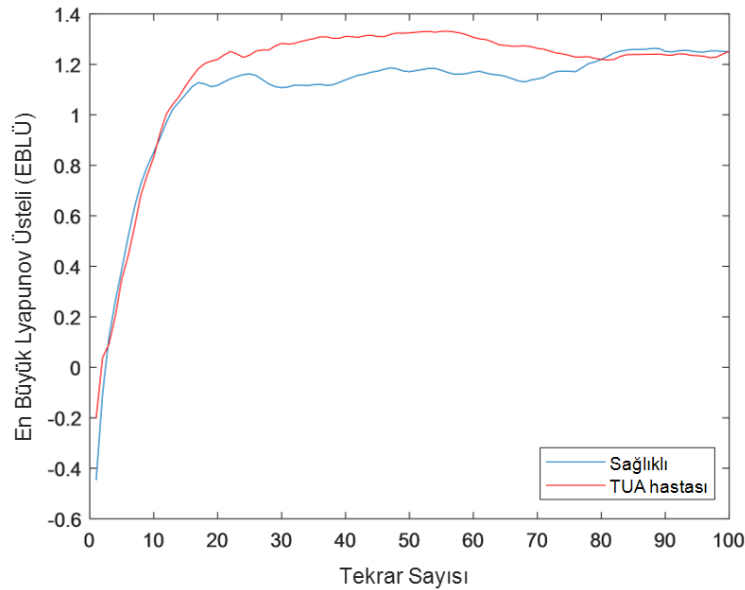
ölçüsüdür. Kaotik bir sistemin durum uzayı boyutu kadar üsteli hesaplanabilir ve bunlardan en az birisi (en büyüğü) pozitiftir. Bu nedenle sistemin kaotik davrandığını göstermek üzere, genellikle, sadece en büyük Lyapunov üstelinin hesaplanması yeterli bulunmaktadır. Bunun için lokal Lyapunov üstelleri hesaplanarak ortalaması alınmaktadır. En büyük Lyapunov üsteli ( $\lambda_1$ ) şu şekilde hesaplanır [102].

$$d(t) = Ce^{\lambda_1 t} \quad (3.11)$$

Burada  $d(t)$  komşu noktaların  $t$  zamanındaki ortalama ayrılma miktarı,  $C$  ise başlangıçtaki ayrılma miktarıdır. Her iki tarafın logaritması alınarak eğimleri  $\lambda_1$  ile ilişkili eğriler elde edilir. En büyük Lyapunov üsteli bu eğrilere bir doğru uydurulup, eğimi hesaplanarak bulunur (Eşitlik (3.12)). Buradaki parantez içi ifade tüm lokal ayrılma miktarlarının ortalamasıdır.

$$y(i) = \frac{1}{t} \langle \ln d(i) \rangle \quad (3.12)$$

TUA hastası ve sağlıklı denekten kaydedilen /si/ sesinde sadece /s/ ünsüzüne ait ses için en büyük Lyapunov üsteli hesabı yapılmış ve Şekil 3.18.'de verilmiştir.



Şekil 3.18. /si/ sesinde sadece /s/ ünsüzüne ait ses için yapılan en büyük Lyapunov üsteli hesabı.

### 3.8.4. Higuchi boyutu

Higuchi boyutu, düzensizliğin bir ölçüsüdür ve zaman serileri için doğrudan zaman alanında hesaplanır [103]. Hesaplamalar durum uzayında yeniden yerleştirme yapılmadan gerçekleştirilir. Fraktal bir sinyal için boyutla ilişkili kural aşağıda verilmektedir.

$$L(d) \propto d^{D_H} \quad (3.13)$$

Sinyalin zaman gecikmesi kadar ötelenen ardışık noktaları arasındaki mesafelerin (farkların) ortalaması alınarak, her bir durum uzayı boyutu ( $d$ ) için  $L_m(d)$  bulunur. Her boyut için  $L(d)$  aşağıdaki gibi hesaplanır. Sonrasında çift logaritmik eksende  $\ln L(d)$ ,  $\ln d$ 'ye karşılık olarak çizdirilerek, eğimin hesaplanması ile boyut değeri belirlenir.

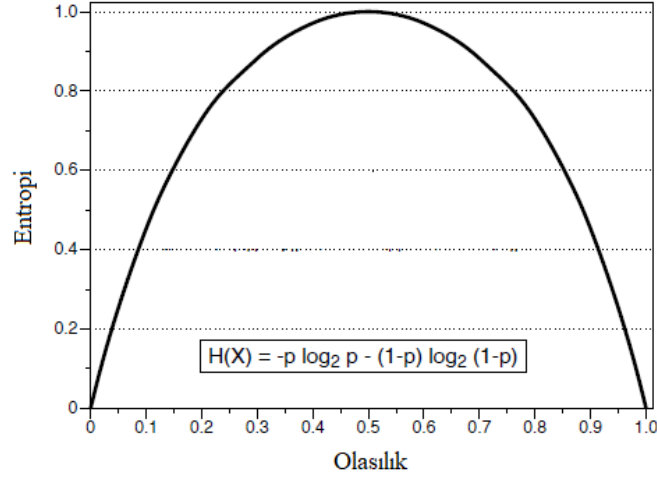
$$L(d) = \frac{1}{d} \sum_{i=1}^d L_m(d) \quad (3.14)$$

### 3.8.5. Entropiler

Birçok alanda yararlanılan bir nicelik olan entropi, bir sistemdeki rastgelelik ve düzensizliğin ölçüsü olarak tanımlanır ve sistemden elde edilen her bir ölçüm değerinden kazanılan bilgi miktarının ölçüsü olarak değerlendirilebilir [100]. Bilginin ölçümü ( $h$ ), sinyal bileşenlerinin görülme olasılığı  $P_i$ 'nin bir fonksiyonu olarak kabul edilirse; Shannon algoritmasına göre bilgi miktarı,  $h(P_i) = \log_2 \left( \frac{1}{P_i} \right)$  olarak ifade edilir.  $h(P_i)$ 'nin  $n$  adet örnek için, sinyalin istatistiksel dağılımına bağlı olarak beklenen bilgi toplamı Shannon entropiyi vermektedir (Eşitlik (3.15)).

$$H = \sum_{i=1}^n P_i \log_2 \left( \frac{1}{P_i} \right) \quad (3.15)$$

Şekil 3.19.'da görüleceği üzere, entropi  $P$  ile temsil edilen olasılık miktarına bağlıdır, burada  $P = 1/2$  durumu olasılıklı bir perspektiften rastgelelik olup maksimum entropi  $H = 1$  verir. Shannon'un tanımında, yüksek veya düşük olasılıklı olaylar,  $P = 0$  veya  $P = 1$  değerleri için şekilde gösterildiği gibi, ölçüm değerine çok fazla katkıda bulunmaz.



Şekil 3.19. İki olası durum için entropinin olasılık dağılımıyla değişimi (Delgado-Bonal [100] 'tan değiştirilerek).

Sürekliliği veya düzenliliği ölçen bir parametre olarak değerlendirilen bir başka entropi yaklaşım entropisidir. Bu entropinin düşük değerleri sistemin düzenli ve öngörülebilir olduğunu gösterirken yüksek değerler, veriler arasında bağımsızlık, tekrarlanan yapının azlığı ve rastgelelik anlamına gelir.

Yaklaşım entropisi,  $N$  uzunluğundaki bir veri setinde,  $m + 1$  uzunluğundaki modellerin her birinin  $r$  toleransı ( $m$  uzunluğundaki modellerin birbirlerine göre  $r$  toleransı olması durumu için) içinde tekrarlanabilirliğini ölçmeye yarar. Genel olarak bu ölçüm bir zaman serisindeki zamansal modellerin belirli bir toleranstaki tekrarlanabilirliğinin ortaya çıkarılması için yapılır. Bu tekrarlanabilirlik "logaritmik olasılık" olarak da isimlendirilir. Yaklaşım entropisi Eşitlik (3.16)'da ifade edilmiştir.

$$ApEn(m, r, N) = \frac{1}{N - m} \sum_{i=1}^{N-m} \log \left( \frac{A_i}{B_i} \right) \quad (3.16)$$

Örnek entropi ise düzenliliği ölçen alternatif bir istatistiktir ve yaklaşım entropisine çok benzerdir. Bu iki entropi arasındaki temel fark hesaplamada kendi kendine sayımın nasıl ele alındığıdır. Yaklaşım entropide sıfırın doğal logaritmasının hesaplanmasını önlemek için her yinelemede kendi kendine sayım dahil edilir. Ancak örnek entropide bu doğal logaritma bir kez hesaplanır. Örnek entropi, yaklaşım entropisinin modifiye edilmesi sonucunda elde edilen Eşitlik (3.17) ile ifade edilir.

$$SamEn(m, r, N) = -\log \left( \frac{\sum_{i=1}^{N-m} A_i}{\sum_{i=1}^{N-m} B_i} \right) = -\log \left( \frac{A}{B} \right) \quad (3.17)$$

### 3.8.6. Relief özellik seçimi

Özellik seçimi, verilerin boyutlarını ya da özelliklerini indirgemenin bir yoludur, böylelikle sınıflayıcı algoritması çalıştığı daha iyi doğruluk verir. Özellikleri azaltırken veri setine ait mevcut öznitelik boyutu ile eğitim kümesinden seçilen örnek sayısı arasında bir denge olması önemlidir. Özellik seçimi prosesinde amaç elimizdeki özniteliklerin ayırt edici yeteneklerini literatürde önerilen çeşitli yöntemleri uygulayarak veri setine ait mevcut öznitelik kümesinden daha ayırt edici bir alt küme elde edilmesidir [115,116,117]. Bu kapsamda verilerin etki alanını tanımak ve bu şekilde alakalı ve daha kaliteli özellikler kümesi oluşturmak en önemli aşamadır. Bununla birlikte veri miktarı arttıkça, ilgili özellikleri manuel olarak sıralama işlemi yorucu bir hal alır. Özellik seçiminin veri setinin anlaşılmasını kolaylaştırmak, işlem süresini kısaltmak, veri depolama alanını küçültmek ve performansı iyileştirmek gibi çeşitli pek çok faydası vardır. Özellik seçim algoritmaları pek çok şekilde oluşturulabilir. Genel olarak özellik seçim yaklaşımları, bireysel ya da alt küme değerlendirmesi şeklinde sınıflandırılmıştır. Bireysel değerlendirmede bireysel özellikler (özelliğin sırası/ağırlığı) değerlendirilir ve anlamlılık derecelerine göre puan ya da ağırlık verilir. Bireysel özellik ağırlıkları sadece "en iyi" özelliklerin seçimi için değil, evrimsel algoritmalar gibi özellikle stokastik makine öğrenme algoritmalarını yönlendirmek için uzman bilgisi olarak da uygulanabilir [121]. Alt küme değerlendirmesinde ise belli bir arama stratejisine göre seçilen aday özellik alt kümelerini değerlendirir [118,119]. Bu çalışmada bireysel değerlendirme filtre yöntemleri olarak nitelendirilen ve daha fazla kullanım esnekliği sunan Relief algoritması özellik seçim yöntemi olarak uygulanmıştır.

1990'ların başlarında Kira ve Rendell tarafından [120], örnek tabanlı öğrenmeden esinlenerek formülize edilen Relief algoritması; veri setindeki özelliklerin birbirine yakın olan örnekler arasında ne kadar iyi ayrıldığına göre niteliklerin kalitesini tahmin etme esasına dayanmaktadır. Relief algoritmasının mekanizması [120] şu şekilde ifade edilebilir: Eğitim verileri arasından rastgele seçilen bir örnek ( $x_i$ ) geldiğinde Relief, bu örneğin aynı sınıftan ve farklı sınıftan en yakın iki komşusunu arar. Aynı sınıftan en yakın komşusu en yakın isabet değeri (*nearHit*) olarak, farklı sınıftan en yakın komşusu ise en yakın ıskalama

değeri (*nearMiss*) olarak tanımlanır. Relief algoritmasındaki ağırlıklar Eşitlik (3.18)'de ifade edilen denklem ile hesaplanır.

$$W_i = W_i - diff(x_i, nearHit_i)^2 + diff(x_i, nearMiss_i)^2 \quad (3.18)$$

Başlangıçta Relief ilk olarak tüm öngörücü ağırlıklarını  $W_i$ 'yi sıfıra ayarlar. Daha sonra, algoritma yinelemeli ( $m$ ) olarak rastgele bir gözlem örneği  $x_i$ 'yi seçer, aynı sınıf ve farklı sınıf için  $x_i$ 'ye en yakın gözlemleri bulur ve en yakın komşu  $nearHit_i$  ve  $nearMiss_i$  için tüm özellik ağırlıklarını günceller. Algoritmada  $W_i$ 'nin en düşük ve en yüksek değerleri tüm örnek kümesinde belirlenir ve bu normleştirme işlemi ile ağırlık güncellemelerinin 0 ile 1 arasında olması sağlanır.  $W_i$ 'nin güncellenmesinde  $diff$  sonucunun ( $m$ )'ye bölünmesi ile tüm öngörülen ağırlıkların  $[-1, 1]$  arasında normleştirileceği garanti edilmiş olur. Eşitlik (3.18)'deki  $diff$  formülü en yakın komşuları aramada örnekler arasındaki mesafeyi hesaplamak için kullanılır. Kira ve Rendell mesafeyi hesaplamak için öklit metriğini kullandı fakat literatürde manhattan mesafesinin de kullanıldığı bilinmektedir. Kira ve Rendell'e göre aynı sınıftaki özellik vektörleri ( $x_i$  ve  $nearMiss_i$ ) arasındaki fark, farklı sınıflardaki özellik vektörlerinden ( $x_i$  ve  $nearHit_i$ ) daha yüksek ise  $W_i$  ağırlığı azalır ve bunun tam tersi durumda geçerlidir. Algoritmanın tasarımı aynı sınıf komşularına farklı değerler oluşturan öngörücüleri cezalandırır ve farklı sınıf komşularına farklı değerler oluşturan öngörücüleri ödüllendirir. En kötü cezalandırma  $W_i$  nin -1 değerini aldığı, en iyi ödül ise  $W_i$ 'nin +1 değerini aldığı durumdur. Başka bir deyişle, eğer ( $W_i$  ve  $nearMiss_i$ ) arasında farklı değerlere sahip özellikler bulunursa bu özelliklerin sonuç hakkında bilgilendirici oldukları hipotezini destekler, böylelikle kalite tahmini  $W_i$  artar.

### 3.9. Sınıflama Algoritmaları

Sınıflandırma kavramı, bilinmeyen bir örüntünün, o örüntüye ait öznitelikler kullanılarak bir karar mekanizması yardımı ile hangi sınıfa ait olduğunun belirlenmesi şeklinde ifade edilir [104]. Literatürde pek çok türde sınıflama algoritması bulunmaktadır ancak bu algoritmaların hangisinin en iyi ya da en uygun olduğu konusunda kesin bir ifade kullanılamaz. Diğer bir deyişle yapılan aynı türden uygulamalarda değişik sınıflama algoritmaları birbirinden farklı sonuçlar verebilmekte ve bu nedenle en iyi sınıflandırıcı kararı önceden tahmin edilememektedir. Sınıflama algoritmalarının başarısının sınanması

için sınıflandırılacak örüntülere ait belirli miktarda örnek içeren “veri tabanı”, öncelikle "eğitim" ve "test" kümesi olarak iki gruba ayrılmalıdır. Bu eğitim ve test kümelerinin rastgele atanması bir metottur ve ayırma işleminin çeşitli şekillerde yapılabilmesi de farklı bir metottur. Daha sonra sınıflandırıcıları belirlemek için hangi sınıfa dahil olduğu önceden bilinen eğitim kümesindeki öznitelikler kullanılarak sınıflandırıcılar eğitilmektedir. Yapılan ölçümün güvenilirliğini artırmak için k-katlamalı çapraz doğrulama yöntemi de uygulanabilir. Öznitelikler vektörünün büyüklüğüne bağlı olarak belirlenen k değeri ile veri kümeleri k eşit parçaya bölünür. Çapraz doğrulama yönteminde öncelikle parçalardan birisi test için ayrılarak, kalan k-1 tane parça ise eğitim için kullanılır. Eğitim sonrasında, ayrılan parça seçilen sınıflama algoritması ile test edilir ve bir sonuç elde edilir. Bu elde edilen sonucun ardından aynı işlem bir sonraki k parça için yapılır ve bir sonuç elde edilir. Bu şekilde k parçanın her biri için bu işlem tekrarlanarak seçilen sınıflama algoritmasının genel başarısı veya genel hatası bu elde edilen sonuçların ortalaması olarak hesaplanır. Bu yöntem sayesinde, eğitim kümesindeki tüm veri hem eğitim hem de test için kullanılarak sistemin başarımlı ölçümü daha güvenilir seviyede yapılmış olur. Sonrasında eğitim kümesindeki öznitelikler kullanılıp elde edilen sınıflama algoritması test kümesinde uygulanır ve sınıflandırma hata olasılığı hesaplanır. Bunun amacı hangi sınıfa ait olduğu önceden bilinen özniteliklerle oluşturulan sınıflama modelinin, bilinmeyen öznitelikler üzerindeki performansını ya da başarımlı ölçümünü ölçmektir.

Daha önce ifade edildiği gibi TUA tespitine yönelik seçilen /a/, /i/, /ı/, /u/ ünlü harfleri ile /c/, /g/, /h/, /k/, /n/ ve /s/ ünsüz harflerin bu ünlü harfler ile oluşturulan hecelerinin, klasik ses analiz alanında hesaplanan parametreleri ile doğrusal olmayan analiz yöntemleri ile hesaplanan parametreleri için sınıflandırma işlemleri MATLAB programında bulunan “Statistics and Machine Learning Toolbox” içerisinde yer alan “Classification Learner” uygulamaları kullanılarak DVM ve K-EYK sınıflandırma yöntemleri ile gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemlerin tercih edilmesinin sebebi özellikle TUA tespitine yönelik konuşma seslerinin sınıflandırılması aşamasında geleneksel metotlardan çok daha iyi ayırım yapabilme yeteneğine sahip olmalarından dolayıdır [30].

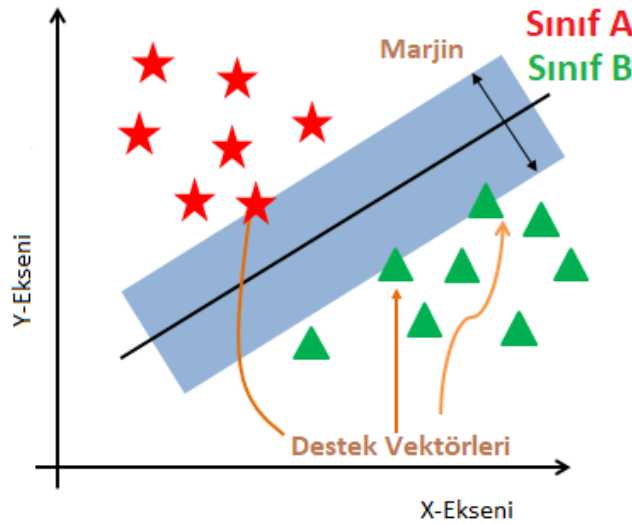
### **3.9.1. Destek vektör makineleri (DVM)**

1960’ların sonlarına doğru Vladimir Vapnik tarafından önerilen [107], istatistiksel bir makine öğrenme algoritmaları sınıfına giren destek vektör makinelerinin temel esası; öznitelik uzayında iki sınıfı en uygun bir şekilde birbirinden ayırmayı mümkün kılacaktır

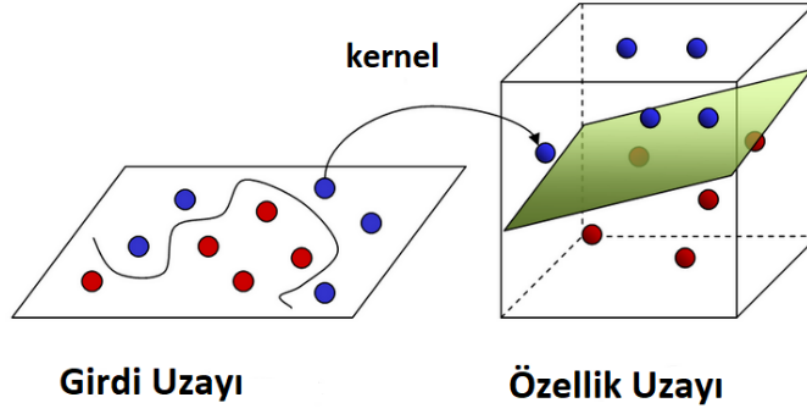
optimal bir hiperdüzlem bulmaktır. Doğrusal olmayan örnek uzayı doğrusal olarak ayrılabilen yüksek boyuta aktarılarak farklı örnekler arasındaki en yüksek sınırın elde edilmesiyle gerçekleştirilir [108].

DVM'ler, makine öğrenme algoritmalarında geniş bir uygulanabilirliğe sahip olan Kernel yöntemlerinin önemli bir örneği olup sürekli tekrarlanan örüntülerin bir bilgisayar algoritması tarafından tanımlanarak bu algoritmanın daha önceki deneyimlere dayanan performansını artırma kabiliyetidir. Kernel yöntemleri, makine öğrenimi teorisinde oldukça derin bazı sorunların üstesinden gelmek için bir çözüm çerçevesi sağlamaktadır. Şöyle ki, doğrusal olarak ayrılabilir formda olmayan girdi vektörlerini ayırma işleminde Kernel fonksiyonu kullanılarak, bu girdi vektörleri çok yüksek boyutta bir özellik uzayına eşlenir ve bu sayede özellik uzayında doğrusal bir karar yüzeyi oluşturulmasına olanak sağlanır.

DVM'ler genellikle bir örüntü sınıflandırmasıyla ilişkili olarak geliştirilmiştir. Dolayısıyla doğrusal ve doğrusal olmayan farklı örüntü tiplerini sınıflandırmak amacıyla kullanılır (Şekil 3.20.), (Şekil 3.21). Doğrusal örüntüler direkt olarak bir hiperdüzlem ile ayrılabilir. DVM, iki ayrı sınıfta bulunan örnek grupları arasında en fazla marjine sahip olan ve iki gruba eş uzaklıkta olan doğrusal bir hiperdüzlemin bulunmasını sağlar.



Şekil 3.20. İki boyutta doğrusal ayrılabilir sınıflar [109].



Şekil 3.21. İki boyutta ayrılamaz sınıflar ve daha yüksek boyutlu bir özellik uzayındaki bir hiperdüzlemle doğrusal olarak ayrılma [110].

### 3.9.2. K-en yakın komşu (K-EYK) algoritması

1950'lerden itibaren istatistik dünyasına kazandırılan k-en yakın komşu kuralı, Cover ve Hart [111] tarafından geliştirilen ve kolay öğrenme yeteneğine sahip parametrik olmayan bir algoritmadır. Bu algoritma kıyaslama makinesi öğrenme kurallarını kullanır yani veri dağılımı ile ilgili olarak bir varsayım yapmaz. Tembel bir öğrenciye benzeyen K-EYK algoritması eğitim verilerinden hiçbir şey öğrenmez, buna karşılık sınıflandırma için eğitim verilerinin direkt olarak kendisini kullanır. Dolayısıyla K-EYK eğitim verilerini bünyesinde barındırır ve oluşturduğu eğitim setine yönelik olarak karar mekanizmasını çalıştırır. K-EYK tanımsız bir nesne ile eğitim kümesinde yer alan her bir nesnenin arasındaki uzaklıkların belirlenmesine dayanır [112]. Verilerin özellik uzayında olduğu varsayılan bu yöntemde mesafeyi belirlemek için çeşitli metrikler (minkowski, öklid, manhattan gibi) kullanılır. Veri nokta setinin  $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  ve  $Y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$  olarak gösteriminde, Minkowski mesafesi Eşitlik (3.19) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$D_{Min}(x, y) = \left( \sum_{i=1}^n |x_i - y_i|^p \right)^{\frac{1}{p}} \quad (3.19)$$

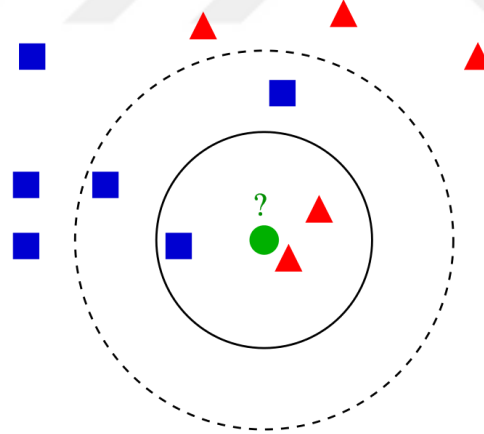
Öklid meafesi Eşitlik (3.19)'deki  $p$  değeri 2 olarak alınarak hesaplanmaktadır.

$$D_{L2}(x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2} \quad (3.20)$$

Manhattan mesafesi ise Eşitlik (3.19)'deki  $p$  değeri 1 olarak alınarak hesaplanmaktadır.

$$D_{Man}(x, y) = \sum_{i=1}^n (|x_i - y_i|) \quad (3.21)$$

Yukarıdaki mesafe hesaplama yöntemleri ve belirlenen  $k$  komşu sayısına bağlı olarak algoritmanın başarısı ve performansı değişebilir. Komşu sayısı 1 alındığında tanımsız nesnenin sınıfı, kendisine en yakın mesafede olan tek bir eğitim örneği kullanılarak öğrenilmektedir. Komşu sayısının 1'den fazla olduğu durumlarda ise bu nesnenin sınıfı çoğunluğun oyuna bakılarak yapılmaktadır. Herhangi bir eşitlik durumu ile karşılaşılması için uygulamada genellikle  $k$  değeri tek sayı alınmaktadır. Komşu sayısının farklı alındığı durumlar aşağıdaki Şekil 3.22.'de gösterilmektedir.



Şekil 3.22. Bilinmeyen nesnenin  $k=3$  ve  $k=5$  için sınıflandırılması [113].

### 3.9.3. Sınıflandırıcıların performansının belirlenmesinde kullanılan parametreler

Algoritmada tüm ünlü harf grubunun  $\{/a/, /i/, /ı/, /u/\}$ , tüm ünsüz hece grubunun  $\{/ca/, /ci/, /cı/, /cu/, /ga/, /gi/, /gı/, /gu/, /ha/, /hi/, /hı/, /hu/, /ka/, /ki/, /kı/, /ku/, /na/, /ni/, /nı/, /nu/,$

/sa/, /si/, /sı/, /su/} ve tüm seslerin sınıflandırılması sonucunda elde edilen çıkış değerleri ile uzman hekimin skoru (hekimin hastasına apneli/sağlıklı şeklinde koyduğu tanı) karşılaştırılarak sistemin duyarlılığı, özgüllüğü ve doğruluğu belirlenir. Uzman hekimin skoruna göre sınıflandırıcının bulduğu sonuçlar Tablo 3.4.'te gösterildiği şekilde bir hata matrisi ile ifade edilir. Performans kriterleri temel olarak bu matris baz alınarak hesap edilir.

Tablo 3.4. Veri tabanına göre hata matrisi.

<b>Gerçek Durum</b>	<b>(+) pozitif test sonuçlu hasta sayısı</b>	Gerçek Pozitif	Yanlış Negatif
	<b>(-) negatif test sonuçlu hasta sayısı</b>	Yanlış Pozitif	Gerçek Negatif
		<b>Hasta</b>	<b>Sağlıklı</b>
<b>Algoritma Sonucu</b>			

**Gerçek Pozitif (GP)** : Uzman tarafından hasta (apneli) olarak skorlanmış bir verinin algoritma tarafından hasta olarak sınıflandırılması.

**Gerçek Negatif (GN)** : Uzman tarafından sağlıklı olarak skorlanmış bir verinin algoritma tarafından sağlıklı olarak sınıflandırılması.

**Yanlış Negatif (YN)** : Uzman tarafından hasta (apneli) olarak skorlanmış bir verinin algoritma tarafından sağlıklı olarak sınıflandırılması.

**Yanlış Pozitif (YP)** : Uzman tarafından sağlıklı olarak skorlanmış bir verinin sınıflandırıcı tarafından hasta (apneli) olarak sınıflandırılması.

Algoritma başarısını öğrenmek için performans kriterleri olarak kullanılan gerçek pozitif oran, yanlış pozitif oran, gerçek negatif oran, yanlış negatif oran, pozitif öngörü değeri, negatif öngörü değeri gibi istatistiksel ölçümler hesaplanmıştır. Duyarlılık, özgüllük ve doğruluk değerlerinin hesaplanmasında ise bu ölçümler kullanılmıştır.

$$\text{Gerçek Pozitif Oran} = \frac{\text{Gerçek Pozitifler}}{\text{Toplam Pozitifler}} \quad (3.22)$$

$$\text{Yanlış Pozitif Oran} = \frac{\text{Yanlış Pozitifler}}{\text{Toplam Negatifler}} \quad (3.23)$$

$$\text{Pozitif Öngörü Değeri} = \frac{\text{Gerçek Pozitifler}}{\text{Gerçek Pozitifler} + \text{Yanlış Pozitifler}} \quad (3.24)$$

$$\text{Negatif Öngörü Değeri} = \frac{\text{Gerçek Negatifler}}{\text{Gerçek Negatifler} + \text{Yanlış Negatifler}} \quad (3.25)$$

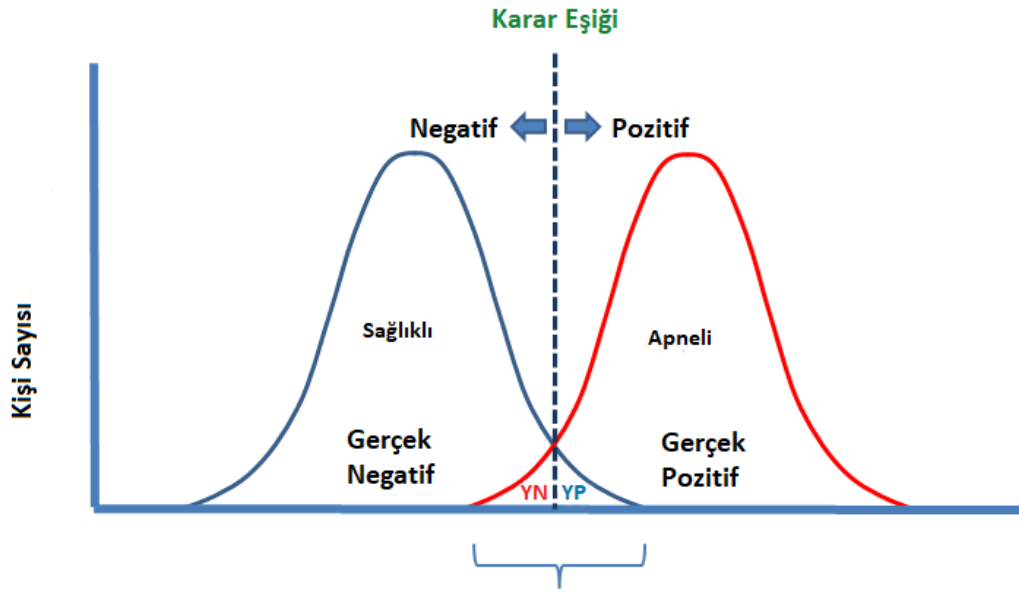
Algoritmanın belli bir hastalığı doğru olarak ayırabilme yeteneği duyarlılık ile ifade edilir.

$$\% \text{ Duyarlılık} = (\text{Gerçek Pozitif Oran}) \times 100 \quad (3.26)$$

Algoritmanın hastalığı olmayanları doğru olarak saptayabilme yeteneği özgüllük ile ifade edilir.

$$\% \text{ Özgüllük} = (1 - \text{Yanlış Pozitif Oran}) \times 100 \quad (3.27)$$

Aşağıdaki Şekil 3.23.'te görülen dikey çizgi seçilen karar eşik düzeyini göstermektedir. Denek grubundaki sağlıklı ve apneli bireylerin teorik olarak normal dağılım gösterdiği kabul edilirse yanlış negatif (YN) ya da yanlış pozitif (YP) oran olarak adlandırılan bölgeler birbirlerine bir girişim bölgesi oluştururlar. En ideal karar eşik düzeyinin seçimi ile bu girişim bölgesinin sınırı belirlenir ve bu sayede en yüksek doğrulukta bir sonuç elde edilir. Denek gruplarını sağlıklı ve apneli olarak ayıran bu karar eşikine göre duyarlılık ve özgüllük değerleri de belirlenmiş olur.



Şekil 3.23. Duyarlılık ve Özgüllük (Dawson, [125] 'dan değiştirilerek).

Gerçek hastalar içinde algoritmanın hatalı olarak sağlıklı buldukları yanlış negatif oran ile ifade edilir.

$$\text{Yanlış Negatif Oran} = (1 - \text{Duyarlılık}) \quad (3.28)$$

Gerçek sağlıklılar içinde algoritmanın hatalı olarak hasta dedikleri yanlış pozitif oran ile ifade edilir.

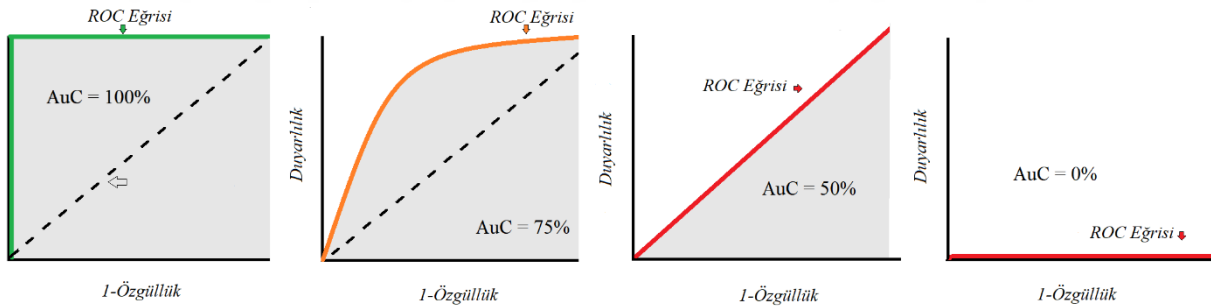
$$\text{Yanlış Pozitif Oran} = (1 - \text{Özgüllük}) \quad (3.29)$$

Algoritma sonucu pozitif çıktığında kişinin gerçekten hasta olma olasılığı nedir sorusu pozitif öngörü değeri ile yanıtlanır. Tam tersi olduğu durumda ise negatif öngörü değeri ile yanıtlanır. Algoritmanın doğru olarak yargıda bulunduğu tüm sonuçların yüzdesi sınıflandırmanın doğruluğunu verir.

$$\% \text{ Doğruluk} = \frac{\text{Gerçek Pozitifler ve Gerçek Negatifler}}{\text{Toplam Veri}} \quad (3.30)$$

Performansın karşılaştırılmasında en az doğruluk, özgüllük ve duyarlılık değerleri kadar önemli olan ROC (orijinal adıyla; Receiver Operating Characteristic) eğrisinin yorumlanması da etkili bir kriterdir. ROC eğrisi üzerindeki farklı noktalar tanı test sonuçlarının pozitif olup olmadığını tespit etmek için kullanılan farklı kesme noktalarına karşılık gelir. Bir ROC eğrisi, olası tüm özgüllük değerleri üzerinde bir tanı testi için duyarlılığın ortalama değeri olarak düşünülebilir. Daha genel bir ifade ile, doğrulukları eşit olan iki test sonucu göz önüne alındığında, bu testlerden biri hasta diğeri normal rasgele seçilmiş bir çift denek için, ROC eğrisi altında kalan alanı daha yüksek olan testten seçilen deneklerden hasta olan deneğin daha büyük olasılıkla hasta ve normal olan deneğin de daha büyük olasılıkla normal bir sınıflandırma sonucuna sahip olduğu söylenebilir.

AUC (orijinal adıyla; Area Under Curve), ROC eğrisinin altındaki alan anlamına gelir. AUC, (0,0) ile (1,1) arasındaki tüm ROC eğrisinin altındaki iki boyutlu alanı ölçer. AUC değerinin 1 olmasının anlamı sınıflayıcı algoritma başarısının mükemmel olduğudur. Bu değer 0.5 ile 1 arasında olması durumu genel başarının yüksek olduğunu, değer giderek azalarak 0.5 olduğu durum ise sınıflandırmanın kayda değer olmadığını gösterir. AUC değerinin 0 olduğu durum sınıflayıcının başarısız olduğu anlamına gelir. Bahsi geçen durumlar Şekil 3.24.'te gösterilmiştir.



Şekil 3.24. ROC Eğrisi [114].

## 4. ANALİZLERDE ELDE EDİLEN SONUÇLAR

Bu bölümde sağlıklı ve hasta deneklerden kayıt edilen /a/, /i/, /ı/, /u/ ünlü harfleri ile /c/, /g/, /h/, /k/, /n/ ve /s/ ünsüz harflerin bu ünlü harfler ile oluşturulan hecelerinin üzerinde gerçekleştirilen analizler hakkında bilgi verilmiş ve analiz sonuçları tablo ve grafiklerle özetlenmiştir. İlk olarak belirlenen parametrelere göre elde edilen tüm verilerin istatistiksel anlamlılığını inceleyen bir çalışma, ardından Relief ile kaliteli öznitelik seçimine ilişkin önce doğrusal olmayan özelliklerle denemeler daha sonra bu özelliklere klasik ses analizlerinde kullanılan birkaç özelliğin eklenmesi ile birlikte denemeler, en son olarak da Relief ile belirlenen bu öznitelikler ile akıllı karar verme yöntemlerinden elde edilen sonuçlar detaylı şekilde açıklanmıştır.

### 4.1. Veri Seti

Çalışma için 20 sağlıklı (2 kadın, 18 erkek) ve 20 TUA hastası (6 kadın, 14 erkek) bireyden, bilgilendirilmiş onam formu (EK 5) imzalatılarak ses kayıtları alınmıştır. Ses kayıtlarıyla birlikte bireylerin yaş, kilo ve cinsiyet gibi demografik bilgileri kaydedilmiştir. Bu çalışmada kullanılan ses kayıtlarının alındığı sağlıklı ve TUA hastası bireylerin ortalama yaşları sırasıyla  $41,8 \pm 10,5$  ve  $51,0 \pm 9,0$ 'dur. Çalışmaya dahil edilen bütün bireylerin genel bilgilerini elde etmek amacıyla yaş ve kilo bilgileri ile vücut kitle indeksi hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamada vücut kitle indeksinin TUA'lı grupta ( $30,6 \pm 4,0$ ), sağlıklı gruba göre ( $25,3 \pm 2,3$ ) daha yüksek olduğu görülmüştür. 20 TUA hastasının PSG'den elde edilen apne skorları incelendiğinde PSG'nin 11 bireyde ağır, 5 bireyde orta ve 4 bireyde hafif derecede TUA sendromu olduğunu tespit ettiği görülmektedir (Tablo 4.1.).

Tablo 4.1. Demografik özelliklerin gruplara göre değerlendirilmesi ve dağılımları.

TUA'lı Denek	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Ort.	± S.S.
yaş (yıl)	58	40	60	42	38	46	52	41	31	56	65	47	57	55	51	56	55	55	64	50	51,0	9,0
kilo (kg)	84	84	84	88	102	83	70	117	107	78	98	84	70	80	117	95	86	90	86	84	89,4	13,1
boy (cm)	169	174	167	169	178	179	170	190	188	178	173	165	150	168	178	150	169	170	163	170	170,9	10,0
cinsiyet	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	K	K	K	E	K	K	E	K	E	-	-
VKI (kg/m <sup>2</sup> )	29,4	27,7	30,1	30,8	32,2	25,9	24,2	32,4	30,3	24,6	32,7	30,9	31,1	28,3	36,9	42,2	30,1	31,1	32,4	29,1	30,6	4,0
AHI indeksi	64,3	36,9	38	121,9	17,1	19,4	49,5	73,6	11	17,2	60,5	30,1	82,6	33,4	15	10,5	24,2	30	58,5	9,6	-	-

Sağlıklı Kontrol	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Ort.	± S.S.
yaş (yıl)	42	33	47	36	50	48	65	33	51	30	30	32	46	46	63	47	37	31	34	34	41,8	10,5
kilo (kg)	62	86	70	87	82	75	64	85	68	73	78	57	82	82	83	78	73	80	90	63	75,9	9,4
boy (cm)	172	178	170	178	170	170	168	181	164	171	179	163	168	178	179	176	175	182	174	165	173,1	5,8
cinsiyet	K	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	K	E	E	E	E	E	E	-	-
VKI (kg/m <sup>2</sup> )	21,0	27,1	24,2	27,5	28,4	26,0	22,7	25,9	25,3	25,0	24,3	21,5	29,1	25,9	25,9	25,2	23,8	24,2	29,7	23,1	25,3	2,3

## 4.2. Hesaplanan Özellikler

Çalışmada, TUA'lı kişilerde deforme olarak solunum yolunu tıkayan kaslar tarafından oluşturulan ünlü ve ünsüz seslerin, TUA tanısı için belirleyici olabileceğine hipotezi test edilmiştir. Tez kapsamında TUA tespiti için yapılan çalışmada, sağlıklı ve hasta bireylerin ses kayıtları alınmış ve bu sesler üzerinde ses analizlerinde kullanılan klasik parametrelerden bazıları ve doğrusal olmayan analizlerle elde edilen parametreler kullanılarak değerlendirilmeler yapılmıştır.

Çalışmamıza katılan deneklerden alınan ses kayıtları üzerinde yapılan analizler sonucunda Tablo 4.2.'de gösterilen özellikler hesaplanmıştır.

Tablo 4.2. Analiz edilen tüm sesler için hesaplanan parametreler.

Ses Analiz Parametreleri	
entropi	Sinyalin entropisi; sinyalin düzensizliğinin ya da öngörülemezliğinin ölçüsü.
entropi_ar_kalıntı	Sinyal AR modelle modellendikten sonra, sinyalden modellenmiş sinyal çıkarılınca kalan kısımların entropisi.
entropi_dök_kalıntı	Sinyal DÖK ile modellendikten sonra, sinyalden modellenmiş sinyal çıkarılınca kalan kısımların entropisi.
entropi_mfkk_kalıntı	Sinyal MFKK ile modellendikten sonra, sinyalden modellenmiş sinyal çıkarılınca kalan kısımların entropisi.
yaklaşım entropisi	Sinyalin yaklaşım entropisi.
örnek entropi	Sinyalin örnek entropisi.
shannon entropi	Sinyalin shannon entropisi.
log enerji	Sinyalin wavelet entropisi.
çarpıklık	Sinyal dağılımının çarpıklık ölçüsü.

Tablo 4.2. devam ediyor.

çarpıklık_ar_kalıntı	Sinyal AR modelle modellendikten sonra, sinyalden modellenmiş sinyal çıkarılınca kalan kısımların çarpıklığı.
çarpıklık_dök_kalıntı	Sinyal DÖK ile modellendikten sonra, sinyalden modellenmiş sinyal çıkarılınca kalan kısımların çarpıklığı.
çarpıklık_mfkk_kalıntı	Sinyal MFKK ile modellendikten sonra, sinyalden modellenmiş sinyal çıkarılınca kalan kısımların çarpıklığı.
basıklık	Sinyal dağılımının basıklık ölçüsü.
basıklık_ar_kalıntı	Sinyal AR modelle modellendikten sonra, sinyalden modellenmiş sinyal çıkarılınca kalan kısımların basıklığı.
basıklık_dök_kalıntı	Sinyal DÖK ile modellendikten sonra, sinyalden modellenmiş sinyal çıkarılınca kalan kısımların basıklığı.
basıklık_mfkk_kalıntı	Sinyal MFKK ile modellendikten sonra, sinyalden modellenmiş sinyal çıkarılınca kalan kısımların basıklığı.
tepe frekans_1	0-1000Hz arasındaki en büyük güce sahip frekans değeri.
tepe frekans_2	1000-2000Hz arasındaki en büyük güce sahip frekans değeri.
tepe frekans_3	2000-3000Hz arasındaki en büyük güce sahip frekans değeri.
tepe frekans_4	3000-8000Hz arasındaki en büyük güce sahip frekans değeri.
toplam güç_1	0-1000Hz bölgesinin toplam gücü.
toplam güç_2	1000-2000Hz bölgesinin toplam gücü.
toplam güç_3	2000-3000Hz bölgesinin toplam gücü.
toplam güç_4	3000-8000Hz bölgesinin toplam gücü.
zaman gecikmesi	Ortlama karşılıklı bilgi fonksiyonunun ilk minimum değeri.
yerleştirme boyutu	Faz uzayının boyutu.
L2 normu	Sinyal ile bir zaman gecikmesi kadar kaydırılan hali arasında L2 normunda mesafesi.
lyapunov üsteli	Lyapunov üsteli.
higuchi boyutu	Higuchi boyutu.

Tablo 4.2.'de görüleceği üzere, hesaplanan özelliklerin bir kısmı doğrudan sinyal üzerinden elde edilmekle birlikte bir kısmında ise AR, DÖK ve MFKK ile modellenen sinyal (tablolarda "\_ar", "\_dök" ve "\_mfkk" uzantılarıyla belirtilmiştir) ve modelleme sonrasında sinyalden kalan artık bileşenler (tablolarda "\_kalıntı" uzantısıyla belirtilmişlerdir) kullanılmıştır. Burada modele uymayan artıkların sinyalle ilişkili önemli bilgiler

taşıyabileceği öngörülmüştür. Aşağıdaki tablolarda analiz edilen tüm sesler için hesaplanan özellikler ve bunların ortalama ve standart sapma değerleri verilmektedir.

Tablo 4.3. /a/, /i/, /ı/, /u/ ünlü grubunun ortalama ve standart sapma değerleri.

/u/ sesi		/ı/ sesi		/i/ sesi		/a/ sesi		Ses Analiz Parametreleri
Sağlıklı Grup	TUA Grubu	Sağlıklı Grup	TUA Grubu	Sağlıklı Grup	TUA Grubu	Sağlıklı Grup	TUA Grubu	
Ort. ± Std. Sapma	Ort. ± Std. Sapma	Ort. ± Std. Sapma	Ort. ± Std. Sapma	Ort. ± Std. Sapma	Ort. ± Std. Sapma	Ort. ± Std. Sapma	Ort. ± Std. Sapma	entropi
4,69 ± 0,32	4,55 ± 0,29	4,66 ± 0,36	4,54 ± 0,3	4,66 ± 0,32	4,52 ± 0,33	4,43 ± 0,31	4,35 ± 0,31	entropi_ar_kalintı
0,13 ± 0,11	0,22 ± 0,22	0,36 ± 0,23	0,44 ± 0,27	0,65 ± 0,31	0,8 ± 0,33	0,55 ± 0,3	0,7 ± 0,35	entropi_dök_kalintı
0,15 ± 0,12	0,24 ± 0,22	0,37 ± 0,24	0,47 ± 0,27	0,66 ± 0,31	0,81 ± 0,33	0,56 ± 0,3	0,71 ± 0,34	entropi_mfkk_kalintı
1,33 ± 0,11	1,31 ± 0,1	1,4 ± 0,13	1,39 ± 0,15	1,35 ± 0,11	1,34 ± 0,12	1,45 ± 0,19	1,43 ± 0,21	yaklaşım entropisi
0,3 ± 0,02	0,31 ± 0,02	0,31 ± 0,03	0,32 ± 0,03	0,33 ± 0,04	0,35 ± 0,05	0,32 ± 0,04	0,32 ± 0,04	örnek entropi
0,1 ± 0,02	0,12 ± 0,04	0,11 ± 0,03	0,12 ± 0,04	0,09 ± 0,02	0,1 ± 0,03	0,11 ± 0,03	0,12 ± 0,03	Shannon entropi
6,1 ± 0,29	6,18 ± 0,42	6,26 ± 0,43	6,51 ± 0,61	6,44 ± 0,52	6,69 ± 0,64	6,73 ± 0,48	6,86 ± 0,52	log_enerji
-85037,93 ± 12561,08	-86680,61 ± 14192,46	-86999,39 ± 12569,81	-88709,3 ± 13211,57	-85877,64 ± 13954,44	-88015,65 ± 12814,71	-89117,8 ± 18573,6	-88439,92 ± 16674,67	çarpıklık
-0,25 ± 0,56	-0,05 ± 0,6	-0,3 ± 0,6	-0,08 ± 0,59	-0,34 ± 0,56	-0,13 ± 0,56	-0,43 ± 0,64	-0,23 ± 0,72	çarpıklık_ar_kalintı
-0,001 ± 0,55	-0,13 ± 0,68	-0,05 ± 0,47	-0,15 ± 0,73	-0,13 ± 0,68	-0,03 ± 0,67	-0,13 ± 0,49	-0,24 ± 0,54	çarpıklık_dök_kalintı
-0,04 ± 2,1	-0,22 ± 2,41	-0,18 ± 1,28	-0,01 ± 1,08	-0,11 ± 0,68	0,02 ± 0,77	0,02 ± 1,34	-0,15 ± 0,76	çarpıklık_mfkk_kalintı
0,19 ± 0,36	0,06 ± 0,31	0,12 ± 0,4	0,1 ± 0,34	0,13 ± 0,43	0,07 ± 0,34	0,08 ± 0,42	0,12 ± 0,32	basıklık
3,42 ± 0,49	3,49 ± 0,74	3,59 ± 0,7	3,54 ± 0,7	3,26 ± 0,53	3,21 ± 0,56	4,41 ± 1,15	4,33 ± 1,34	basıklık_ar_kalintı
90,15 ± 96,35	74,77 ± 63,2	50,28 ± 51,3	58,69 ± 62,08	44,88 ± 25,23	38,83 ± 16,63	44,03 ± 24,32	44,07 ± 24,89	basıklık_dök_kalintı
145,06 ± 298,71	97,05 ± 246,22	72,42 ± 268,78	52,03 ± 79,16	44,58 ± 24,21	42,44 ± 36,63	62,64 ± 105,29	58,24 ± 67,88	basıklık_mfkk_kalintı
3,49 ± 0,74	3,47 ± 0,8	3,42 ± 0,78	3,23 ± 0,82	3,348 ± 0,78	3,22 ± 0,67	3,28 ± 0,75	3,01 ± 0,74	tepe frekans_1
282,4 ± 96,62	281,97 ± 151,69	326,33 ± 64,79	315,56 ± 112,5	240,2 ± 36,62	245,69 ± 44,41	346,79 ± 403,37	347,33 ± 362,6	tepe frekans_2
1001,29 ± 1,371	1001,29 ± 1,37	1001,29 ± 1,37	1070,95 ± 227,21	1071,38 ± 256,76	1121,44 ± 327,02	1001,4 ± 1,07	1013,35 ± 50,32	tepe frekans_3
84,94 ± 254,3	243,64 ± 384,78	180,98 ± 315,01	222,76 ± 352,89	640,28 ± 277,69	595,39 ± 215,79	247,63 ± 409,8	79,67 ± 235,9	tepe frekans_4
917,96 ± 1601,98	288,22 ± 827,53	590,54 ± 1294,21	124,89 ± 446,24	312,23 ± 893,12	49,84 ± 181,88	413,97 ± 854,86	270,56 ± 577,1	toplam güç_1
0,1 ± 0,02	0,1 ± 0,03	0,1 ± 0,02	0,09 ± 0,02	0,1 ± 0,02	0,1 ± 0,02	0,06 ± 0,02	0,06 ± 0,02	toplam güç_2
0,00008 ± 0,00009	0,0001 ± 0,0004	0,0005 ± 0,001	0,0009 ± 0,001	0,0001 ± 0,0001	0,0002 ± 0,0001	0,003 ± 0,003	0,005 ± 0,005	toplam güç_3
0,000005 ± 8,09	0,00001 ± 0,00001	0,00005 ± 0,00009	0,0001 ± 0,0005	0,0003 ± 0,0003	0,0009 ± 0,0009	0,00009 ± 0,00009	0,0001 ± 0,0001	toplam güç_4
0,000005 ± 0,00001	0,000005 ± 9,79	0,00002 ± 0,00003	0,00003 ± 0,00004	0,0001 ± 0,0002	0,0001 ± 0,0002	0,00008 ± 0,0001	0,00003 ± 0,00003	zaman gecikmesi
10 ± 0	9,99 ± 0,1	9,93 ± 0,32	9,88 ± 0,4	10 ± 0	10 ± 0	8,73 ± 1,24	8,69 ± 1,3	yerleştirme boyutu
3 ± 0	3,04 ± 0,19	3,09 ± 0,28	3,34 ± 0,47	3,32 ± 0,46	3,53 ± 0,5	3,79 ± 0,4	3,91 ± 0,28	L2 normu
18,99 ± 3,85	20,89 ± 6,33	20,53 ± 4,89	22,17 ± 6,61	16,29 ± 3,26	18,46 ± 4,36	22,77 ± 5,06	23,95 ± 6,68	lyapunov üsteli
0,44 ± 0,03	0,46 ± 0,02	0,48 ± 0,04	0,5 ± 0,04	0,52 ± 0,04	0,53 ± 0,04	0,54 ± 0,03	0,53 ± 0,02	higuchi boyutu
1,08 ± 0,02	1,09 ± 0,02	1,1 ± 0,04	1,12 ± 0,05	1,1 ± 0,04	1,14 ± 0,07	1,31 ± 0,09	1,31 ± 0,1	

Tablo 4.4. /ca/, /ci/, /cɨ/, /cu/ ünsüz seslerin ortalama ve standart sapma değerleri.

/cu/ sesi			/cɨ/ sesi			/ci/ sesi			/ca/ sesi			Ses Analiz Parametreleri
Sağlıklı Grup	TUA Grubu	Sağlıklı Grup	TUA Grubu	Sağlıklı Grup	TUA Grubu	Sağlıklı Grup	TUA Grubu	Sağlıklı Grup	TUA Grubu	Sağlıklı Grup	TUA Grubu	
Ort. ± Std. Sapma	Ort. ± Std. Sapma	Ort. ± Std. Sapma	Ort. ± Std. Sapma	Ort. ± Std. Sapma	Ort. ± Std. Sapma	Ort. ± Std. Sapma	Ort. ± Std. Sapma	Ort. ± Std. Sapma	Ort. ± Std. Sapma	Ort. ± Std. Sapma	Ort. ± Std. Sapma	entropi
2,96 ± 0,55	2,98 ± 0,57	2,96 ± 0,55	3,004 ± 0,59	3,09 ± 0,51	3,21 ± 0,5	2,91 ± 0,49	3,21 ± 0,54	2,91 ± 0,49	3,21 ± 0,54	2,91 ± 0,49	3,21 ± 0,54	entropi_ar_kalintı
0,95 ± 0,54	1,24 ± 0,59	1,2 ± 0,54	1,46 ± 0,6	1,35 ± 0,58	1,6 ± 0,52	1,009 ± 0,5	1,33 ± 0,57	1,009 ± 0,5	1,33 ± 0,57	1,009 ± 0,5	1,33 ± 0,57	entropi_dök_kalintı
0,97 ± 0,53	1,25 ± 0,57	1,21 ± 0,54	1,47 ± 0,6	1,37 ± 0,57	1,6 ± 0,52	1,01 ± 0,49	1,37 ± 0,55	1,01 ± 0,49	1,37 ± 0,55	1,01 ± 0,49	1,37 ± 0,55	entropi_mfkk_kalintı
2,69 ± 0,86	2,74 ± 0,73	2,57 ± 0,77	2,52 ± 0,85	2,53 ± 0,68	2,46 ± 0,71	2,85 ± 0,79	2,47 ± 0,77	2,85 ± 0,79	2,47 ± 0,77	2,85 ± 0,79	2,47 ± 0,77	yaklaşım entropisi
0,21 ± 0,12	0,16 ± 0,11	0,16 ± 0,1	0,12 ± 0,09	0,18 ± 0,1	0,17 ± 0,1	0,15 ± 0,09	0,19 ± 0,15	0,15 ± 0,09	0,19 ± 0,15	0,15 ± 0,09	0,19 ± 0,15	örnek entropi
0,13 ± 0,1	0,18 ± 0,11	0,16 ± 0,1	0,17 ± 0,11	0,16 ± 0,1	0,17 ± 0,11	0,16 ± 0,08	0,16 ± 0,1	0,16 ± 0,08	0,16 ± 0,1	0,16 ± 0,08	0,16 ± 0,1	Shannon entropi
5,82 ± 0,85	6,23 ± 0,96	6,22 ± 0,78	6,43 ± 1,02	6,13 ± 0,88	6,24 ± 0,88	6,02 ± 0,85	6,1 ± 1,03	6,02 ± 0,85	6,1 ± 1,03	6,02 ± 0,85	6,1 ± 1,03	log_enerji
-32938,73 ± 20591,28	-31272,86 ± 16522,06	-31923,15 ± 17849,33	-33636,33 ± 16295,25	-31063,41 ± 15789,66	-30481,7 ± 14567,75	-26849,34 ± 14955	-25290,4 ± 11857,61	-26849,34 ± 14955	-25290,4 ± 11857,61	-26849,34 ± 14955	-25290,4 ± 11857,61	çarpıklık
0,2 ± 1,48	0,13 ± 1,82	-0,1 ± 1,18	-0,008 ± 1,43	0,08 ± 1,27	0,24 ± 1,3	0,03 ± 1,61	0,36 ± 1,2	0,03 ± 1,61	0,36 ± 1,2	0,03 ± 1,61	0,36 ± 1,2	çarpıklık_ar_kalintı
-0,07 ± 0,46	0,09 ± 0,3	-0,18 ± 0,92	0,08 ± 0,28	-0,11 ± 0,44	0,11 ± 0,29	-0,08 ± 0,41	0,03 ± 0,32	-0,08 ± 0,41	0,03 ± 0,32	-0,08 ± 0,41	0,03 ± 0,32	çarpıklık_dök_kalintı
-0,08 ± 0,46	0,31 ± 2,22	-0,25 ± 1,14	0,07 ± 0,28	-0,35771707 ± 2,06	0,1 ± 0,3	-0,09 ± 0,42	0,01 ± 0,39	-0,09 ± 0,42	0,01 ± 0,39	-0,09 ± 0,42	0,01 ± 0,39	çarpıklık_mfkk_kalintı
-0,12 ± 1,7	0,02 ± 1,65	0,1 ± 1,41	0,16 ± 1,44	0,14 ± 1,39	-0,17 ± 1,31	0,08 ± 1,81	-0,31 ± 1,33	0,08 ± 1,81	-0,31 ± 1,33	0,08 ± 1,81	-0,31 ± 1,33	basıklık
8,83 ± 4,58	11,23 ± 6,56	7,63 ± 3,57	8,97 ± 4,84	7,98 ± 3,82	8,65 ± 4,57	9,65 ± 4,53	8,59 ± 3,97	9,65 ± 4,53	8,59 ± 3,97	9,65 ± 4,53	8,59 ± 3,97	basıklık_ar_kalintı
17,12 ± 16,98	12,45 ± 11,4	19,52 ± 60,58	11,66 ± 9,42	14,47 ± 13,55	11,16 ± 7,72	14,96 ± 12,74	13,68 ± 13,61	14,96 ± 12,74	13,68 ± 13,61	14,96 ± 12,74	13,68 ± 13,61	basıklık_dök_kalintı
16,25 ± 14,07	18,23 ± 68,12	23,63 ± 72,54	11,49 ± 8,69	21,68 ± 75,99	11,13 ± 7,57	15,63 ± 14,43	14,89 ± 20,88	15,63 ± 14,43	14,89 ± 20,88	15,63 ± 14,43	14,89 ± 20,88	basıklık_mfkk_kalintı
10,1 ± 7,22	10,82 ± 6,66	9,38 ± 6,6	9,19 ± 6,16	9,21 ± 5,78	9,05 ± 5,63	11,3 ± 6,28	8,96 ± 4,85	11,3 ± 6,28	8,96 ± 4,85	11,3 ± 6,28	8,96 ± 4,85	tepe frekans_1
70,62 ± 71,09	36,6 ± 56,84	52,11 ± 71,83	31,22 ± 51,79	57,7 ± 68,87	32,08 ± 51,53	60,93 ± 75,61	69,33 ± 79,32	60,93 ± 75,61	69,33 ± 79,32	60,93 ± 75,61	69,33 ± 79,32	tepe frekans_2
1225,34 ± 413,37	1231,59 ± 423,49	1111,43 ± 314,87	1141,47 ± 349,18	1091,41 ± 287,99	1141,47 ± 349,18	1021,31 ± 140,88	1071,38 ± 256,76	1021,31 ± 140,88	1071,38 ± 256,76	1021,31 ± 140,88	1071,38 ± 256,76	tepe frekans_3
380,06 ± 371,5	454,78 ± 310,99	868,003 ± 248,31	902,67 ± 171,43	897,18 ± 220,88	887,49 ± 226,21	913,43 ± 182,16	835,7 ± 314,35	913,43 ± 182,16	835,7 ± 314,35	913,43 ± 182,16	835,7 ± 314,35	tepe frekans_4
2343,35 ± 1534,75	2397,72 ± 1448,82	1566,43 ± 1766,42	1822,67 ± 1809,55	1631,57 ± 1856,03	2143,09 ± 1957,35	968,56 ± 1341,02	1441,43 ± 1609,27	968,56 ± 1341,02	1441,43 ± 1609,27	968,56 ± 1341,02	1441,43 ± 1609,27	toplam güç_1
0,005 ± 0,005	0,005 ± 0,008	0,003 ± 0,005	0,003 ± 0,004	0,005 ± 0,005	0,006 ± 0,009	0,003 ± 0,005	0,01 ± 0,01	0,003 ± 0,005	0,01 ± 0,01	0,003 ± 0,005	0,01 ± 0,01	toplam güç_2
0,00005 ± 0,0001	0,00009 ± 0,0001	0,00002 ± 0,00002	0,00004 ± 0,00004	0,00003 ± 0,00003	0,00005 ± 0,00005	0,00001 ± 0,00005	0,00004 ± 0,00005	0,00001 ± 0,00005	0,00004 ± 0,00005	0,00001 ± 0,00005	0,00004 ± 0,00005	toplam güç_3
0,0001 ± 0,0002	0,0001 ± 0,0001	0,00008 ± 0,0001	0,0001 ± 0,0002	0,0001 ± 0,0001	0,0001 ± 0,0001	0,0001 ± 0,0001	0,0001 ± 0,0001	0,0001 ± 0,0001	0,0001 ± 0,0001	0,0001 ± 0,0001	0,0001 ± 0,0001	toplam güç_4
0,0001 ± 0,0003	0,0004 ± 0,0008	0,0004 ± 0,0007	0,001 ± 0,001	0,0006 ± 0,0009	0,001 ± 0,003	0,0003 ± 0,0005	0,0006 ± 0,001	0,0003 ± 0,0005	0,0006 ± 0,001	0,0003 ± 0,0005	0,0006 ± 0,001	zaman gecikmesi
7,05 ± 2,94	7,04 ± 2,93	6,48 ± 2,95	5,33 ± 2,84	6,46 ± 3,12	5,51 ± 2,92	7,4 ± 2,93	6,92 ± 2,93	7,4 ± 2,93	6,92 ± 2,93	7,4 ± 2,93	6,92 ± 2,93	yerleşirme boyutu
3,26 ± 0,44	3,51 ± 0,5	3,33 ± 0,47	3,51 ± 0,5	3,36 ± 0,48	3,44 ± 0,49	3,25 ± 0,43	3,39 ± 0,49	3,25 ± 0,43	3,39 ± 0,49	3,25 ± 0,43	3,39 ± 0,49	L2 normu
1,75 ± 1,003	2,48 ± 1,55	2,14 ± 1,31	3,36 ± 2,25	2,68 ± 1,73	3,6 ± 2,55	1,65 ± 1,08	2,64 ± 1,64	1,65 ± 1,08	2,64 ± 1,64	1,65 ± 1,08	2,64 ± 1,64	lyapunov üsteli
0,35 ± 0,05	0,37 ± 0,05	0,36 ± 0,06	0,35 ± 0,06	0,36 ± 0,06	0,34 ± 0,05	0,37 ± 0,05	0,36 ± 0,06	0,37 ± 0,05	0,36 ± 0,06	0,37 ± 0,05	0,36 ± 0,06	higuchi boyutu
1,5 ± 0,22	1,62 ± 0,17	1,61 ± 0,21	1,72 ± 0,19	1,62 ± 0,21	1,68 ± 0,18	1,58 ± 0,21	1,59 ± 0,22	1,68 ± 0,18	1,58 ± 0,21	1,68 ± 0,18	1,59 ± 0,22	

Tablo 4.5. /ga/, /gi/, /gı/, /gu/ ünsüz seslerin ortalama ve standart sapma değerleri.

/gu/ sesi			/gi/ sesi			/gı/ sesi			/gu/ sesi			Ses Analiz Parametreleri
Sağlıklı Grup	TUA Grubu	Sağlıklı Grup	TUA Grubu	Sağlıklı Grup	TUA Grubu	Sağlıklı Grup	TUA Grubu	Sağlıklı Grup	TUA Grubu	Sağlıklı Grup	TUA Grubu	
Ort. ± Std. Sapma	Ort. ± Std. Sapma	Ort. ± Std. Sapma	Ort. ± Std. Sapma	Ort. ± Std. Sapma	Ort. ± Std. Sapma	Ort. ± Std. Sapma	Ort. ± Std. Sapma	Ort. ± Std. Sapma	Ort. ± Std. Sapma	Ort. ± Std. Sapma	Ort. ± Std. Sapma	
2,86 ± 0,37	3,28 ± 0,49	3,28 ± 0,49	3,18 ± 0,53	3,09 ± 0,5	2,91 ± 0,52	3,06 ± 0,52	2,96 ± 0,43	entropi				
0,16 ± 0,21	0,41 ± 0,39	0,41 ± 0,39	0,35 ± 0,32	0,47 ± 0,35	0,77 ± 0,67	0,51 ± 0,47	0,5 ± 0,49	entropi_ar_kalintı				
0,17 ± 0,21	0,43 ± 0,38	0,43 ± 0,38	0,38 ± 0,32	0,49 ± 0,35	0,79 ± 0,66	0,53 ± 0,46	0,52 ± 0,49	entropi_dök_kalintı				
2,89 ± 0,74	2,52 ± 0,76	2,52 ± 0,76	2,72 ± 0,73	2,57 ± 0,8	2,86 ± 0,89	3,01 ± 0,8	2,94 ± 0,7	entropi_mfkk_kalintı				
0,2 ± 0,07	0,24 ± 0,05	0,24 ± 0,05	0,22 ± 0,07	0,24 ± 0,07	0,19 ± 0,1	0,19 ± 0,07	0,2 ± 0,08	yaklaşım entropisi				
0,07 ± 0,03	0,08 ± 0,05	0,08 ± 0,05	0,1 ± 0,06	0,07 ± 0,04	0,12 ± 0,12	0,13 ± 0,07	0,13 ± 0,07	örnek entropi				
5,04 ± 0,65	5,34 ± 0,64	5,34 ± 0,64	5,34 ± 0,7	5,3 ± 0,68	5,46 ± 0,85	5,5 ± 0,69	5,44 ± 0,75	Shannon entropi				
-19477,01 ± 15979,7	-21929,89 ± 19749,31	-21929,89 ± 19749,31	-20563,73 ± 15662,67	-24091,76 ± 14380,12	-17845,01 ± 10507,76	-15470,91 ± 14175,78	-16841,81 ± 12154,39	log_enerji				
-0,63 ± 1,21	-0,13 ± 0,68	-0,13 ± 0,68	0,02 ± 1,07	0,3 ± 1,12	-0,31 ± 1,44	-0,19 ± 1,21	-0,37 ± 1,44	çarpıklık				
-0,02 ± 1,74	0,2 ± 3,58	0,2 ± 3,58	0,33 ± 2,77	-0,03 ± 2,03	-0,35 ± 2,24	-0,26 ± 1,99	-0,07 ± 2,61	çarpıklık_ar_kalintı				
0,52 ± 5,3	0,91 ± 3,96	0,91 ± 3,96	0,52 ± 4,86	-0,15 ± 2,25	-0,5 ± 2,51	-0,08 ± 3,87	0,43 ± 4,58	çarpıklık_dök_kalintı				
0,49 ± 1,43	0,01 ± 0,75	0,01 ± 0,75	-0,11 ± 1,16	-0,31 ± 1,03	0,16 ± 1,38	0,21 ± 1,17	0,17 ± 1,32	çarpıklık_mfkk_kalintı				
7,83 ± 4,34	5,66 ± 2,5	5,66 ± 2,5	6,4 ± 3,29	6,16 ± 3,83	7,85 ± 4,33	7,14 ± 4,64	8,86 ± 8,32	basıklık				
79,03 ± 62,1	104,99 ± 218,96	104,99 ± 218,96	90,94 ± 99,28	88,92 ± 89,75	63,04 ± 84,52	57,98 ± 69,91	94,97 ± 110,01	basıklık_ar_kalintı				
130,68 ± 179,31	115,34 ± 136,74	115,34 ± 136,74	125,66 ± 159,03	93,41 ± 90,92	63,46 ± 59,85	85,89 ± 126,04	122,28 ± 145,61	basıklık_dök_kalintı				
8,44 ± 5,43	5,34 ± 2,57	5,34 ± 2,57	6,37 ± 4,23	6,24 ± 4,22	8,004 ± 4,67	6,94 ± 4,83	7,95 ± 4,2	basıklık_mfkk_kalintı				
144,91 ± 147,3	122,41 ± 96,59	122,41 ± 96,59	129,95 ± 108,45	142,11 ± 49,13	109,6 ± 77,14	73,64 ± 104,21	76,65 ± 104,64	tepe frekans_1				
100,129 ± 1,37	1096,79 ± 216,47	1096,79 ± 216,47	1303,29 ± 284,37	1031,33 ± 171,66	1041,23 ± 196,67	1133,07 ± 187,41	1258,4 ± 251,65	tepe frekans_2				
76,55 ± 208,06	58,35 ± 181,8	58,35 ± 181,8	10,76 ± 8,92	791,02 ± 267,09	698,1 ± 302,26	74,82 ± 211,48	28,96 ± 123,62	tepe frekans_3				
1949,5 ± 2168,29	1547,37 ± 1994,93	1547,37 ± 1994,93	1326,76 ± 1751,37	1196,6 ± 1646,61	848,83 ± 1397,29	1542,1 ± 2020,35	1239,88 ± 1761,57	tepe frekans_4				
0,005 ± 0,004	0,009 ± 0,009	0,009 ± 0,009	0,007 ± 0,007	0,004 ± 0,003	0,003 ± 0,003	0,004 ± 0,004	0,003 ± 0,002	toplam güç_1				
0,00001 ± 0,00001	0,00008 ± 0,0001	0,00008 ± 0,0001	0,0004 ± 0,001	0,000004 ± 5,98	0,00001 ± 0,00004	0,0002 ± 0,0003	0,0004 ± 0,0006	toplam güç_2				
0,0000004 ± 1,03	7,01 ± 0,00001	7,01 ± 0,00001	0,00002 ± 0,00009	8,43 ± 0,00001	0,00003 ± 0,00005	0,000006 ± 0,000009	0,00001 ± 0,00002	toplam güç_3				
0,000001 ± 0,000007	0,000004 ± 7,56	0,000004 ± 7,56	0,000008 ± 0,00003	0,00001 ± 0,00002	0,0001 ± 0,0005	0,00001 ± 0,00003	0,00001 ± 0,00002	toplam güç_4				
9,75 ± 1,29	9,9 ± 0,82	9,9 ± 0,82	9,63 ± 0,94	9,69 ± 1,33	8,76 ± 2,57	9,81 ± 0,88	8,97 ± 2,13	zaman gecikmesi				
3 ± 0	3 ± 0	3 ± 0	3 ± 0	3 ± 0	3,08 ± 0,27	3 ± 0	3 ± 0	yerleşirme boyutu				
1,11 ± 0,46	1,47 ± 0,59	1,47 ± 0,59	1,79 ± 1,03	0,94 ± 0,45	1,11 ± 0,99	1,22 ± 0,51	1,39 ± 0,72	L2 normu				
0,35 ± 0,04	0,36 ± 0,05	0,36 ± 0,05	0,4 ± 0,04	0,35 ± 0,06	0,35 ± 0,08	0,35 ± 0,05	0,39 ± 0,05	lyapunov üsteli				
1,17 ± 0,08	1,2 ± 0,12	1,2 ± 0,12	1,27 ± 0,15	1,23 ± 0,14	1,37 ± 0,21	1,32 ± 0,13	1,38 ± 0,17	higuchi boyutu				

Tablo 4.6. /ha/, /hi/, /hı/, /hu/ ünsüz seslerin ortalama ve standart sapma değerleri.

/hu/ sesi		/hu/ sesi		/hi/ sesi		/ha/ sesi		Ses Analiz Parametreleri
Sağlıklı Grup	TUA Grubu	Sağlıklı Grup	TUA Grubu	Sağlıklı Grup	TUA Grubu	Sağlıklı Grup	TUA Grubu	
Ort. ± Std. Sapma	Ort. ± Std. Sapma	Ort. ± Std. Sapma	Ort. ± Std. Sapma	Ort. ± Std. Sapma	Ort. ± Std. Sapma	Ort. ± Std. Sapma	Ort. ± Std. Sapma	entropi
3,35 ± 0,55	2,75 ± 0,62	2,75 ± 0,62	2,83 ± 0,6	2,87 ± 0,73	3,04 ± 0,71	2,35 ± 0,47	2,55 ± 0,53	entropi_ar_kalintı
0,02 ± 0,1	0,01 ± 0,04	0,01 ± 0,04	0,03 ± 0,05	0,01 ± 0,05	0,07 ± 0,18	0,01 ± 0,02	0,09 ± 0,21	entropi_dök_kalintı
0,02 ± 0,1	0,02 ± 0,05	0,02 ± 0,05	0,03 ± 0,06	0,02 ± 0,05	0,08 ± 0,19	0,01 ± 0,03	0,1 ± 0,22	entropi_mfkk_kalintı
1,48 ± 0,3	2,25 ± 0,93	2,25 ± 0,93	2,06 ± 0,82	2,003 ± 0,81	1,89 ± 0,77	2,97 ± 1,03	2,73 ± 1,04	yaklaşım entropisi
0,25 ± 0,07	0,25 ± 0,09	0,25 ± 0,09	0,23 ± 0,13	0,26 ± 0,1	0,28 ± 0,12	0,12 ± 0,12	0,17 ± 0,13	örnek entropi
0,04 ± 0,03	0,05 ± 0,03	0,05 ± 0,03	0,09 ± 0,07	0,06 ± 0,04	0,06 ± 0,04	0,15 ± 0,07	0,14 ± 0,07	Shannon entropi
5,14 ± 0,54	4,82 ± 0,71	4,82 ± 0,71	5,47 ± 0,82	5,04 ± 0,61	5,07 ± 0,57	5,89 ± 0,77	5,75 ± 0,86	log_enerji
-41912,57 ± 13795,36	-35263,02 ± 19189,35	-35263,02 ± 19189,35	-43379,75 ± 16068,15	-32698,24 ± 10091,28	-39527,84 ± 13919,13	-33130,88 ± 9580,89	-41156,15 ± 16524,48	çarpıklık
0,09 ± 1,04	-0,33 ± 1,69	-0,33 ± 1,69	-0,02 ± 1,58	0,09 ± 1,89	0,03 ± 1,74	-0,23 ± 1,63	-0,08 ± 1,75	çarpıklık_ar_kalintı
-0,18 ± 1,72	0,2 ± 2,08	0,2 ± 2,08	-0,01 ± 1,75	-0,02 ± 1,6	0,27 ± 1,74	0,04 ± 1,58	-0,11 ± 1,38	çarpıklık_dök_kalintı
-1,79 ± 10,01	-1,75 ± 9,03	-1,75 ± 9,03	-0,76 ± 6,88	-2,85 ± 7,73	-0,08 ± 5,32	-1,95 ± 6,62	-1,16 ± 4,86	çarpıklık_mfkk_kalintı
-0,1 ± 0,75	0,12 ± 1,37	0,12 ± 1,37	0,06 ± 1,08	-0,1 ± 1,62	0,03 ± 1,09	0,08 ± 1,72	0,16 ± 1,35	basıklık
5,56 ± 4,84	8,87 ± 6,61	8,87 ± 6,61	8,62 ± 6,58	8,94 ± 6,69	9,77 ± 9,81	8,35 ± 4,65	10,51 ± 6,14	basıklık_ar_kalintı
98,78 ± 137,47	102,18 ± 148,97	102,18 ± 148,97	89,76 ± 121,18	85,27 ± 136,85	105,59 ± 112,68	64,1 ± 91,13	81,36 ± 98,88	basıklık_dök_kalintı
580,79 ± 708,79	464,56 ± 491,83	464,56 ± 491,83	372,37 ± 520,04	481,96 ± 455,25	344,08 ± 407,06	372,51 ± 380,09	244,4 ± 313,12	basıklık_mfkk_kalintı
4,34 ± 2,06	7,59 ± 5,73	7,59 ± 5,73	5,93 ± 6,07	7,73 ± 7,81	6,45 ± 5,57	8,8 ± 5,81	8,34 ± 6,85	tepe frekans_1
66,86 ± 52,7	105,51 ± 64,43	105,51 ± 64,43	63,73 ± 77,52	97,76 ± 52,09	103,03 ± 71,73	73,85 ± 214,31	70,09 ± 195,51	tepe frekans_2
1013,67 ± 46,42	1168,28 ± 231,15	1168,28 ± 231,15	1272,93 ± 226,39	1134,36 ± 335,35	1361,43 ± 482,62	1037,03 ± 67,93	1099,27 ± 141,96	tepe frekans_3
196,59 ± 238,46	150,51 ± 256,15	150,51 ± 256,15	172,58 ± 304,49	538,65 ± 200,73	465,76 ± 215,01	524,97 ± 301,08	351,96 ± 337,05	tepe frekans_4
156,43 ± 294,7	227,6 ± 839,8	227,6 ± 839,8	170,86 ± 688,78	56,84 ± 80,22	117,24 ± 481,43	35,2 ± 109,44	102,06 ± 435,41	toplam güç_1
0,01 ± 0,01	0,004 ± 0,008	0,004 ± 0,008	0,003 ± 0,008	0,005 ± 0,01	0,006 ± 0,01	0,0007 ± 0,0009	0,001 ± 0,002	toplam güç_2
0,00001 ± 0,00002	0,00001 ± 0,00002	0,00001 ± 0,00002	0,00005 ± 0,0001	0,00001 ± 2,15	5,43 ± 0,00001	0,00003 ± 0,00007	0,00008 ± 0,0001	toplam güç_3
0,0000008 ± 1,88	0,0000006 ± 1,26	0,0000006 ± 1,26	0,000003 ± 8,54	0,000003 ± 3,17	0,00001 ± 0,00001	4,5 ± 0,00001	0,00001 ± 0,00005	toplam güç_4
0,0000002 ± 1,45	0,0000001 ± 5,17	0,0000001 ± 5,17	0,0000005 ± 2,15	0,0000003 ± 8,22	0,000001 ± 0,000004	0,0000003 ± 9,41	0,000002 ± 0,000007	zaman gecikmesi
9,96 ± 0,31	9,95 ± 0,41	9,95 ± 0,41	9,56 ± 1,22	9,99 ± 0,1	9,98 ± 0,14	9,08 ± 1,41	8,68 ± 1,98	yerleştirme boyutu
3,03 ± 0,17	3,05 ± 0,21	3,05 ± 0,21	3,24 ± 0,42	3,06 ± 0,23	3,1 ± 0,3	3,33 ± 0,47	3,41 ± 0,49	L2 normu
1,38 ± 1,06	0,76 ± 0,97	0,76 ± 0,97	1,001 ± 0,75	0,69 ± 0,56	0,95 ± 0,81	0,62 ± 0,3	1,01 ± 0,68	lyapunov üsteli
0,4 ± 0,05	0,42 ± 0,08	0,42 ± 0,08	0,48 ± 0,06	0,43 ± 0,06	0,47 ± 0,06	0,5 ± 0,06	0,51 ± 0,05	biguchi boyutu
1,12 ± 0,1	1,2 ± 0,12	1,2 ± 0,12	1,33 ± 0,17	1,22 ± 0,12	1,25 ± 0,12	1,44 ± 0,13	1,48 ± 0,13	

Tablo 4.7. /ka/, /ki/, /kɨ/, /ku/ ünsüz seslerin ortalama ve standart sapma değerleri.

/ku/ sesi		/kɨ/ sesi		/ki/ sesi		/ka/ sesi		Ses Analiz Parametreleri	
Sağlıklı Grup	TUA Grubu	Sağlıklı Grup	TUA Grubu	Sağlıklı Grup	TUA Grubu	Sağlıklı Grup	TUA Grubu	Sağlıklı Grup	TUA Grubu
Ort. ± Std. Sapma	Ort. ± Std. Sapma	Ort. ± Std. Sapma	Ort. ± Std. Sapma	Ort. ± Std. Sapma	Ort. ± Std. Sapma	Ort. ± Std. Sapma	Ort. ± Std. Sapma	Ort. ± Std. Sapma	Ort. ± Std. Sapma
3,86 ± 0,63	3,69 ± 0,67	3,17 ± 0,45	3,12 ± 0,4	3,07 ± 0,6	3,33 ± 0,65	3,17 ± 0,51	3,12 ± 0,49	entropi	
0,45 ± 0,35	0,44 ± 0,35	0,81 ± 0,53	0,9 ± 0,53	1,45 ± 0,53	1,69 ± 0,56	0,95 ± 0,53	0,91 ± 0,67	entropi_ar_kalintı	
0,5 ± 0,37	0,48 ± 0,34	0,83 ± 0,51	0,92 ± 0,52	1,46 ± 0,53	1,69 ± 0,56	0,99 ± 0,54	0,92 ± 0,66	entropi_dök_kalintı	
1,7 ± 0,52	1,8 ± 0,43	2,05 ± 0,54	2,35 ± 0,65	2 ± 0,58	1,89 ± 0,5	2,04 ± 0,51	2,23 ± 0,53	entropi_mfkk_kalintı	
0,27 ± 0,1	0,29 ± 0,14	0,18 ± 0,16	0,16 ± 0,17	0,12 ± 0,17	0,21 ± 0,22	0,22 ± 0,15	0,14 ± 0,13	yaklaşım entropisi	
0,07 ± 0,05	0,07 ± 0,06	0,2 ± 0,09	0,23 ± 0,1	0,26 ± 0,14	0,25 ± 0,13	0,2 ± 0,08	0,24 ± 0,12	örnek entropi	
5,37 ± 0,69	5,49 ± 0,79	6,48 ± 0,88	6,77 ± 0,91	7,1 ± 0,85	6,98 ± 0,79	6,29 ± 0,61	6,45 ± 0,78	Shannon entropi	
-20917,57 ± 5467,65	-24693,13 ± 6589,93	-27454,96 ± 7869,35	-29696,19 ± 5640,58	-33091,56 ± 8676,22	-31634,17 ± 9930,48	-20310,56 ± 7451,25	-22966,12 ± 7290	log_enerji	
0,007 ± 0,95	0,17 ± 0,94	0,007 ± 1,08	0,15 ± 1,33	-0,13 ± 1,35	-0,14 ± 1,49	0,2 ± 1,35	-0,43 ± 1,13	çarpıklık	
0,008 ± 0,76	0,16 ± 1,4	-0,25 ± 1,07	-0,44 ± 1,76	-0,15 ± 1,08	-0,16 ± 0,75	0,15 ± 1,04	-0,005 ± 1,33	çarpıklık_ar_kalintı	
0,24 ± 2,44	0,57 ± 4,22	-0,15 ± 1,63	0,13 ± 3,6	-0,18 ± 1,07	-0,1 ± 0,82	0,06 ± 1,57	-0,16 ± 1,94	çarpıklık_dök_kalintı	
-0,15 ± 1,03	-0,18 ± 0,85	0,02 ± 1,03	-0,16 ± 1,59	0,02 ± 0,96	0,1 ± 1,17	-0,37 ± 1,43	0,29 ± 1,14	çarpıklık_mfkk_kalintı	
5,56 ± 2,34	5,39 ± 2,87	6,37 ± 2,86	7,3 ± 4,93	7,97 ± 4,86	8,94 ± 8,79	6,85 ± 3,8	7,49 ± 4,94	basıklık	
34,19 ± 33,58	50,49 ± 59,05	37,23 ± 41,91	52,77 ± 85,16	21,83 ± 47,97	16,86 ± 22,99	34,78 ± 36,99	54,74 ± 68	basıklık_ar_kalintı	
47,46 ± 119,39	95,96 ± 227,83	46,64 ± 63,7	76,53 ± 162,43	22,54 ± 48,18	19,37 ± 26,84	43,61 ± 65,76	73,36 ± 114,74	basıklık_dök_kalintı	
5,19 ± 2,66	4,64 ± 1,72	6 ± 3,21	7,46 ± 6,43	6,05 ± 4,18	6,59 ± 5,97	7,01 ± 3,73	6,17 ± 4,09	basıklık_mfkk_kalintı	
28,96 ± 46,78	25,19 ± 38,75	17,22 ± 27,5	34,45 ± 108,26	13,88 ± 13,96	23,25 ± 36,26	10,76 ± 8,92	52,97 ± 184,42	tepe frekans_1	
1001,83 ± 5,38	1009,26 ± 35,94	1302,97 ± 251,77	1438,84 ± 193,39	1261,63 ± 441,41	1171,51 ± 378,01	1194,01 ± 183,92	1315,78 ± 203,15	tepe frekans_2	
10,76 ± 8,92	10,76 ± 8,92	16,04 ± 52,75	10,76 ± 8,92	788,54 ± 222,03	804,91 ± 209,21	41,45 ± 155,65	10,76 ± 8,92	tepe frekans_3	
2040,27 ± 2146,7	1547,37 ± 2007,3	1675,06 ± 2040,58	1259,15 ± 1700,46	602,39 ± 1233,19	776,81 ± 1541,65	2049,42 ± 2142,81	939,81 ± 1554,68	tepe frekans_4	
0,04 ± 0,03	0,03 ± 0,03	0,006 ± 0,01	0,003 ± 0,005	0,006 ± 0,01	0,01 ± 0,02	0,004 ± 0,005	0,005 ± 0,01	toplam güç_1	
0,00007 ± 0,0001	0,0001 ± 0,0003	0,0003 ± 0,0004	0,0007 ± 0,0008	0,0002 ± 0,00001	0,00005 ± 0,00005	0,0005 ± 0,0006	0,0007 ± 0,001	toplam güç_2	
0,000003 ± 0,000005	0,000003 ± 6	0,00001 ± 0,00003	0,00003 ± 0,00008	0,0001 ± 0,0001	0,0002 ± 0,0002	0,00001 ± 0,00001	0,00003 ± 0,00005	toplam güç_3	
0,000003 ± 6,09	0,000002 ± 0,000003	0,00001 ± 0,00002	0,00002 ± 0,00004	0,0001 ± 0,0002	0,0002 ± 0,0004	0,00001 ± 0,00003	0,00003 ± 0,00006	toplam güç_4	
9,92 ± 0,7	9,67 ± 1,27	8,83 ± 1,82	8,24 ± 1,91	6,88 ± 2,8	7,28 ± 2,61	8,82 ± 2,22	7,73 ± 2,48	zaman gecikmesi	
3,03 ± 0,17	3,05 ± 0,21	3,43 ± 0,49	3,71 ± 0,45	3,63 ± 0,48	3,53 ± 0,5	3,18 ± 0,38	3,37 ± 0,48	yerleştirme boyutu	
2,49 ± 0,9	2,3 ± 1,09	1,95 ± 0,92	2,51 ± 1,39	1,95 ± 1,02	2,64 ± 1,54	1,75 ± 0,86	2,006 ± 1,09	L2 normu	
0,35 ± 0,05	0,37 ± 0,07	0,41 ± 0,08	0,43 ± 0,07	0,33 ± 0,07	0,33 ± 0,06	0,38 ± 0,08	0,42 ± 0,08	lyapunov üsteli	
1,2 ± 0,14	1,23 ± 0,12	1,49 ± 0,15	1,58 ± 0,12	1,69 ± 0,18	1,65 ± 0,18	1,53 ± 0,1	1,55 ± 0,16	higuchi boyutu	

Tablo 4.8. /na/, /ni/, /nı/, /nu/ ünsüz seslerin ortalama ve standart sapma değerleri.

/nu/ sesi		/ni/ sesi		/ni/ sesi		/na/ sesi		Ses Analiz Parametreleri
Sağlıklı Grup	TUA Grubu	Sağlıklı Grup	TUA Grubu	Sağlıklı Grup	TUA Grubu	Sağlıklı Grup	TUA Grubu	
Ort. ± Std. Sapma	Ort. ± Std. Sapma	Ort. ± Std. Sapma	Ort. ± Std. Sapma	Ort. ± Std. Sapma	Ort. ± Std. Sapma	Ort. ± Std. Sapma	Ort. ± Std. Sapma	entropi
4,18 ± 0,47	4,09 ± 0,36	4,17 ± 0,52	4,06 ± 0,44	4,24 ± 0,47	4,21 ± 0,41	4,14 ± 0,44	3,9 ± 0,41	entropi_ar_kalıntı
0,04 ± 0,05	0,08 ± 0,1	0,04 ± 0,06	0,08 ± 0,13	0,07 ± 0,08	0,1 ± 0,15	0,05 ± 0,08	0,09 ± 0,12	entropi_dök_kalıntı
0,05 ± 0,05	0,13 ± 0,16	0,07 ± 0,09	0,1 ± 0,15	0,08 ± 0,08	0,17 ± 0,17	0,12 ± 0,13	0,15 ± 0,16	entropi_mfkk_kalıntı
1,74 ± 0,36	1,79 ± 0,31	1,68 ± 0,36	1,86 ± 0,35	1,68 ± 0,3	1,76 ± 0,38	1,72 ± 0,35	1,92 ± 0,41	yaklaşım entropisi
0,27 ± 0,03	0,26 ± 0,04	0,27 ± 0,03	0,26 ± 0,03	0,27 ± 0,03	0,25 ± 0,03	0,27 ± 0,04	0,26 ± 0,03	örnek entropi
0,07 ± 0,02	0,07 ± 0,02	0,06 ± 0,02	0,07 ± 0,02	0,06 ± 0,02	0,07 ± 0,02	0,06 ± 0,02	0,07 ± 0,02	Shannon entropi
5,82 ± 0,33	5,83 ± 0,38	5,8 ± 0,34	5,82 ± 0,35	5,82 ± 0,33	5,85 ± 0,34	5,63 ± 0,41	5,65 ± 0,4	log_enerji
-26725,52 ± 9725,71	-24791,76 ± 8491,32	-26240,64 ± 13146,31	-26656,06 ± 9272,67	-26933,62 ± 8191,73	-24452,57 ± 7754,39	-26376,93 ± 9770,07	-26528,96 ± 12289,05	çarpıklık
-0,26 ± 0,66	-0,06 ± 0,59	-0,3 ± 0,71	-0,08 ± 0,62	-0,29 ± 0,67	-0,12 ± 0,58	-0,43 ± 0,76	-0,07 ± 0,63	çarpıklık_ar_kalıntı
0,26 ± 3,41	-0,39 ± 2,21	-0,54 ± 4,99	0,03 ± 5,57	-0,22 ± 4,27	-0,32 ± 4,18	0,22 ± 5,71	-1,67 ± 4,29	çarpıklık_dök_kalıntı
0,73 ± 3,63	-0,37 ± 2,83	-0,89 ± 4,6	0,13 ± 5,28	-0,38 ± 3,79	-0,77 ± 3,03	-0,7 ± 4,83	-1,24 ± 3,99	çarpıklık_mfkk_kalıntı
-0,09 ± 0,44	-0,16 ± 0,43	-0,11 ± 0,47	-0,12 ± 0,43	-0,17 ± 0,44	-0,03 ± 0,47	-0,1 ± 0,51	-0,07 ± 0,52	basıklık
3,17 ± 0,91	3,13 ± 0,91	3,29 ± 0,87	3,1 ± 0,63	3,2 ± 0,84	3,04 ± 0,6	3,74 ± 1,09	3,42 ± 1,01	basıklık_ar_kalıntı
199,24 ± 192,3	138,58 ± 121,41	248,24 ± 280,69	239,25 ± 301,63	263,24 ± 215,46	198,92 ± 210,85	304,52 ± 273,95	230,77 ± 259,08	basıklık_dök_kalıntı
219,32 ± 226,38	161,67 ± 205,77	284,6 ± 310,17	257,2 ± 325,29	255,67 ± 239,9	137,73 ± 180,86	214,3 ± 233,22	202,18 ± 273,19	basıklık_mfkk_kalıntı
2,78 ± 0,77	2,85 ± 0,68	2,72 ± 0,61	2,79 ± 0,58	2,74 ± 0,63	2,81 ± 0,54	3,03 ± 1,21	3,13 ± 0,77	tepe frekans_1
204,24 ± 34,47	218,77 ± 40,54	209,19 ± 32,93	220,5 ± 41,21	207,58 ± 31,8	226,85 ± 40,2	208,01 ± 33,1	207,36 ± 55,18	tepe frekans_2
101,3 ± 100,12	1012,27 ± 100,49	1001,29 ± 1,37	1018,41 ± 122,19	1011,3 ± 100,12	1086,88 ± 274,19	1001,4 ± 1,07	1003,12 ± 13,07	tepe frekans_3
493,64 ± 301,95	508,18 ± 305,85	433,24 ± 293,01	374,89 ± 334,2	420,22 ± 330,13	387,7 ± 324,31	330,31 ± 321,68	256,24 ± 327,18	tepe frekans_4
88,39 ± 504,14	43,38 ± 166,61	280,57 ± 923,93	171,4 ± 609,48	374,89 ± 1060,55	346,25 ± 1055,3	180,87 ± 783,19	270,24 ± 883,74	toplam güç_1
0,04 ± 0,02	0,04 ± 0,03	0,04 ± 0,04	0,04 ± 0,03	0,04 ± 0,03	0,06 ± 0,03	0,03 ± 0,03	0,03 ± 0,02	toplam güç_2
0,00001 ± 0,00001	0,00005 ± 0,00007	0,00001 ± 0,00001	0,00006 ± 0,0001	0,00001 ± 0,00009	0,00003 ± 0,00006	0,00002 ± 0,00001	0,00006 ± 0,0001	toplam güç_3
0,00001 ± 0,00001	0,00004 ± 0,0001	9,68 ± 0,00001	0,00002 ± 0,00006	0,00001 ± 0,00002	0,00003 ± 0,0001	0,000008 ± 0,00001	0,00001 ± 0,00002	toplam güç_4
0,000001 ± 2,23	0,000002 ± 4,9	9,59 ± 1,99	0,000002 ± 5,14	0,000001 ± 2,7	0,000004 ± 0,00001	0,000001 ± 1,88	0,000002 ± 5,78	zaman gecikmesi
10 ± 0	10 ± 0	10 ± 0	10 ± 0	10 ± 0	10 ± 0	10 ± 0	10 ± 0	yerleştirme boyutu
3 ± 0	3 ± 0	3 ± 0	3 ± 0	3 ± 0	3 ± 0	3 ± 0	3 ± 0	L2 normu
4,03 ± 1,73	4,78 ± 2,41	3,88 ± 1,86	4,71 ± 2,33	4,45 ± 1,71	5,24 ± 2,31	3,67 ± 1,99	3,79 ± 1,88	lyapunov üsteli
0,39 ± 0,03	0,39 ± 0,04	0,38 ± 0,03	0,39 ± 0,04	0,38 ± 0,03	0,38 ± 0,03	0,39 ± 0,03	0,39 ± 0,03	biguchi boyutu
1,04 ± 0,01	1,05 ± 0,02	1,04 ± 0,01	1,05 ± 0,02	1,04 ± 0,01	1,04 ± 0,01	1,05 ± 0,02	1,06 ± 0,02	

Tablo 4.9. /sa/, /si/, /sı/, /su/ ünsüz seslerin ortalama ve standart sapma değerleri.

/su/ sesi		/si/ sesi		/sı/ sesi		/sa/ sesi		Ses Analiz Parametreleri	
Sağlıklı Grup	TUA Grubu	Sağlıklı Grup	TUA Grubu	Sağlıklı Grup	TUA Grubu	Sağlıklı Grup	TUA Grubu	TUA Grubu	
Ort. ± Std. Sapma	Ort. ± Std. Sapma	Ort. ± Std. Sapma	Ort. ± Std. Sapma	Ort. ± Std. Sapma	Ort. ± Std. Sapma	Ort. ± Std. Sapma	Ort. ± Std. Sapma	Ort. ± Std. Sapma	entropi
3 ± 0,46	2,9 ± 0,43	2,9 ± 0,43	3,13 ± 0,48	2,97 ± 0,41	3,19 ± 0,51	2,74 ± 0,52	2,97 ± 0,58	2,97 ± 0,58	entropi
1,89 ± 0,54	2,03 ± 0,48	2,03 ± 0,48	2,18 ± 0,5	2,12 ± 0,45	2,27 ± 0,49	1,83 ± 0,53	1,88 ± 0,46	1,88 ± 0,46	entropi_ar_kalintı
1,89 ± 0,54	2,03 ± 0,48	2,03 ± 0,48	2,17 ± 0,49	2,12 ± 0,45	2,26 ± 0,49	1,83 ± 0,53	1,88 ± 0,46	1,88 ± 0,46	entropi_dök_kalintı
1,95 ± 0,49	1,99 ± 0,48	1,99 ± 0,48	1,91 ± 0,58	1,91 ± 0,42	1,78 ± 0,4	2,22 ± 0,61	2,01 ± 0,64	2,01 ± 0,64	entropi_mfkk_kalintı
0,09 ± 0,06	0,06 ± 0,03	0,06 ± 0,03	0,1 ± 0,1	0,06 ± 0,03	0,11 ± 0,06	0,07 ± 0,07	0,12 ± 0,11	0,12 ± 0,11	yaklaşım entropisi
0,14 ± 0,08	0,15 ± 0,07	0,15 ± 0,07	0,12 ± 0,05	0,14 ± 0,06	0,11 ± 0,04	0,15 ± 0,06	0,12 ± 0,04	0,12 ± 0,04	örnek entropi
7,59 ± 0,75	7,86 ± 0,54	7,86 ± 0,54	7,49 ± 0,7	7,82 ± 0,5	7,4 ± 0,61	7,57 ± 0,67	7,14 ± 0,71	7,14 ± 0,71	Shannon entropi
-83074,34 ± 20922,87	-80105,17 ± 15699,79	-80105,17 ± 15699,79	-83172,48 ± 17378,41	-76203,85 ± 15010,11	-81894,8 ± 13997,15	-70365,8 ± 15340,12	-77092,97 ± 17748,42	-77092,97 ± 17748,42	log_enerji
0,04 ± 1,14	-0,002 ± 0,61	-0,002 ± 0,61	0,01 ± 0,84	0,09 ± 0,49	-0,12 ± 0,79	-0,39 ± 1,79	0,09 ± 1,03	0,09 ± 1,03	çarpıklık
-0,008 ± 0,07	0,01 ± 0,05	0,01 ± 0,05	0,01 ± 0,08	0,01 ± 0,07	-0,0007 ± 0,09	0,03 ± 0,13	0,003 ± 0,14	0,003 ± 0,14	çarpıklık_ar_kalintı
-0,008 ± 0,07	0,01 ± 0,06	0,01 ± 0,06	0,01 ± 0,08	0,01 ± 0,07	-0,001 ± 0,08	0,03 ± 0,13	0,004 ± 0,13	0,004 ± 0,13	çarpıklık_dök_kalintı
0,08 ± 1,46	0,11 ± 0,67	0,11 ± 0,67	-0,02 ± 1,07	-0,15 ± 0,85	0,09 ± 0,93	0,78 ± 2,04	-0,05 ± 1,7	-0,05 ± 1,7	çarpıklık_mfkk_kalintı
8,91 ± 5,36	6,97 ± 2,66	6,97 ± 2,66	7,7 ± 4,38	6,62 ± 2,15	8,41 ± 3,68	10,37 ± 9,23	9,5 ± 4,21	9,5 ± 4,21	basıklık
6,77 ± 1,83	6,05 ± 1,13	6,05 ± 1,13	6,73 ± 1,39	6,2 ± 1,2	7,22 ± 1,49	6,65 ± 1,66	7,8 ± 2,12	7,8 ± 2,12	basıklık_ar_kalintı
6,78 ± 1,82	6,06 ± 1,13	6,06 ± 1,13	6,75 ± 1,38	6,22 ± 1,21	7,24 ± 1,5	6,66 ± 1,65	7,81 ± 2,08	7,81 ± 2,08	basıklık_dök_kalintı
8,62 ± 5,48	5,47 ± 2,3	5,47 ± 2,3	6,76 ± 6,42	5,9 ± 2,82	7,05 ± 3,56	11,45 ± 10,87	9,88 ± 5,66	9,88 ± 5,66	basıklık_mfkk_kalintı
15,93 ± 28,19	12,7 ± 13,71	12,7 ± 13,71	13,56 ± 13,82	10,76 ± 8,92	16,04 ± 26,17	17,22 ± 26,98	19,48 ± 40,3	19,48 ± 40,3	tepe frekans_1
1261,63 ± 441,41	1031,33 ± 171,66	1031,33 ± 171,66	1106,48 ± 301,47	1186,58 ± 387,55	1321,7 ± 469,43	1001,29 ± 1,37	1031,87 ± 160,28	1031,87 ± 160,28	tepe frekans_2
658,48 ± 314,75	479,22 ± 489,4	479,22 ± 489,4	438,2 ± 487,04	508,72 ± 458,74	475,23 ± 421,05	418,06 ± 490,94	351,74 ± 468,52	351,74 ± 468,52	tepe frekans_3
3681,96 ± 1934,61	4276,38 ± 1086,32	4276,38 ± 1086,32	3801,25 ± 1333,6	4410,32 ± 1082,31	3816,54 ± 1438,16	4189,49 ± 1193,61	3900,73 ± 1266,54	3900,73 ± 1266,54	tepe frekans_4
0,002 ± 0,003	0,0005 ± 0,0005	0,0005 ± 0,0005	0,002 ± 0,006	0,0005 ± 0,0008	0,003 ± 0,007	0,001 ± 0,003	0,003 ± 0,007	0,003 ± 0,007	toplam güç_1
0,00002 ± 0,00001	0,000007 ± 5,51	0,000007 ± 5,51	0,00002 ± 0,00002	0,000007 ± 4,65	0,00002 ± 0,00002	0,000006 ± 5,33	0,00001 ± 0,00001	0,00001 ± 0,00001	toplam güç_2
0,00007 ± 0,0001	0,000005 ± 5,73	0,000005 ± 5,73	0,00001 ± 0,00002	0,000007 ± 0,00001	0,00003 ± 0,00004	3,61 ± 4,79	0,000007 ± 7,94	0,000007 ± 7,94	toplam güç_3
0,0007 ± 0,001	0,0006 ± 0,001	0,0006 ± 0,001	0,001 ± 0,002	0,0005 ± 0,0008	0,001 ± 0,001	0,0003 ± 0,0005	0,0008 ± 0,002	0,0008 ± 0,002	toplam güç_4
2,62 ± 1,75	2 ± 1,09	2 ± 1,09	2,15 ± 0,93	2 ± 0,94	2,46 ± 1,38	2,05 ± 0,88	2,27 ± 0,94	2,27 ± 0,94	zaman gecikmesi
3,98 ± 0,14	3,97 ± 0,17	3,97 ± 0,17	3,9 ± 0,3	3,98 ± 0,14	3,98 ± 0,14	3,93 ± 0,25	3,9 ± 0,3	3,9 ± 0,3	yerleştirme boyutu
6,12 ± 4,59	5,77 ± 3,6	5,77 ± 3,6	8,16 ± 5,34	6,15 ± 3,28	8,73 ± 4,97	4,3 ± 3,17	5,6 ± 3,88	5,6 ± 3,88	L2 normu
0,25 ± 0,06	0,25 ± 0,05	0,25 ± 0,05	0,27 ± 0,04	0,26 ± 0,04	0,28 ± 0,04	0,26 ± 0,04	0,28 ± 0,04	0,28 ± 0,04	lyapunov üsteli
1,88 ± 0,09	1,93 ± 0,04	1,93 ± 0,04	1,92 ± 0,07	1,94 ± 0,03	1,9 ± 0,09	1,91 ± 0,05	1,87 ± 0,13	1,87 ± 0,13	biguchi boyutu

### 4.3. Relief Sonuçları

Bu çalışmada Relief özellik seçim algoritmaları, MATLAB R2018b (The MathworksInc., USA) yazılım programında bulunan “Statistics and Machine Learning Toolbox” içerisinde yer alan “Relieff” fonksiyonu kullanılarak uygulanmıştır. Bu fonksiyonun kullanımı sırasında her bir gözlem örneği için ağırlık ya da puanlama güncellemesinde en yakın tek bir isabet ve tek bir ıskalama değeri almak yerine en yakın isabetlerin ve en yakın ıskalamaların kullanım sayısını belirlemek için bir "komşu" kullanıcı parametresi  $k$  kullanır. Relief algoritmasının performansı kullanıcı tarafından belirlenen en yakın komşu sayısına duyarlıdır. Bu çalışmada sonuçların kararlılığını artırmak için tüm uygulamalarda en yakın 100 komşu kullanılmıştır.

Doğrusal olmayan analiz yöntemleri kullanılarak, elde edilen özellikler; entropi, entropi\_ar\_kalıntı, entropi\_mfkk\_kalıntı, yaklaşım entropisi, örnek entropi, shannon entropi, zaman gecikmesi, yerleştirme boyutu, L2 normu, lyapunov üsteli ve higuchi boyutudur (Bkz. Tablo 4.2.). Bu özellikler TUA'nın algılanmasında en iyi ayırt edici özellikleri tespit etmek için Relief özellik seçim algoritması ilk olarak ünlü sesler, ardından ünsüz sesler ve son olarak tüm sesler için uygulanmıştır.

Relief'e girdi olarak verilen özellik vektörleri, ünlü sesler için Tablo 4.10.'da, ünsüz sesler için Tablo 4.11.'de ve tüm sesler için Tablo 4.12.'de gösterilmektedir. Bu özellik vektörleri, ses gruplarında (ünlü, ünsüz ve ünlü-ünsüz karışık) yer alan seslerin her biri için hesaplanan 11 özelliğin ard arda eklenmesi sonucunda elde edilir. Bu tablolarda yer alan rakamlar özelliklerin indeksini ifade etmektedir. Bu özellik indeksi sayesinde özelliğin hangi sese ait olduğu bilinmektedir. Örneğin ünlü sesler için oluşturulan özellik vektörünün gösterildiği Tablo 4.10.'a bakıldığında 1 numaralı özellik indeksi "a" sesinin entropi özelliğini, 12 numaralı özellik indeksi "i" sesinin entropi özelliğini, 23 numaralı özellik indeksi "ı" sesinin entropi özelliğini, 34 numaralı özellik indeksi "u" sesinin entropi özelliğini temsil etmektedir.

Relief algoritması çalıştırıldığında, özellikleri, en ayırt edici olandan başlamak üzere önem sırasına göre indekslerle sıralar. Relief'den elde edilen sonuçlar başarımlarını değerleri kriterleri dikkate alınarak, ünlü seslerde tüm özellikler ünsüz ve tüm seslerde ise en iyi 50 adet ayırt edici özellik kullanılarak tüm grupların öznelik vektörleri oluşturulmuştur. Örneğin, ünlü seslerin Relief sonuçlarının yer aldığı Tablo 4.13.'e bakılacak olursa en ayırt edici özellik, özellik vektöründeki (Tablo 4.10.) 30 numaralı özellik olan "ı" sesinin yerleştirme boyutudur.

Tablo 4.10. Ünlü sesler için oluşturulan özellik vektörü.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
entropi	entropi_ar_kalıntı	entropi_mfcc_kalıntı	yaklaşım entropi	örnek entropi	shannon entropi	zaman gecikmesi	yerleştirme boyutu	L2 normu	lyapunov üsteli	higuchi boyutu

/a/ sesinin doğrusal olmayan özellikleri

12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
entropi	entropi_ar_kalıntı	entropi_mfkk_kalıntı	yaklaşım entropi	örnek entropi	shannon entropi	zaman gecikmesi	yerleştirme boyutu	L2 normu	lyapunov üsteli	higuchi boyutu

/i/ sesinin doğrusal olmayan özellikleri

23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
entropi	entropi_ar_kalıntı	entropi_mfkk_kalıntı	yaklaşım entropi	örnek entropi	shannon entropi	zaman gecikmesi	yerleştirme boyutu	L2 normu	lyapunov üsteli	higuchi boyutu

/ı/ sesinin doğrusal olmayan özellikleri

34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
entropi	entropi_ar_kalıntı	entropi_mfkk_kalıntı	yaklaşım entropi	örnek entropi	shannon entropi	zaman gecikmesi	yerleştirme boyutu	L2 normu	lyapunov üsteli	higuchi boyutu

/u/ sesinin doğrusal olmayan özellikleri

Tablo 4.11. Ünsüz sesler için oluşturulan özellik vektörü.

1	.....	11	12	.....	22	23	.....	33	34	.....	44
entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu
		/ca/		/ci/		/cɪ/		/cu/			
45	.....	55	56	.....	66	67	.....	77	78	.....	88
entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu
		/ga/		/gi/		/gɪ/		/gu/			
89	.....	99	100	.....	110	111	.....	121	122	.....	132
entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu
		/ha/		/hi/		/hɪ/		/hu/			
133	.....	143	144	.....	154	155	.....	165	166	.....	176
entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu
		/ka/		/ki/		/kɪ/		/ku/			
177	.....	187	188	.....	198	199	.....	209	210	.....	220
entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu
		/na/		/ni/		/nɪ/		/nu/			
221	.....	231	232	.....	242	243	.....	253	254	.....	264
entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu
		/sa/		/si/		/sɪ/		/su/			

Tablo 4.12. Tüm sesler için oluşturulan özellik vektörü.

1	.....	11	12	.....	22	23	.....	33	34	.....	44
entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu
		/a/		/i/		/ı/		/u/			
45	.....	55	56	.....	66	67	.....	77	78	.....	88
entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu
		/ca/		/ci/		/cɪ/		/cu/			
89	.....	99	100	.....	110	111	.....	121	122	.....	132
entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu
		/ga/		/gi/		/gɪ/		/gu/			
133	.....	143	144	.....	154	155	.....	165	166	.....	176
entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu
		/ha/		/hi/		/hɪ/		/hu/			
177	.....	187	188	.....	198	199	.....	209	210	.....	220
entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu
		/ka/		/ki/		/kɪ/		/ku/			
221	.....	231	232	.....	242	243	.....	253	254	.....	264
entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu
		/na/		/ni/		/nɪ/		/nu/			
265	.....	275	276	.....	286	287	.....	297	298	.....	308
entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu
		/sa/		/si/		/sɪ/		/su/			

Tablo 4.13. Doğrusal olmayan özelliklerin Relief sonuçları.

Ses Grubu	Doğrusal Olmayan Özelliklerin Relief'e Bağlı Önem Sırası
Ünlü Sesler	<b>30, 20, 12, 31, 10, 32, 1, 9, 42, 33, 2, 43, 7, 21, 34, 28, 23, 19, 16, 26, 27, 13, 17, 29, 14, 22, 11, 24, 4, 35, 38, 44, 15, 37, 3, 25, 39, 5, 40, 36, 6, 41, 8, 18.</b>
Ünsüz Sesler	<b>78, 118, 86, 140, 139, 136, 88, 121, 238, 80, 115, 41, 76, 54, 263, 135, 188, 162, 150, 134, 235, 46, 190, 124, 237, 18, 177, 31, 167, 122, 241, 143, 226, 4, 116, 3, 142, 50, 228, 258, 9, 248, 179, 6, 161, 249, 211, 92, 2, 55, 176, 38, 209, 77, 230, 30, 164, 83, 29, 45, 165, 201, 260, 1, 199, 72, 16, 168, 120, 224, 157, 49, 66, 133, 81, 220, 109, 132, 27, 227, 210, 56, 251, 70, 156, 42, 131, 96, 147, 51, 44, 264, 114, 191, 24, 108, 87, 256, 208, 97, 28, 243, 130, 166, 170, 17, 255, 48, 145, 89, 242, 154, 202, 113, 234, 247, 127, 35, 43, 11, 180, 138, 34, 33, 36, 26, 212, 240, 219, 71, 225, 169, 141, 245, 223, 175, 137, 65, 101, 196, 186, 159, 68, 125, 126, 93, 197, 90, 79, 185, 198, 232, 257, 244, 99, 252, 91, 75, 58, 213, 39, 173, 23, 155, 67, 158, 254, 218, 200, 82, 40, 160, 123, 152, 98, 117, 5, 163, 259, 59, 94, 231, 146, 25, 69, 261, 95, 193, 37, 215, 253, 10, 189, 13, 111, 112, 103, 57, 47, 20, 153, 187, 229, 171, 246, 236, 239, 174, 15, 149, 64, 100, 233, 32, 262, 203, 102, 214, 148, 207, 192, 119, 222, 12, 22, 128, 151, 221, 144, 21, 61, 60, 84, 181, 73, 53, 204, 172, 129, 110, 250, 7, 178, 14, 106, 182, 62, 104, 105, 63, 19, 107, 8, 52, 74, 85, 183, 184, 194, 195, 205, 206, 216, 217.</b>
Tüm Sesler	<b>122, 8, 30, 130, 162, 183, 206, 184, 85, 132, 165, 180, 232, 159, 124, 282, 43, 74, 194, 120, 307, 178, 98, 168, 179, 234, 166, 10, 279, 19, 302, 82, 34, 47, 53, 160, 285, 223, 221, 46, 281, 90, 211, 75, 7, 186, 23, 62, 1, 32, 209, 136, 187, 50, 48, 270, 274, 127, 116, 94, 21, 121, 255, 292, 208, 20, 99, 205, 293, 9, 243, 272, 220, 2, 245, 89, 177, 60, 110, 131, 71, 164, 268, 22, 25, 176, 45, 254, 158, 253, 304, 12, 125, 212, 235, 140, 157, 189, 271, 88, 95, 93, 246, 114, 300, 73, 153, 86, 100, 35, 267, 210, 264, 72, 175, 200, 24, 278, 42, 36, 295, 141, 174, 14, 13, 219, 287, 61, 79, 68, 214, 308, 109, 87, 92, 191, 201, 78, 133, 31, 256, 83, 4, 17, 185, 115, 291, 171, 224, 286, 276, 182, 135, 77, 299, 252, 269, 11, 70, 198, 111, 49, 289, 257, 152, 284, 301, 80, 240, 3, 196, 55, 237, 213, 204, 263, 37, 145, 296, 170, 181, 139, 112, 190, 169, 15, 54, 119, 262, 28, 6, 298, 217, 26, 123, 137, 203, 134, 259, 143, 91, 202, 113, 303, 138, 167, 67, 199, 142, 288, 273, 230, 229, 81, 207, 102, 265, 69, 244, 126, 39, 242, 33, 305, 275, 297, 101, 236, 290, 64, 155, 247, 103, 5, 280, 215, 161, 283, 147, 266, 57, 16, 233, 258, 241, 218, 197, 84, 163, 277, 251, 76, 59, 146, 108, 44, 225, 156, 192, 193, 248, 172, 41, 40, 105, 306, 56, 104, 188, 38, 117, 97, 128, 65, 195, 231, 63, 216, 58, 173, 144, 66, 51, 222, 27, 294.</b>

Relief sonuçları değerlendirildiğinde ise ilk sıradaki en iyi ayırt edici özelliğin ünlü seslerde "ı" harfinde (indeks no:30), ünsüz sesler ile tüm seslerde ise "gu" hecesinde ((indeks no:78) ve (indeks no:122)) olduğu görülmektedir.

Doğrusal olmayan özellikler için çalıştırılan Relief algoritması, klasik ses analizlerinde kullanılan ve bu çalışmada da hesaplanan diğer özelliklerin (Bkz. Tablo 4.2.) de ilave edilmesiyle, ünlü, ünsüz ve tüm sesler için tekrar uygulanmıştır. Tablo 4.14.'te, Tablo 4.15.'te ve Tablo 4.16.'da sırasıyla ünlü sesler, ünsüz sesler ve tüm sesler için hazırlanan özellik vektörleri Relief'e girdi olarak verilmiştir. Ses gruplarının özellik vektörleri her ses için hesaplanan 29 adet özellik dikkate alınarak oluşturulmuştur.

En ayırt edici özelliklerin tespitine yönelik elde edilen Relief sonuçları Tablo 4.17'de verilmiştir. Tüm ses grupları için en iyi 50 adet ayırt edici özellik kullanılarak öznelik vektörleri oluşturulmuştur.

Tablo 4.14. Ünlü sesler için oluşturulan özellik vektörü.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
entropi	entropi_ar_kalinti	entropi_dök_kalinti	entropi_mfkk_kalinti	entropi_mfkk_kalinti	entropi_mfkk_kalinti	örnek entropisi	shannon entropisi	log enerjisi	çarpıklık_ar_kalinti	çarpıklık_dök_kalinti	çarpıklık_mfkk_kalinti	basıklık_ar_kalinti	basıklık_ar_kalinti	basıklık_dök_kalinti	basıklık_mfkk_kalinti	tepe frekans_1_kalinti	tepe frekans_2_kalinti	tepe frekans_3_kalinti	tepe frekans_4_kalinti	toplam güç_1	toplam güç_2	toplam güç_3	toplam güç_4	zaman gecikmesi	yerleştirme boyutu	L2 normu	lyapunov üsteli	higuchi boyutu

/a/ sesi için hesaplanan tüm özellikler

30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58
entropi	entropi_ar_kalinti	entropi_dök_kalinti	entropi_mfkk_kalinti	yaklaşım örneği entropisi	örnek entropisi	shannon entropisi	log enerjisi	çarpıklık_ar_kalinti	çarpıklık_dök_kalinti	çarpıklık_mfkk_kalinti	basıklık_ar_kalinti	basıklık_mfkk_kalinti	basıklık_dök_kalinti	basıklık_mfkk_kalinti	tepe frekans_1_kalinti	tepe frekans_2_kalinti	tepe frekans_3_kalinti	tepe frekans_4_kalinti	toplam güç_1	toplam güç_2	toplam güç_3	toplam güç_4	zaman gecikmesi	yerleştirme boyutu	L2 normu	lyapunov üsteli	higuchi boyutu	

/i/ sesi için hesaplanan tüm özellikler

59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87
entropi	entropi_ar_kalinti	entropi_dök_kalinti	entropi_mfkk_kalinti	yaklaşım örneği entropisi	örnek entropisi	shannon entropisi	log enerjisi	çarpıklık_ar_kalinti	çarpıklık_dök_kalinti	çarpıklık_mfkk_kalinti	basıklık_ar_kalinti	basıklık_mfkk_kalinti	basıklık_dök_kalinti	basıklık_mfkk_kalinti	tepe frekans_1_kalinti	tepe frekans_2_kalinti	tepe frekans_3_kalinti	tepe frekans_4_kalinti	toplam güç_1	toplam güç_2	toplam güç_3	toplam güç_4	zaman gecikmesi	yerleştirme boyutu	L2 normu	lyapunov üsteli	higuchi boyutu	

/ı/ sesi için hesaplanan tüm özellikler

88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116
entropi	entropi_ar_kalinti	entropi_dök_kalinti	entropi_mfkk_kalinti	yaklaşım örneği entropisi	örnek entropisi	shannon entropisi	log enerjisi	çarpıklık_ar_kalinti	çarpıklık_dök_kalinti	çarpıklık_mfkk_kalinti	basıklık_ar_kalinti	basıklık_mfkk_kalinti	basıklık_dök_kalinti	basıklık_mfkk_kalinti	tepe frekans_1_kalinti	tepe frekans_2_kalinti	tepe frekans_3_kalinti	tepe frekans_4_kalinti	toplam güç_1	toplam güç_2	toplam güç_3	toplam güç_4	zaman gecikmesi	yerleştirme boyutu	L2 normu	lyapunov üsteli	higuchi boyutu	

/u/ sesi için hesaplanan tüm özellikler

Tablo 4.15. Ünsüz sesler için oluşturulan özellik vektörü.

1	.....	29	30	58	59	87	88	.....	116	117	.....	145	146	.....	174	175	.....	203	204	.....	232	
entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....
/ca/																						
/ci/																						
/cu/																						
/ga/																						
/gi/																						
/gu/																						
233	.....	261	262	290	291	319	.....	348	349	.....	377	378	.....	406	407	.....	435	436	.....	464		
entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....
/ha/																						
/hi/																						
/hu/																						
/ka/																						
/ki/																						
/ku/																						
465	.....	493	494	522	523	551	552	.....	580	581	.....	609	610	.....	638	639	.....	667	668	.....	696	
entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....
/na/																						
/ni/																						
/nu/																						
/sa/																						
/si/																						
/su/																						

Tablo 4.16. Tüm sesler için özellik vektörü.

1	.....	29	30	.....	58	59	.....	87	88	.....	116	117	.....	145	146	.....	174	175	.....	203									
entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu									
/a/																													
/i/					/ɪ/					/u/					/ca/					/ci/					/cɪ/				
204	.....	232	233	.....	261	262	.....	290	291	.....	319	320	.....	348	349	.....	377	378	.....	406									
entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu									
/cu/																													
/ga/					/gi/					/gu/					/ha/					/hi/									
407	.....	435	436	.....	464	465	.....	493	494	.....	522	523	.....	551	552	.....	580	581	.....	609									
entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu									
/ku/																													
/ka/					/ki/					/ku/					/na/					/ni/									
610	.....	638	639	.....	667	668	.....	696	697	.....	725	726	.....	754	755	.....	783	784	.....	812									
entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu	entropi	.....	higuchi boyutu									
/su/																													
/sa/					/si/					/su/					/ta/					/ti/									

Tablo 4.17. Hesaplanan tüm özelliklerin Relief sonuçları.

Ses Grubu	Hesaplanan Tüm Özelliklerin Relief'e Bağlı Önem Sırası
Ünlü Sesler	<b>84, 55, 75, 104, 106, 38, 19, 56, 114, 28, 78, 72, 115, 86, 57, 46, 27, 20, 2, 3, 85, 30, 48, 25, 26, 52, 9, 100, 32, 31, 36, 1, 41, 101, 51, 67, 17, 70, 47, 108, 49, 22, 24, 12, 8, 87, 65, 35, 107, 14, 59, 79, 99, 64, 58, 43, 33, 80, 50, 68, 10, 93, 71, 96, 63, 111, 89, 74, 44, 97, 92, 88, 15, 62, 16, 94, 42, 90, 29, 91, 98, 34, 18, 21, 61, 116, 60, 11, 69, 66, 81, 76, 37, 83, 45, 102, 13, 95, 82, 5, 110, 40, 7, 73, 23, 39, 4, 112, 6, 109, 103, 113, 77, 53, 54, 105.</b>
Ünsüz Sesler	<b>368, 105, 204, 279, 136, 192, 316, 373, 432, 338, 319, 374, 631, 473, 230, 658, 113, 351, 251, 296, 366, 232, 402, 629, 687, 258, 202, 350, 353, 352, 219, 494, 497, 216, 531, 207, 431, 130, 280, 437, 141, 336, 614, 110, 308, 443, 307, 360, 634, 144, 496, 3, 468, 426, 306, 393, 502, 616, 695, 212, 85, 372, 560, 118, 19, 119, 54, 377, 424, 465, 2, 622, 93, 645, 320, 476, 208, 397, 483, 661, 145, 17, 510, 632, 376, 624, 623, 587, 187, 438, 657, 125, 190, 5, 660, 501, 435, 309, 162, 357, 284, 4, 183, 297, 637, 181, 64, 389, 585, 323, 409, 356, 399, 154, 318, 225, 606, 394, 455, 134, 408, 600, 400, 602, 618, 77, 186, 568, 570, 332, 663, 539, 554, 100, 168, 526, 459, 237, 386, 534, 573, 107, 8, 27, 7, 22, 541, 642, 249, 439, 595, 157, 328, 505, 464, 164, 224, 436, 673, 49, 231, 527, 161, 613, 603, 39, 553, 132, 412, 80, 106, 210, 153, 97, 523, 348, 35, 295, 123, 434, 594, 692, 269, 608, 682, 364, 101, 481, 681, 458, 653, 625, 115, 259, 38, 215, 639, 158, 671, 652, 131, 421, 506, 146, 441, 347, 89, 508, 552, 302, 90, 689, 60, 418, 665, 410, 619, 61, 128, 122, 630, 636, 584, 579, 688, 67, 116, 349, 620, 203, 1, 114, 117, 271, 649, 685, 65, 644, 83, 551, 174, 610, 648, 179, 474, 550, 580, 507, 20, 248, 362, 567, 273, 414, 605, 512, 482, 599, 14, 275, 574, 463, 675, 129, 696, 246, 370, 140, 564, 346, 126, 428, 440, 299, 413, 21, 42, 335, 71, 690, 538, 303, 294, 88, 173, 124, 240, 109, 70, 29, 84, 382, 498, 289, 500, 342, 180, 121, 112, 379, 422, 239, 417, 669, 638, 380, 411, 375, 326, 191, 257, 509, 670, 291, 544, 390, 312, 242, 244, 283, 226, 369, 10, 82, 679, 654, 420, 621, 515, 288, 433, 74, 558, 672, 586, 540, 354, 406, 266, 381, 98, 234, 301, 176, 104, 450, 617, 11, 81, 643, 555, 545, 520, 486, 430, 355, 588, 528, 51, 76, 223, 363, 94, 201, 238, 285, 261, 469, 578, 245, 609, 103, 546, 683, 102, 691, 325, 96, 491, 218, 575, 235, 260, 331, 205, 607, 444, 456, 442, 214, 265, 177, 175, 298, 281, 263, 211, 633, 641, 148, 9, 36, 165, 264, 15, 6, 209, 462, 640, 233, 659, 254, 556, 313, 415, 12, 321, 395, 324, 627, 475, 601, 147, 514, 529, 63, 322, 317, 95, 182, 666, 405, 569, 343, 24, 478, 120, 194, 446, 693, 457, 416, 686, 23, 253, 87, 674, 37, 91, 92, 429, 152, 667, 480, 99, 277, 504, 403, 451, 448, 477, 388, 668, 236, 581, 222, 651, 650, 562, 178, 647, 612, 676, 499, 45, 407, 304, 662, 470, 28, 591, 255, 172, 69, 447, 68, 197, 361, 250, 590, 615, 517, 503, 59, 315, 419, 167, 241, 516, 150, 392, 213, 41, 611, 461, 111, 387, 56, 365, 333, 220, 404, 561, 13, 694, 127, 583, 78, 206, 108, 329, 314, 385, 485, 557, 227, 300, 524, 559, 460, 256, 62, 270, 32, 196, 371, 31, 359, 566, 684, 133, 189, 656, 522, 635, 582, 86, 52, 311, 327, 188, 40, 184, 472, 521, 563, 467, 252, 449, 445, 151, 626, 391, 525, 571, 149, 628, 680, 592, 344, 272, 169, 358, 66, 198, 479, 677, 678, 488, 199, 452, 73, 604, 572, 290, 34, 492, 228, 495, 47, 262, 72, 217, 53, 533, 305, 535, 532, 48, 341, 425, 383, 138, 156, 159, 549, 185, 278, 44, 401, 453, 139, 511, 143, 565, 57, 339, 155, 170, 50, 664, 30, 598, 16, 345, 171, 26, 384, 530, 471, 286, 193, 292, 43, 25, 274, 536, 160, 163, 330, 378, 340, 334, 646, 310, 597, 398, 166, 487, 276, 247, 293, 267, 337, 493, 58, 423, 287, 135, 367, 282, 655, 243, 537, 543, 542, 33, 466, 18, 137, 396, 46, 596, 589, 593, 427, 268, 55, 75, 513, 484, 79, 195, 142, 200, 221, 229, 454, 489, 490, 518, 519, 547, 548, 576, 577.</b>
Tüm Sesler	<b>484, 221, 84, 320, 106, 548, 308, 395, 104, 432, 26, 252, 454, 774, 489, 229, 17, 367, 435, 747, 75, 490, 518, 346, 467, 745, 55, 803, 115, 589, 335, 412, 332, 466, 610, 423, 119, 348, 38, 482, 318, 9, 613, 476, 559, 612, 118, 422, 468, 209, 246, 52, 323, 553, 452, 469, 328, 374, 547, 424, 540, 509, 226, 542, 396, 436, 260, 647, 25, 773, 257, 776, 100, 584, 730, 777, 617, 135, 74, 201, 551, 120, 599, 718, 67, 86, 592, 439, 750, 811, 170, 473, 303, 180, 278, 324, 297, 676, 626, 703, 748, 618, 739, 740, 216, 306, 571, 715, 492, 488, 261, 413, 299, 96, 28, 732, 493, 505, 143, 472, 753, 123, 121, 761, 738, 241, 701, 515, 223, 554, 235, 200, 234, 77, 448, 124, 133, 581, 400, 513, 110, 525, 347, 650, 719, 789, 516, 353, 114, 643, 250, 684, 138, 326, 57, 724, 444, 434, 510, 27, 552, 88, 670, 36, 524, 642, 1, 734, 302, 555, 716, 621, 622, 270, 341, 85, 193, 655, 758, 365, 59, 729, 411, 151, 16, 480, 56, 700, 686, 165, 284, 711, 755, 502, 781, 385, 222, 787, 280, 338, 464, 639, 196, 798, 797, 58, 231, 722, 248, 51, 273, 217, 689, 22, 808, 33, 668, 277, 205, 418, 155, 465, 575, 331, 710, 769, 779, 528, 537, 206, 340, 183, 669, 746, 410, 154, 726, 21, 269, 657, 108, 768, 597, 680, 375, 735, 62, 752, 550, 192, 239, 478, 425, 247, 579, 741, 213, 529, 580, 765, 117, 616, 736, 805, 764, 495, 232, 463, 290, 136, 389, 804, 274, 496, 176, 364, 233, 262, 557, 319, 181, 244, 614, 130, 801, 683, 7, 177, 628, 94, 238, 462, 89, 415, 295, 187, 791, 158, 212, 242, 13, 574, 534, 289, 210, 230, 296, 590, 387, 526, 486, 41, 721, 530, 186, 624, 667, 204, 137, 6, 419, 696, 219, 5, 360, 31, 32, 256, 342, 695, 373, 23, 65, 598, 812, 760, 625, 674, 544, 145, 391, 199, 356, 533, 46, 491, 405, 451, 245, 90, 362, 48, 407, 623, 654, 334, 30, 417, 754, 697, 549, 220, 479, 240, 237, 92, 743, 99, 788, 723, 12, 91, 358, 770, 152, 807, 72, 4, 215, 671, 458, 355, 497, 339, 522, 35, 556, 666, 307, 498, 225, 527, 536, 29, 122, 93, 506, 690, 428, 785, 442, 717, 694, 197, 704, 749, 140, 566, 786, 672, 538, 644, 733, 414, 214, 167, 330, 397, 772, 471, 236, 399, 546, 759, 317, 218, 631, 593, 198, 560, 350, 447, 656, 572, 630, 126, 264, 485, 349, 795, 208, 47, 806, 799, 327, 602, 401, 194, 298, 645, 95, 660, 79, 725, 263, 291, 70, 2, 520, 757, 3, 381, 190, 321, 127, 351, 585, 131, 441, 382, 737, 87, 636, 144, 139, 470, 578, 379, 756, 377, 591, 292, 433, 511, 42, 34, 376, 532, 71, 784, 380, 352, 207, 370, 558, 293, 8, 775, 429, 437, 702, 325, 562, 564, 163, 567, 699, 438, 168, 751, 521, 128, 607, 778, 596, 404, 535, 228, 179, 97, 440, 662, 459, 573, 305, 369, 691, 620, 354, 790, 361, 782, 615, 661, 63, 586, 545, 24, 685, 531, 640, 14, 698, 268, 294, 80, 153, 203, 563, 504, 211, 366, 763, 766, 329, 19, 125, 767, 393, 477, 15, 333, 60, 678, 728, 64, 172, 707, 10, 111, 565, 619, 357, 706, 129, 148, 677, 147, 50, 679, 175, 523, 481, 371, 445, 322, 243, 594, 178, 783, 503, 283, 475, 103, 727, 449, 561, 688, 313, 802, 281, 184, 185, 508, 809, 68, 611, 81, 288, 641, 336, 800, 420, 301, 673, 588, 638, 731, 720, 474, 76, 45, 82, 792, 430, 372, 116, 18, 427, 708, 157, 267, 651, 386, 227, 343, 455, 312, 142, 633, 11, 576, 310, 156, 810, 632, 98, 300, 601, 164, 224, 113, 675, 421, 161, 541, 368, 304, 595, 583, 687, 487, 416, 577, 501, 272, 507, 265, 109, 517, 150, 254, 568, 202, 796, 37, 665, 285, 431, 460, 112, 44, 519, 266, 315, 744, 39, 742, 314, 182, 189, 69, 682, 66, 286, 40, 169, 188, 141, 61, 344, 259, 499, 794, 604, 793, 160, 443, 388, 20, 648, 637, 255, 649, 309, 271, 287, 173, 569, 146, 457, 279, 587, 159, 394, 461, 275, 249, 608, 73, 681, 646, 627, 166, 652, 402, 494, 714, 132, 408, 276, 629, 390, 107, 406, 134, 500, 539, 102, 456, 378, 83, 514, 762, 43, 174, 659, 171, 446, 450, 149, 78, 653, 543, 359, 426, 282, 483, 453, 780, 53, 409, 363, 582, 609, 392, 713, 603, 162, 771, 658, 253, 712, 512, 101, 709, 383, 251, 705, 600, 398, 403, 49, 384, 311, 191, 195, 54, 105, 258, 316, 337, 345, 570, 605, 606, 634, 635, 663, 664, 692, 693.</b>

#### 4.4. Sınıflandırma

Bir önceki bölümde Relief ile hesaplanan özelliklerin TUA sendromunun belirlenmesi için ayırt edicilik düzeyleri elde edilmiş ve bu sonuçlar dikkate alınarak MATLAB yazılım programında bulunan “Classification Learner” uygulaması ile sınıflandırıcı performansları belirlenmiştir.

##### 4.4.1. Doğrusal olmayan parametreler kullanılarak sınıflandırma

Bu bölümde, hangi ses grubu ile en iyi TUA ayrımı yapılabileceğini bulmak için; ünlü, ünsüz ve ünlü-ünsüz karışık olmak üzere Relief ile seçilen öznitelikler ile sınıflandırma çalışmaları yapılmıştır. Tez kapsamında en iyi sonuç alınan K-EYK ve DVM sınıflayıcıların sonuçları verilmiştir.

Tablo 4.18.’de ünlü ses grubunun, Tablo 4.19.’da ünsüz ses grubunun ve Tablo 4.20.’de tüm seslerin sınıflandırmada kullanılmak üzere seçilen öznitelikleri verilmiştir.

Tablo 4.18. Ünlü harf grubu için belirlenen öznitelikler.

Ünlü Ses Grubu için Belirlenen Öznitelikler							
yerleştirme boyutu	1	lyapunov üsteli	u	shannon entropi	i	yaklaşım entropisi	u
L2 normu	i	zaman gecikmesi	a	zaman gecikmesi	1	entropi_mfkk_kalıntı	a
entropi	i	lyapunov üsteli	i	entropi_mfkk_kalıntı	i	entropi_mfkk_kalıntı	1
L2 normu	1	entropi	u	higuchi boyutu	i	shannon entropi	u
lyapunov üsteli	a	shannon entropi	1	higuchi boyutu	a	örnek entropi	a
lyapunov üsteli	1	entropi	1	entropi_ar_kalıntı	1	zaman gecikmesi	u
entropi	a	yerleştirme boyutu	i	yaklaşım entropisi	a	entropi_mfkk_kalıntı	u
L2 normu	a	örnek entropi	i	entropi_ar_kalıntı	u	shannon entropi	a
L2 normu	u	yaklaşım entropisi	1	örnek entropi	u	yerleştirme boyutu	u
higuchi boyutu	1	örnek entropi	1	higuchi boyutu	u	yerleştirme boyutu	a
entropi_ar_kalıntı	a	entropi_ar_kalıntı	i	yaklaşım entropisi	i	zaman gecikmesi	i

Tablo 4.19. Ünsüz ses grubu için belirlenen öznitelikler.

Ünsüz Ses Grubu için Belirlenen Öznitelikler							
entropi	gu_g	lyapunov üsteli	ga_g	entropi	na_n	yerleştirme boyutu	sa_s
yerleştirme boyutu	h1_h	lyapunov üsteli	su_s	L2 normu	ci_c	örnek entropi	su_s
L2 normu	gu_g	entropi_mfkk_kalıntı	ka_k	entropi_ar_kalıntı	ku_k	L2 normu	ca_c
yerleştirme boyutu	ka_k	entropi	ni_n	entropi	hu_h	shannon entropi	si_s
zaman gecikmesi	ka_k	yerleştirme boyutu	k1_k	lyapunov üsteli	si_s	entropi_mfkk_kalıntı	na_n
yaklaşım entropisi	ka_k	zaman gecikmesi	ki_k	higuchi boyutu	ka_k	shannon entropi	ca_c
higuchi boyutu	gu_g	entropi_ar_kalıntı	ka_k	shannon entropi	sa_s	zaman gecikmesi	k1_k
higuchi boyutu	h1_h	yaklaşım entropisi	si_s	yaklaşım entropisi	ca_c	zaman gecikmesi	si_s
zaman gecikmesi	si_s	entropi_ar_kalıntı	ga_g	shannon entropi	h1_h	entropi_ar_kalıntı	nu_n
entropi_mfkk_kalıntı	gu_g	entropi_mfkk_kalıntı	ni_n	entropi_mfkk_kalıntı	ca_c	yaklaşım entropisi	ha_h
örnek entropi	h1_h	entropi_mfkk_kalıntı	hu_h	lyapunov üsteli	ka_k	entropi_ar_kalıntı	ca_c
yerleştirme boyutu	cu_c	shannon entropi	si_s	shannon entropi	ga_g	higuchi boyutu	ga_g
lyapunov üsteli	g1_g	zaman gecikmesi	ci_c				

Tablo 4.20. Tüm sesler için belirlenen öznitelikler

Tüm Sesler için Belirlenen Öznitelikler							
entropi	gu_g	örnek entropi	h1_h	entropi	hu_h	entropi	na_n
yerleştirme boyutu	a	entropi_mfkk_kalıntı	gu_g	lyapunov üsteli	a	entropi_ar_kalıntı	ca_c
yerleştirme boyutu	ı	zaman gecikmesi	si_s	yaklaşım entropisi	si_s	shannon entropi	si_s
L2 normu	gu_g	lyapunov üsteli	u	yerleştirme boyutu	i	entropi_ar_kalıntı	ga_g
yerleştirme boyutu	h1_h	yerleştirme boyutu	ci_c	örnek entropi	su_s	entropi_ar_kalıntı	ku_k
zaman gecikmesi	ka_k	zaman gecikmesi	ki_k	örnek entropi	cu_c	L2 normu	ci_c
yerleştirme boyutu	k1_k	lyapunov üsteli	g1_g	entropi	u	zaman gecikmesi	a
yerleştirme boyutu	ka_k	lyapunov üsteli	su_s	entropi_mfkk_kalıntı	ca_c	lyapunov üsteli	ka_k
yerleştirme boyutu	cu_c	entropi_ar_kalıntı	ka_k	L2 normu	ca_c	entropi	ı
higuchi boyutu	gu_g	lyapunov üsteli	ga_g	shannon entropi	h1_h	zaman gecikmesi	ci_c
higuchi boyutu	h1_h	entropi_mfkk_kalıntı	hu_h	lyapunov üsteli	si_s	entropi	a
yaklaşım entropisi	ka_k	entropi_mfkk_kalıntı	ka_k	entropi_mfkk_kalıntı	na_n	lyapunov üsteli	ı
entropi	ni_n	entropi_mfkk_kalıntı	ni_n				

Sınıflama çalışması için, rastgele örnekleme yoluyla, veri setinin %60'ı eğitim kümesi, %40'ı ise test kümesi olarak ayrılmıştır. Eğitim ve test kümeleri, aynı kişilerden elde edilen özniteliklerin bu kümelere 3/5 oranında rastgele olarak paylaşılması şeklinde oluşturulmuştur. Ayrıca sınıflama işlemlerinde k-katlamalı çapraz doğrulama değeri 5 olarak seçilmiştir. Sınıflandırıcı çıkışı TUA için "1", sağlıklı grup için "2" olarak belirlenmiştir.

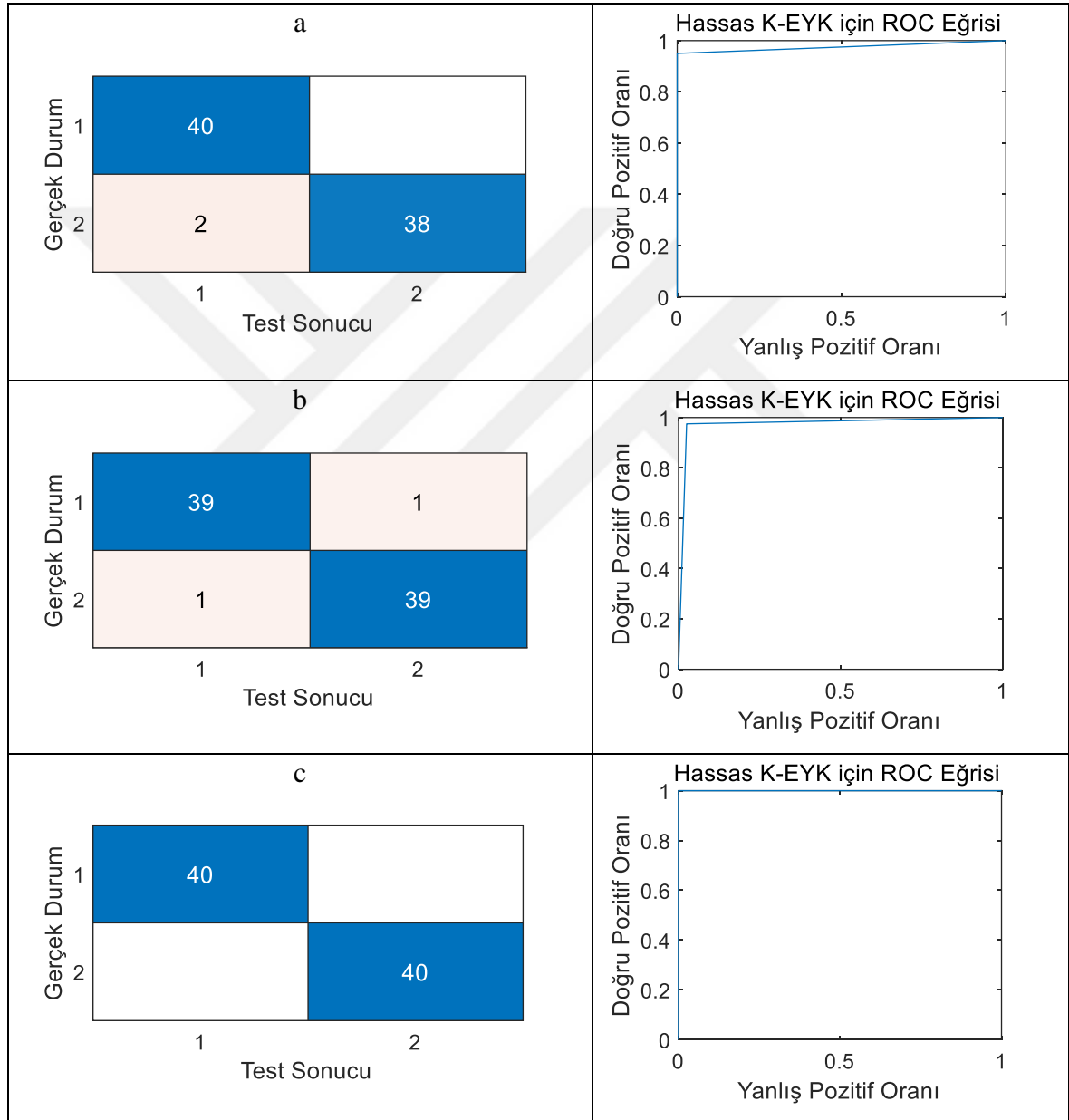
Bu çalışmada K-EYK algoritmalarında en az sayıda komşu sayısı ( $k=1$  için) seçimi ile hızlı analiz yeteneğine sahip Hassas K-EYK modeli kullanılmıştır. Şekil 4.1.'de Hassas K-EYK modelinin ünlü, ünsüz ve tüm sesler için eğitim sonuçlarına ait hata matrisleri ve ROC eğrileri görülmektedir.



Şekil 4.1. Hassas K-EYK modelinin ünlü (a), ünsüz (b) ve tüm sesler (c) için eğitim sonuçlarına ait hata matrisleri ve ROC eğrileri.

Hassas K-EYK modeli ile eğitim verilerinin ünlü ses grubu için; duyarlılık %88,33, özgüllük %93,33, doğruluk %90,8, ünsüz ses grubu için; duyarlılık %96,67, özgüllük %96,67, doğruluk %96,7 ve tüm ses grubu için duyarlılık %95, özgüllük %98,33, doğruluk %96,7 olarak elde edilmiştir.

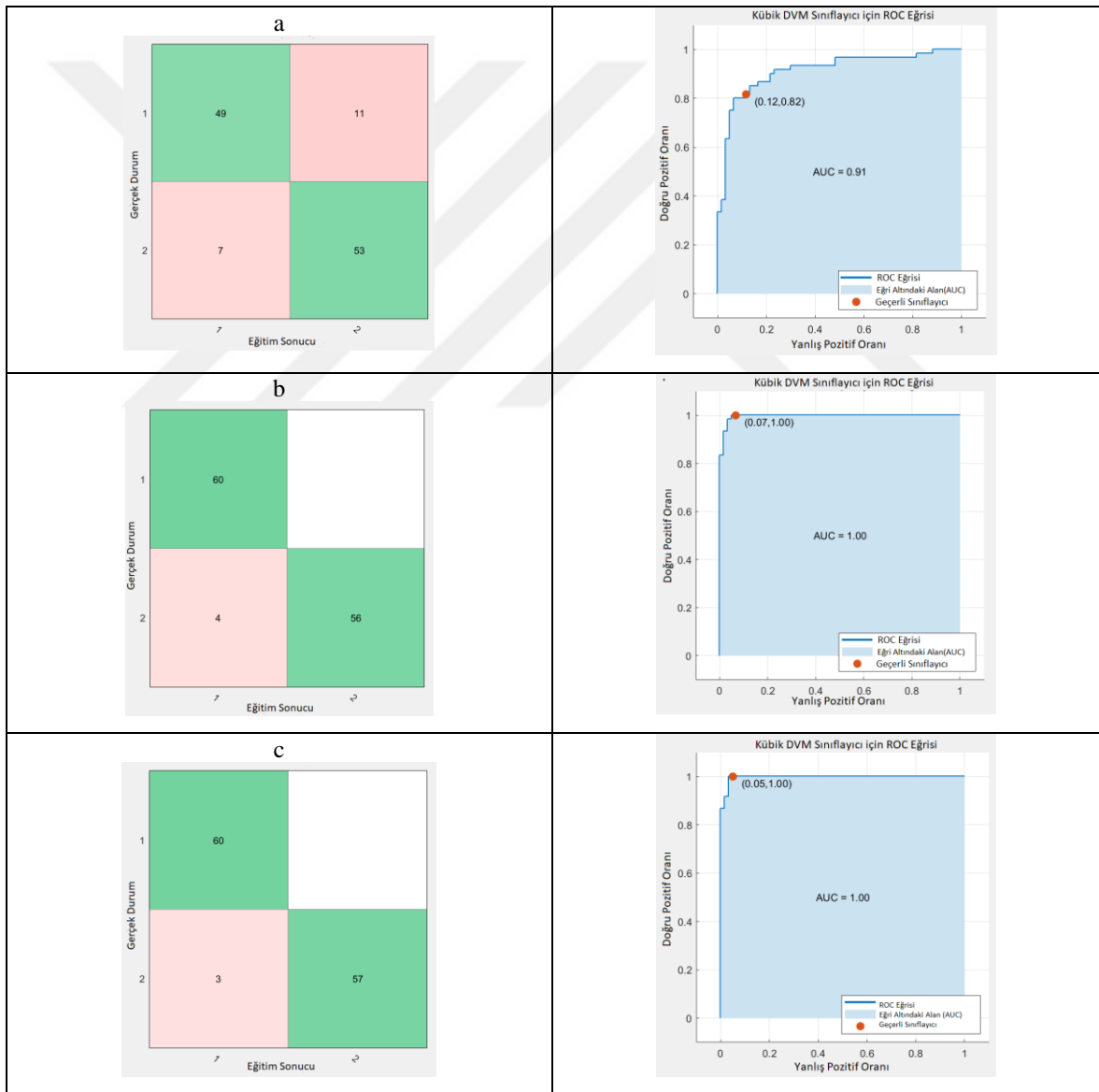
Şekil 4.2.'de Ünlü, ünsüz ve tüm sesler için Hassas K-EYK modelinin test sonuçlarına göre çizilen hata matrisleri ve ROC eğrileri görülmektedir.



Şekil 4.2. Hassas K-EYK modelinin ünlü (a), ünsüz (b) ve tüm sesler (c) için test sonuçlarına ait hata matrisleri ve ROC eğrileri.

Test için ayrılan %40'lık veriler ile yapılan sınıflandırma işlemi sonucunda testin ünlü sesler için; duyarlılığı %100, özgüllüğü %95, doğruluğu %97,5, ünsüz sesler için; duyarlılığı %97,50, özgüllüğü %97,50, doğruluğu %97,50 ve tüm ses grubu için duyarlılığı %100, özgüllüğü %100, doğruluğu %100 olarak elde edilmiştir.

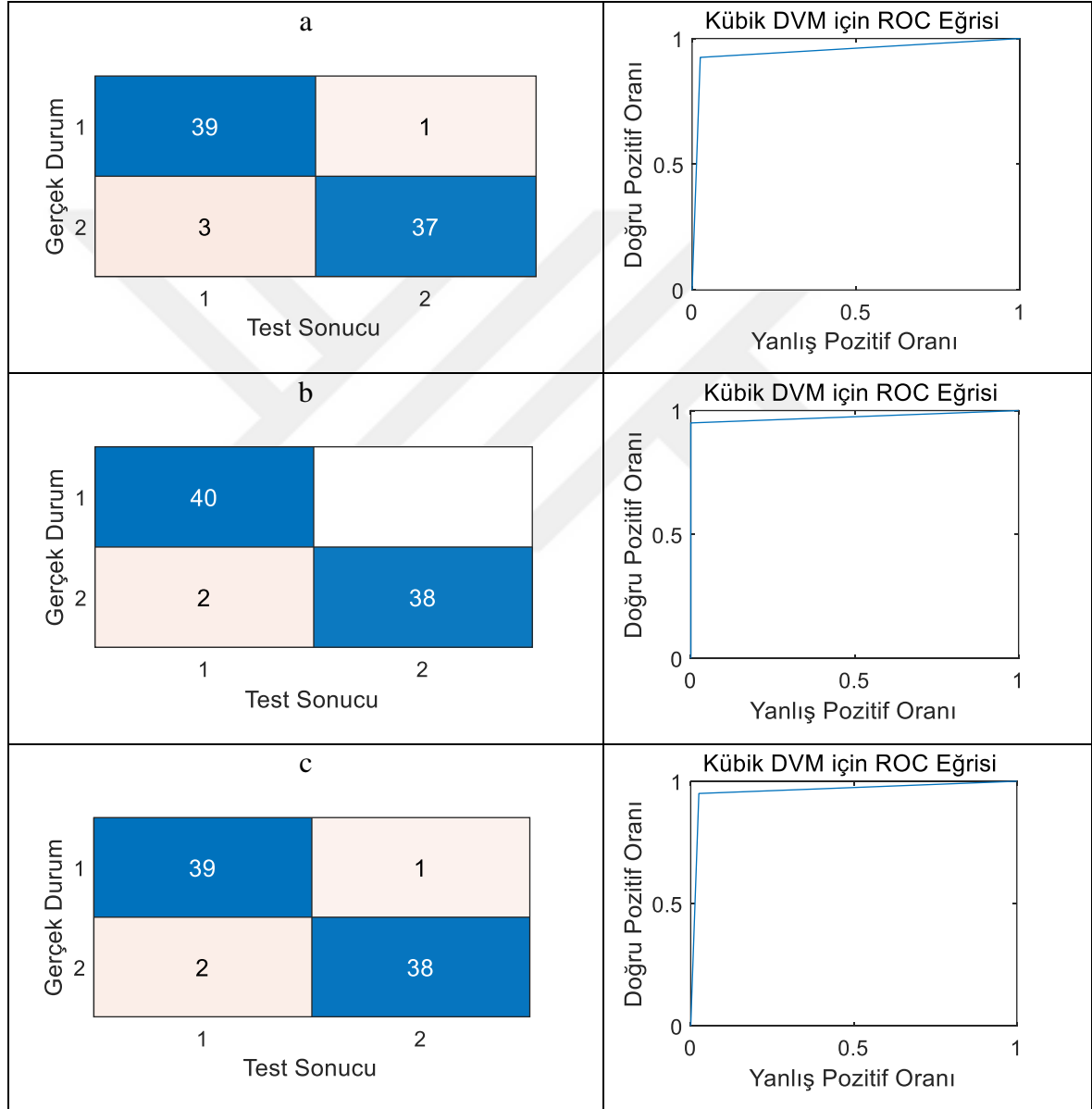
Daha sonra aynı veri kümesi kullanılarak farklı bir sınıflayıcı (DVM) çalışması gerçekleştirilmiş ve bir önceki çalışmada elde edilen başarımlar kıyaslanmıştır. DVM'lerde karar fonksiyonu için çok farklı Kernel fonksiyonları olup bu çalışmada Kübik DVM (kernel polinom derecesi = 3) modeli uygulanmıştır. Şekil 4.3.'te Kübik DVM modelinin ünlü, ünsüz ve tüm sesler için eğitim sonuçlarına ait hata matrisleri ve ROC eğrileri görülmektedir.



Şekil 4.3. Kübik DVM modelinin ünlü (a), ünsüz (b) ve tüm sesler (c) için sonuçlarına ait hata matrisleri ve ROC eğrileri.

Kübik DVM modeli ile eğitim verilerinin ünlü ses grubu için; duyarlılık %81,67, özgüllük %88,33, doğruluk %85, ünsüz ses grubu için; duyarlılık %100, özgüllük %93,33, doğruluk %96,70 ve tüm ses grubu için duyarlılık %100, özgüllük %95, doğruluk %97,50 olarak elde edilmiştir.

Şekil 4.4.'te Ünlü, ünsüz ve tüm sesler için Kübik DVM modelinin test sonuçlarına göre çizilen hata matrisleri ve ROC eğrileri görülmektedir.



Şekil 4.4. Kübik DVM modelinin ünlü (a), ünsüz (b) ve tüm sesler (c) için test sonuçlarına ait hata matrisleri ve ROC eğrileri.

Test için ayrılan %40'lık veriler ile yapılan sınıflandırma işlemi sonucunda testin ünlü sesler için; duyarlılığı %97,5, özgüllüğü %92,5, doğruluğu %95, ünsüz sesler için; duyarlılığı %100, özgüllüğü %95, doğruluğu %97,5 ve tüm ses grubu için duyarlılığı %97,5, özgüllüğü %95, doğruluğu %96,25 olarak elde edilmiştir.

Hassas K-EYK ile Kübik DVM sınıflayıcıların TUA tespit başarımları birlikte değerlendirildiğinde; K-EYK ile yapılan sınıflandırma sonucunda ünlü ve ünsüzlerin başarımlarının doğruluğu aynı seviyede %97,5 elde edilirken tüm sesler birlikte kullanıldığında başarımların %100'e çıkmış, DVM sınıflandırıcısı ile ise ünsüzler ile ünlüler göre %97,5 oranda daha yüksek bir başarımlar elde edilmiştir (Tablo 4.21.).

Tablo 4.21. Hassas K-EYK ile Kübik DVM sınıflayıcı sonuçlarının karşılaştırılması.

Veri Kümesi İsmi	Öznitelik Sayısı	Sınıflayıcı Modeli	Eğitim Performansı			Test Performansı		
			Duyarlılık	Özgüllük	Doğruluk	Duyarlılık	Özgüllük	Doğruluk
Ünlü Sesler	44	Hassas K-EYK	88,33%	93,33%	90,80%	100,00%	95,00%	97,50%
		Kübik DVM	81,67%	88,33%	85,00%	97,50%	92,50%	95,00%
Ünsüz Sesler	50	Hassas K-EYK	96,67%	96,67%	96,70%	97,50%	97,50%	97,50%
		Kübik DVM	100,00%	93,33%	96,70%	100,00%	95,00%	97,50%
Tüm Sesler	50	Hassas K-EYK	95,00%	98,33%	96,70%	100,00%	100,00%	100,00%
		Kübik DVM	100,00%	95,00%	97,50%	97,50%	95,00%	96,25%

#### 4.4.2. Doğrusal ve doğrusal olmayan parametreler kullanılarak sınıflandırma

Bu bölümde tez çalışmasının ilk uygulamasına ek olarak, klasik ses analizlerinde kullanılan özelliklerin ünlü, ünsüz ve tüm seslerde TUA ayrımı üzerindeki etkileri incelenmektedir. Bölüm 4.3.'te anlatılan Relief yöntemleri kullanılarak üç ses grubu için ayrı ayrı belirlenen öznitelikler ile sınıflandırma çalışmaları tekrarlanmıştır.

Tablo 4.22. Ünlü ses grubu için belirlenen öznitelikler.

Ünlü Ses Grubu için Belirlenen Öznitelikler							
yerleştirme boyutu	ı	lyapunov üsteli	ı	çarpıklık	a	tepe frekans_2	i
yerleştirme boyutu	i	lyapunov üsteli	i	basıklık	u	toplam güç_1	u
tepe frekans_1	ı	tepe frekans_1	i	entropi_dök_kalıntı	i	tepe frekans_4	i
tepe frekans_1	u	L2 normu	a	entropi_ar_kalıntı	i	toplam güç_2	a
tepe frekans_3	u	tepe frekans_4	a	shannon entropi	i	toplam güç_4	a
çarpıklık	i	entropi_ar_kalıntı	a	entropi	a	çarpıklık_mfkk_kalıntı	a
tepe frekans_3	a	entropi_dök_kalıntı	a	çarpıklık_mfkk_kalıntı	i	log enerji	a
L2 normu	i	L2 normu	ı	basıklık_ar_kalıntı	u	higuchi boyutu	ı
L2 normu	u	entropi	i	toplam güç_2	i	shannon entropi	ı
lyapunov üsteli	a	tepe frekans_3	i	çarpıklık	ı	örnek entropi	i
tepe frekans_4	ı	zaman gecikmesi	a	tepe frekans_1	a	tepe frekans_4	u
basıklık_ar_kalıntı	ı	yerleştirme boyutu	a	çarpıklık_mfkk_kalıntı	ı	basıklık_ar_kalıntı	a
lyapunov üsteli	u	toplam güç_3	i				

Tablo 4.23. Ünsüz ses grubu için belirlenen öznitelikler

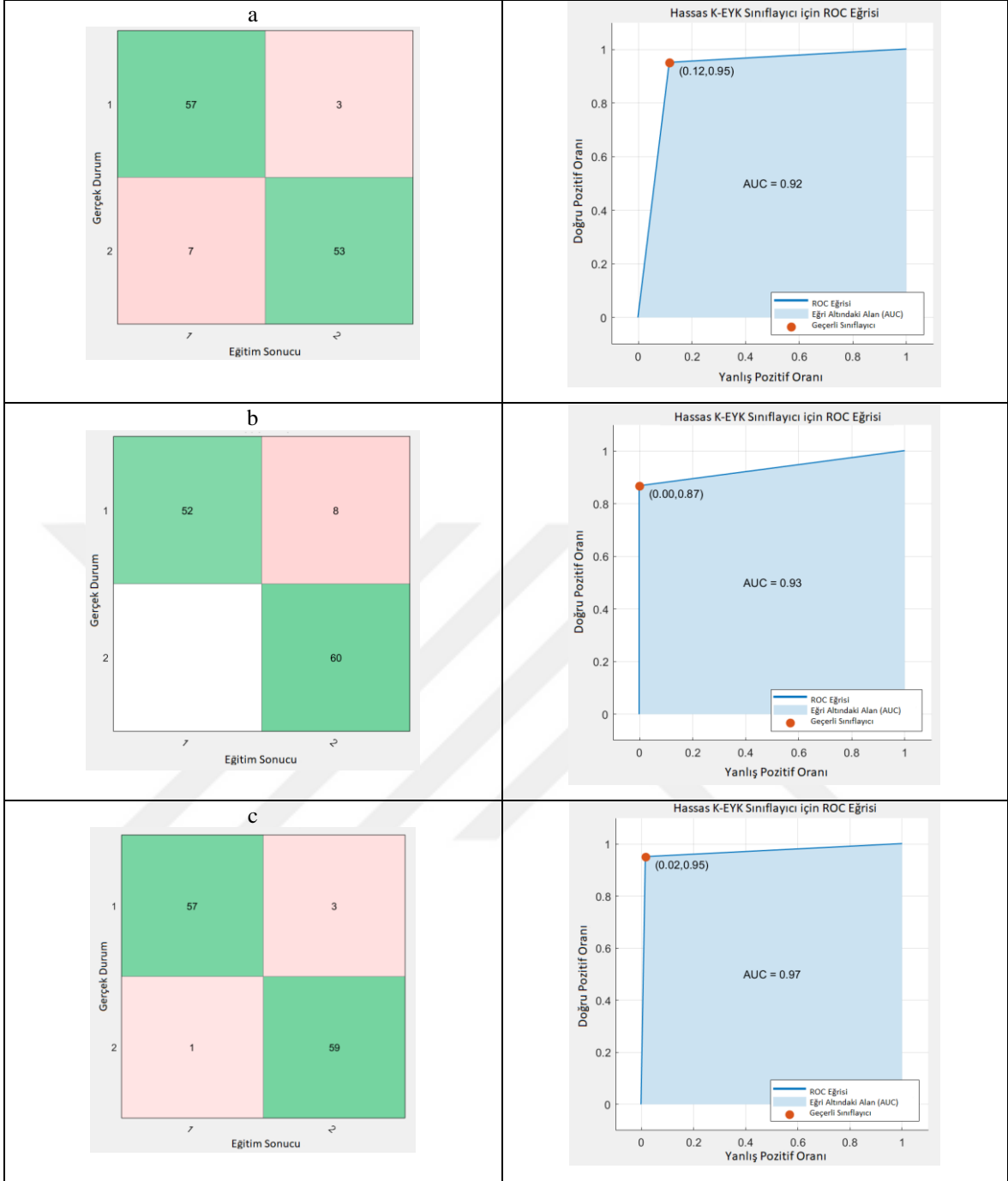
Ünsüz Ses Grubu için Belirlenen Öznitelikler							
tepe frekans_4	ka_k	çarpıklık	na_n	lyapunov üsteli	gı_g	tepe frekans_3	hi_h
tepe frekans_2	cu_c	L2 normu	gu_g	entropi_ar_kalıntı	ka_k	entropi_ar_kalıntı	ku_k
entropi	gu_g	tepe frekans_4	sı_s	yaklaşım entropisi	ka_k	zaman gecikmesi	ga_g
tepe frekans_2	hi_h	yerleştirme boyutu	cu_c	entropi_mfkk_kalıntı	ka_k	tepe frekans_1	hu_h
tepe frekans_4	ga_g	entropi_dök_kalıntı	ka_k	basıklık_mfkk_kalıntı	gu_g	yaklaşım entropisi	si_s
tepe frekans_2	gı_g	tepe frekans_3	ha_h	entropi	ni_n	toplam güç_3	cu_c
yerleştirme boyutu	hı_h	örnek entropi	hı_h	entropi_mfkk_kalıntı	ni_n	tepe frekans_2	hı_h
zaman gecikmesi	ka_k	tepe frekans_2	ka_k	basıklık	gu_g	log enerji	ku_k
yerleştirme boyutu	kı_k	higuchi boyutu	gu_g	çarpıklık	nı_n	tepe frekans_1	hı_h
tepe frekans_3	hu_h	zaman gecikmesi	ki_k	entropi_mfkk_kalıntı	gu_g	çarpıklık_mfkk_kalıntı	ka_k
higuchi boyutu	hı_h	tepe frekans_4	si_s	zaman gecikmesi	kı_k	zaman gecikmesi	si_s
yerleştirme boyutu	ka_k	tepe frekans_4	su_s	basıklık_ar_kalıntı	ga_g	lyapunov üsteli	ga_g
toplam güç_2	si_s	yerleştirme boyutu	ha_h				

Tablo 4.24. Tüm sesler için belirlenen öznitelikler.

Tüm Sesler için Belirlenen Öznitelikler							
tepe frekans_4	ka_k	tepe frekans_4	si_s	yerleştirme boyutu	i	çarpıklık	i
tepe frekans_2	cu_c	zaman gecikmesi	ka_k	tepe frekans_4	su_s	tepe frekans_2	ka_k
yerleştirme boyutu	ı	yerleştirme boyutu	cu_c	lyapunov üsteli	u	lyapunov üsteli	gı_g
entropi	gu_g	tepe frekans_1	a	çarpıklık	na_n	çarpıklık	a
tepe frekans_3	u	tepe frekans_3	ha_h	basıklık_mfkk_kalıntı	gu_g	entropi_mfkk_kalıntı	ni_n
yerleştirme boyutu	kı_k	higuchi boyutu	hı_h	örnek entropi	hı_h	çarpıklık_mfkk_kalıntı	ka_k
tepe frekans_2	gı_g	toplam güç_2	si_s	basıklık	gu_g	log enerji	ku_k
tepe frekans_2	hi_h	tepe frekans_1	ı	entropi_ar_kalıntı	ka_k	entropi_dök_kalıntı	ni_n
tepe frekans_1	u	yerleştirme boyutu	ka_k	entropi	ni_n	entropi_ar_kalıntı	ca_c
yerleştirme boyutu	hı_h	zaman gecikmesi	ki_k	tepe frekans_1	hı_h	basıklık_mfkk_kalıntı	hı_h
yerleştirme boyutu	a	L2 normu	gu_g	entropi_dök_kalıntı	ca_c	entropi_mfkk_kalıntı	ka_k
tepe frekans_4	ga_g	entropi_dök_kalıntı	ka_k	higuchi boyutu	gu_g	örnek entropi	cu_c
tepe frekans_3	hu_h	tepe frekans_4	si_s				

Bu seçilen öznitelikler K-EYK ve DVM sınıflandırıcı girişlerine uygulanmıştır. Sınıflandırıcıların her biri tüm veri setinin %60'ı kullanılarak eğitilmiş ve ardından her sistem veri setinin %40'ı test ile test edilmiştir. Eğitim ve test kümeleri, aynı kişilerden elde edilen özniteliklerin bu kümelere 3/5 oranında rasgele olarak paylaşılması şeklinde oluşturulmuştur. Yapılan analizlerin güvenilirliğini ve etkinliğini artırmak için sınıflandırmada 5-katlamalı çapraz doğrulama metodu uygulanmıştır. Sınıflandırıcı çıkışı TUA için “1”, sağlıklı grup için “2” olarak belirlenmiştir.

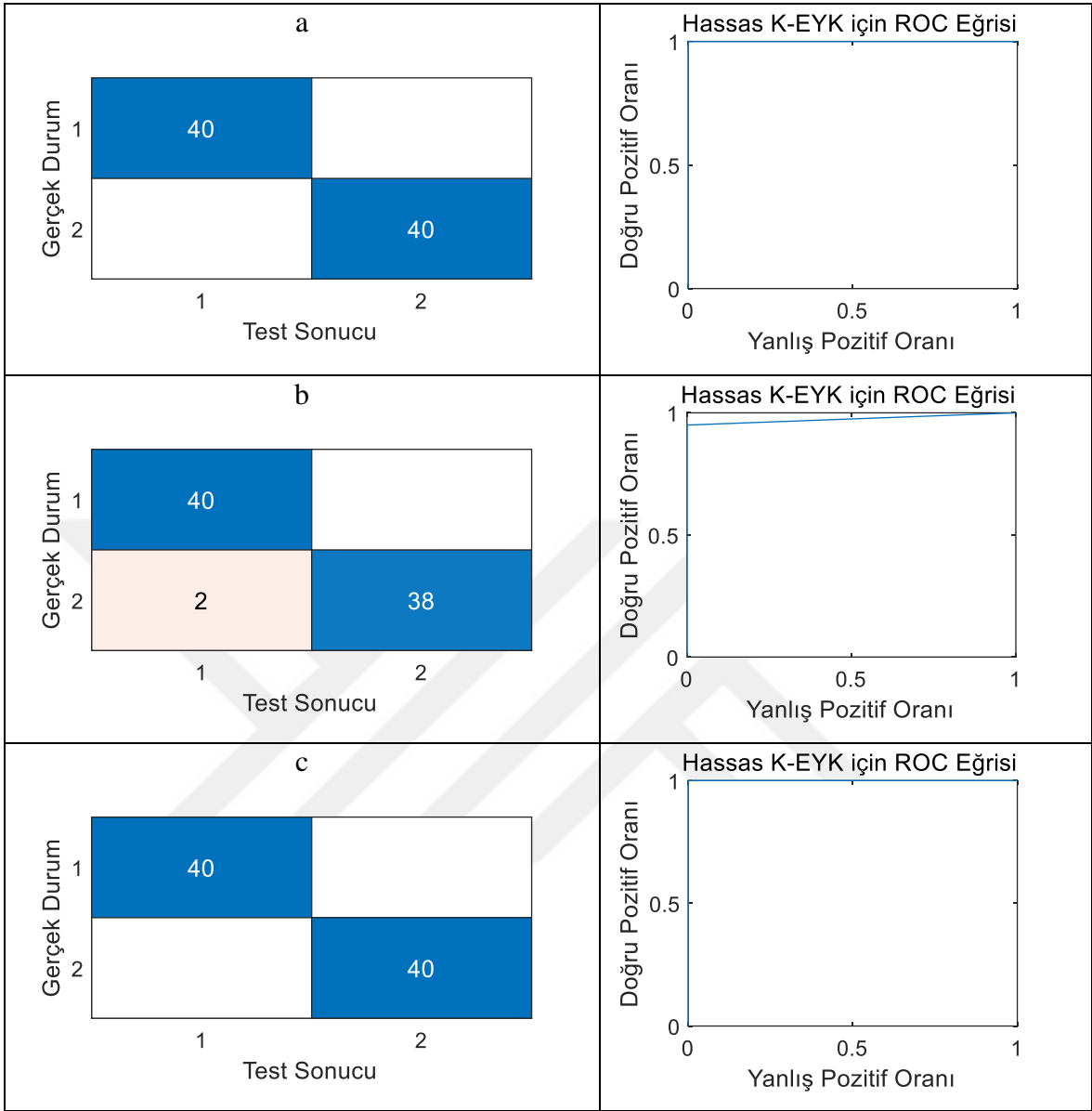
Her üç ses grubu için Hassas K-EYK modelinin eğitim sonuçlarına ait hata matrisleri ve ROC eğrileri Şekil 4.5.'de görülmektedir.



Şekil 4.5. Hassas K-EYK modelinin ünlü (a), ünsüz (b) ve tüm sesler (c) için eğitim sonuçlarına ait hata matrisleri ve ROC eğrileri.

Hassas K-EYK modeli ile eğitim verilerinin ünlü ses grubu için; duyarlılık %95, özgüllük %88,33, doğruluk %91,7, ünsüz ses grubu için; duyarlılık %86,67, özgüllük %100, doğruluk %93,3 ve tüm ses grubu için duyarlılık %95, özgüllük %98,33, doğruluk %96,7 olarak elde edilmiştir.

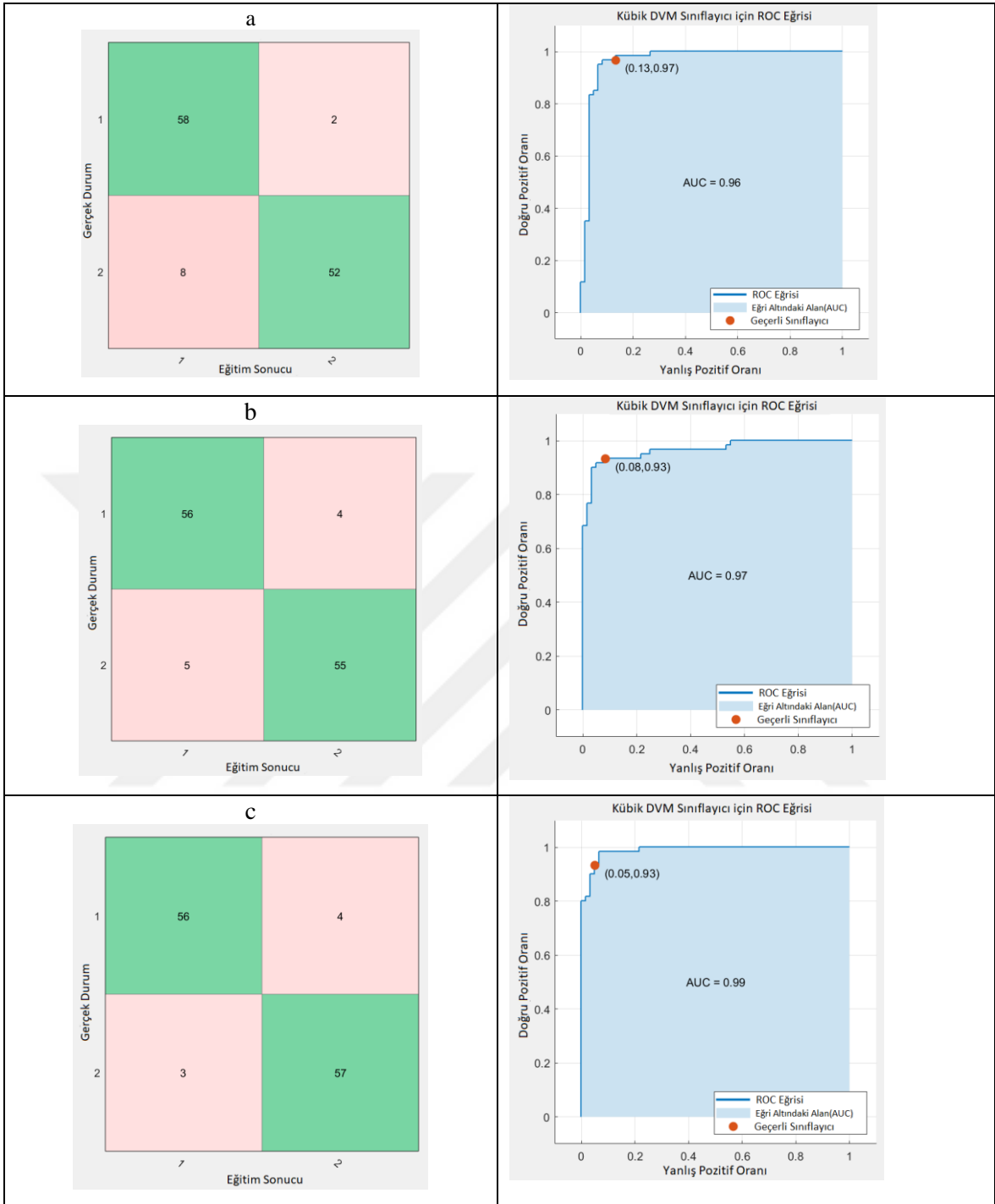
Şekil 4.6’da Ünlü, ünsüz ve tüm sesler için Hassas K-EYK modelinin test sonuçlarına göre çizilen hata matrisleri ve ROC eğrileri görülmektedir.



Şekil 4.6. Hassas K-EYK modelinin ünlü (a), ünsüz (b) ve tüm sesler (c) için test sonuçlarına ait hata matrisleri ve ROC eğrileri.

Test için ayrılan %40'lık veriler ile yapılan sınıflandırma işlemi sonucunda testin ünlü sesler için; duyarlılığı %100, özgüllüğü %100, doğruluğu %100, ünsüz sesler için; duyarlılığı %100, özgüllüğü %95, doğruluğu %97,50 ve tüm ses grubu için duyarlılığı %100, özgüllüğü %100, doğruluğu %100 olarak elde edilmiştir.

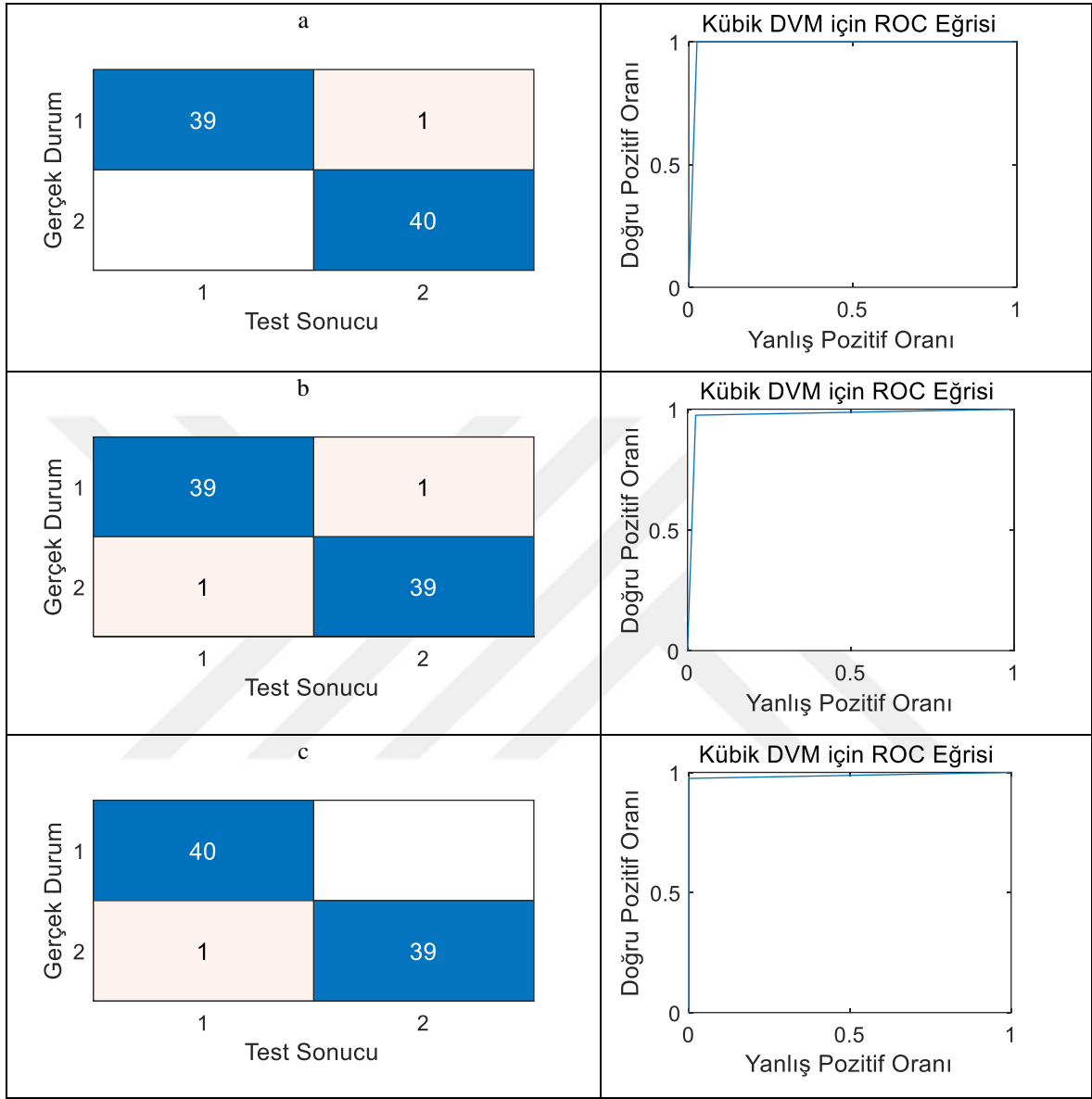
Daha sonra bir önceki bölümde de olduğu gibi aynı veri kümesi kullanılarak, ikinci bir sınıflandırma işlemi yapılarak DVM nin başarımı ile K-EYK karşılaştırılmıştır. Her üç ses grubu için Küçük DVM modelinin eğitim sonuçlarına ait hata matrisleri ve ROC eğrileri Şekil 4.7.'de görülmektedir.



Şekil 4.7. Kübik DVM modelinin ünlü (a), ünsüz (b) ve tüm sesler (c) için sonuçlarına ait hata matrisleri ve ROC eğrileri.

Kübik DVM modeli ile eğitim verilerinin ünlü ses grubu için; duyarlılık %96,67, özgüllük %86,67, doğruluk %91,70, ünsüz ses grubu için; duyarlılık %93,33, özgüllük %91,67, doğruluk %92,50 ve tüm ses grubu için duyarlılık %93,33, özgüllük %95, doğruluk %94,20 olarak elde edilmiştir.

Şekil 4.8.'da Ünlü, ünsüz ve tüm sesler için Kübik DVM modelinin test sonuçlarına göre çizilen hata matrisleri ve ROC eğrileri görülmektedir.



Şekil 4.8. Kübik DVM modelinin ünlü (a), ünsüz (b) ve tüm sesler (c) için test sonuçlarına ait hata matrisleri ve ROC eğrileri.

Test için ayrılan %40'lık veriler ile yapılan sınıflandırma işlemi sonucunda testin ünlü sesler için; duyarlılığı %97,5, özgüllüğü %100, doğruluğu %98,75, ünsüz sesler için; duyarlılığı %97,50, özgüllüğü %97,50, doğruluğu %97,5 ve tüm ses grubu için duyarlılığı %100, özgüllüğü %97,5, doğruluğu %98,75 olarak elde edilmiştir.

Hassas K-EYK ile Kübik DVM sınıflayıcıların TUA tespit başarımları değerlendirildiğinde; DVM ile yapılan sınıflandırmada ünlü ve tüm seslerde başarımların doğruluğu aynı seviyede %98,75 olarak elde edilirken, K-EYK sınıflandırıcısı ile ise ünlü ve tüm seslerin başarımları %100 olarak elde edilmiştir (Tablo 4.25.).

Tablo 4.25. Hassas K-EYK ile Kübik DVM sınıflayıcı sonuçlarının karşılaştırılması.

Veri Kümesi İsmi	Öznelik Sayısı	Sınıflayıcı Modeli	Eğitim Performansı			Test Performansı		
			Duyarlılık	Özgüllük	Doğruluk	Duyarlılık	Özgüllük	Doğruluk
Ünlü Sesler	50	Hassas K-EYK	95,00%	88,33%	91,70%	100,00%	100,00%	100,00%
		Kübik DVM	96,67%	86,67%	91,70%	97,50%	100,00%	98,75%
Ünsüz Sesler	50	Hassas K-EYK	86,67%	100,00%	93,30%	100,00%	95,00%	97,50%
		Kübik DVM	93,33%	91,67%	92,50%	97,50%	97,50%	97,50%
Tüm Sesler	50	Hassas K-EYK	95,00%	98,33%	96,70%	100,00%	100,00%	100,00%
		Kübik DVM	93,33%	95,00%	94,20%	100,00%	97,50%	98,75%

Sonuç olarak, doğrusal olmayan özelliklerin kullanılmış olduğu ilk uygulama ile bütün özelliklerin kullanıldığı uygulama sonuçları Tablo 4.26.'da karşılaştırılmıştır. Buna göre K-EYK'nin başarımlar değeri sadece ünlü sesler için artarak %100'e ulaşmış, diğer ses gruplarına ait sonuçlarda neredeyse hiç değişiklik olmamıştır. Bu uygulamada DVM'nin doğruluk performansı ise, ünlü ses grubu ve tüm sesler için bir miktar artarken (%98,75), ünsüz sesler için aynı değerde (%97,5) kalmıştır.

Tablo 4.26. Doğrusal olmayan özellikler ile bütün özelliklerin sınıflama başarımları.

Veri Kümesi İsmi	Sınıflayıcı Modeli	Doğrusal Olmayan Özellikler Kullanılarak Sınıflandırma Başarımları			Hesaplanan Tüm Özellikler Kullanılarak Sınıflandırma Başarımları		
		Duyarlılık	Özgüllük	Doğruluk	Duyarlılık	Özgüllük	Doğruluk
Ünlü Sesler	Hassas K-EYK	100,00%	95,00%	97,50%	100,00%	100,00%	100,00%
	Kübik DVM	97,50%	92,50%	95,00%	97,50%	100,00%	98,75%
Ünsüz Sesler	Hassas K-EYK	97,50%	97,50%	97,50%	100,00%	95,00%	97,50%
	Kübik DVM	100,00%	95,00%	97,50%	97,50%	97,50%	97,50%
Tüm Sesler	Hassas K-EYK	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
	Kübik DVM	97,50%	95,00%	96,25%	100,00%	97,50%	98,75%

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

TUA sendromlu hastaların ÜSY'sinde normal sağlıklı bireylere göre önemli farklılıklar olduğu bilinmektedir. Bu farklılıkların konuşma sesinin doğrusal olmayan üretim mekanizmasını da etkileyeceği noktasından hareketle, bu tez çalışmasında, TUA sendromunun tespitinin bazı ünlü ve ünsüz seslerin/hecelerinin ses kayıtlarından doğrusal olmayan analiz parametrelerinin tespiti ile yapılabileceği araştırılmıştır.

Tez çalışmasında literatürdeki klasik ses analiz parametrelerini kullanan çalışmalardan farklı olarak, TUA hastalarında deforme olarak solunum yolunu tıkayan kaslar tarafından oluşturulan ünsüz harflere ait ses sinyalleri ve bazı ünlü sesler {/a/, /i/, /ı/, /u/, /ca/, /ci/, /cı/, /cu/, /ga/, /gi/, /gı/, /gu/, /ha/, /hi/, /hı/, /hu/, /ka/, /ki/, /kı/, /ku/, /na/, /ni/, /nı/, /nu/, /sa/, /si/, /sı/, /su/} kullanılmıştır. Ünsüz sesler üretilirken ses telleri açık konumda bulunur ve ciğerlerden gelen hava ses yolundaki bileşenlerin daralıp genişlemesi ve ani hareketleri ile türbülanslar yaparak ağızdan çıkar. Bu davranış biçimi nedeniyle ses kaotik bir yapıya sahiptir. Kaotik özelliklere sahip bu seslerin klasik ses analiz yöntemleri ile gerektiği gibi karakterize edilmesi mümkün olamamaktadır. Bu nedenle tez çalışmasında öncelikli olarak doğrusal olmayan analiz yöntemlerine odaklanılmıştır.

Polisomnografi tetkiklerine göre TUA teşhisi konmuş hastalar ile sağlıklı kişilerden kaydedilen seslerden; sinyalin doğrusal olmayan doğasını ortaya çıkarmaya yönelik çok sayıda öznelikle birlikte klasik ses analizlerinde kullanılan bazı özellikler hesaplanmıştır. Hesaplanan parametrelerden, Relief algoritması uygulanarak en ayırt edici özelliklerin yer aldığı bir alt küme elde edilmiştir. Relief sonuçları değerlendirildiğinde; ünlü seslerde "ı", ünsüz seslerde ve tüm seslerde ise "gu" hecesine ait özelliklerin en ayırt edici özellikler sıralamasında genellikle üst sıralarda olduğu görülmüştür. Çalışmada kullanılan yaklaşımın TUA hastalarını sağlıklı deneklerden ayırt etmedeki başarısını değerlendirmek amacıyla, ilk olarak doğrusal olmayan özelliklerle sadece ünlü, ardından sadece ünsüz ve en son tüm sesler için K-EYK ve DVM sınıflayıcıları kullanılarak, eğitim ve test işlemleri yapılmıştır. Ardından aynı sınıflama uygulamaları doğrusal olmayan özelliklere klasik ses analizlerine ait bazı özellikler de eklenerek tekrar edilmiştir.

Doğrusal olmayan özelliklerin kullanıldığı sınıflama testlerinde K-EYK algoritması; ünlülerde %100 duyarlılık, %95 özgüllük ve %97,5 doğruluk; ünsüzlerde %97,5 duyarlılık, %97,5 özgüllük ve %97,5 doğruluk değerlerine sahipken, tüm seslerde her üç performans

kriteri için de %100 değerini üretmiştir. Bu uygulama için DVM kullanılarak elde edilen sınıflama performanslarına bakılacak olursa; ünlü ses grubunda %97,5 duyarlılık, %92,5 özgüllük ve %95 doğruluk; ünsüzlerde %100 duyarlılık, %95 özgüllük ve %97,5 doğruluk ve tüm seslerde %97,5 duyarlılık, %95 özgüllük ve %96,25 doğruluk değerleri elde edilmiştir. Bu sonuçlar değerlendirildiğinde; K-EYK ile yapılan sınıflandırmalarda ünlü ve ünsüzlerin başarımlarının doğruluğu aynı seviyede (%97,5) bulunmuşken, tüm sesler birlikte kullanıldığında başarımların %100'e çıktığı görülmüştür. DVM sınıflandırıcısı ise ünsüzlerde, ünlülere ve tüm seslere göre biraz daha yüksek bir başarımlar elde etmiştir. K-EYK algoritmasında bir en yakın komşuluk ile çalışılmış olması ve veri setimizde aynı deneğe ait aynı sesin birkaç örneği olduğu düşünülürse sonuçların güvenilirliğinin DVM'ye göre daha düşük olduğu değerlendirilebilir.

Bütün özelliklerin kullanıldığı sınıflama uygulamalarında elde edilen performanslar, sadece doğrusal olmayan özelliklerin kullanılmış olduğu ilk uygulama sonuçlarına bakılarak değerlendirilecek olursa; K-EYK'nin başarımların değerleri sadece ünlü sesler için artarak %100'e ulaşmış, diğer ses gruplarına ait sonuçlarda neredeyse hiç değişiklik olmamıştır. Bu uygulamada DVM'nin doğruluk performansı ise, ünlü ses grubu ve tüm sesler için bir miktar artarken (%98,75), ünsüz sesler için aynı değerde (%97,5) kalmıştır. Bu durumda, yani doğrusal olmayan özelliklere klasik ses analiz metotları ile elde edilen birkaç özelliğin eklenmesi durumunda, ünlü ve içinde ünlülerin de yer aldığı tüm seslere ilişkin başarımlar bir miktar artarken, ünsüz sesler için değişiklik olmamıştır. Bu sonuç, ünsüz sesler için doğrusal olmayan özelliklerin ayırt edici olduğunu göstermektedir. Başka bir biçimde bu durum, klasik ses analizine ait özelliklerle doğrusal olmayanların birlikte kullanımının, ünlü sesler için sınıflama başarımlarını artırdığını göstermektedir. Öte yandan elde edilen sonuçlar literatürdekilerle karşılaştırılırsa; doğrusal olmayan özelliklerin hem ünlü hem de ünsüzler için, klasik ses analizleri ile literatürde elde edilen değerlerden çok daha yüksek TUA tespit başarımlarını sağladığını göstermektedir.

Literatürde ses sinyallerinden apne tespitine yönelik çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu bağlamda horlama seslerinin analizleri ile yapılan çalışmalarda; De Silva vd. %91±6 duyarlılık ve %89±5 özgüllük değerlerine ulaşırken, Hou vd. %90'ın üzerinde bir doğruluğa ve Azarbarzin and Moussavi'nin 2013 yılında yaptıkları çalışmada ise %92 duyarlılık, %100 özgüllük ve %96,4 doğruluk değerleri elde edilmiştir [3,4,5]. Bu tez çalışmasında uyku süresince ses kaydına ihtiyaç olmadan, horlama sesleri ile yapılan çalışmalardan daha yüksek başarımlar ile sınıflandırma yapılabildiği görülmüştür.

Bu tez çalışmasındakine benzer şekilde, kişi uyanıkken yapılan birkaç dakikalık ses kayıtlarına uygulanan klasik ses analizleri ile yapılan ilk çalışmada Fox vd., sağlıklı denekler için %96,3, TUA'lı deneklerde %63 doğruluk elde etmişlerdir [71]. Daha sonra analiz parametrelerini çeşitlendirip farklı sınıflandırıcılar kullanılarak yapılan çalışmalar sonucunda en yüksek başarımların değerine Pozo vd., %81 doğru sınıflandırma oranı ile ulaşmışlardır [32]. Bu alanda ulaşılan yeni tarihli ve  $AHI \geq 15$  olan hastaların TUA hastası  $AHI < 15$  olanların da sağlıklı kabul edildiği bir çalışmada ise /a/, /e/, /i/, /o/, /u/ ünlü sesler ve klasik akustik ses analizleri kullanılarak; %75 duyarlılık, %79 özgüllük ve %77,14 doğruluk değerlerine ulaşılabilmektedir [77]. Bu tezin başlangıç aşamaları sırasında sadece /i/ ve /a/ seslerini değerlendirdiğimiz bir çalışmamızda da %80,8'lik doğrulukla sınıflama yapılmıştır [85]. Yapılan çalışmalar incelendiğinde, genel olarak sesli harfler ve yine ses tellerinin etkili olduğu geniz bölgesi harflerinin (m ve n) analiz edilmiş olduğu görülmektedir. Bu çalışmada, apneli kişilerde, deformasyon sonucu sarkarak solunum yolunu bozan kaslar tarafından üretilen ünsüz sesler kullanımına odaklanılmıştır. Bu çalışmada ulaşılan %97,5'lik doğruluk değeri (tüm özelliklerin kullanılması durumunda elde edilen en düşük doğruluk değeri) bildiğimiz kadarı ile şimdiye kadar ses analizleri ile ulaşılan en yüksek sınıflandırma başarımlardır.

Bu tez çalışmasının bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Çalışmada az sayıda denek ile çalışılmış olması (20 sağlıklı, 20 TUA) ve erkek ve kadınlarda ayrı ayrı sınıflandırma yapmaya yetecek kadar veri toplanamadığı için erkek ve kadınlardaki sınıflama başarımlarının belirlenememesi en önemli sınırlılıklarımızdır. Bundan sonraki çalışmalarda daha fazla denek ile çalışılması güvenilirliği artıracaktır.

Sonuç olarak bu çalışmada, TUA sendromlu kişilerde ÜSY'de sesin üretim mekanizmasında etkili olan bileşenlerin üretilen seste oluşturduğu kaotik değişimlerin, doğrusal olmayan analiz yöntemleri ile belirlenerek, TUA tespitinde kullanılabileceği gösterilmiştir. TUA hastası kişilerden alınacak birkaç dakikalık ses kaydı ve doğrusal olmayan zaman serisi analizleri ile daha önce klasik ses analizleri ile TUA tespiti yapan çalışmalardan çok daha yüksek başarımla TUA'nın tespit edilebileceği görülmüştür. Çalışmada önerilen yöntemin geliştirilmesiyle oluşturulacak bir sistem ile başarılı bir şekilde TUA ön teşhisi yapılabileceği öngörülmektedir.

Elde edilen sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda TUA tespiti için; bir mikrofon, bir bilgisayar ve bir yazılım içeren bir sistem geliştirilebilir. Bu sayede personel, ekipman ve yer tasarrufu sağlanarak düşük maliyetle, kısa sürede sonuç alabilme yeteneği sayesinde toplum sağlığına önemli katkılarda bulunabilecek, hem hasta hem de klinisyen için zaman

tasarrufu sağlanarak TUA 6n teğhisinin t6m kliniklerde kolayca yapılabilmesinin m6mk6n olabileceği değerlendirilmiştir. Sistem AHI indeksini de belirleyebilecek biçimde geliştirilirse, TUA teğhisinde polisomnografiye bir alternatif oluşturabilme potansiyeli g6sterebilir.



## KAYNAKLAR

- [1] M. J. Sateia, “International classification of sleep disorders,” *Chest*, vol. 146, no. 5, pp. 1387–1394, 2014.
- [2] J. A. Fiz *et al.*, “Acoustic analysis of snoring sound in patients with simple snoring and obstructive sleep apnoea,” *Eur. Respir. J.*, vol. 9, no. 11, pp. 2365–2370, 1996.
- [3] S. De Silva, U. R. Abeyratne, and C. Hukins, “A method to screen obstructive sleep apnea using multi-variable non-intrusive measurements,” *Physiol. Meas.*, vol. 32, no. 4, p. 445, 2011.
- [4] L. Hou, S. Xie, S. Kai, and W. Song, “Detection of OSAHS using only time-domain property of snoring signal,” in *2011 International Conference on Multimedia Technology*, pp. 519–522.
- [5] A. Azarbarzin and Z. Moussavi, “Snoring sounds variability as a signature of obstructive sleep apnea,” *Med. Eng. Phys.*, vol. 35, no. 4, pp. 479–485, 2013.
- [6] N. M. Punjabi, “The epidemiology of adult obstructive sleep apnea,” *Proc. Am. Thorac. Soc.*, vol. 5, no. 2, pp. 136–143, 2008.
- [7] E. O. Bixler *et al.*, “Prevalence of sleep-disordered breathing in women: effects of gender,” *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, vol. 163, no. 3, pp. 608–613, 2001.
- [8] H. Bearpark *et al.*, “Snoring and sleep apnea. A population study in Australian men.,” *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, vol. 151, no. 5, pp. 1459–1465, 1995.
- [9] J. Durán, S. Esnaola, R. Rubio, and Á. Iztueta, “Obstructive sleep apnea–hypopnea and related clinical features in a population-based sample of subjects aged 30 to 70 yr,” *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, vol. 163, no. 3, pp. 685–689, 2001.
- [10] M. S. M. Ip *et al.*, “A community study of sleep-disordered breathing in middle-aged

- Chinese men in Hong Kong,” *Chest*, vol. 119, no. 1, pp. 62–69, 2001.
- [11] M. S. M. Ip, B. Lam, L. C. H. Tang, I. J. Lauder, T. Y. Ip, and W. K. Lam, “A community study of sleep-disordered breathing in middle-aged Chinese women in Hong Kong: prevalence and gender differences,” *Chest*, vol. 125, no. 1, pp. 127–134, 2004.
- [12] J. Kim *et al.*, “Prevalence of sleep-disordered breathing in middle-aged Korean men and women,” *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, vol. 170, no. 10, pp. 1108–1113, 2004.
- [13] Z. F. Udawadia, A. V Doshi, S. G. Lonkar, and C. I. Singh, “Prevalence of sleep-disordered breathing and sleep apnea in middle-aged urban Indian men,” *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, vol. 169, no. 2, pp. 168–173, 2004.
- [14] O. Köktürk, “Uykuda solunum bozuklukları,” *Tarihçe, tanımlar, Hast. spektrumu ve boyutu. Tüberküloz ve Toraks Derg.*, vol. 46, pp. 187–192, 1998.
- [15] T. Young, P. E. Peppard, and D. J. Gottlieb, “Epidemiology of obstructive sleep apnea: a population health perspective,” *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, vol. 165, no. 9, pp. 1217–1239, 2002.
- [16] L. Almazaydeh, K. Elleithy, and M. Faezipour, “Detection of obstructive sleep apnea through ECG signal features,” in *2012 IEEE International Conference on Electro/Information Technology*, pp. 1–6.
- [17] S. Babaeizadeh, D. P. White, S. D. Pittman, and S. H. Zhou, “Automatic detection and quantification of sleep apnea using heart rate variability,” *J. Electrocardiol.*, vol. 43, no. 6, pp. 535–541, 2010.
- [18] M. Bsoul, H. Minn, and L. Tamil, “Apnea MedAssist: real-time sleep apnea monitor using single-lead ECG,” *IEEE Trans. Inf. Technol. Biomed.*, vol. 15, no. 3, pp. 416–427, 2010.
- [19] Z.-D. Deng, C.-S. Poon, N. M. Arzeno, and E. S. Katz, “Heart rate variability in pediatric obstructive sleep apnea,” in *2006 International Conference of the IEEE Engineering in*

*Medicine and Biology Society*, pp. 3565–3568.

- [20] A. H. Khandoker, M. Palaniswami, and C. K. Karmakar, “Support vector machines for automated recognition of obstructive sleep apnea syndrome from ECG recordings,” *IEEE Trans. Inf. Technol. Biomed.*, vol. 13, no. 1, pp. 37–48, 2008.
- [21] A. S. L. Ng, J. W. Y. Chung, M. D. I. Gohel, W. W. M. Yu, K. L. Fan, and T. K. S. Wong, “Evaluation of the performance of using mean absolute amplitude analysis of thoracic and abdominal signals for immediate indication of sleep apnoea events,” *J. Clin. Nurs.*, vol. 17, no. 17, pp. 2360–2366, 2008.
- [22] A. F. Quiceno-Manrique, J. B. Alonso-Hernandez, C. M. Travieso-Gonzalez, M. A. Ferrer-Ballester, and G. Castellanos-Dominguez, “Detection of obstructive sleep apnea in ECG recordings using time-frequency distributions and dynamic features,” in *2009 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, pp. 5559–5562.
- [23] F. Series and I. Marc, “Nasal pressure recording in the diagnosis of sleep apnoea hypopnoea syndrome,” *Thorax*, vol. 54, no. 6, pp. 506–510, 1999.
- [24] M. E. Tagluk and N. Sezgin, “A new approach for estimation of obstructive sleep apnea syndrome,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 38, no. 5, pp. 5346–5351, 2011.
- [25] P. Várady, T. Micsik, S. Benedek, and Z. Benyó, “A novel method for the detection of apnea and hypopnea events in respiration signals,” *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, vol. 49, no. 9, pp. 936–942, 2002.
- [26] B. Yılmaz, M. H. Asyalı, E. Arıkan, S. Yetkin, and F. Özgen, “Sleep stage and obstructive apneaic epoch classification using single-lead ECG,” *Biomed. Eng. Online*, vol. 9, no. 1, p. 39, 2010.
- [27] F. Espinoza-Cuadros, R. Fernández-Pozo, D. T. Toledano, J. D. Alcázar-Ramírez, E. Lopez-Gonzalo, and L. A. Hernandez-Gomez, “Reviewing the connection between speech and obstructive sleep apnea,” *Biomed. Eng. Online*, vol. 15, no. 1, p. 20, 2016.

- [28] A. M. Benavides, J. L. Blanco, A. Fernández, R. F. Pozo, D. T. Toledano, and L. H. Gómez, “Using HMM to detect speakers with severe obstructive sleep apnoea syndrome,” in *Advances in Speech and Language Technologies for Iberian Languages*, Springer, 2012, pp. 121–128.
- [29] A. M. Benavides, R. F. Pozo, D. T. Toledano, J. L. B. Murillo, E. L. Gonzalo, and L. H. Gómez, “Analysis of voice features related to obstructive sleep apnoea and their application in diagnosis support,” *Comput. Speech Lang.*, vol. 28, no. 2, pp. 434–452, 2014.
- [30] J. Solé-Casals *et al.*, “Detection of severe obstructive sleep apnea through voice analysis,” *Appl. Soft Comput.*, vol. 23, pp. 346–354, 2014.
- [31] G. Fant, *Acoustic theory of speech production*, 2nd ed. Mouton and Co., 1970.
- [32] R. Fernández Pozo, J. L. Blanco Murillo, L. Hernández Gómez, E. López Gonzalo, J. Alcázar Ramírez, and D. T. Toledano, “Assessment of severe apnoea through voice analysis, automatic speech, and speaker recognition techniques,” *EURASIP J. Adv. Signal Process.*, vol. 2009, pp. 1–11, 2009.
- [33] E. Goldshtein, A. Tarasiuk, and Y. Zigel, “Automatic detection of obstructive sleep apnea using speech signals,” *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, vol. 58, no. 5, pp. 1373–1382, 2010.
- [34] V. Coşkun, “Standart türkçedeki ünlüler ve ünsüzler,” *Sos. ve Beşeri Bilim. Araştırmaları Derg.*, vol. 1, no. 4, 2011.
- [35] H. M. Teager and S. M. Teager, “Evidence for nonlinear sound production mechanisms in the vocal tract,” in *Speech production and speech modelling*, Springer, 1990, pp. 241–261.
- [36] I. De Falco, G. De Pietro, A. Della Cioppa, G. Sannino, U. Scafuri, and E. Tarantino, “Evolution-based configuration optimization of a Deep Neural Network for the

- classification of Obstructive Sleep Apnea episodes,” *Futur. Gener. Comput. Syst.*, vol. 98, pp. 377–391, 2019.
- [37] O. Köktürk, “Obstrüktif uyku apne sendromu sonuçları,” *Tüberküloz ve Toraks Derg.*, vol. 48, no. 3, pp. 273–289, 2000.
- [38] B. A. Malow, “Approach to the Patient with Disordered Sleep,” in *In Principles and Practice of Sleep Medicine*, 6th ed., Elsevier Inc., 2017, pp. 573–575.
- [39] A. M. Anch, *Sleep: A scientific perspective*. Prentice Hall, 1988.
- [40] K. Martikainen, M. Partinen, H. Urponen, I. Vuori, P. Laippala, and J. Hasan, “Natural evolution of snoring: a 5-year follow-up study,” *Acta Neurol. Scand.*, vol. 90, no. 6, pp. 437–442, 1994.
- [41] R. Robinson, “Drugs and sleep respiration,” *Princ. Pract. sleep Med.*, pp. 603–620, 1994.
- [42] D. Schlosshan and M. Elliott, “Sleep• 3: Clinical presentation and diagnosis of the obstructive sleep apnoea hypopnoea syndrome,” *Thorax*, vol. 59, no. 4, p. 347, 2004.
- [43] N. J. Douglas and O. Polo, “Pathogenesis of obstructive sleep apnoea/hypopnoea syndrome,” *Lancet*, vol. 344, no. 8923, pp. 653–655, 1994.
- [44] B. Izci, S. Ardic, H. Firat, A. Sahin, M. Altinors, and I. Karacan, “Reliability and validity studies of the Turkish version of the Epworth Sleepiness Scale,” *Sleep Breath.*, vol. 12, no. 2, pp. 161–168, 2008.
- [45] W. C. Dement and M. M. Mitler, “It’s time to wake up to the importance of sleep disorders,” *Jama*, vol. 269, no. 12, pp. 1548–1550, 1993.
- [46] M. W. Johns, “Sensitivity and specificity of the multiple sleep latency test (MSLT), the maintenance of wakefulness test and the epworth sleepiness scale: failure of the MSLT as a gold standard,” *J. Sleep Res.*, vol. 9, no. 1, pp. 5–11, 2000.

- [47] K. Martikainen, J. Hasan, H. Urponen, I. Vuori, and M. Partinen, “Daytime sleepiness: a risk factor in community life,” *Acta Neurol. Scand.*, vol. 86, no. 4, pp. 337–341, 1992.
- [48] J. A. Fleetham, “A wake up call for sleep disordered breathing: Evidence of ill effects is conflicting and inconclusive.” British Medical Journal Publishing Group, 1997.
- [49] C. Guilleminault and W. C. Dement, “235 cases of excessive daytime sleepiness: diagnosis and tentative classification,” *J. Neurol. Sci.*, vol. 31, no. 1, pp. 13–27, 1977.
- [50] A. M. Anch, “Sleepiness and disorders of excessive somnolence,” in *Sleep: A scientific perspective*, Prentice Hall, 1988, pp. 196–218.
- [51] L. Wiegand and C. W. Zvillich, “Obstructive sleep apnea,” *Disease-a-month*, vol. 40, no. 4, pp. 202–252, 1994.
- [52] C. Guilleminault, S. J. Connolly, and R. A. Winkle, “Cardiac arrhythmia and conduction disturbances during sleep in 400 patients with sleep apnea syndrome,” *Am. J. Cardiol.*, vol. 52, no. 5, pp. 490–494, 1983.
- [53] T. T. Derneği, “Risk faktörleri ve klinik bulgular,” in *Obstrüktif uyku apne sendromu tanı ve tedavi uzlaşısı raporu*, vol. 13, Türk Toraks Derneği, 2012, p. 10.
- [54] H. Kaynak and S. Ardıç, *Uyku Fizyolojisi ve Hastalıkları*. 2010.
- [55] U. R. Acharya, E. C.-P. Chua, O. Faust, T.-C. Lim, and L. F. B. Lim, “Automated detection of sleep apnea from electrocardiogram signals using nonlinear parameters,” *Physiol. Meas.*, vol. 32, no. 3, p. 287, 2011.
- [56] H. M. Al-Angari and A. V Sahakian, “Use of sample entropy approach to study heart rate variability in obstructive sleep apnea syndrome,” *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, vol. 54, no. 10, pp. 1900–1904, 2007.
- [57] O. Köktürk, “Uyku bozuklukları sınıflaması ve ayırıcı tanısı,” *Tüberküloz ve Toraks Derg.*, vol. 49, no. 1, pp. 175–182, 2001.

- [58] R. A. Strauss and C. C. Burgoyne, “Diagnostic imaging and sleep medicine,” *Dent. Clin. North Am.*, vol. 52, no. 4, pp. 891–915, 2008.
- [59] O. Köktürk, “Obstrüktif Uyku Apne Sendromu Yardımcı Tanı Yöntemleri,” *Tuberk. Toraks*, vol. 48, pp. 125–132, 2000.
- [60] T. T. Derneği, “Üst solunum yolu muayenesi,” in *Obstrüktif uyku apne sendromu tanı ve tedavi uzlaşma raporu*, vol. 13, Türk Toraks Dergisi, 2012, p. 15.
- [61] E. Taş, M. Bilazer, E. Şahin, and A. O. Gürsel, “Obstrüktif uyku apne sendromlu hastalarda sefalometrik analiz sonuçları,” 2007.
- [62] H. Kurtulmuş, S. Çöttert, and A. V. Tuncer, “Obstrüktif uyku apnesinin tanısında lateral sefalometrik yaklaşım ve mandibular ilerletici splint ile tedavisi,” *Ege Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Derg.*, vol. 28, no. 2, pp. 113–122, 2007.
- [63] P. A. Cistulli, H. Gotsopoulos, and C. E. Sullivan, “Relationship between craniofacial abnormalities and sleep-disordered breathing in Marfan’s syndrome,” *Chest*, vol. 120, no. 5, pp. 1455–1460, 2001.
- [64] F. Pehlivan, *Biyofizik*. Hacettepe Taş Kitapçılık Limited Şti., 2009.
- [65] P. Ladefoged, *Vowels and consonants*. Blackwell Oxford, UK, 2005.
- [66] J. P. Campbell, “Speaker recognition: A tutorial,” *Proc. IEEE*, vol. 85, no. 9, pp. 1437–1462, 1997.
- [67] Ö. Demircan, *Türkçenin sesdizimi: sesler, sesbirimler, ayırıcı özellikler, ses değişimleri, vurgu, vurgulama, ezgi, ezgileme*. Der Yayınevi, 1996.
- [68] “Cardinal vowels.” [https://en.wikipedia.org/wiki/Cardinal\\_vowels](https://en.wikipedia.org/wiki/Cardinal_vowels) (accessed Apr. 29, 2020).

- [69] L. Güner and İ. Ergenç, “Sesin doğası ve oluşumu.”
- [70] O. Ebert and W. Hawk, “ESL Start-up kit,” *Retrieved March*, vol. 20, p. 2005, 1998.
- [71] A. W. Fox, P. K. Monoson, and C. D. Morgan, “Speech dysfunction of obstructive sleep apnea: A discriminant analysis of its descriptors,” *Chest*, vol. 96, no. 3, pp. 589–595, 1989.
- [72] J. A. Fiz *et al.*, “Acoustic analysis of vowel emission in obstructive sleep apnea,” *Chest*, vol. 104, no. 4, pp. 1093–1096, 1993.
- [73] F. Espinoza-Cuadros, R. Fernández-Pozo, D. T. Toledano, J. D. Alcázar-Ramírez, E. López-Gonzalo, and L. A. Hernández-Gómez, “Speech signal and facial image processing for obstructive sleep apnea assessment,” *Comput. Math. Methods Med.*, vol. 2015, 2015.
- [74] M. Kriboy, A. Tarasiuk, and Y. Zigel, “Obstructive sleep apnea detection using speech signals,” in *Proceedings of the annual conference of the Afeka-AVIOS in Speech Processing*, 2013, pp. 1–5.
- [75] R. M. Simply, E. Dafna, and Y. Zigel, “Obstructive sleep apnea (OSA) classification using analysis of breathing sounds during speech,” in *2018 26th European Signal Processing Conference (EUSIPCO)*, pp. 1132–1136.
- [76] M. Kriboy, A. Tarasiuk, and Y. Zigel, “Detection of Obstructive sleep apnea in awake subjects by exploiting body posture effects on the speech signal,” in *2014 36th annual international conference of the IEEE engineering in medicine and biology society*, pp. 4224–4227.
- [77] R. M. Simply, E. Dafna, and Y. Zigel, “Diagnosis of Obstructive Sleep Apnea Using Speech Signals From Awake Subjects,” *IEEE J. Sel. Top. Signal Process.*, vol. 14, no. 2, pp. 251–260, 2019.
- [78] J. L. Blanco, L. A. Hernández, R. Fernández, and D. Ramos, “Improving automatic

- detection of obstructive sleep apnea through nonlinear analysis of sustained speech,” *Cognit. Comput.*, vol. 5, no. 4, pp. 458–472, 2013.
- [79] O. Faust and M. G. Bairy, “Nonlinear analysis of physiological signals: a review,” *J. Mech. Med. Biol.*, vol. 12, no. 04, p. 1240015, 2012.
- [80] Y. Jiao, V. Berisha, J. Liss, S.-C. Hsu, E. Levy, and M. McAuliffe, “Articulation entropy: An unsupervised measure of articulatory precision,” *IEEE Signal Process. Lett.*, vol. 24, no. 4, pp. 485–489, 2016.
- [81] “No Title.” <http://www.pjaviation.co.za/wp-content/uploads/2012/05/image001.gif> (accessed May 02, 2020).
- [82] “No Title.” <http://www.pjaviation.co.za/wp-content/uploads/2012/05/image002.gif> (accessed May 02, 2020).
- [83] D. Yılmaz and N. Güler, “Kaotik Zaman Serisinin Analizi Üzerine Bir Araştırma,” *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Derg.*, vol. 21, no. 4, 2006.
- [84] R. K. Young, *Wavelet theory and its applications*, vol. 189. Springer Science & Business Media, 2012.
- [85] D. L. Donoho, “De-noising by soft-thresholding,” *IEEE Trans. Inf. theory*, vol. 41, no. 3, pp. 613–627, 1995.
- [86] K.-W. Wong and A. C.-S. Leung, “On-line successive synthesis of wavelet networks,” *Neural Process. Lett.*, vol. 7, no. 2, pp. 91–100, 1998.
- [87] M. Misiti, Y. Misiti, G. Oppenheim, and J.-M. Poggi, “Wavelet toolbox,” *MathWorks Inc., Natick, MA*, vol. 15, p. 21, 1996.
- [88] H. Kantz and T. Schreiber, *Nonlinear time series analysis*, vol. 7. Cambridge university press, 2004.

- [89] P. J. Brockwell and R. A. Davis, *Introduction to time series and forecasting*. Springer, 2016.
- [90] F. Takens, “Detecting strange attractors in turbulence,” in *Dynamical systems and turbulence, Warwick 1980*, Springer, 1981, pp. 366–381.
- [91] H. D. I. Abarbanel, R. Brown, J. J. Sidorowich, and L. S. Tsimring, “The analysis of observed chaotic data in physical systems,” *Rev. Mod. Phys.*, vol. 65, no. 4, p. 1331, 1993.
- [92] A. M. Fraser and H. L. Swinney, “Independent coordinates for strange attractors from mutual information,” *Phys. Rev. A*, vol. 33, no. 2, p. 1134, 1986.
- [93] R. Brown, P. Bryant, and H. D. I. Abarbanel, “Computing the Lyapunov spectrum of a dynamical system from an observed time series,” *Phys. Rev. A*, vol. 43, no. 6, p. 2787, 1991.
- [94] M. B. Kennel, R. Brown, and H. D. I. Abarbanel, “Determining embedding dimension for phase-space reconstruction using a geometrical construction,” *Phys. Rev. A*, vol. 45, no. 6, p. 3403, 1992.
- [95] T. Ömer, M. S. Özerdem, and N. Akpolat, “Gözler açık/kapalı durumunda EEG bantlarındaki frekans değişiminin Güç Spektral Yoğunluğu ile belirlenmesi,” *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Derg.*, vol. 6, no. 2, pp. 131–138, 2015.
- [96] J. C. Catford, *A practical introduction to phonetics*. Clarendon Press Oxford, 1988.
- [97] O. Türk, Ö. Şayli, A. S. Özsoy, L. M. Arslan, and B. M. Enstitüsü, “Türkçe’de Ünlülerin Formant Analizi,” *18. Ulus. Dilbilim Kurult.*, 2004.
- [98] B. S. Atal and M. R. Schroeder, “Predictive coding of speech signals,” in *Conference Communication Processing*, 1967, pp. 360–361.
- [99] N. Yıldız, Ö. Akbulut, and H. Bircan, “İstatistiğe giriş,” *Erzurum: Şafak Yayınevi*, 1998.

- [100] A. Delgado-Bonal and A. Marshak, “Approximate entropy and sample entropy: A comprehensive tutorial,” *Entropy*, vol. 21, no. 6, p. 541, 2019.
- [101] G. Williams, *Chaos theory tamed*. CRC Press, 1997.
- [102] M. T. Rosenstein, J. J. Collins, and C. J. De Luca, “A practical method for calculating largest 290 Lyapunov exponents from small data sets,” *Phys. D Nonlinear Phenom.*, vol. 65, no. 1–2, pp. 117–134, 1993.
- [103] T. Higuchi, “Approach to an irregular time series on the basis of the fractal theory,” *Phys. D Nonlinear Phenom.*, vol. 31, no. 2, pp. 277–283, 1988.
- [104] S. Gunal, “Örüntü tanıma uygulamalarında alt uzay analiziyle öznitelik seçimi ve sınıflandırma.” Doktora tezi, Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 2008.
- [105] S. Davis and P. Mermelstein, “Comparison of parametric representations for monosyllabic word recognition in continuously spoken sentences,” *IEEE Trans. Acoust.*, vol. 28, no. 4, pp. 357–366, 1980.
- [106] G. Diğken and T. İbrikçi, “Recognition of non-speech sounds using Mel-frequency cepstrum coefficients and dynamic time warping method,” in *2015 23rd Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*, pp. 144–147.
- [107] C. Cortes and V. Vapnik, “Support-vector networks,” *Mach. Learn.*, vol. 20, no. 3, pp. 273–297, 1995.
- [108] Ş. Şengeç, “Akciğer seslerinden işaret işleme teknikleri kullanılarak özellik çıkarma ve sınıflandırma.” Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyomedikal Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Eskişehir, 2012.
- [109] “Support vector machines with scikit-learn.”  
<https://www.datacamp.com/community/tutorials/svm-classification-scikit-learn-python>

(accessed May 18, 2020).

- [110] “Comprehensive support vector machines guide.” <https://medium.com/analytics-vidhya/comprehensive-support-vector-machines-guide-using-illusion-to-solve-reality-ad3136d8f877> (accessed May 18, 2020).
- [111] T. Cover and P. Hart, “Nearest neighbor pattern classification,” *IEEE Trans. Inf. theory*, vol. 13, no. 1, pp. 21–27, 1967.
- [112] L. A. Berrueta, R. M. Alonso-Salces, and K. Héberger, “Supervised pattern recognition in food analysis,” *J. Chromatogr. A*, vol. 1158, no. 1–2, pp. 196–214, 2007.
- [113] “How to program the K Nearest Neighbors algorithm.” .
- [114] “AUC (Area under the ROC Curve).” <https://docs.paperspace.com/machine-learning/wiki/auc-area-under-the-roc-curve> (accessed May 18, 2020).
- [115] B. Richard, “Adaptive control processes: A guided tour.” Princeton University Press, p. 255, 1961.
- [116] A. Jain and D. Zongker, “Feature selection: Evaluation, application, and small sample performance,” *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. 19, no. 2, pp. 153–158, 1997.
- [117] S. Theodoridis and K. Koutroumbas, “Pattern Recognition.” Elsevier (USA). Academic Press, 2003.
- [118] L. Yu and H. Liu, “Efficient feature selection via analysis of relevance and redundancy,” *J. Mach. Learn. Res.*, vol. 5, no. Oct, pp. 1205–1224, 2004.
- [119] V. Bolón-Canedo, N. Sánchez-Marroño, and A. Alonso-Betanzos, “A review of feature selection methods on synthetic data,” *Knowl. Inf. Syst.*, vol. 34, no. 3, pp. 483–519, 2013.
- [120] K. Kira and L. A. Rendell, “A practical approach to feature selection,” in *Machine*

*Learning Proceedings 1992*, Elsevier, 1992, pp. 249–256.

- [121] R. J. Urbanowicz, D. Granizo-Mackenzie, and J. H. Moore, “Using expert knowledge to guide covering and mutation in a michigan style learning classifier system to detect epistasis and heterogeneity,” in *International Conference on Parallel Problem Solving from Nature*, 2012, pp. 266–275.
- [122] A. Erdamar, “Uyku apnesinin öngörülmesi ve dil uyarılması için model geliştirilmesi,” *Hacettepe Üniversitesi Fen Bilim. Enstitüsü, Biyomühendislik Ana Bilim Dalı Doktora Tezi*, Ankara, 2007.
- [123] I. Daubechies, *Ten lectures on wavelets*. SIAM, 1992.
- [124] Y. Uyar Toprak, D. Yılmaz, M. Yıldız, and S. Yetkin, “Konuşma ses sinyallerinin analizi ile tıkaçıcı uyku apnesinin tespiti.” *Ankara II. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi Bildiriler Kitabı*, 2020, pp. 241–247.
- [125] B. Dawson and R. G. Trapp, *Basic and clinical biostatistics*, 4th ed., 2004.
- [126] <http://www.pjaviation.co.za/wp-content/uploads/2012/05/image003.gif> (accessed May 02, 2020).
- [127] E. Chandra and C. Sunitha, “A review on Speech and Speaker Authentication System using Voice Signal feature selection and extraction,” in *2009 IEEE International Advance Computing Conference*, pp. 1341–1346.
- [128] M. P. Alfaro, J. A. Leehan, V. M. Banuelos, S. C. Sosa, and R. Gonzalez, “Frequency analysis of simulated snoring sounds using Burg’s estimator [acoustic, flow and pressure analysis],” in *Proceedings of 17th International Conference of the Engineering in Medicine and Biology Society*, 1995, vol. 2, pp. 949–950.

**EKLER**



# EK 1: GELİŞTİRİLEN BİLGİSAYAR TABANLI SES KAYIT SİSTEMİ YAZILIM KODLARI

```
function varargout = yasemin8_12_19_REV3(varargin)
% YASEMIN8_12_19_REV3 MATLAB Code for yasemin8_12_19_REV3.fig
% YASEMIN8_12_19_REV3, by itself, creates a new YASEMIN8_12_19_REV3 or raises the
existing
% singleton*.
%
% H = YASEMIN8_12_19_REV3 returns the handle to a new YASEMIN8_12_19_REV3 or the handle
to
% the existing singleton*.
%
% YASEMIN8_12_19_REV3('CALLBACK',hObject,eventData,handles,...) calls the local
% function named CALLBACK in YASEMIN8_12_19_REV3.M with the given input arguments.
%
% YASEMIN8_12_19_REV3('Property','Value',...) creates a new YASEMIN8_12_19_REV3 or raises
the
% existing singleton*. Starting from the left, property value pairs are
% applied to the GUI before yasemin8_12_19_REV3_OpeningFcn gets called. An
% unrecognized property name or invalid value makes property application
% stop. All inputs are passed to yasemin8_12_19_REV3_OpeningFcn via varargin.
%
% *See GUI Options on GUIDE's Tools menu. Choose "GUI allows only one
% instance to run (singleton)".
%
% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES

% Edit the above text to modify the response to help yasemin8_12_19_REV3

% Last Modified by GUIDE v2.5 10-Dec-2019 16:16:49

% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name', mfilename, ...
'gui_Singleton', gui_Singleton, ...
'gui_OpeningFcn', @yasemin8_12_19_REV3_OpeningFcn, ...
'gui_OutputFcn', @yasemin8_12_19_REV3_OutputFcn, ...
'gui_LayoutFcn', [], ...
'gui_Callback', []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT

% --- Executes just before yasemin8_12_19_REV3 is made visible.
function yasemin8_12_19_REV3_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
% This function has no output args, see OutputFcn.
% hObject handle to figure
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
% varargin command line arguments to yasemin8_12_19_REV3 (see VARARGIN)

% Choose default command line output for yasemin8_12_19_REV3
handles.output = hObject;

%PROGRAM İLK BAŞLATILDIĞINDA TÜM VERİLERİ TEMİZLEME PROGRAMI.....
set(handles.edit12,'string',''); %AD ALANINI TEMİZLE
set(handles.edit18,'string',''); %SOYAD ALANINI TEMİZLE
set(handles.popupmenu2,'Value',1); %YAŞ SEÇİMİNİ TEMİZLE
set(handles.edit15,'string',''); %KİLO ALANINI TEMİZLE
set(handles.edit16,'string',''); %BOY ALANINI TEMİZLE
set(handles.radiobutton6,'Value',0); %BAY SEÇİMİNİ TEMİZLE
set(handles.radiobutton7,'Value',0); %BAYAN SEÇİMİNİ TEMİZLE
set(handles.edit17,'string',''); %NOT ALANINI TEMİZL
```

```
set(handles.togglebutton56,'Value',0); %SES KAYDINI AKTİVE ET BUTONUNU İLK HALİNE DÖNDÜR
set(handles.togglebutton56,'BackgroundColor',[1.00 1.00 1.00]);
```

```
set(handles.pushbutton156,'enable','off'); %SES KAYDINI BİTİR BUTONUNU PASİF ET
set(handles.pushbutton58,'enable','off'); %KAYDET BUTONUNU PASİF ET
set(handles.pushbutton57,'enable','off'); %YENİ KAYIT BUTONUNU PASİF ET
```

```
set(handles.uipanel4,'visible','off'); %1. PANELİ KAPAT
set(handles.uipanel6,'visible','off'); %2. PANELİ KAPAT
set(handles.uipanel7,'visible','off'); %3. PANELİ KAPAT
set(handles.uipanel8,'visible','off'); %4. PANELİ KAPAT
```

```
set(handles.togglebutton4,'Value',0); %A BUTONUNU İLK HALİNE DÖNDÜR
set(handles.togglebutton4,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
set(handles.togglebutton5,'Value',0); %KA BUTONUNU İLK HALİNE DÖNDÜR
set(handles.togglebutton5,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
set(handles.togglebutton6,'Value',0); %GA BUTONUNU İLK HALİNE DÖNDÜR
set(handles.togglebutton6,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
set(handles.togglebutton7,'Value',0); %HA BUTONUNU İLK HALİNE DÖNDÜR
set(handles.togglebutton7,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
set(handles.togglebutton8,'Value',0); %CA BUTONUNU İLK HALİNE DÖNDÜR
set(handles.togglebutton8,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
set(handles.togglebutton35,'Value',0); %SA BUTONUNU İLK HALİNE DÖNDÜR
set(handles.togglebutton35,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
set(handles.togglebutton36,'Value',0); %NA BUTONUNU İLK HALİNE DÖNDÜR
set(handles.togglebutton36,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
```

```
set(handles.togglebutton9,'Value',0); %İ BUTONUNU İLK HALİNE DÖNDÜR
set(handles.togglebutton9,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
set(handles.togglebutton10,'Value',0); %Kİ BUTONUNU İLK HALİNE DÖNDÜR
set(handles.togglebutton10,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
set(handles.togglebutton11,'Value',0); %Gİ BUTONUNU İLK HALİNE DÖNDÜR
set(handles.togglebutton11,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
set(handles.togglebutton12,'Value',0); %Hİ BUTONUNU İLK HALİNE DÖNDÜR
set(handles.togglebutton12,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
set(handles.togglebutton13,'Value',0); %Cİ BUTONUNU İLK HALİNE DÖNDÜR
set(handles.togglebutton13,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
set(handles.togglebutton41,'Value',0); %Sİ BUTONUNU İLK HALİNE DÖNDÜR
set(handles.togglebutton41,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
set(handles.togglebutton42,'Value',0); %Nİ BUTONUNU İLK HALİNE DÖNDÜR
set(handles.togglebutton42,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
```

```
set(handles.togglebutton14,'Value',0); %U BUTONUNU İLK HALİNE DÖNDÜR
set(handles.togglebutton14,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
set(handles.togglebutton15,'Value',0); %KU BUTONUNU İLK HALİNE DÖNDÜR
set(handles.togglebutton15,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
set(handles.togglebutton16,'Value',0); %GU BUTONUNU İLK HALİNE DÖNDÜR
set(handles.togglebutton16,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
set(handles.togglebutton17,'Value',0); %HU BUTONUNU İLK HALİNE DÖNDÜR
set(handles.togglebutton17,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
set(handles.togglebutton18,'Value',0); %CU BUTONUNU İLK HALİNE DÖNDÜR
set(handles.togglebutton18,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
set(handles.togglebutton44,'Value',0); %SU BUTONUNU İLK HALİNE DÖNDÜR
set(handles.togglebutton44,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
set(handles.togglebutton45,'Value',0); %NU BUTONUNU İLK HALİNE DÖNDÜR
set(handles.togglebutton45,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
```

```
set(handles.togglebutton19,'Value',0); %I BUTONUNU İLK HALİNE DÖNDÜR
set(handles.togglebutton19,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
set(handles.togglebutton20,'Value',0); %KI BUTONUNU İLK HALİNE DÖNDÜR
set(handles.togglebutton20,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
set(handles.togglebutton21,'Value',0); %GI BUTONUNU İLK HALİNE DÖNDÜR
set(handles.togglebutton21,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
set(handles.togglebutton22,'Value',0); %HI BUTONUNU İLK HALİNE DÖNDÜR
set(handles.togglebutton22,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
set(handles.togglebutton23,'Value',0); %CI BUTONUNU İLK HALİNE DÖNDÜR
set(handles.togglebutton23,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
set(handles.togglebutton47,'Value',0); %SI BUTONUNU İLK HALİNE DÖNDÜR
set(handles.togglebutton47,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
set(handles.togglebutton48,'Value',0); %NI BUTONUNU İLK HALİNE DÖNDÜR
set(handles.togglebutton48,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
```

```

%PROGRAM İLK BAŞLATILDIĞINDA TÜM VERİLERİ TEMİZLEME PROGRAMI SONU.....

%LOGO EKLEME PROGRAMI.....
axes (handles.axes7) %BAŞKENT LOGOSU
imshow('Logobaskent.gif')
%LOGO EKLEME PROGRAMI SONU.....

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% UIWAIT makes yasemin8_12_19_REV3 wait for user response (see UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);

% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = yasemin8_12_19_REV3_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)
% varargout cell array for returning output args (see VARARGOUT);
% hObject handle to figure
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Get default command line output from handles structure
varargout{1} = handles.output;

%HASTA ADI VERİSİNİ ALMA PROGRAMI.....
function edit12_Callback(hObject, eventdata, handles)

global hasta_ad
% hObject handle to edit12 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

hasta_ad=get(handles.edit12,'String')

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit12 as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit12 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit12_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to edit12 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
%HASTA ADI VERİSİNİ ALMA PROGRAMI SONU.....

%HASTA SOYADI VERİSİNİ ALMA PROGRAMI.....
function edit18_Callback(hObject, eventdata, handles)

global hasta_soyad
% hObject handle to edit18 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

hasta_soyad=get(handles.edit18,'String')

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit18 as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit18 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit18_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to edit18 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))

```

```

        set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
%HASTA SOYADI VERİSİNİ ALMA PROGRAMI SONU.....

%HASTA YAŞI VERİSİNİ ALMA PROGRAMI.....
% --- Executes on selection change in popupmenu2.
function popupmenu2_Callback(hObject, eventdata, handles)

global hasta_yas
% hObject      handle to popupmenu2 (see GCBO)
% eventdata   reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: contents = cellstr(get(hObject,'String')) returns popupmenu2 contents as cell array
%          contents{get(hObject,'Value')} returns selected item from popupmenu2

hasta_yas=get(handles.popupmenu2,'Value')+28

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function popupmenu2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to popupmenu2 (see GCBO)
% eventdata   reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles     empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: popupmenu controls usually have a white background on Windows.
%          See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
%HASTA YAŞI VERİSİNİ ALMA PROGRAMI SONU.....

%HASTA KİLO VERİSİNİ ALMA PROGRAMI.....
function edit15_Callback(hObject, eventdata, handles)

global hasta_kilo
% hObject      handle to edit15 (see GCBO)
% eventdata   reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see GUIDATA)
% hasta_kilo=str2double(get(handles.edit15,'String'));

hasta_kilo=get(handles.edit15,'String')

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit15 as text
%          str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit15 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit15_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit15 (see GCBO)
% eventdata   reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles     empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%          See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
%HASTA KİLO VERİSİNİ ALMA PROGRAMI SONU.....

%HASTA BOYU VERİSİNİ ALMA PROGRAMI.....
function edit16_Callback(hObject, eventdata, handles)

global hasta_boy
% hObject      handle to edit16 (see GCBO)
% eventdata   reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see GUIDATA)
% hasta_boy=str2double(get(handles.edit16,'String'));

hasta_boy=get(handles.edit16,'String')

```

```

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit16 as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit16 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit16_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit16 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
%HASTA BOYU VERİSİNİ ALMA PROGRAMI SONU.....

%HASTA CİNSİYET SEÇİMİNİ ALMA PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in radiobutton6.
function radiobutton6_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to radiobutton6 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
%hasta_cinsiyet=get(handles.radiobutton6,'String')

% Hint: get(hObject,'Value') returns toggle state of radiobutton6

% --- Executes on button press in radiobutton7.
function radiobutton7_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to radiobutton7 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
%hasta_cinsiyet=get(handles.radiobutton7,'String')

% Hint: get(hObject,'Value') returns toggle state of radiobutton7

% --- Executes when selected object is changed in uibuttongroup1.
function uibuttongroup1_SelectionChangedFcn(hObject, eventdata, handles)

global hasta_cinsiyet
% hObject    handle to the selected object in uibuttongroup1
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

switch(get(eventdata.NewValue,'Tag'));

    case 'radiobutton6'
        hasta_cinsiyet=get(handles.radiobutton6,'String')

    case 'radiobutton7'
        hasta_cinsiyet=get(handles.radiobutton7,'String')
end
%HASTA CİNSİYET SEÇİMİNİ ALMA PROGRAMI SONU.....

%HASTAYA AİT NOTU ALMA PROGRAMI.....
function edit17_Callback(hObject, eventdata, handles)

global hasta_not
% hObject    handle to edit17 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

hasta_not=get(handles.edit17,'String')

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit17 as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit17 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit17_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit17 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

```

```

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
%HASTAYA AİT NOTU ALMA PROGRAMI SONU.....

%SES KAYDINI AKTİVE ET BUTONUNUN PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in togglebutton56.
function togglebutton56_Callback(hObject, eventdata, handles)

global hasta_adsoyad hasta_ad hasta_soyad hasta_yas hasta_kilo hasta_boy hasta_cinsiyet
hasta_not

% hObject      handle to togglebutton56 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hint: get(hObject,'Value') returns toggle state of togglebutton56

input1= str2double(get(handles.edit15,'String')); %KİLOYU AL, STRİNG'İ SAYISAL OLARAK
KULLANABİLMEK İÇİN STR2DOUBLE İLE SAYIYA DÖNÜŞTÜR
input2= str2double(get(handles.edit16,'String')); %BOYU AL, STRİNG'İ SAYISAL OLARAK
KULLANABİLMEK İÇİN STR2DOUBLE İLE SAYIYA DÖNÜŞTÜR

button_state=get(hObject,'Value');
if button_state==get(hObject,'Max')
    set(handles.togglebutton56,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);

    if (isempty(hasta_ad))
        errordlg('Hasta adı girilmedi.','Hata Penceresi','modal')
        set(handles.togglebutton56,'Value',0);           %SES KAYDINI AKTİVE ET BUTONUNU İLK BAŞA
DÖNDÜR
        set(handles.togglebutton56,'BackgroundColor',[1.00 1.00 1.00]);
        set(handles.togglebutton56,'enable','on');
        elseif (isempty(hasta_soyad))
            errordlg('Hasta soyadı girilmedi.','Hata Penceresi','modal')
            set(handles.togglebutton56,'Value',0);           %SES KAYDINI AKTİVE ET BUTONUNU İLK BAŞA
DÖNDÜR
            set(handles.togglebutton56,'BackgroundColor',[1.00 1.00 1.00]);
            set(handles.togglebutton56,'enable','on');
            elseif (isempty(hasta_yas))
                errordlg('Hasta yaşı seçilmedi.','Hata Penceresi','modal')
                set(handles.togglebutton56,'Value',0);           %SES KAYDINI AKTİVE ET BUTONUNU İLK BAŞA
DÖNDÜR
                set(handles.togglebutton56,'BackgroundColor',[1.00 1.00 1.00]);
                set(handles.togglebutton56,'enable','on');
                elseif (isempty(hasta_kilo)| (isnan(input1))
                    errordlg('Hasta kilosu girilmedi.','Hata Penceresi','modal')
                    set(handles.togglebutton56,'Value',0);           %SES KAYDINI AKTİVE ET BUTONUNU İLK BAŞA
DÖNDÜR
                    set(handles.togglebutton56,'BackgroundColor',[1.00 1.00 1.00]);
                    set(handles.togglebutton56,'enable','on');
                    elseif (input1<40)|(input1>250)
                        errordlg('Hasta kilosu hatalı!','Hata Penceresi','modal')
                        set(handles.togglebutton56,'Value',0);           %SES KAYDINI AKTİVE ET BUTONUNU İLK BAŞA
DÖNDÜR
                        set(handles.togglebutton56,'BackgroundColor',[1.00 1.00 1.00]);
                        set(handles.togglebutton56,'enable','on');
                        elseif (isempty(hasta_boy)| (isnan(input2))
                            errordlg('Hasta boyu girilmedi.','Hata Penceresi','modal')
                            set(handles.togglebutton56,'Value',0);           %SES KAYDINI AKTİVE ET BUTONUNU İLK BAŞA
DÖNDÜR
                            set(handles.togglebutton56,'BackgroundColor',[1.00 1.00 1.00]);
                            set(handles.togglebutton56,'enable','on');
                            elseif (input2<100)|(input2>200)
                                errordlg('Hasta boyu hatalı!','Hata Penceresi','modal')
                                set(handles.togglebutton56,'Value',0);           %SES KAYDINI AKTİVE ET BUTONUNU İLK BAŞA
DÖNDÜR
                                set(handles.togglebutton56,'BackgroundColor',[1.00 1.00 1.00]);
                                set(handles.togglebutton56,'enable','on');
                                elseif (isempty(hasta_cinsiyet))
                                    errordlg('Hasta cinsiyeti seçilmedi.','Hata Penceresi','modal')

```

```

        set(handles.togglebutton56,'Value',0);           %SES KAYDINI AKTİVE ET BUTONUNU İLK BAŞA
DÖNDÜR
        set(handles.togglebutton56,'BackgroundColor',[1.00 1.00 1.00]);
        set(handles.togglebutton56,'enable','on');

    else
        hasta_adsoyad=[hasta_ad hasta_soyad]

save(hasta_adsoyad,'hasta_ad','hasta_soyad','hasta_yas','hasta_kilo','hasta_boy','hasta_cinsiy
et','hasta_not')

        set(handles.edit12,'enable','off');           %AD ALANINI PASİF ET
        set(handles.edit18,'enable','off');           %SOYAD ALANINI PASİF ET
        set(handles.popupmenu2,'enable','off');       %YAŞ ALANINI PASİF ET
        set(handles.edit15,'enable','off');           %KİLO ALANINI PASİF ET
        set(handles.edit16,'enable','off');           %BOY ALANINI PASİF ET
        set(handles.radiobutton6,'enable','off');     %BAY SEÇİMİNİ PASİF ET
        set(handles.radiobutton7,'enable','off');     %BAYAN SEÇİMİNİ PASİF ET
        set(handles.edit17,'enable','off');           %NOT ALANINI PASİF ET

        set(handles.pushbutton57,'enable','off');     %YENİ KAYIT BUTONUNU PASİF ET

        set(handles.uipanel4,'visible','on');         %1. PANELİ AKTİF ET

        msgbox('HASTA BİLGİLERİ KAYDEDİLMİŞTİR.SES KAYIT EKRANI AKTİF HALE GELMİŞTİR.')

        set(handles.togglebutton56,'BackgroundColor',[1.00 1.00 1.00]); %SES KAYDINI AKTİVE ET
BUTONUNU İLK HALİNE DÖNDÜR
        set(handles.togglebutton56,'enable','off');   %SES KAYDINI AKTİVE ET
BUTONUNU PASİF ET

        set(handles.togglebutton4,'enable','off');    %A HARF BUTONUNU PASİF ET
        set(handles.togglebutton5,'enable','off');    %KA HARF BUTONUNU PASİF ET
        set(handles.togglebutton6,'enable','off');    %GA HARF BUTONUNU PASİF ET
        set(handles.togglebutton7,'enable','off');    %HA HARF BUTONUNU PASİF ET
        set(handles.togglebutton8,'enable','off');    %CA HARF BUTONUNU PASİF ET
        set(handles.togglebutton35,'enable','off');   %SA HARF BUTONUNU PASİF ET
        set(handles.togglebutton36,'enable','off');   %NA HARF BUTONUNU PASİF ET

        set(handles.togglebutton9,'enable','off');    %İ HARF BUTONUNU PASİF ET
        set(handles.togglebutton10,'enable','off');   %Kİ HARF BUTONUNU PASİF ET
        set(handles.togglebutton11,'enable','off');   %Gİ HARF BUTONUNU PASİF ET
        set(handles.togglebutton12,'enable','off');   %Hİ HARF BUTONUNU PASİF ET
        set(handles.togglebutton13,'enable','off');   %Cİ HARF BUTONUNU PASİF ET
        set(handles.togglebutton41,'enable','off');   %Sİ HARF BUTONUNU PASİF ET
        set(handles.togglebutton42,'enable','off');   %Nİ HARF BUTONUNU PASİF ET

        set(handles.togglebutton14,'enable','off');   %U HARF BUTONUNU PASİF ET
        set(handles.togglebutton15,'enable','off');   %KU HARF BUTONUNU PASİF ET
        set(handles.togglebutton16,'enable','off');   %GU HARF BUTONUNU PASİF ET
        set(handles.togglebutton17,'enable','off');   %HU HARF BUTONUNU PASİF ET
        set(handles.togglebutton18,'enable','off');   %CU HARF BUTONUNU PASİF ET
        set(handles.togglebutton44,'enable','off');   %SU HARF BUTONUNU PASİF ET
        set(handles.togglebutton45,'enable','off');   %NU HARF BUTONUNU PASİF ET

        set(handles.togglebutton19,'enable','off');   %I HARF BUTONUNU PASİF ET
        set(handles.togglebutton20,'enable','off');   %KI HARF BUTONUNU PASİF ET
        set(handles.togglebutton21,'enable','off');   %GI HARF BUTONUNU PASİF ET
        set(handles.togglebutton22,'enable','off');   %HI HARF BUTONUNU PASİF ET
        set(handles.togglebutton23,'enable','off');   %CI HARF BUTONUNU PASİF ET
        set(handles.togglebutton47,'enable','off');   %SI HARF BUTONUNU PASİF ET
        set(handles.togglebutton48,'enable','off');   %NI HARF BUTONUNU PASİF ET

        set(handles.pushbutton108,'enable','off');    %A HOPARLOR BUTONUNU PASİF ET
        set(handles.pushbutton109,'enable','off');    %KA HOPARLOR BUTONUNU PASİF ET
        set(handles.pushbutton110,'enable','off');    %GA HOPARLOR BUTONUNU PASİF ET
        set(handles.pushbutton111,'enable','off');    %HA HOPARLOR BUTONUNU PASİF ET
        set(handles.pushbutton112,'enable','off');    %CA HOPARLOR BUTONUNU PASİF ET
        set(handles.pushbutton113,'enable','off');    %SA HOPARLOR BUTONUNU PASİF ET
        set(handles.pushbutton114,'enable','off');    %NA HOPARLOR BUTONUNU PASİF ET

        set(handles.pushbutton116,'enable','off');    %İ HOPARLOR BUTONUNU PASİF ET
        set(handles.pushbutton117,'enable','off');    %Kİ HOPARLOR BUTONUNU PASİF ET
        set(handles.pushbutton118,'enable','off');    %Gİ HOPARLOR BUTONUNU PASİF ET
        set(handles.pushbutton119,'enable','off');    %Hİ HOPARLOR BUTONUNU PASİF ET
        set(handles.pushbutton120,'enable','off');    %Cİ HOPARLOR BUTONUNU PASİF ET
        set(handles.pushbutton121,'enable','off');    %Sİ HOPARLOR BUTONUNU PASİF ET

```

```

set(handles.pushbutton122,'enable','off'); %Nİ HOPARLOR BUTONUNU PASİF ET

set(handles.pushbutton124,'enable','off'); %U HOPARLOR BUTONUNU PASİF ET
set(handles.pushbutton125,'enable','off'); %KU HOPARLOR BUTONUNU PASİF ET
set(handles.pushbutton126,'enable','off'); %GU HOPARLOR BUTONUNU PASİF ET
set(handles.pushbutton127,'enable','off'); %HU HOPARLOR BUTONUNU PASİF ET
set(handles.pushbutton128,'enable','off'); %CU HOPARLOR BUTONUNU PASİF ET
set(handles.pushbutton129,'enable','off'); %SU HOPARLOR BUTONUNU PASİF ET
set(handles.pushbutton130,'enable','off'); %NU HOPARLOR BUTONUNU PASİF ET

set(handles.pushbutton132,'enable','off'); %I HOPARLOR BUTONUNU PASİF ET
set(handles.pushbutton133,'enable','off'); %KI HOPARLOR BUTONUNU PASİF ET
set(handles.pushbutton134,'enable','off'); %GI HOPARLOR BUTONUNU PASİF ET
set(handles.pushbutton135,'enable','off'); %HI HOPARLOR BUTONUNU PASİF ET
set(handles.pushbutton136,'enable','off'); %CI HOPARLOR BUTONUNU PASİF ET
set(handles.pushbutton137,'enable','off'); %SI HOPARLOR BUTONUNU PASİF ET
set(handles.pushbutton138,'enable','off'); %NI HOPARLOR BUTONUNU PASİF ET

pause(2)
set(handles.togglebutton4,'enable','on'); %A HARF BUTONUNU AKTİF ET
set(handles.pushbutton156,'enable','on'); %SES KAYDINI BİTİR BUTONUNU AKTİF ET

set(handles.togglebutton59, 'Value', 1); %BÜYÜK HOPARLOR
AÇIKLAMA METNİNİ SESLENDİRME PROGRAMINI OTOMATİK ÇALIŞTIR
togglebutton59_Callback(handles.togglebutton59, eventdata, handles) %BÜYÜK HOPARLOR
AÇIKLAMA METNİNİ SESLENDİRME PROGRAMINI OTOMATİK ÇALIŞTIR

end

end
%SES KAYDINI AKTİVE ET PROGRAMI SONU.....

%A SESİNİ KAYIT ETME PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in togglebutton4.
function togglebutton4_Callback(hObject, eventdata, handles)

global Rec_a
% hObject handle to togglebutton4 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hint: get(hObject,'Value') returns toggle state of togglebutton4

button_state=get(hObject,'Value');
if button_state==get(hObject,'Max')
    set(handles.togglebutton4,'BackgroundColor','red');

    % Record your voice for 7 seconds.
    beep
    pause(1)

    recObj = audiorecorder(96000,24,1);
    disp('Start speaking A. ');
    recordblocking(recObj, 7);
    disp('End of Recording A. ');
    % Store data in double-precision array.
    Rec_a = getaudiodata(recObj);
    % Plot the waveform.
    axes(handles.axes5);
    plot(Rec_a);
    title('A SESİ');
elseif button_state==get(hObject,'Min')
    set(handles.togglebutton4,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
    clear Rec_a
    axes(handles.axes5)
    cla reset
end
set(handles.pushbutton108,'enable','on'); %A HOPARLOR BUTONUNU AKTİF ET
set(handles.togglebutton5,'enable','on'); %KA HARF BUTONUNU AKTİF ET
%A SESİNİ KAYIT ETME PROGRAMI SONU.....

%KA SESİNİ KAYIT ETME PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in togglebutton5.
function togglebutton5_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to togglebutton5 (see GCBO)

```

```

% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hint: get(hObject,'Value') returns toggle state of togglebutton5

global Rec_ka

button_state=get(hObject,'Value');
if button_state==get(hObject,'Max')
    set(handles.togglebutton5,'BackgroundColor','red');

    axes(handles.axes5)
    cla reset

    % Record your voice for 7 seconds.
    beep
    pause(1)

    recObj = audiorecorder (96000,24,1);
    disp('Start speaking KA.')
    recordblocking(recObj, 7);
    disp('End of Recording KA.');
```

X

```

    % Store data in double-precision array.
    Rec_ka = getaudiodata(recObj);
    % Plot the waveform.
    axes(handles.axes5);
    plot(Rec_ka);
    title('KA SESİ');
elseif button_state==get(hObject,'Min')
    set(handles.togglebutton5,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
    clear Rec_ka
    axes(handles.axes5)
    cla reset
end
set(handles.pushbutton109,'enable','on'); %KA HOPARLOR BUTONUNU AKTİF ET
set(handles.togglebutton6,'enable','on'); %GA HARF BUTONUNU AKTİF ET
%KA SESİNİ KAYIT ETME PROGRAMI SONU.....

%GA SESİNİ KAYIT ETME PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in togglebutton6.
function togglebutton6_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to togglebutton6 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hint: get(hObject,'Value') returns toggle state of togglebutton6

global Rec_ga

button_state=get(hObject,'Value');
if button_state==get(hObject,'Max')
    set(handles.togglebutton6,'BackgroundColor','red');

    axes(handles.axes5)
    cla reset

    % Record your voice for 7 seconds.
    beep
    pause(1)

    recObj = audiorecorder (96000,24,1);
    disp('Start speaking GA.')
    recordblocking(recObj, 7);
    disp('End of Recording GA.');
```

X

```

    % Store data in double-precision array.
    Rec_ga = getaudiodata(recObj);
    % Plot the waveform.
    axes(handles.axes5);
    plot(Rec_ga);
    title('GA SESİ');
elseif button_state==get(hObject,'Min')
    set(handles.togglebutton6,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
    clear Rec_ga
    axes(handles.axes5)
    cla reset
end

```

```

set(handles.pushbutton110,'enable','on'); %GA HOPARLOR BUTONUNU AKTİF ET
set(handles.togglebutton7,'enable','on'); %HA HARF BUTONUNU AKTİF ET
%GA SESİNİ KAYIT ETME PROGRAMI SONU.....

%HA SESİNİ KAYIT ETME PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in togglebutton7.
function togglebutton7_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to togglebutton7 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hint: get(hObject,'Value') returns toggle state of togglebutton7

global Rec_ha

button_state=get(hObject,'Value');
if button_state==get(hObject,'Max')
    set(handles.togglebutton7,'BackgroundColor','red');

    axes(handles.axes5)
    cla reset

    % Record your voice for 7 seconds.
    beep
    pause(1)

    recObj = audiorecorder (96000,24,1);
    disp('Start speaking HA.')
    recordblocking(recObj, 7);
    disp('End of Recording HA. ');
    % Store data in double-precision array.
    Rec_ha = getaudiodata(recObj);
    % Plot the waveform.
    axes(handles.axes5);
    plot(Rec_ha);
    title('HA SESİ');
elseif button_state==get(hObject,'Min')
    set(handles.togglebutton7,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
    clear Rec_ha
    axes(handles.axes5)
    cla reset
end
set(handles.pushbutton111,'enable','on'); %HA HOPARLOR BUTONUNU AKTİF ET
set(handles.togglebutton8,'enable','on'); %CA HARF BUTONUNU AKTİF ET
%HA SESİNİ KAYIT ETME PROGRAMI SONU.....

%CA SESİNİ KAYIT ETME PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in togglebutton8.
function togglebutton8_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to togglebutton8 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hint: get(hObject,'Value') returns toggle state of togglebutton8

global Rec_ca

button_state=get(hObject,'Value');
if button_state==get(hObject,'Max')
    set(handles.togglebutton8,'BackgroundColor','red');

    axes(handles.axes5)
    cla reset

    % Record your voice for 7 seconds.
    beep
    pause(1)

    recObj = audiorecorder (96000,24,1);
    disp('Start speaking CA.')
    recordblocking(recObj, 7);
    disp('End of Recording CA. ');
    % Store data in double-precision array.
    Rec_ca = getaudiodata(recObj);
    % Plot the waveform

```

```

        axes(handles.axes5);
        plot(Rec_ca);
        title('CA SESİ');
elseif button_state==get(hObject,'Min')
    set(handles.togglebutton8,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
    clear Rec_ca
    axes(handles.axes5)
    cla reset
end
set(handles.pushbutton112,'enable','on'); %CA HOPARLOR BUTONUNU AKTİF ET
set(handles.togglebutton35,'enable','on'); %SA HARF BUTONUNU AKTİF ET
%CA SESİNİ KAYIT ETME PROGRAMI SONU.....

%SA SESİNİ KAYIT ETME PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in togglebutton35.
function togglebutton35_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to togglebutton35 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hint: get(hObject,'Value') returns toggle state of togglebutton35

global Rec_sa

button_state=get(hObject,'Value');
if button_state==get(hObject,'Max')
    set(handles.togglebutton35,'BackgroundColor','red');

    axes(handles.axes5)
    cla reset

    % Record your voice for 7 seconds.
    beep
    pause(1)

    recObj = audiorecorder (96000,24,1);
    disp('Start speaking SA.')
    recordblocking(recObj, 7);
    disp('End of Recording SA. ');
    % Store data in double-precision array.
    Rec_sa = getaudiodata(recObj);
    % Plot the waveform.
    axes(handles.axes5);
    plot(Rec_sa);
    title('SA SESİ');
elseif button_state==get(hObject,'Min')
    set(handles.togglebutton35,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
    clear Rec_sa
    axes(handles.axes5)
    cla reset
end
set(handles.pushbutton113,'enable','on'); %SA HOPARLOR BUTONUNU AKTİF ET
set(handles.togglebutton36,'enable','on'); %NA HARF BUTONUNU AKTİF ET
%SA SESİNİ KAYIT ETME PROGRAMI SONU.....

%NA SESİNİ KAYIT ETME PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in togglebutton36.
function togglebutton36_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to togglebutton36 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hint: get(hObject,'Value') returns toggle state of togglebutton36

global Rec_na

button_state=get(hObject,'Value');
if button_state==get(hObject,'Max')
    set(handles.togglebutton36,'BackgroundColor','red');

    axes(handles.axes5)
    cla reset

    % Record your voice for 7 seconds.
    beep

```

```

pause(1)

recObj = audiorecorder (96000,24,1);
disp('Start speaking NA.')
recordblocking(recObj, 7);
disp('End of Recording NA.');
```

% Store data in double-precision array.

```

Rec_na = getaudiodata(recObj);
% Plot the waveform.
axes(handles.axes5);
plot(Rec_na);
title('NA SESİ');
```

```

elseif button_state==get(hObject,'Min')
    set(handles.togglebutton36,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
    clear Rec_na
    axes(handles.axes5)
    cla reset
end
set(handles.pushbutton114,'enable','on'); %NA HOPARLOR BUTONUNU AKTİF ET
set(handles.uipanel6,'visible','on'); %İ İLE BAŞLAYAN PANELİ AKTİF ET
set(handles.togglebutton9,'enable','on'); %İ HARF BUTONUNU AKTİF ET
%NA SESİNİ KAYIT ETME PROGRAMI SONU.....

%İ SESİNİ KAYIT ETME PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in togglebutton9.
function togglebutton9_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to togglebutton9 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hint: get(hObject,'Value') returns toggle state of togglebutton9

global Rec_i

button_state=get(hObject,'Value');
if button_state==get(hObject,'Max')
    set(handles.togglebutton9,'BackgroundColor','red');

    axes(handles.axes5)
    cla reset

    % Record your voice for 7 seconds.
    beep
    pause(1)

    recObj = audiorecorder (96000,24,1);
    disp('Start speaking İ.')
    recordblocking(recObj, 7);
    disp('End of Recording İ.');
```

% Store data in double-precision array.

```

Rec_i = getaudiodata(recObj);
% Plot the waveform.
axes(handles.axes5);
plot(Rec_i);
title('İ SESİ');
```

```

elseif button_state==get(hObject,'Min')
    set(handles.togglebutton9,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
    clear Rec_i
    axes(handles.axes5)
    cla reset
end
set(handles.pushbutton116,'enable','on'); %İ HOPARLOR BUTONUNU AKTİF ET
set(handles.togglebutton10,'enable','on'); %Kİ HARF BUTONUNU AKTİF ET
%İ SESİNİ KAYIT ETME PROGRAMI SONU.....

%Kİ SESİNİ KAYIT ETME PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in togglebutton10.
function togglebutton10_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to togglebutton10 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hint: get(hObject,'Value') returns toggle state of togglebutton10

global Rec_ki
```

```

button_state=get(hObject,'Value');
if button_state==get(hObject,'Max')
    set(handles.togglebutton10,'BackgroundColor','red');

    axes(handles.axes5)
    cla reset

    % Record your voice for 7 seconds.
    beep
    pause(1)

    recObj = audiorecorder(96000,24,1);
    disp('Start speaking Kİ.')
    recordblocking(recObj, 7);
    disp('End of Recording Kİ.');
```

% Store data in double-precision array.

```

    Rec_ki = getaudiodata(recObj);
    % Plot the waveform.
    axes(handles.axes5);
    plot(Rec_ki);
    title('Kİ SESİ');
```

```

elseif button_state==get(hObject,'Min')
    set(handles.togglebutton10,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
    clear Rec_ki
    axes(handles.axes5)
    cla reset
end
set(handles.pushbutton17,'enable','on'); %Kİ HOPARLOR BUTONUNU AKTİF ET
set(handles.togglebutton11,'enable','on'); %Gİ HARF BUTONUNU AKTİF ET
%Kİ SESİNİ KAYIT ETME PROGRAMI SONU.....

%Gİ SESİNİ KAYIT ETME PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in togglebutton11.
function togglebutton11_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to togglebutton11 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hint: get(hObject,'Value') returns toggle state of togglebutton11

global Rec_gi

button_state=get(hObject,'Value');
if button_state==get(hObject,'Max')
    set(handles.togglebutton11,'BackgroundColor','red');

    axes(handles.axes5)
    cla reset

    % Record your voice for 7 seconds.
    beep
    pause(1)

    recObj = audiorecorder(96000,24,1);
    disp('Start speaking Gİ.')
    recordblocking(recObj, 7);
    disp('End of Recording Gİ.');
```

% Store data in double-precision array.

```

    Rec_gi = getaudiodata(recObj);
    % Plot the waveform.
    axes(handles.axes5);
    plot(Rec_gi);
    title('Gİ SESİ');
```

```

elseif button_state==get(hObject,'Min')
    set(handles.togglebutton11,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
    clear Rec_gi
    axes(handles.axes5)
    cla reset
end
set(handles.pushbutton18,'enable','on'); %Gİ HOPARLOR BUTONUNU AKTİF ET
set(handles.togglebutton12,'enable','on'); %Hİ HARF BUTONUNU AKTİF ET
%Gİ SESİNİ KAYIT ETME PROGRAMI SONU.....

%Hİ SESİNİ KAYIT ETME PROGRAMI.....

```



```

        axes(handles.axes5)
        cla reset
    end
    set(handles.pushbutton120,'enable','on'); %Cİ HOPARLOR BUTONUNU AKTİF ET
    set(handles.togglebutton41,'enable','on'); %Sİ HARF BUTONUNU AKTİF ET
    %Cİ SESİNİ KAYIT ETME PROGRAMI SONU.....

%Sİ SESİNİ KAYIT ETME PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in togglebutton41.
function togglebutton41_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to togglebutton41 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hint: get(hObject,'Value') returns toggle state of togglebutton41

global Rec_si

button_state=get(hObject,'Value');
if button_state==get(hObject,'Max')
    set(handles.togglebutton41,'BackgroundColor','red');

    axes(handles.axes5)
    cla reset

    % Record your voice for 7 seconds.
    beep
    pause(1)

    recObj = audiorecorder (96000,24,1);
    disp('Start speaking Sİ.')
    recordblocking(recObj, 7);
    disp('End of Recording Sİ.');
```

X

```

    % Store data in double-precision array.
    Rec_si = getaudiodata(recObj);
    % Plot the waveform.
    axes(handles.axes5);
    plot(Rec_si);
    title('Sİ SESİ');
```

```

elseif button_state==get(hObject,'Min')
    set(handles.togglebutton41,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
    clear Rec_si
    axes(handles.axes5)
    cla reset
end
set(handles.pushbutton121,'enable','on'); %Sİ HOPARLOR BUTONUNU AKTİF ET
set(handles.togglebutton42,'enable','on'); %Nİ HARF BUTONUNU AKTİF ET
%Sİ SESİNİ KAYIT ETME PROGRAMI SONU.....

%Nİ SESİNİ KAYIT ETME PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in togglebutton42.
function togglebutton42_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to togglebutton42 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hint: get(hObject,'Value') returns toggle state of togglebutton42

global Rec_ni

button_state=get(hObject,'Value');
if button_state==get(hObject,'Max')
    set(handles.togglebutton42,'BackgroundColor','red');

    axes(handles.axes5)
    cla reset

    % Record your voice for 7 seconds.
    beep
    pause(1)

    recObj = audiorecorder (96000,24,1);
    disp('Start speaking Nİ.')
    recordblocking(recObj, 7);
    disp('End of Recording Nİ.');
```

```

% Store data in double-precision array.
Rec_ni = getaudiodata(recObj);
% Plot the waveform.
axes(handles.axes5);
plot(Rec_ni);
title('Nİ SESİ');
elseif button_state==get(hObject,'Min')
    set(handles.togglebutton42,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
    clear Rec_ni
    axes(handles.axes5)
    cla reset
end
set(handles.pushbutton122,'enable','on'); %Nİ HOPARLOR BUTONUNU AKTİF ET
set(handles.uipanel7,'visible','on'); %U İLE BAŞLAYAN PANELİ AKTİF ET
set(handles.togglebutton14,'enable','on'); %U HARF BUTONUNU AKTİF ET
%Nİ SESİNİ KAYIT ETME PROGRAMI SONU.....

%U SESİNİ KAYIT ETME PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in togglebutton14.
function togglebutton14_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to togglebutton14 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hint: get(hObject,'Value') returns toggle state of togglebutton14

global Rec_u

button_state=get(hObject,'Value');
if button_state==get(hObject,'Max')
    set(handles.togglebutton14,'BackgroundColor','red');

    axes(handles.axes5)
    cla reset

    % Record your voice for 7 seconds.
    beep
    pause(1)

    recObj = audiorecorder (96000,24,1);
    disp('Start speaking U.')
    recordblocking(recObj, 7);
    disp('End of Recording U. ');
    % Store data in double-precision array.
    Rec_u = getaudiodata(recObj);
    % Plot the waveform.
    axes(handles.axes5);
    plot(Rec_u);
    title('U SESİ');
elseif button_state==get(hObject,'Min')
    set(handles.togglebutton14,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
    clear Rec_u
    axes(handles.axes5)
    cla reset
end
set(handles.pushbutton124,'enable','on'); %U HOPARLOR BUTONUNU AKTİF ET
set(handles.togglebutton15,'enable','on'); %KU HARF BUTONUNU AKTİF ET
%U SESİNİ KAYIT ETME PROGRAMI SONU.....

%KU SESİNİ KAYIT ETME PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in togglebutton15.
function togglebutton15_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to togglebutton15 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hint: get(hObject,'Value') returns toggle state of togglebutton15

global Rec_ku

button_state=get(hObject,'Value');
if button_state==get(hObject,'Max')
    set(handles.togglebutton15,'BackgroundColor','red');

    axes(handles.axes5)

```

```

cla reset

% Record your voice for 7 seconds.
beep
pause(1)

recObj = audiorecorder (96000,24,1);
disp('Start speaking KU.')
recordblocking(recObj, 7);
disp('End of Recording KU.');
```

X

```

% Store data in double-precision array.
Rec_ku = getaudiodata(recObj);
% Plot the waveform.
axes(handles.axes5);
plot(Rec_ku);
title('KU SESİ');
elseif button_state==get(hObject,'Min')
    set(handles.togglebutton15,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
    clear Rec_ku
    axes(handles.axes5)
    cla reset
end
set(handles.pushbutton125,'enable','on'); %KU HOPARLOR BUTONUNU AKTİF ET
set(handles.togglebutton16,'enable','on'); %GU HARF BUTONUNU AKTİF ET
%KU SESİNİ KAYIT ETME PROGRAMI SONU.....

%GU SESİNİ KAYIT ETME PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in togglebutton16.
function togglebutton16_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to togglebutton16 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hint: get(hObject,'Value') returns toggle state of togglebutton16

global Rec_gu

button_state=get(hObject,'Value');
if button_state==get(hObject,'Max')
    set(handles.togglebutton16,'BackgroundColor','red');

    axes(handles.axes5)
    cla reset

    % Record your voice for 7 seconds.
    beep
    pause(1)

    recObj = audiorecorder (96000,24,1);
    disp('Start speaking GU.')
    recordblocking(recObj, 7);
    disp('End of Recording GU.');
```

X

```

% Store data in double-precision array.
Rec_gu = getaudiodata(recObj);
% Plot the waveform.
axes(handles.axes5);
plot(Rec_gu);
title('GU SESİ');
elseif button_state==get(hObject,'Min')
    set(handles.togglebutton16,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
    clear Rec_gu
    axes(handles.axes5)
    cla reset
end
set(handles.pushbutton126,'enable','on'); %GU HOPARLOR BUTONUNU AKTİF ET
set(handles.togglebutton17,'enable','on'); %HU HARF BUTONUNU AKTİF ET
%GU SESİNİ KAYIT ETME PROGRAMI SONU.....

%HU SESİNİ KAYIT ETME PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in togglebutton17.
function togglebutton17_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to togglebutton17 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

```

```

% Hint: get(hObject,'Value') returns toggle state of togglebutton17

global Rec_hu

button_state=get(hObject,'Value');
if button_state==get(hObject,'Max')
    set(handles.togglebutton17,'BackgroundColor','red');

    axes(handles.axes5)
    cla reset

    % Record your voice for 7 seconds.
    beep
    pause(1)

    recObj = audiorecorder (96000,24,1);
    disp('Start speaking HU.')
    recordblocking(recObj, 7);
    disp('End of Recording HU. ');
    % Store data in double-precision array.
    Rec_hu = getaudiodata(recObj);
    % Plot the waveform.
    axes(handles.axes5);
    plot(Rec_hu);
    title('HU SESİ');
elseif button_state==get(hObject,'Min')
    set(handles.togglebutton17,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
    clear Rec_hu
    axes(handles.axes5)
    cla reset
end
set(handles.pushbutton127,'enable','on'); %HU HOPARLOR BUTONUNU AKTİF ET
set(handles.togglebutton18,'enable','on'); %CU HARF BUTONUNU AKTİF ET
%HU SESİNİ KAYIT ETME PROGRAMI SONU.....

%CU SESİNİ KAYIT ETME PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in togglebutton18.
function togglebutton18_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to togglebutton18 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hint: get(hObject,'Value') returns toggle state of togglebutton18

global Rec_cu

button_state=get(hObject,'Value');
if button_state==get(hObject,'Max')
    set(handles.togglebutton18,'BackgroundColor','red');

    axes(handles.axes5)
    cla reset

    % Record your voice for 7 seconds.
    beep
    pause(1)

    recObj = audiorecorder (96000,24,1);
    disp('Start speaking CU.')
    recordblocking(recObj, 7);
    disp('End of Recording CU. ');
    % Store data in double-precision array.
    Rec_cu = getaudiodata(recObj);
    % Plot the waveform.
    axes(handles.axes5);
    plot(Rec_cu);
    title('CU SESİ');
elseif button_state==get(hObject,'Min')
    set(handles.togglebutton18,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
    clear Rec_cu
    axes(handles.axes5)
    cla reset
end
set(handles.pushbutton128,'enable','on'); %CU HOPARLOR BUTONUNU AKTİF ET
set(handles.togglebutton44,'enable','on'); %SU HARF BUTONUNU AKTİF ET

```

```

%CU SESİNİ KAYIT ETME PROGRAMI SONU.....

%SU SESİNİ KAYIT ETME PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in togglebutton44.
function togglebutton44_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to togglebutton44 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hint: get(hObject,'Value') returns toggle state of togglebutton44

global Rec_su

button_state=get(hObject,'Value');
if button_state==get(hObject,'Max')
    set(handles.togglebutton44,'BackgroundColor','red');

    axes(handles.axes5)
    cla reset

    % Record your voice for 7 seconds.
    beep
    pause(1)

    recObj = audiorecorder (96000,24,1);
    disp('Start speaking SU.')
    recordblocking(recObj, 7);
    disp('End of Recording SU. ');
    % Store data in double-precision array.
    Rec_su = getaudiodata(recObj);
    % Plot the waveform.
    axes(handles.axes5);
    plot(Rec_su);
    title('SÜ SESİ');
elseif button_state==get(hObject,'Min')
    set(handles.togglebutton44,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
    clear Rec_su
    axes(handles.axes5)
    cla reset
end
set(handles.pushbutton129,'enable','on'); %SU HOPARLOR BUTONUNU AKTİF ET
set(handles.togglebutton45,'enable','on'); %NU HARF BUTONUNU AKTİF ET
%SU SESİNİ KAYIT ETME PROGRAMI SONU.....

%NU SESİNİ KAYIT ETME PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in togglebutton45.
function togglebutton45_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to togglebutton45 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hint: get(hObject,'Value') returns toggle state of togglebutton45

global Rec_nu

button_state=get(hObject,'Value');
if button_state==get(hObject,'Max')
    set(handles.togglebutton45,'BackgroundColor','red');

    axes(handles.axes5)
    cla reset

    % Record your voice for 7 seconds.
    beep
    pause(1)

    recObj = audiorecorder (96000,24,1);
    disp('Start speaking NU.')
    recordblocking(recObj, 7);
    disp('End of Recording NU. ');
    % Store data in double-precision array.
    Rec_nu = getaudiodata(recObj);
    % Plot the waveform.
    axes(handles.axes5);
    plot(Rec_nu)

```

```

        title('NU SESİ');
    elseif button_state==get(hObject,'Min')
        set(handles.togglebutton45,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
        clear Rec_nu
        axes(handles.axes5)
        cla reset
    end
    set(handles.pushbutton130,'enable','on'); %NU HOPARLOR BUTONUNU AKTİF ET
    set(handles.uipanel8,'visible','on'); %I İLE BAŞLAYAN PANELİ AKTİF ET
    set(handles.togglebutton19,'enable','on'); %I HARF BUTONUNU AKTİF ET
    %NU SESİNİ KAYIT ETME PROGRAMI SONU.....

%I SESİNİ KAYIT ETME PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in togglebutton19.
function togglebutton19_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to togglebutton19 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hint: get(hObject,'Value') returns toggle state of togglebutton19

global Rec_ii %i sesinin değişkeni

button_state=get(hObject,'Value');
if button_state==get(hObject,'Max')
    set(handles.togglebutton19,'BackgroundColor','red');

    axes(handles.axes5)
    cla reset

    % Record your voice for 7 seconds.
    beep
    pause(1)

    recObj = audiorecorder(96000,24,1);
    disp('Start speaking I.')
    recordblocking(recObj, 7);
    disp('End of Recording I. ');
    % Store data in double-precision array.
    Rec_ii = getaudiodata(recObj);
    % Plot the waveform.
    axes(handles.axes5);
    plot(Rec_ii);
    title('I SESİ');
elseif button_state==get(hObject,'Min')
    set(handles.togglebutton19,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
    clear Rec_ii
    axes(handles.axes5)
    cla reset
end
set(handles.pushbutton132,'enable','on'); %I HOPARLOR BUTONUNU AKTİF ET
set(handles.togglebutton20,'enable','on'); %KI HARF BUTONUNU AKTİF ET
%KI SESİNİ KAYIT ETME PROGRAMI SONU.....

%KI SESİNİ KAYIT ETME PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in togglebutton20.
function togglebutton20_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to togglebutton20 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hint: get(hObject,'Value') returns toggle state of togglebutton20

global Rec_kii %kii sesinin değişkeni

button_state=get(hObject,'Value');
if button_state==get(hObject,'Max')
    set(handles.togglebutton20,'BackgroundColor','red');

    axes(handles.axes5)
    cla reset

    % Record your voice for 7 seconds.
    beep
    pause(1)

```

```

recObj = audiorecorder (96000,24,1);
disp('Start speaking KI.')
recordingblocking(recObj, 7);
disp('End of Recording KI.');
```

% Store data in double-precision array.  
Rec\_kii = getaudiodata(recObj);  
% Plot the waveform.  
axes(handles.axes5);  
plot(Rec\_kii);  
title('Kİ SESİ');

```

elseif button_state==get(hObject,'Min')
set(handles.togglebutton20,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
clear Rec_kii
axes(handles.axes5)
cla reset
end
set(handles.pushbutton133,'enable','on'); %KI HOPARLOR BUTONUNU AKTİF ET
set(handles.togglebutton21,'enable','on'); %GI HARF BUTONUNU AKTİF ET
%KI SESİNİ KAYIT ETME PROGRAMI SONU.....

%GI SESİNİ KAYIT ETME PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in togglebutton21.
function togglebutton21_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to togglebutton21 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hint: get(hObject,'Value') returns toggle state of togglebutton21

global Rec_gii %gı sesinin değişkeni

button_state=get(hObject,'Value');
if button_state==get(hObject,'Max')
set(handles.togglebutton21,'BackgroundColor','red');

axes(handles.axes5)
cla reset

% Record your voice for 7 seconds.
beep
pause(1)

recObj = audiorecorder (96000,24,1);
disp('Start speaking GI.')
recordingblocking(recObj, 7);
disp('End of Recording GI.');
```

% Store data in double-precision array.  
Rec\_gii = getaudiodata(recObj);  
% Plot the waveform.  
axes(handles.axes5);  
plot(Rec\_gii);  
title('GI SESİ');

```

elseif button_state==get(hObject,'Min')
set(handles.togglebutton21,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
clear Rec_gii
axes(handles.axes5)
cla reset
end
set(handles.pushbutton134,'enable','on'); %GI HOPARLOR BUTONUNU AKTİF ET
set(handles.togglebutton22,'enable','on'); %HI HARF BUTONUNU AKTİF ET
%GI SESİNİ KAYIT ETME PROGRAMI SONU.....

%HI SESİNİ KAYIT ETME PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in togglebutton22.
function togglebutton22_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to togglebutton22 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hint: get(hObject,'Value') returns toggle state of togglebutton22

global Rec_hii %hi sesinin değişkeni

button_state=get(hObject,'Value');
if button_state==get(hObject,'Max')
```

```

set(handles.togglebutton22,'BackgroundColor','red');

axes(handles.axes5)
cla reset

% Record your voice for 7 seconds.
beep
pause(1)

recObj = audiorecorder (96000,24,1);
disp('Start speaking HI.')
recordblocking(recObj, 7);
disp('End of Recording HI.');
```

% Store data in double-precision array.  
Rec\_hii = getaudiodata(recObj);  
% Plot the waveform.  
axes(handles.axes5);  
plot(Rec\_hii);  
title('HI SESİ');

```

elseif button_state==get(hObject,'Min')
set(handles.togglebutton22,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
clear Rec_hii
axes(handles.axes5)
cla reset
end
set(handles.pushbutton135,'enable','on'); %HI HOPARLOR BUTONUNU AKTİF ET
set(handles.togglebutton23,'enable','on'); %CI HARF BUTONUNU AKTİF ET
%HI SESİNİ KAYIT ETME PROGRAMI SONU.....

%CI SESİNİ KAYIT ETME PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in togglebutton23.
function togglebutton23_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to togglebutton23 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hint: get(hObject,'Value') returns toggle state of togglebutton23

global Rec_cii %ci sesinin değişkeni

button_state=get(hObject,'Value');
if button_state==get(hObject,'Max')
set(handles.togglebutton23,'BackgroundColor','red');

axes(handles.axes5)
cla reset

% Record your voice for 7 seconds.
beep
pause(1)

recObj = audiorecorder (96000,24,1);
disp('Start speaking CI.')
recordblocking(recObj, 7);
disp('End of Recording CI.');
```

% Store data in double-precision array.  
Rec\_cii = getaudiodata(recObj);  
% Plot the waveform.  
axes(handles.axes5);  
plot(Rec\_cii);  
title('CI SESİ');

```

elseif button_state==get(hObject,'Min')
set(handles.togglebutton23,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
clear Rec_cii
axes(handles.axes5)
cla reset
end
set(handles.pushbutton136,'enable','on'); %CI HOPARLOR BUTONUNU AKTİF ET
set(handles.togglebutton47,'enable','on'); %SI HARF BUTONUNU AKTİF ET
%CI SESİNİ KAYIT ETME PROGRAMI SONU.....

%SI SESİNİ KAYIT ETME PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in togglebutton47.
function togglebutton47_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to togglebutton47 (see GCBO)

```

```

% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hint: get(hObject,'Value') returns toggle state of togglebutton47

global Rec_sii %sı sesinin değişkeni

button_state=get(hObject,'Value');
if button_state==get(hObject,'Max')
    set(handles.togglebutton47,'BackgroundColor','red');

    axes(handles.axes5)
    cla reset

    % Record your voice for 7 seconds.
    beep
    pause(1)

    recObj = audiorecorder (96000,24,1);
    disp('Start speaking SI.')
    recordblocking(recObj, 7);
    disp('End of Recording SI. ');
    % Store data in double-precision array.
    Rec_sii = getaudiodata(recObj);
    % Plot the waveform.
    axes(handles.axes5);
    plot(Rec_sii);
    title('SI SESİ');
elseif button_state==get(hObject,'Min')
    set(handles.togglebutton47,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
    clear Rec_sii
    axes(handles.axes5)
    cla reset
end
set(handles.pushbutton137,'enable','on'); %SI HOPARLOR BUTONUNU AKTİF ET
set(handles.togglebutton48,'enable','on'); %NI HARF BUTONUNU AKTİF ET
%SI SESİNİ KAYIT ETME PROGRAMI SONU.....

%NI SESİNİ KAYIT ETME PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in togglebutton48.
function togglebutton48_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to togglebutton48 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hint: get(hObject,'Value') returns toggle state of togglebutton48

global Rec_nii %nı sesinin değişkeni

button_state=get(hObject,'Value');
if button_state==get(hObject,'Max')
    set(handles.togglebutton48,'BackgroundColor','red');

    axes(handles.axes5)
    cla reset

    % Record your voice for 7 seconds.
    beep
    pause(1)

    recObj = audiorecorder (96000,24,1);
    disp('Start speaking NI.')
    recordblocking(recObj, 7);
    disp('End of Recording NI. ');
    % Store data in double-precision array.
    Rec_nii = getaudiodata(recObj);
    % Plot the waveform.
    axes(handles.axes5);
    plot(Rec_nii);
    title('NI SESİ');
elseif button_state==get(hObject,'Min')
    set(handles.togglebutton48,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
    clear Rec_nii
    axes(handles.axes5)
    cla reset
end

```

```

set(handles.pushbutton138,'enable','on'); %NI HOPARLOR BUTONUNU AKTİF ET
%NI SESİNİ KAYIT ETME PROGRAMI SONU.....

%A SESİNİ DİNLEME PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in pushbutton108.
function pushbutton108_Callback(hObject, eventdata, handles)

global Rec_a
% hObject handle to pushbutton108 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

sound(Rec_a,96000)
%A SESİNİ DİNLEME PROGRAMI SONU.....

%KA SESİNİ DİNLEME PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in pushbutton109.
function pushbutton109_Callback(hObject, eventdata, handles)

global Rec_ka
% hObject handle to pushbutton109 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

sound(Rec_ka,96000)
%KA SESİNİ DİNLEME PROGRAMI SONU.....

%GA SESİNİ DİNLEME PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in pushbutton110.
function pushbutton110_Callback(hObject, eventdata, handles)

global Rec_ga
% hObject handle to pushbutton110 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

sound(Rec_ga,96000)
%GA SESİNİ DİNLEME PROGRAMI SONU.....

%HA SESİNİ DİNLEME PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in pushbutton111.
function pushbutton111_Callback(hObject, eventdata, handles)

global Rec_ha
% hObject handle to pushbutton111 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

sound(Rec_ha,96000)
%HA SESİNİ DİNLEME PROGRAMI SONU.....

%CA SESİNİ DİNLEME PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in pushbutton112.
function pushbutton112_Callback(hObject, eventdata, handles)

global Rec_ca
% hObject handle to pushbutton112 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

sound(Rec_ca,96000)
%CA SESİNİ DİNLEME PROGRAMI SONU.....

%SA SESİNİ DİNLEME PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in pushbutton113.
function pushbutton113_Callback(hObject, eventdata, handles)

global Rec_sa
% hObject handle to pushbutton113 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

```

```

sound(Rec_sa,96000)
%SA SESİNİ DİNLEME PROGRAMI SONU.....

%NA SESİNİ DİNLEME PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in pushbutton114.
function pushbutton114_Callback(hObject, eventdata, handles)

global Rec_na
% hObject handle to pushbutton114 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

sound(Rec_na,96000)
%NA SESİNİ DİNLEME PROGRAMI SONU.....

%i SESİNİ DİNLEME PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in pushbutton116.
function pushbutton116_Callback(hObject, eventdata, handles)

global Rec_i
% hObject handle to pushbutton116 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

sound(Rec_i,96000)
%i SESİNİ DİNLEME PROGRAMI SONU.....

%Ki SESİNİ DİNLEME PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in pushbutton117.
function pushbutton117_Callback(hObject, eventdata, handles)

global Rec_ki
% hObject handle to pushbutton117 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

sound(Rec_ki,96000)
%Ki SESİNİ DİNLEME PROGRAMI SONU.....

%Gi SESİNİ DİNLEME PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in pushbutton118.
function pushbutton118_Callback(hObject, eventdata, handles)

global Rec_gi
% hObject handle to pushbutton118 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

sound(Rec_gi,96000)
%Gi SESİNİ DİNLEME PROGRAMI SONU.....

%Hi SESİNİ DİNLEME PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in pushbutton119.
function pushbutton119_Callback(hObject, eventdata, handles)

global Rec_hi
% hObject handle to pushbutton119 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

sound(Rec_hi,96000)
%Hi SESİNİ DİNLEME PROGRAMI SONU.....

%Ci SESİNİ DİNLEME PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in pushbutton120.
function pushbutton120_Callback(hObject, eventdata, handles)

global Rec_ci
% hObject handle to pushbutton120 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

```

```

sound(Rec_ci,96000)
%Çİ SESİNİ DİNLEME PROGRAMI SONU.....

%Şİ SESİNİ DİNLEME PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in pushbutton121.
function pushbutton121_Callback(hObject, eventdata, handles)

global Rec_si %kı sesinin değişkeni
% hObject handle to pushbutton121 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

sound(Rec_si,96000)
%Şİ SESİNİ DİNLEME PROGRAMI SONU.....

%Nİ SESİNİ DİNLEME PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in pushbutton122.
function pushbutton122_Callback(hObject, eventdata, handles)

global Rec_ni
% hObject handle to pushbutton122 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

sound(Rec_ni,96000)
%Nİ SESİNİ DİNLEME PROGRAMI SONU.....

%U SESİNİ DİNLEME PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in pushbutton124.
function pushbutton124_Callback(hObject, eventdata, handles)

global Rec_u
% hObject handle to pushbutton124 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

sound(Rec_u,96000)
%U SESİNİ DİNLEME PROGRAMI SONU.....

%KU SESİNİ DİNLEME PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in pushbutton125.
function pushbutton125_Callback(hObject, eventdata, handles)

global Rec_ku
% hObject handle to pushbutton125 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

sound(Rec_ku,96000)
%KU SESİNİ DİNLEME PROGRAMI SONU.....

%GU SESİNİ DİNLEME PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in pushbutton126.
function pushbutton126_Callback(hObject, eventdata, handles)

global Rec_gu
% hObject handle to pushbutton126 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

sound(Rec_gu,96000)
%GU SESİNİ DİNLEME PROGRAMI SONU.....

%HU SESİNİ DİNLEME PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in pushbutton127.
function pushbutton127_Callback(hObject, eventdata, handles)

global Rec_hu
% hObject handle to pushbutton127 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

```

```

sound(Rec_hu,96000)
%HU SESİNİ DİNLEME PROGRAMI SONU.....

%CU SESİNİ DİNLEME PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in pushbutton128.
function pushbutton128_Callback(hObject, eventdata, handles)

global Rec_cu
% hObject handle to pushbutton128 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

sound(Rec_cu,96000)
%CU SESİNİ DİNLEME PROGRAMI SONU.....

%SU SESİNİ DİNLEME PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in pushbutton129.
function pushbutton129_Callback(hObject, eventdata, handles)

global Rec_su
% hObject handle to pushbutton129 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

sound(Rec_su,96000)
%SU SESİNİ DİNLEME PROGRAMI SONU.....

%NU SESİNİ DİNLEME PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in pushbutton130.
function pushbutton130_Callback(hObject, eventdata, handles)

global Rec_nu
% hObject handle to pushbutton130 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

sound(Rec_nu,96000)
%NU SESİNİ DİNLEME PROGRAMI SONU.....

%I SESİNİ DİNLEME PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in pushbutton132.
function pushbutton132_Callback(hObject, eventdata, handles)

global Rec_ii %i sesinin değişkeni
% hObject handle to pushbutton132 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

sound(Rec_ii,96000)
%i SESİNİ DİNLEME PROGRAMI SONU.....

%KI SESİNİ DİNLEME PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in pushbutton133.
function pushbutton133_Callback(hObject, eventdata, handles)

global Rec_kii %k sesinin değişkeni
% hObject handle to pushbutton133 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

sound(Rec_kii,96000)
%KI SESİNİ DİNLEME PROGRAMI SONU.....

%GI SESİNİ DİNLEME PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in pushbutton134.
function pushbutton134_Callback(hObject, eventdata, handles)

global Rec_gii %g sesinin değişkeni
% hObject handle to pushbutton134 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

```

```

sound(Rec_gii,96000)
%GI SESİNİ DİNLEME PROGRAMI SONU.....

%HI SESİNİ DİNLEME PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in pushbutton135.
function pushbutton135_Callback(hObject, eventdata, handles)

global Rec_hii %hi sesinin değişkeni
% hObject handle to pushbutton135 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

sound(Rec_hii,96000)
%HI SESİNİ DİNLEME PROGRAMI SONU.....

%CI SESİNİ DİNLEME PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in pushbutton136.
function pushbutton136_Callback(hObject, eventdata, handles)

global Rec_cii %ci sesinin değişkeni
% hObject handle to pushbutton136 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

sound(Rec_cii,96000)
%CI SESİNİ DİNLEME PROGRAMI SONU.....

%SI SESİNİ DİNLEME PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in pushbutton137.
function pushbutton137_Callback(hObject, eventdata, handles)

global Rec_sii %si sesinin değişkeni
% hObject handle to pushbutton137 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

sound(Rec_sii,96000)
%SI SESİNİ DİNLEME PROGRAMI SONU.....

%NI SESİNİ DİNLEME PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in pushbutton138.
function pushbutton138_Callback(hObject, eventdata, handles)

global Rec_nii %ni sesinin değişkeni
% hObject handle to pushbutton138 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

sound(Rec_nii,96000)
%NI SESİNİ DİNLEME PROGRAMI SONU.....

%SES KAYDINI BİTİR PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in pushbutton156.
function pushbutton156_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to pushbutton156 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

set(handles.pushbutton58,'enable','on'); %KAYDET BUTONUNU AKTİF ET
set(handles.pushbutton57,'enable','on'); %YENİ KAYIT BUTONUNU AKTİF ET
msgbox('KAYDET BUTONUNA BASARAK İŞLEMİ TAMAMLAYINIZ.')
%SES KAYDINI BİTİR PROGRAMI SONU.....

%KAYDET BUTONUNUN PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in pushbutton58.
function pushbutton58_Callback(hObject, eventdata, handles)

global hasta_adsoyad hasta_ad hasta_soyad hasta_yas hasta_kilo hasta_boy hasta_cinsiyet
hasta_not Rec_a Rec_ka Rec_ga Rec_ha Rec_ca Rec_sa Rec_na Rec_i Rec_ki Rec_gi Rec_hi Rec_ci
Rec_sı Rec_nı Rec_u Rec_ku Rec_hu Rec_cu Rec_su Rec_nu Rec_ii Rec_kii Rec_gii Rec_hii
Rec_cii Rec_sii Rec_nii

```

```

% hObject      handle to pushbutton58 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

h=msgbox('Lütfen bekleyiniz...');

set(handles.pushbutton156,'enable','off');      %SES KAYDINI BİTİR BUTONUNU PASİF ET
set(handles.pushbutton58,'enable','off');      %KAYDET BUTONUNU PASİF ET

hasta_adsoyad=[hasta_ad hasta_soyad]
save(hasta_adsoyad,'hasta_ad','hasta_soyad','hasta_yas','hasta_kilo','hasta_boy','hasta_cinsiy
et','hasta_not','Rec_a','Rec_ka','Rec_ga','Rec_ha','Rec_ca','Rec_sa','Rec_na','Rec_i','Rec_ki
','Rec_gi','Rec_hi','Rec_ci','Rec_si','Rec_ni','Rec_u','Rec_ku','Rec_gu','Rec_hu','Rec_cu','Rec
_su','Rec_nu','Rec_ii','Rec_kii','Rec_gii','Rec_hii','Rec_cii','Rec_sii','Rec_nii');

% --- If Enable == 'on', executes on mouse press in 5 pixel border.
% --- Otherwise, executes on mouse press in 5 pixel border or over pushbutton58.

ad=strcat(hasta_adsoyad,'.txt');      %HASTAYA AİT DEMOGRAFİK VERİLERİ YAN YANA STRİNG OLARAK
YAZMA
dosya=fopen(ad,'a+');
fprintf(dosya, '%s\n',hasta_ad);
fprintf(dosya, '%s\n',hasta_soyad);
fprintf(dosya, '%s\n',num2str(hasta_yas));
fprintf(dosya, '%s\n',hasta_kilo);
fprintf(dosya, '%s\n',hasta_boy);
fprintf(dosya, '%s\n',hasta_cinsiyet);
fclose(dosya);

set(handles.pushbutton57,'enable','on');      %YENİ KAYIT BUTONUNU AKTİF
ET
set(handles.pushbutton57, 'Value', 1);      %YENİ KAYIT BUTONUNU
OTOMATİK ÇALIŞTIR
pushbutton57_Callback(handles.pushbutton57, eventdata, handles) %YENİ KAYIT BUTONUNU
OTOMATİK ÇALIŞTIR

delete(h);
msgbox('İşleminiz kaydedilmiştir')
%KAYDET BUTONUNUN PROGRAMI SONU.....

%YENİ KAYIT BUTONUNUN PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in pushbutton57.
function pushbutton57_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to pushbutton57 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

set(handles.edit12,'string','');      %AD ALANINI TEMİZLE
set(handles.edit18,'string','');      %SOYAD ALANINI TEMİZLE
set(handles.popupmenu2,'Value',1);    %YAŞ SEÇİMİNİ TEMİZLE
set(handles.edit15,'string','');      %KİLO ALANINI TEMİZLE
set(handles.edit16,'string','');      %BOY ALANINI TEMİZLE
set(handles.radiobutton6,'Value',0);   %BAY SEÇİMİNİ TEMİZLE
set(handles.radiobutton7,'Value',0);   %BAYAN SEÇİMİNİ TEMİZLE
set(handles.edit17,'string','');      %NOT ALANINI TEMİZLE

set(handles.edit12,'enable','on');     %AD ALANINI AKTİF ET
set(handles.edit18,'enable','on');     %SOYAD ALANINI AKTİF ET
set(handles.popupmenu2,'enable','on'); %YAŞ ALANINI AKTİF ET
set(handles.edit15,'enable','on');     %KİLO ALANINI AKTİF ET
set(handles.edit16,'enable','on');     %BOY ALANINI AKTİF ET
set(handles.radiobutton6,'enable','on'); %BAY SEÇİMİNİ AKTİF ET
set(handles.radiobutton7,'enable','on'); %BAYAN SEÇİMİNİ AKTİF ET
set(handles.edit17,'enable','on');     %NOT ALANINI AKTİF ET

set(handles.togglebutton56,'Value',0); %SES KAYIT EKRANINI AKTİVE ET BUTONUNU İLK
HALİNE DÖNDÜR
set(handles.togglebutton56,'BackgroundColor',[1.00 1.00 1.00]);
set(handles.togglebutton56,'enable','on'); %SES KAYIT EKRANINI AKTİVE ET BUTONUNU AKTİF ET

set(handles.pushbutton156,'enable','off'); %SES KAYDINI BİTİR BUTONUNU PASİF ET
set(handles.pushbutton58,'enable','off'); %KAYDET BUTONUNU PASİF ET

```

```

set(handles.uipanel4,'visible','off'); %1. PANELİ KAPAT
set(handles.uipanel6,'visible','off'); %2. PANELİ KAPAT
set(handles.uipanel7,'visible','off'); %3. PANELİ KAPAT
set(handles.uipanel8,'visible','off'); %4. PANELİ KAPAT

set(handles.togglebutton4,'Value',0); %A BUTONUNU İLK HALİNE DÖNDÜR
set(handles.togglebutton4,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
set(handles.togglebutton5,'Value',0); %KA BUTONUNU İLK HALİNE DÖNDÜR
set(handles.togglebutton5,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
set(handles.togglebutton6,'Value',0); %GA BUTONUNU İLK HALİNE DÖNDÜR
set(handles.togglebutton6,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
set(handles.togglebutton7,'Value',0); %HA BUTONUNU İLK HALİNE DÖNDÜR
set(handles.togglebutton7,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
set(handles.togglebutton8,'Value',0); %CA BUTONUNU İLK HALİNE DÖNDÜR
set(handles.togglebutton8,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
set(handles.togglebutton35,'Value',0); %SA BUTONUNU İLK HALİNE DÖNDÜR
set(handles.togglebutton35,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
set(handles.togglebutton36,'Value',0); %NA BUTONUNU İLK HALİNE DÖNDÜR
set(handles.togglebutton36,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);

set(handles.togglebutton9,'Value',0); %İ BUTONUNU İLK HALİNE DÖNDÜR
set(handles.togglebutton9,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
set(handles.togglebutton10,'Value',0); %Kİ BUTONUNU İLK HALİNE DÖNDÜR
set(handles.togglebutton10,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
set(handles.togglebutton11,'Value',0); %Gİ BUTONUNU İLK HALİNE DÖNDÜR
set(handles.togglebutton11,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
set(handles.togglebutton12,'Value',0); %Hİ BUTONUNU İLK HALİNE DÖNDÜR
set(handles.togglebutton12,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
set(handles.togglebutton13,'Value',0); %Cİ BUTONUNU İLK HALİNE DÖNDÜR
set(handles.togglebutton13,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
set(handles.togglebutton41,'Value',0); %Sİ BUTONUNU İLK HALİNE DÖNDÜR
set(handles.togglebutton41,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
set(handles.togglebutton42,'Value',0); %Nİ BUTONUNU İLK HALİNE DÖNDÜR
set(handles.togglebutton42,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);

set(handles.togglebutton14,'Value',0); %U BUTONUNU İLK HALİNE DÖNDÜR
set(handles.togglebutton14,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
set(handles.togglebutton15,'Value',0); %KU BUTONUNU İLK HALİNE DÖNDÜR
set(handles.togglebutton15,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
set(handles.togglebutton16,'Value',0); %GU BUTONUNU İLK HALİNE DÖNDÜR
set(handles.togglebutton16,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
set(handles.togglebutton17,'Value',0); %HU BUTONUNU İLK HALİNE DÖNDÜR
set(handles.togglebutton17,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
set(handles.togglebutton18,'Value',0); %CU BUTONUNU İLK HALİNE DÖNDÜR
set(handles.togglebutton18,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
set(handles.togglebutton44,'Value',0); %SU BUTONUNU İLK HALİNE DÖNDÜR
set(handles.togglebutton44,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
set(handles.togglebutton45,'Value',0); %NU BUTONUNU İLK HALİNE DÖNDÜR
set(handles.togglebutton45,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);

set(handles.togglebutton19,'Value',0); %I BUTONUNU İLK HALİNE DÖNDÜR
set(handles.togglebutton19,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
set(handles.togglebutton20,'Value',0); %KI BUTONUNU İLK HALİNE DÖNDÜR
set(handles.togglebutton20,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
set(handles.togglebutton21,'Value',0); %GI BUTONUNU İLK HALİNE DÖNDÜR
set(handles.togglebutton21,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
set(handles.togglebutton22,'Value',0); %HI BUTONUNU İLK HALİNE DÖNDÜR
set(handles.togglebutton22,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
set(handles.togglebutton23,'Value',0); %CI BUTONUNU İLK HALİNE DÖNDÜR
set(handles.togglebutton23,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
set(handles.togglebutton47,'Value',0); %SI BUTONUNU İLK HALİNE DÖNDÜR
set(handles.togglebutton47,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);
set(handles.togglebutton48,'Value',0); %NI BUTONUNU İLK HALİNE DÖNDÜR
set(handles.togglebutton48,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);

axes(handles.axes5)
cla reset
clear all
%YENİ KAYIT BUTONUNUN PROGRAMI SONU.....

%ÖRNEK SES KAYDI PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in pushbutton101.
function pushbutton101_Callback(hObject, eventdata, handles)

```

```

global recording2
% hObject    handle to pushbutton101 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

load myrecording2;
sound(myrecording2,96000)
axes(handles.axes5)
plot(myrecording2);
title('ÖRNEK SES KAYDI');
%ÖRNEK SES KAYDI PROGRAMI SONU.....

%BÜYÜK HOPARLOR AÇIKLAMA METNİNİ SESLENDİRME PROGRAMI.....
% --- Executes on button press in togglebutton59.
function togglebutton59_Callback(hObject, eventdata, handles)

global myrecording1
global playerObj
% hObject    handle to togglebutton59 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hint: get(hObject,'Value') returns toggle state of togglebutton59

%ALTERNATİF KOD.....
%button_state=get(hObject,'Value');
%if button_state==get(hObject,'Max')
    %set(handles.togglebutton59,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);

    %load myrecording1;
    %sound(myrecording1,96000)
    %pause(30)
    %set(handles.togglebutton59,'BackgroundColor',[.94 .94 .94]);
    %clear sound

%elseif button_state==get(hObject,'Min')
    %set(handles.togglebutton59,'BackgroundColor',[.94 .94 .94]);
    %clear sound
%end
%ALTERNATİF KOD.....

button_state=get(hObject,'Value');
if button_state==get(hObject,'Max')
    set(handles.togglebutton59,'BackgroundColor',[.435 .78 .573]);

    load myrecording1;
    playerObj = audioplayer(myrecording1,96000);
    play(playerObj);
    pause(30)
    set(handles.togglebutton59,'BackgroundColor',[.94 .94 .94]);

elseif button_state==get(hObject,'Min')
    set(handles.togglebutton59,'BackgroundColor',[.94 .94 .94]);
    stop(playerObj)
end
%BÜYÜK HOPARLOR AÇIKLAMA METNİNİ SESLENDİRME PROGRAMI SONU.....

```

## EK 2: ETİK KURUL İZİN FORMU



T.C.  
**SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ**  
Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu

Sayı : 46418926

Konu : Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurul Kararları

### ARAŞTIRMA PROJESİ DEĞERLENDİRME RAPORU

TOPLANTI TARİHİ : 12 MART 2019 SALI  
TOPLANTI NO : 2019/05  
PROJE/ KARAR NO : 19/87 (Değerlendirilme Tarihi: 12.03.2019)

Başkent Üniversitesi, Biyomedikal Mühendisliğinde görevli Dr. Öğr. Üyesi Metin YILDIZ'ın sorumlu araştırmacı olduğu, Prof. Dr. Sinan YETKİN ve Dr. Öğr. Üyesi Derya YILMAZ'ın yardımcı araştırmacı oldukları, 19/87 kayıt numaralı, **"Tıkayıcı Uyku Apnesinin Konuşma Seslerinin Doğrusal Olmayan Zaman Serisi Analizleri ve Akıllı Karar Verme Yöntemleri ile Tespiti"** başlıklı proje önerisi, araştırmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş olup, etik açıdan uygun bulunmuştur.

**BAŞKAN**

Ahmet COŞAR  
Prof. Dr.

**ÜYE**

Alper GÖZÜBÜYÜK  
Prof. Dr.

**ÜYE**

Ayhan KILIÇ  
Prof. Dr.

**ÜYE**

Levent KENAR  
Prof. Dr.

**ÜYE**

Ömer Cumbur AYDIN  
Prof. Dr.

**ÜYE**

Cemal Nuri ERÇİN  
Prof. Dr.

**ÜYE**

Kazım Emre KARASARIN  
Prof. Dr.

**ÜYE**

Yusuf ZCİ  
Prof. Dr.

**ÜYE**

Murat ÇELİK  
Doç. Dr.

**ÜYE**

Ali Kağan COŞKUN  
Doç. Dr.

**ÜYE**

TOPLANTIYA KATILMADI

Ceyhan ALTUN  
Doç. Dr.

**ÜYE**

Dilek YILBIZ  
Doç. Dr.

**ÜYE**

Gülten GÜVENÇ  
Doç. Dr.

Sağlık Bilimleri Üniversitesi Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu  
Etik-Ankara  
Telefon: 0 (312) 304 6135

### EK 3: SES DOSYASI AYRIŞTIRMA PROGRAMI

```
clc
clear all
close all

load('YUSUFERGÜNTOGAY.mat')

Fs=96000;
sound(Rec_su,Fs);
figure;
plot(Rec_su)
grid on;

xlabel('SAMPLE');
ylabel('AUDIO SIGNAL');

%A SES KAYDINI AYIRMA VE DİNLEME PROGRAMI.....
has1=Rec_a(82740:127500);
has2=Rec_a(164700:208400);
has3=Rec_a(244400:289000);
has4=Rec_a(331300:372100);
has5=Rec_a(404900:438100);
sound(has1,Fs);
pause(1)
sound(has2,Fs);
pause(1)
sound(has3,Fs);
pause(1)
sound(has4,Fs);
pause(1)
sound(has5,Fs);
pause(1)
%A SES KAYDINI AYIRMA VE DİNLEME PROGRAMI.....

%İ SES KAYDINI AYIRMA VE DİNLEME PROGRAMI.....
has101=Rec_i(15170:66330);
has102=Rec_i(94160:147900);
has103=Rec_i(175100:223900);
has104=Rec_i(251700:299400);
has105=Rec_i(322300:360200);
sound(has101,Fs);
pause(1)
sound(has102,Fs);
pause(1)
sound(has103,Fs);
pause(1)
sound(has104,Fs);
pause(1)
sound(has105,Fs);
pause(1)
%İ SES KAYDINI AYIRMA VE DİNLEME PROGRAMI.....

%U SES KAYDINI AYIRMA VE DİNLEME PROGRAMI.....
has201=Rec_u(10560:66760);
has202=Rec_u(90030:145400);
has203=Rec_u(166400:225000);
has204=Rec_u(243500:292900);
has205=Rec_u(315300:359900);
sound(has201,Fs);
pause(1)
sound(has202,Fs);
pause(1)
sound(has203,Fs);
pause(1)
sound(has204,Fs);
pause(1)
sound(has205,Fs);
pause(1)
% U SES KAYDINI AYIRMA VE DİNLEME PROGRAMI.....

% I SES KAYDINI AYIRMA VE DİNLEME PROGRAMI.....
has301=Rec_ii(53600:94920);
```

```
has302=Rec_ii(131700:175900);
has303=Rec_ii(204400:253300);
has304=Rec_ii(278000:323300);
has305=Rec_ii(345600:387500);
sound(has301,Fs);
pause(1)
sound(has302,Fs);
pause(1)
sound(has303,Fs);
pause(1)
sound(has304,Fs);
pause(1)
sound(has305,Fs);
pause(1)
%I SES KAYDINI AYIRMA VE DİNLEME PROGRAMI.....

%KA SES KAYDINI AYIRMA VE DİNLEME PROGRAMI.....
has401=Rec_ka(95970:147000);
has402=Rec_ka(175400:221400);
has403=Rec_ka(247400:293300);
has404=Rec_ka(322000:364500);
has405=Rec_ka(388500:421500);
sound(has401,Fs);
pause(1)
sound(has402,Fs);
pause(1)
sound(has403,Fs);
pause(1)
sound(has404,Fs);
pause(1)
sound(has405,Fs);
pause(1)
%KA SES KAYDINI AYIRMA VE DİNLEME PROGRAMI.....

%Kİ SES KAYDINI AYIRMA VE DİNLEME PROGRAMI.....
has501=Rec_ki(7307:60720);
has502=Rec_ki(87450:142900);
has503=Rec_ki(165400:214200);
has504=Rec_ki(239300:284900);
has505=Rec_ki(309800:347500);
sound(has501,Fs);
pause(1)
sound(has502,Fs);
pause(1)
sound(has503,Fs);
pause(1)
sound(has504,Fs);
pause(1)
sound(has505,Fs);
pause(1)
%Kİ SES KAYDINI AYIRMA VE DİNLEME PROGRAMI.....

%KU SES KAYDINI AYIRMA VE DİNLEME PROGRAMI.....
has601=Rec_ku(17830:73760);
has602=Rec_ku(97650:149500);
has603=Rec_ku(180500:227600);
has604=Rec_ku(260000:308500);
has605=Rec_ku(335000:382900);
sound(has601,Fs);
pause(1)
sound(has602,Fs);
pause(1)
sound(has603,Fs);
pause(1)
sound(has604,Fs);
pause(1)
sound(has605,Fs);
pause(1)
%KU SES KAYDINI AYIRMA VE DİNLEME PROGRAMI.....

%KI SES KAYDINI AYIRMA VE DİNLEME PROGRAMI.....
has701=Rec_kii(8037:59920);
has702=Rec_kii(92000:142000);
has703=Rec_kii(171900:216300);
has704=Rec_kii(249500:294400);
has705=Rec_kii(322200:368600);
sound(has701,Fs);
```

```
pause(1)
sound(has702,Fs);
pause(1)
sound(has703,Fs);
pause(1)
sound(has704,Fs);
pause(1)
sound(has705,Fs);
pause(1)
%KI SES KAYDINI AYIRMA VE DİNLEME PROGRAMI.....

%GA SES KAYDINI AYIRMA VE DİNLEME PROGRAMI.....
has801=Rec_ga(63420:132900);
has802=Rec_ga(173000:220700);
has803=Rec_ga(250600:300100);
has804=Rec_ga(334500:380300);
has805=Rec_ga(408000:451100);
sound(has801,Fs);
pause(1)
sound(has802,Fs);
pause(1)
sound(has803,Fs);
pause(1)
sound(has804,Fs);
pause(1)
sound(has805,Fs);
pause(1)
%GA SES KAYDINI AYIRMA VE DİNLEME PROGRAMI.....

%GI SES KAYDINI AYIRMA VE DİNLEME PROGRAMI.....
has901=Rec_gi(75090:129300);
has902=Rec_gi(156100:205300);
has903=Rec_gi(223700:277400);
has904=Rec_gi(310400:355700);
has905=Rec_gi(382600:422700);
sound(has901,Fs);
pause(1)
sound(has902,Fs);
pause(1)
sound(has903,Fs);
pause(1)
sound(has904,Fs);
pause(1)
sound(has905,Fs);
pause(1)
%GI SES KAYDINI AYIRMA VE DİNLEME PROGRAMI.....

%GU SES KAYDINI AYIRMA VE DİNLEME PROGRAMI.....
has1001=Rec_gu(26280:78150);
has1002=Rec_gu(102200:159000);
has1003=Rec_gu(171200:239100);
has1004=Rec_gu(244400:309300);
has1005=Rec_gu(333800:378000);
sound(has1001,Fs);
pause(1)
sound(has1002,Fs);
pause(1)
sound(has1003,Fs);
pause(1)
sound(has1004,Fs);
pause(1)
sound(has1005,Fs);
pause(1)
%GU SES KAYDINI AYIRMA VE DİNLEME PROGRAMI.....

%GI SES KAYDINI AYIRMA VE DİNLEME PROGRAMI.....
has1101=Rec_gii(50970:104400);
has1102=Rec_gii(119100:179500);
has1103=Rec_gii(192000:258000);
has1104=Rec_gii(266500:333000);
has1105=Rec_gii(336800:394100);
sound(has1101,Fs);
pause(1)
sound(has1102,Fs);
pause(1)
sound(has1103,Fs);
pause(1)
```

```
sound(has1104,Fs);
pause(1)
sound(has1105,Fs);
pause(1)
%GI SES KAYDINI AYIRMA VE DİNLEME PROGRAMI.....

%HA SES KAYDINI AYIRMA VE DİNLEME PROGRAMI.....
has1201=Rec_ha(101600:163100);
has1202=Rec_ha(189100:234400);
has1203=Rec_ha(270000:315900);
has1204=Rec_ha(346200:396400);
has1205=Rec_ha(424700:459500);
sound(has1201,Fs);
pause(1)
sound(has1202,Fs);
pause(1)
sound(has1203,Fs);
pause(1)
sound(has1204,Fs);
pause(1)
sound(has1205,Fs);
pause(1)
%HA SES KAYDINI AYIRMA VE DİNLEME PROGRAMI.....

%Hİ SES KAYDINI AYIRMA VE DİNLEME PROGRAMI.....
has1301=Rec_hi(7832:77800);
has1302=Rec_hi(93790:151100);
has1303=Rec_hi(171800:228800);
has1304=Rec_hi(250500:301900);
has1305=Rec_hi(322700:371000);
sound(has1301,Fs);
pause(1)
sound(has1302,Fs);
pause(1)
sound(has1303,Fs);
pause(1)
sound(has1304,Fs);
pause(1)
sound(has1305,Fs);
pause(1)
%Hİ SES KAYDINI AYIRMA VE DİNLEME PROGRAMI.....

%HU SES KAYDINI AYIRMA VE DİNLEME PROGRAMI.....
has1401=Rec_hu(14970:86130);
has1402=Rec_hu(99540:165800);
has1403=Rec_hu(174200:238500);
has1404=Rec_hu(256600:317600);
has1405=Rec_hu(335500:382400);
sound(has1401,Fs);
pause(1)
sound(has1402,Fs);
pause(1)
sound(has1403,Fs);
pause(1)
sound(has1404,Fs);
pause(1)
sound(has1405,Fs);
pause(1)
%HU SES KAYDINI AYIRMA VE DİNLEME PROGRAMI.....

%HI SES KAYDINI AYIRMA VE DİNLEME PROGRAMI.....
has1501=Rec_hii(56870:118500);
has1502=Rec_hii(143200:200400);
has1503=Rec_hii(228300:280500);
has1504=Rec_hii(305500:361100);
has1505=Rec_hii(388300:433000);
sound(has1501,Fs);
pause(1)
sound(has1502,Fs);
pause(1)
sound(has1503,Fs);
pause(1)
sound(has1504,Fs);
pause(1)
sound(has1505,Fs);
```

```
pause(1)
% HI SES KAYDINI AYIRMA VE DİNLEME PROGRAMI.....

% CA SES KAYDINI AYIRMA VE DİNLEME PROGRAMI.....
has1601=Rec_ca(95840:151600);
has1602=Rec_ca(166000:236200);
has1603=Rec_ca(258600:314300);
has1604=Rec_ca(336200:390400);
has1605=Rec_ca(415400:455200);
sound(has1601,Fs);
pause(1)
sound(has1602,Fs);
pause(1)
sound(has1603,Fs);
pause(1)
sound(has1604,Fs);
pause(1)
sound(has1605,Fs);
pause(1)
%CA SES KAYDINI AYIRMA VE DİNLEME PROGRAMI.....

%CI SES KAYDINI AYIRMA VE DİNLEME PROGRAMI.....
has1701=Rec_ci(6237:71140);
has1702=Rec_ci(91400:161700);
has1703=Rec_ci(175800:240800);
has1704=Rec_ci(264200:311800);
has1705=Rec_ci(338000:379000);
sound(has1701,Fs);
pause(1)
sound(has1702,Fs);
pause(1)
sound(has1703,Fs);
pause(1)
sound(has1704,Fs);
pause(1)
sound(has1705,Fs);
pause(1)
%CI SES KAYDINI AYIRMA VE DİNLEME PROGRAMI.....

%CU SES KAYDINI AYIRMA VE DİNLEME PROGRAMI.....
has1801=Rec_cu(61900:132600);
has1802=Rec_cu(159000:211800);
has1803=Rec_cu(238200:301100);
has1804=Rec_cu(316400:368400);
has1805=Rec_cu(393400:445600);
sound(has1801,Fs);
pause(1)
sound(has1802,Fs);
pause(1)
sound(has1803,Fs);
pause(1)
sound(has1804,Fs);
pause(1)
sound(has1805,Fs);
pause(1)
%CU SES KAYDINI AYIRMA VE DİNLEME PROGRAMI.....

%CI SES KAYDINI AYIRMA VE DİNLEME PROGRAMI.....
has1901=Rec_cii(40390:98580);
has1902=Rec_cii(132500:185600);
has1903=Rec_cii(220300:274200);
has1904=Rec_cii(308100:354900);
has1905=Rec_cii(385800:427400);
sound(has1901,Fs);
pause(1)
sound(has1902,Fs);
pause(1)
sound(has1903,Fs);
pause(1)
sound(has1904,Fs);
pause(1)
sound(has1905,Fs);
pause(1)
%CI SES KAYDINI AYIRMA VE DİNLEME PROGRAMI.....

%SA SES KAYDINI AYIRMA VE DİNLEME PROGRAMI.....
has2001=Rec_sa(60240:128900);
```

```
has2002=Rec_sa(143800:206200);
has2003=Rec_sa(215800:277300);
has2004=Rec_sa(297000:349500);
has2005=Rec_sa(368000:421000);
sound(has2001,Fs);
pause(1)
sound(has2002,Fs);
pause(1)
sound(has2003,Fs);
pause(1)
sound(has2004,Fs);
pause(1)
sound(has2005,Fs);
pause(1)
%SA SES KAYDINI AYIRMA VE DİNLEME PROGRAMI.....

%SI SES KAYDINI AYIRMA VE DİNLEME PROGRAMI.....
has2101=Rec_si(60720:139400);
has2102=Rec_si(152700:227500);
has2103=Rec_si(233200:308400);
has2104=Rec_si(322800:392100);
has2105=Rec_si(407700:471400);
sound(has2101,Fs);
pause(1)
sound(has2102,Fs);
pause(1)
sound(has2103,Fs);
pause(1)
sound(has2104,Fs);
pause(1)
sound(has2105,Fs);
pause(1)
%SI SES KAYDINI AYIRMA VE DİNLEME PROGRAMI.....

%SU SES KAYDINI AYIRMA VE DİNLEME PROGRAMI.....
has2201=Rec_su(34790:110300);
has2202=Rec_su(122500:193000);
has2203=Rec_su(209200:277400);
has2204=Rec_su(289600:354200);
has2205=Rec_su(365500:425100);
sound(has2201,Fs);
pause(1)
sound(has2202,Fs);
pause(1)
sound(has2203,Fs);
pause(1)
sound(has2204,Fs);
pause(1)
sound(has2205,Fs);
pause(1)
%SU SES KAYDINI AYIRMA VE DİNLEME PROGRAMI.....

%SI SES KAYDINI AYIRMA VE DİNLEME PROGRAMI.....
has2301=Rec_sii(110600:184600);
has2302=Rec_sii(200400:265800);
has2303=Rec_sii(279300:347700);
has2304=Rec_sii(360400:428400);
has2305=Rec_sii(442300:493200);
sound(has2301,Fs);
pause(1)
sound(has2302,Fs);
pause(1)
sound(has2303,Fs);
pause(1)
sound(has2304,Fs);
pause(1)
sound(has2305,Fs);
pause(1)
%SI SES KAYDINI AYIRMA VE DİNLEME PROGRAMI.....

%NA SES KAYDINI AYIRMA VE DİNLEME PROGRAMI.....
has2401=Rec_na(44750:114800);
has2402=Rec_na(132600:195500);
has2403=Rec_na(216000:272300);
has2404=Rec_na(292800:346400);
has2405=Rec_na(371500:414000);
sound(has2401,Fs);
```

```
pause(1)
sound(has2402,Fs);
pause(1)
sound(has2403,Fs);
pause(1)
sound(has2404,Fs);
pause(1)
sound(has2405,Fs);
pause(1)
%NA SES KAYDINI AYIRMA VE DİNLEME PROGRAMI.....

%Nİ SES KAYDINI AYIRMA VE DİNLEME PROGRAMI.....
has2501=Rec_ni(31560:97170);
has2502=Rec_ni(111100:175900);
has2503=Rec_ni(197000:265600);
has2504=Rec_ni(284800:345800);
has2505=Rec_ni(364400:415900);
sound(has2501,Fs);
pause(1)
sound(has2502,Fs);
pause(1)
sound(has2503,Fs);
pause(1)
sound(has2504,Fs);
pause(1)
sound(has2505,Fs);
pause(1)
%Nİ SES KAYDINI AYIRMA VE DİNLEME PROGRAMI.....

%NU SES KAYDINI AYIRMA VE DİNLEME PROGRAMI.....
has2601=Rec_nu(5729:68520);
has2602=Rec_nu(93510:155800);
has2603=Rec_nu(179200:238200);
has2604=Rec_nu(265000:322000);
has2605=Rec_nu(344100:392500);
sound(has2601,Fs);
pause(1)
sound(has2602,Fs);
pause(1)
sound(has2603,Fs);
pause(1)
sound(has2604,Fs);
pause(1)
sound(has2605,Fs);
pause(1)
%NU SES KAYDINI AYIRMA VE DİNLEME PROGRAMI.....

%NI SES KAYDINI AYIRMA VE DİNLEME PROGRAMI.....
has2701=Rec_nii(30180:101800);
has2702=Rec_nii(125200:193400);
has2703=Rec_nii(210000:273000);
has2704=Rec_nii(296100:355500);
has2705=Rec_nii(375900:423500);
sound(has2701,Fs);
pause(1)
sound(has2702,Fs);
pause(1)
sound(has2703,Fs);
pause(1)
sound(has2704,Fs);
pause(1)
sound(has2705,Fs);
pause(1)
%NI SES KAYDINI AYIRMA VE DİNLEME PROGRAMI.....
```

## EK 4: SESSİZ HARF TESPİT PROGRAMI

```
close all;
clear all;
clc;

fs=96000;

hofiles={'has' 5}; %degistir
k=0;

for i=1:size(hofiles,1);

    for j=1:cell2mat(hofiles(i,2)) %degistir

        xx=load(['C:\Analiz Programi\analiz_sesleri_yeni\ca\' , char(hofiles(i,1)) '_ca_'
num2str(j) '.mat']); %mat dene

        xxx=struct2cell(xx);
        z=xxx{1,1};

        if k==0
            k=j ;
        end

        if k==j
            y1{i,k}=z(1:4438); %degistir
            l1=length(y1{i,k})
        elseif j==k+1
            y2{i,k+1}=z(1:5479); %degistir
            l2=length(y2{i,k+1})
        elseif j==k+2
            y3{i,k+2}=z(1:6771); %degistir
            l3=length(y3{i,k+2})
        elseif j==k+3
            y4{i,k+3}=z(1:5548); %degistir
            l4=length(y4{i,k+3})
        elseif j==k+4
            y5{i,k+4}=z(1:4034); %degistir
            l5=length(y5{i,k+4})
        end

        end

        subplot(5,1,1);
        plot(y1{1,k});
        subplot(5,1,2);
        plot(y2{1,k+1});
        subplot(5,1,3);
        plot(y3{1,k+2});
        subplot(5,1,4);
        plot(y4{1,k+3});
        subplot(5,1,5);
        plot(y5{1,k+4});

        pause;
        sound(y1{1,k}, fs);
        pause;
        sound(y2{1,k+1}, fs);
        pause;
        sound(y3{1,k+2}, fs);
        pause;
        sound(y4{1,k+3}, fs);
        pause;
        sound(y5{1,k+4}, fs);
    end
end
```

## EK 5: GÖNÜLLÜ ONAM FORMU



SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ  
GÜLHANE GİRİŞİMSEL OLMAYAN ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU

FORM 6E

### BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU

Araştırma Projesinin Adı: Tıkayıcı uyku apnesinin konuşma seslerinin doğrusal olmayan zaman serisi analizleri ve akıllı karar verme yöntemleri ile tespiti

Sorumlu Araştırmacının Adı: Dr. Öğr. Üyesi Metin YILDIZ

Diğer Araştırmacıların Adı: Prof. Dr. Sinan Yetkin

Dr. Öğr. Üyesi Derya YILMAZ

Destekleyici (varsa): TÜBİTAK başvurusu yapılacak

“Tıkayıcı uyku apnesinin konuşma seslerinin doğrusal olmayan zaman serisi analizleri ve akıllı karar verme yöntemleri ile tespiti” isimli bir çalışmada yer almak üzere davet edilmiş bulunmaktasınız. Bu çalışmaya davet edilmenizden nedeni sizde Tıkayıcı Uyku Apnesi hastalığının görülmüş/görülmemiş olmasıdır. Bu çalışma, araştırma amaçlı olarak yapılmaktadır ve katılım gönüllülük esasına dayalıdır. Çalışmaya katılma konusunda karar vermeden önce araştırma hakkında sizi bilgilendirmek istiyoruz. Çalışma hakkında tam olarak bilgi sahibi olduktan sonra ve sorularınız cevaplandıktan sonra eğer katılmak isterseniz sizden bu formu imzalamanız istenecektir. Bu araştırma, Başkent Üniversitesi, Biyomedikal Mühendisliği Anabilim Dalında, Dr. Metin YILDIZ sorumluluğu altındadır.

#### **Çalışmanın amacı nedir; benden başka kaç kişi bu çalışmaya katılacak?**

*Bu başlık altında aşağıdaki bilgiler yer almalıdır:*

- *Araştırmanın amacı, Tıkayıcı Uyku Apnesi sendromunun, kişilerden yapılacak birkaç dakikalık ses kayıtlarının doğrusal olmayan zaman serisi analizleri ve akıllı karar sistemleri kullanılarak tespit edilebilirliğinin gösterilmesidir.*
- *Çalışmaya 150 Tıkayıcı Uyku Apnesi hastalığına sahip olan, 150 olmayan denek ile yapılacaktır.*

#### **Bu çalışmaya katılmamı mıym? (Bu bölüm aynen korunacaktır)**

Bu çalışmada yer alıp almamak tamamen size bağlıdır. Şu anda bu formu imzalarsanız bile istediğiniz herhangi bir zamanda bir neden göstermeksizin çalışmayı bırakmakta özgürsünüz. Eğer katılmak istemez iseniz veya çalışmadan ayrılırsanız, doktorunuz tarafından sizin için en uygun tedavi planı uygulanacaktır. Aynı şekilde çalışmayı yürüten doktor çalışmaya devam etmenizden sizin için yararlı olmayacağına karar verebilir ve sizi çalışma dışı bırakabilir, bu durumda da sizin için en uygun tedavi seçilecektir.

#### **Bu çalışmaya katılırsam beni ne bekliyor?**

- Size söylenen heceleri 4'er kez tekrar etmeniz istenecektir.
- Araştırma toplamda 5 dakika civarında sürecektir.
- Kaydedilen sesinizde mühendislik hesaplamaları yapılarak Apne Tespitinin bu ses kayıtlarından yapılıp yapılamayacağı araştırılacaktır.



### BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU

Araştırma Projesinin Adı: Tıkayıcı uyku apnesinin konuşma seslerinin doğrusal olmayan zaman serisi analizleri ve akıllı karar verme yöntemleri ile tespiti  
Sorumlu Araştırmacının Adı: Dr. Öğr. Üyesi Metin YILDIZ  
Diğer Araştırmacıların Adı: Prof. Dr. Sinan Yetkin  
Dr. Öğr. Üyesi Derya YILMAZ  
Destekleyici (varsa): TÜBİTAK başvurusu yapılacak

“Tıkayıcı uyku apnesinin konuşma seslerinin doğrusal olmayan zaman serisi analizleri ve akıllı karar verme yöntemleri ile tespiti” isimli bir çalışmada yer almak üzere davet edilmiş bulunmaktasınız. Bu çalışmaya davet edilmenizin nedeni sizde Tıkayıcı Uyku Apnesi hastalığının görülmüş/görülmemiş olmasıdır. Bu çalışma, araştırma amaçlı olarak yapılmaktadır ve katılım gönüllülük esasına dayalıdır. Çalışmaya katılma konusunda karar vermeden önce araştırma hakkında sizi bilgilendirmek istiyoruz. Çalışma hakkında tam olarak bilgi sahibi olduktan sonra ve sorularınız cevaplandıktan sonra eğer katılmak isterseniz sizden bu formu imzalamanız istenecektir. Bu araştırma, Başkent Üniversitesi, Biyomedikal Mühendisliği Anabilim Dalında, Dr. Metin YILDIZ sorumluluğu altındadır.

#### **Çalışmanın amacı nedir; benden başka kaç kişi bu çalışmaya katılacak?**

*Bu başlık altında aşağıdaki bilgiler yer almaktadır:*

- *Araştırmanın amacı, Tıkayıcı Uyku Apnesi sendromunun, kişilerden yapılacak birkaç dakikalık ses kayıtlarının doğrusal olmayan zaman serisi analizleri ve akıllı karar sistemleri kullanılarak tespit edilebilirliğinin gösterilmesidir.*
- *Çalışmaya 150 Tıkayıcı Uyku Apnesi hastalığına sahip olan, 150 olmayan denek ile yapılacaktır.*

#### **Bu çalışmaya katılmamı mıym? (Bu bölüm aynen korunacaktır)**

Bu çalışmada yer alıp almamak tamamen size bağlıdır. Şu anda bu formu imzalaranız bile istediğiniz herhangi bir zamanda bir neden göstermeksizin çalışmayı bırakmakta özgürsünüz. Eğer katılmak istemez iseniz veya çalışmadan ayrılırsanız, doktorunuz tarafından sizin için en uygun tedavi planı uygulanacaktır. Aynı şekilde çalışmayı yürüten doktor çalışmaya devam etmenizin sizin için yararlı olmayacağına karar verebilir ve sizi çalışma dışı bırakabilir, bu durumda da sizin için en uygun tedavi seçilecektir.

#### **Bu çalışmaya katılırsam beni ne bekliyor?**

- Size söylenen heceleri 4'er kez tekrar etmeniz istenecektir.
- Araştırma toplamda 5 dakika civarında sürecektir.
- Kaydedilen sesinizde mühendislik hesaplamaları yapılarak Apne Tespitinin bu ses kayıtlarından yapılıp yapılamayacağı araştırılacaktır.



SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ  
GÜLHANE GİRİŞİMSEL OLMAYAN ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU

FORM 6E

Araştırma uygulamasından kaynaklanan nedenlerle meydana gelebilecek herhangi bir sağlık sorunumun ortaya çıkması halinde, her türlü tıbbi müdahalenin sağlanacağı konusunda gerekli güvence verildi. (Bu tıbbi müdahalelerle ilgili olarak da parasal bir yük altına girmeyeceğim).

Araştırma sırasında bir sağlık sorunu ile karşılaştığımda; herhangi bir saatte, Prof. Dr. Sinan YETKİN'i, 0 533 394 49 72 nolu telefon veya Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Uyku Laboratuvarı, adresinden arayabileceğimi biliyorum.

Bana yapılan tüm açıklamaları ayrıntılarıyla anlamış bulunmaktayım. Bu koşullarla söz konusu klinik araştırmaya kendi rızamla, hiç bir baskı ve zorlama olmaksızın, gönüllülük içerisinde katılmayı kabul ediyorum.

İmzalı bu form kağıdının bir kopyası bana verilecektir.

**Katılımcı**

Adı, soyadı:

Adres:

Tel:

İmza:

Tarih:

**Görüşme tanığı**

Adı, soyadı:

Adres:

Tel:

İmza:

Tarih:

**Katılımcı ile görüşen hekim**

Adı soyadı, unvanı:

Adres:

Tel:

İmza:

Tarih: