



T.C.  
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
Mühendislik Fakültesi  
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü  
EEM4433-SAYISAL İŞARET İŞLEME  
2021-2022 Güz Yarıyılı

# DÖNEM PROJESİ

## SAYISAL İŞARET İŞLEMEDE MATLAB UYGULAMALARI

**Proje Başlığı**  
Hearing Aid System for Impaired People

**Takım Üyeleri**  
Mürsel Aybars Ormanlı-031890004 (**Takım Lideri**)  
Burak Yavuz Çengel-031890016 (**Raportör**)  
Batuhan Özdemir-031890026 (**Üye**)

**Takım No: 10**  
**Proje No: 9**

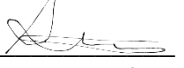
**05 Ocak 2022**

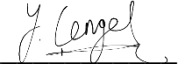


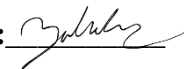
**T.C.**  
**BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ**  
**Mühendislik Fakültesi**  
**Bilgisayar Mühendisliği Bölümü**  
**EEM4433-SAYISAL İŞARET İŞLEME**  
**2021-2022 Güz Yarıyılı**

**DÖNEM PROJESİNİN ÖZGÜNLÜK TAAHHÜTNAMESİ**

Ekteki dönem projesinin özgün çalışmamızı içerdiğini taahhüt ederiz. Bu projede sunulan bilgiler, daha önce başkaları tarafından yayınlanmamış ve yazılmamıştır; proje metninde bahsi geçip, başkaları tarafından yapılmış olan çalışmalara ise uygun atıflar yapılmıştır.

**Takım Liderinin Adı, Soyadı : Mürsel Aybars Ormanlı** \_\_\_\_\_ **İmza:** 

**Raportörün Adı, Soyadı : Burak Yavuz Çengel** \_\_\_\_\_ **İmza:** 

**Takım Üyesinin Adı, Soyadı : Batuhan Özdemir** \_\_\_\_\_ **İmza:** 

## ÖZET

İnsanoğlu hayatını geçirirken 5 duyusundan sürekli faydalanır ama bazılarımız maalesef bu duyularında eksikliklere sahip olabiliyor. Teknolojideki gelişmeler sayesinde bu eksiklikler bir şekilde kapatılmaya çalışılsa da her zaman mükemmel bir sonuç alınamıyor. Bunun yerine mükemmele yaklaşmak için birçok farklı yöntem kullanılıp yeni teknolojiler geliştiriliyor. Örneğin işitmede sorun yaşayanlar için geliştirilen cihazların en büyük sorunu gürültü engelleme sistemleri. Bu sistemler genelde önceden belirlenmiş ve sınıflandırılmış gürültüler üstünde çalışmakta. İncelenen makalede, ortamda karşılaşılabilecek herhangi bir gürültü karşısında iyi sonuçlar gösterecek, uyarlanabilir filtrelerin kullanımından bahsedilmiş. İnsan konuşmasının kendine özgü doğası, sesteki gürültünün ayırt edilip ayıklanması için kullanılmış. 250ms'lik zaman diliminde konuşma pek durağan değildir. Gürültü ise oldukça durağan olduğundan bu ayırım yapılabilmektedir.

## **ABSTRACT**

While human beings spend their lives, they constantly benefit from their 5 senses, but unfortunately some of us may have deficiencies in these senses. Thanks to the developments in technology, these deficiencies are tried to be covered in some way, but a perfect result cannot always be obtained. Instead, many different methods are used and new technologies are developed to approach perfection. For example, the biggest problem of the devices developed for those who have hearing problems is the noise canceling systems. These systems generally work on predetermined and classified noises. In the reviewed article, the use of adaptive filters, which will show good results against any noise that may be encountered in the environment, is mentioned. The unique nature of human speech has been used to distinguish and sort out the noise in the voice. Speech is non-stationary in the 250ms time frame. This distinction can be made since the noise is quite stationary.

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
İÇİNDEKİLER .....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
1. GİRİŞ .....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI .....	2
2.1. Engelliler İçin İşitme Cihazı Sistemi .....	2
2.1.1. Gürültü Ekleme İşlemi .....	3
2.1.2. Gürültü Azaltma Filtresi .....	3
2.1.3. Frekans Şekillendirici.....	3
2.1.4. Yükseltme Sıkıştırma .....	4
2.1.5. Uygulama ve Simülasyon .....	4
2.1.6. Sonuçlar .....	4
2.2. Sanal Geri Bildirim Yapılandırması Kullanarak Bilinmeyen Spektrumlara Sahip Gürültülerin Konuşmalardan Uyarlanabilir Blind Filtrelerle Ayrılması.....	6
2.2.1. Sistem Tanımı .....	6
2.3. Uyarlanabilir Gürültü Silmenin Yeni Bir Uygulanışı .....	13
3. MATERYAL VE YÖNTEM .....	15
3.1. Least Mean Square (LMS) Algoritması.....	15
3.2. Frekans Şekillendirici.....	16
3.3. Genlik Şekillendirici .....	16
3.3.1. Genlik Şekillendirici Nasıl Çalışır? .....	17
3.4. Önerilen Blind Tekniği .....	17
3.4.1. Gürültü Tespit Stratejisi .....	17
3.4.2. Çözüm Gereksinimleri .....	17
3.4.3. Gürültünün Enerjisinin Hesaplanması .....	18
3.4.4. Yaklaşık Prosedür .....	18
3.4.5. Temel Ağırlık Ayarlaması.....	18
3.4.6. Gürültüden Arındıran Alt Sistem .....	19
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI .....	20
5. TARTIŞMA .....	24

6. EKLER.....	25
6.1. Main() Fonksiyonu.....	25
6.2. applySkiSlope() Fonksiyonu.....	27
6.3. powerCompress() Fonksiyonu .....	30
7. KAYNAKLAR .....	33
8. TEŞEKKÜR.....	34
9. ÖZGEÇMİŞ .....	35
<b>DEĞERLENDİRME TABLOSU .....</b>	<b>38</b>

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 - Sistemin Blok Diyagramı .....	2
Şekil 2.2 - Tipik bir Frekans Şekillendirici Çıktısı .....	3
Şekil 2.3 - Girdi Sinyali .....	4
Şekil 2.4 - Çıktı Sinyali.....	5
Şekil 2.5 - Gürültü Çıkarma İşleminden Sonraki Sinyal.....	5
Şekil 2.6 - Düzenlenmiş ve Orjinal Sinyalin Spektrogramı .....	5
Şekil 2.7 - a) temiz konuşma sinyali b) gürültülü konuşma sinyali .....	12
Şekil 2.8 - Konuşma girdisiyle uyarlanabilir gürültü önlemenin blok diyagramı.....	13
Şekil 3.1 – Sistem Blok Diyagramı.....	15
Şekil 3.2 – Ses Düzenleme Algoritmaları .....	15
Şekil 3.3 – LMS modelinin blok diyagramı.....	16
Şekil 3.4 – $P_{sat}$ değeri eşiklenmesi [1].....	17
Şekil 4.1 – LMS Fonksiyonu Çıktısı.....	20
Şekil 4.2 – Yakınlaştırılmış Grafik .....	20
Şekil 4.3 – Frekans Şekillendirici Grafiği.....	21
Şekil 4.4 – Filtreden Geçmiş Sinyal.....	21
Şekil 4.5 – Yükseltilmiş Ses Çıktısı.....	22
Şekil 4.6 – Kullanıcıdan Alınan Ses Girdisi .....	22
Şekil 4.7 – Gürültü Eklenmiş Ses Çıktısı.....	23
Şekil 4.8 – Gürültünün Çıkarıldığı Ses Çıktısı.....	23

## 1. GİRİŞ

İşitme engellilerin günlük hayatta kullandıkları mevcut cihazlar gürültü karşısında her zaman etkili olamayabiliyor. Bunun sebebi bu cihazların işitme kaybı sorununa basit bir ses seviyesi kaybı şeklinde yaklaşması ve sadece belli başlı gürültüleri engellemesidir. Ama işitme kaybı zannedilenin aksine hastanın gürültüye karşı toleransını da azaltmakta ve seslere karşı daha hassasiyetlerinin artmasına sebep olmaktadır.

Dünya nüfusunun yaklaşık %10'u bir çeşit duyma kaybı sorunu yaşıyor ama bu kesmin sadece çok küçük bir kısmı işitme cihazlarından faydalanmaktadır. Bunun sebepleri arasında az önce bahsedilen teknik yetersizliklerin yanı sıra çeşitli kullanım zorlukları ve estetik kaygılar da yer almaktadır. Makaledeki sistem bu sıkıntıların da önüne geçebilmek için günlük hayatta uygulaması daha kolay bir sistem olduğundan tek mikforon kullanarak soruna çözüm üretmeye çalışıyor.

Konuşmayla birlikte gelen gürültünün azaltılmasında karşılaşılan temel problem bu seslere ayrı ayrı erişimin olmaması ve parametrelerine dair elde hiçbir veri bulunmaması. Önceki yöntemler, birincil kaynak sinyalinin iptal etmek için bir anti-faz sinyalinin kullanımını içermekte. Bu teknik, gürültü seviyelerini azaltmak için birçok endüstriyel uygulamada başarıyla kullanılıyor. Ancak böyle bir teknik, konuşma geliştirme durumunda işe yaramamakta. Ayrıca gürültünün belirsiz doğası nedeniyle gürültü azaltma için filtrelerin kullanılması da yetersiz olacaktır. Bu probleme karşı "Blind Technique'den faydalanan uyarlanabilir filtreler daha uygun olacaktır.



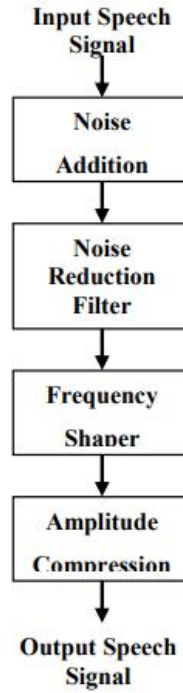
## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

### 2.1. Engelliler İçin İşitme Cihazı Sistemi

Klasik analog işitme cihazları radyoya benzer yapıda. Sesleri, basları ve tizleri (treble) ayarlanabiliyor. Ama işitme kaybı sadece ses kaybından ibaret bir durum değil. Bunun dışında bazı seslere karşı daha hassas olmaya ya da bazı sesleri daha zor işitmeyi de kapsar. Örneğin dijital teknoloji konuşmayla arkaplan sesleri arasındaki farkı anlayabilir, böylece birisini filtreleyip diğerini iletebilir.

Dünya popülasyonunun yaklaşık %10'u bir şekilde işitme sorunu yaşıyor, ama bu kısmın sadece çok küçük bir kısmı işitme cihazlarından faydalaniyor. Dijital sinyal işlemenin yardımıyla analog cihazların veremediği bir hizmet vermek hedefleniyor. Bu teknolojinin yardımıyla signal-to noise enhancement, esnek gain-processing, digital feedback reduction vb. gibi bazı özellikler kullanıcıya sunuluyor.

Bu çalışmada MATLAB'dan faydalanarak basit bir dijital işitme cihazının simülasyonu geliştiriliyor. Bu yapılandırılabilir dijital işitme cihazı (DHA) gürültü azaltma filtresi, frekans şekillendirici fonksiyon ve yükseltme sıkıştırma fonksiyonunu bünyesinde barındırıyor. DHA'nın hedef kitlesi hafif ve orta seviye işitme kaybı olan hastaları kapsıyor.



Şekil 2.1 - Sistemin Blok Diyagramı

### 2.1.1. Gürültü Ekleme İşlemi

Sistemdeki girdi sesi sinyali temiz bir sinyal olduğundan kendileri biraz gürültü(noise) ekleyerek durumu gerçek yaşamla daha uyumlu bir hale getirmişler. Adaptive White Gaussian Noise (AWGN) ve rastgele gürültü sisteme MATLAB kullanarak eklenmiş. AWGN gürültünün belirlenen frekans bandı üzerinde sürekli ve tekdüze bir frekans spektrumu var. Aynı zamanda bu bantta hertz başına düşen güçte eşit. Bünyesinde normal(gaussian) olasılık yoğunluk fonksiyonu (PDF) var.

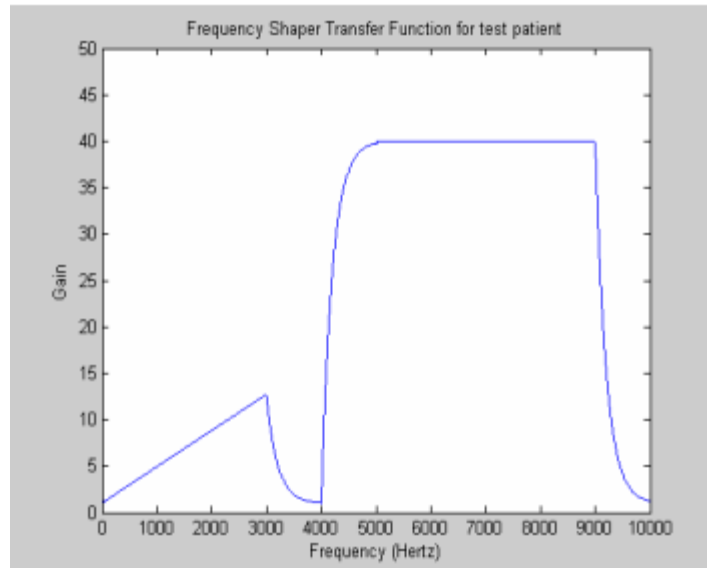
### 2.1.2. Gürültü Azaltma Filtresi

Noiseden (gürültü/parazit) kurtulmak için bir reduction filter function kullanmışlar. Noiseyi bastırmak içinse bir wavelet filter function kullanmışlar.

### 2.1.3. Frekans Şekillendirici

İşitme cihazı kullanıcılarının ortak şikayetlerinden birisi işitme cihazının duymak istedikleri spesifik sesin sinyalinden ziyade tüm sinyalleri güçlendirmesiymiş. Birçok işitme engelli yüksek frekanslardaki sesleri duymakta zorlanıyormuş. Bu yüzden belli frekanslardaki işitme kaybına karşı frekans şekillendiriciyi geliştirmişler.

Yüksek frekanslı sesler için daha yüksek kazanım uyguluyormuş.



Şekil 2.2 - Tipik bir Frekans Şekillendirici Çıktısı

#### 2.1.4. Yükseltme Sıkıştırma

Temel olarak yükseltme sıkıştırma fonksiyonunun görevi konuşma sesinin yükseltme miktarını kontrol etmek.

Bu fonksiyon sayesinde sesi yükseltileen sinyalin doygunluk gücünü geçmediğinden emin olunuyor. Doygunluk gücü ise yükseltme miktarının rahatsız edici hale geldiği sınırı temsil ediyor.

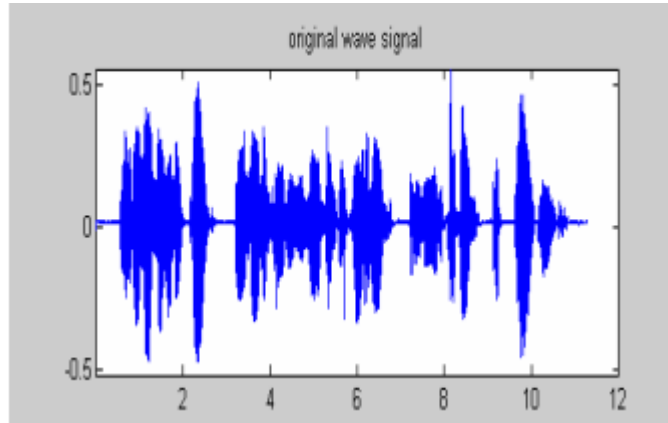
#### 2.1.5. Uygulama ve Simülasyon

MATLAB’da yazılın kod girdi dalga sinyalini yüklüyor, örnekleme frekansını ve bu sinyaldeki bit sayısını alıyor. Ardından Adaptive White Gaussian Noise (AWGN) ve rastgele parazit sinyale ekleniyor. Ardından çeşitli MATLAB fonksiyonları aracılığıyla sinyal işleniyor ve işitme engelli kişinin algılayabileceği bir ses elde ediliyor.

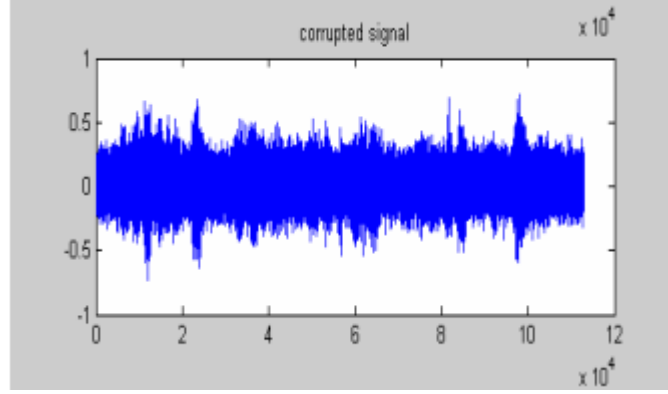
Analizin istenen biçimde olması için bir konuşma sinyali örneği seçilmiş. Örnekte erkek bir konuşmacı konuşuyor.

Ardından kullanım kolaylığı için bir Graphic User Interface (GUI) oluşturmuşlar.

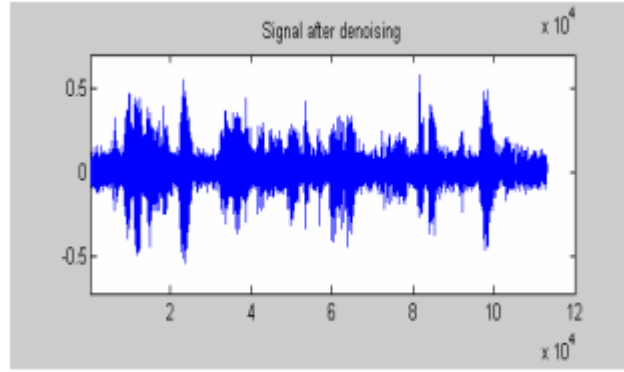
#### 2.1.6. Sonuçlar



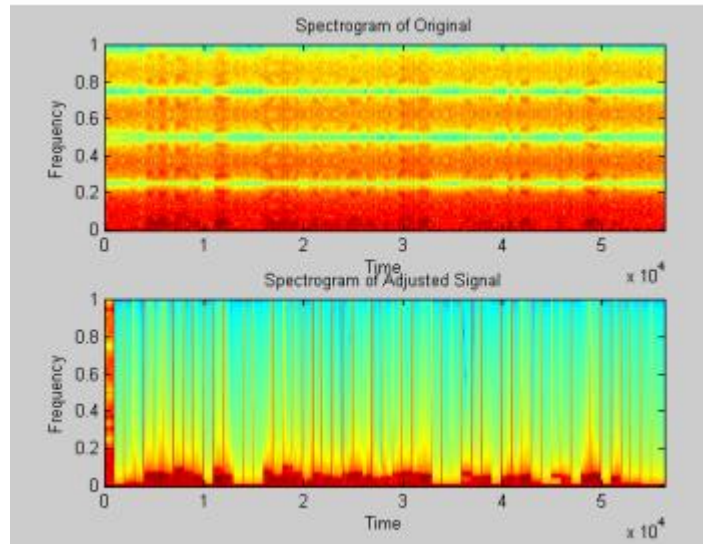
Şekil 2.3 - Girdi Sinyali



Şekil 2.4 - Çıktı Sinyali



Şekil 2.5 - Gürültü Çıkarma İşleminin Sonraki Sinyal



Şekil 2.6 - Düzenlenmiş ve Orjinal Sinyalin Spektrogramı

Sistem başarılı bir şekilde parazit miktarını indirmeyi başarmış ama düzeltilen sinyalin gücü beklenen miktarda artmamış. Bunun sebebinin gain function'un yanlış implementasyonu olduğunu düşünüyorlar.

## **2.2. Sanal Geri Bildirim Yapılandırması Kullanarak Bilinmeyen Spektrumlara Sahip Gürültülerin Konuşmalardan Uyarlanabilir Blind Filtrelerle Ayrılması**

Makalede tek alıcılı (mikrofonlu) Blind Adaptive Filter(BAF) kullanıp rastgele kayıtlardaki gürültüyle konuşmaları ayırt eden bir sistem anlatılıyor. BAF'ın kullandığı tek önceden sahip olunan bilgi, insan konuşmasının gürültünün aksine durağan olmayışı.

BAF 4 alt sistemden oluşan bir yapıya sahip. Ayırt edici sistem, konuşma/gürültü parametrelerini ayıran bir sistem, feedforward çalışan ve sanal geribildirimle göre yakınlık optimizasyonunu yapan bir sistem. Bir cost function yardımıyla durağan kısımları minimize edip, durağan olmayan kısımları maksimize eden bir sistem.

Sistem konuşmaya ve gürültüye ayrı ayrı erişilemeyen durumlara çözüm getirmeyi hedefliyor. Yanı sıra günlük hayatta daha kolay uygulanabilmesi için bu işlemi tek mikrofonla yapmaya çalışıyor.

BAF mimarisi her ne kadar parametrelere dair bilgiye ihtiyaç duymasa da konuşma sesinin ve gürültünün yapısına ve özelliklerine dair bilgiye ihtiyacı var. Bu sebepten filtreleme işlemi insan konuşmasının bilinen spektral ve fonem özelliklerine dayandırılıyor.

### **2.2.1. Sistem Tanımı**

#### **2.2.1.1. Konuşma Sesinin Özellikleri**

Konuşma temelde iki sınıfa ayrılıyor, voiced ve unvoiced konuşma. Voiced konuşma ses tellerini kullanarak çıkarılan sesleri, unvoiced konuşma ise ses tellerini kullanmadan çıkarılan sesleri kapsıyor. Voiced konuşma çoğunlukla sesli harfleri içeriyor ve yetişkin bir birey için 100Hz ile 4500Hz arasında bir enerjiye sahip olabilir. (genellikle 1000Hz civarında). Unvoiced konuşma ise 7000-8000 Hz'lere ulaşabilir.

Birçok unvoiced stop(t, p) ve fricative(f, s) fenomu 10-50 milisaniye sürer. Sesli harfler ise genellikle daha uzun sürelidir ve 40-250 ms sürer.

Dışarıdan bakıldığında insan sesinin frekansı rastgele zıplamalardan oluşur gibi görünür.

### 2.2.1.2. Blind Uyarlanabilir Konfigürasyonda Gürültü Tespiti

$$y[n] = s[n] + u[n], n \in Z$$

Bu denklemde  $s[n]$  bilgiyi içeren orijinal sinyali,  $u[n]$  ise gürültüyü temsil ediyor. Blind adaptive filtering (BAF) sistemi  $s[n]$  ve  $u[n]$ 'nin parametrelerine dair hiçbir fikrimiz olmadığında ve sadece  $y[n]$ 'ye erişebildiğimiz durumlarda sinyalleri birbirinden ayırmayı hedefleyen bir sistemdir.

Bunu başarmak için bahsi geçen sinyallerin özelliklerine ve yapısına dair bazı bilgilere sahip olmak gerekiyor.

Bahsi geçen problemde  $s[n]$  insan konuşmasını temsil ediyor ve özellikleri önceki bölümde sunuldu. Bunlar arasından en önemlisi ve bu sistemin en çok faydalandığı özellik ise sinyalin hareketli / durağan olmayan yapısı. Bunun yanı sıra gürültünün karakteristiklerine dair de bazı varsayımlara ve bilgilere ihtiyacımız var.

Gürültüye dair sahip olunan en önemli bilgi durağan yapısı.

Alınan sinyalin durağanlık üzerinde çıkarımlar yapabileceğimiz bir uzunlukta olduğu varsayılıyor. (250 ms'den daha uzun)

Şimdi bu problemde gürültünün güç spektrumuna nasıl değer biçilebileceği tartışılıyor.

Sinyal önce  $s[n]$  sinyalinin parametrelerinin sürekli olmasını sağlayacak şekilde  $L$  parçaya bölünüyor ve toplam parça sayısına  $M$  deniyor. Yanı sıra  $y[n]$  sinyali aynı uzunlukta parçalara bölünüyor ve aşağıdaki denklem elde ediliyor:

$$\begin{aligned} E[y[n]y[n-i]] &= E[s[n] + u[n])(s[n-i] + u[n-i])] \\ &= E[s[n]s[n-i]] + E[u[n]u[n-i]] \\ &\quad + E[s[n]u[n-i]] + E[u[n]s[n-i]] \\ &= E[s[n]s[n-i]] + E[u[n]u[n-i]] \\ &= R_s(n, i) + R_u(i). \end{aligned} \tag{2}$$

$s[n]$  ve  $u[n]$  arasındaki cross-correlation değeri 0. Çünkü ikisi arasında herhangi bir ilişki yok.

$s[n]$  sinyalinin hareketliliği göz önünde bulundurularak  $y[n]$  fonksiyonuna dair bir ilişki fonksiyonu sonucu  $L$  içinde hesaplanıyor ve sadeleştirmelerin ardından şu denklem elde ediliyor:

$$r_{yy}(i, j) = r_{uu}(i, j) + r_{ss}(i, j) \quad (3)$$

Burada  $j$  hakkında ilişki fonksiyonu hesaplamaları yapılan zaman parçasının indeksini temsil ediyor. Bu denklemin ayrık Fourier dönüşümü alınacak olursa:

$$P_{yy}(k, j) = P_{uu}(k, j) + P_{ss}(k, j), k = 0, 1, \dots, L - 1 \quad (4)$$

$J_0$ 'dan  $(M - 1)$ 'e kadar gidiyor.  $P_{yy}$ ,  $P_{uu}$  ve  $P_{ss}$  örnek periodogramları(sinyalin spektral yoğunluğunun yaklaşık tahmini) yani sırasıyla  $y[n]$ ,  $s[n]$  ve  $u[n]$ 'nin güç spektrumu yoğunluk tahminlerini temsil ediyor.

Ayrıca şu çıkarımlara da ulaşılabilir:

$$P_{yy}(k, j) \geq 0, \quad \forall k, j$$

$$P_{uu}(k, j) \geq 0, \quad \forall k, j$$

$$P_{ss}(k, j) \geq 0, \quad \forall k, j$$

$$P_{uu}(k, j) = P_{uu}(k)$$

Gürültünün güç spektrumu yoğunluğu ise şu denklemle elde ediliyor:

$$\hat{P}_{uu}(k) = \lim_{M \rightarrow \infty} \left[ \min_{1 \leq j \leq M} (P_{yy}(k, j)) \right] - x_{0k}, \quad k = 0, 1, \dots, L - 1 \quad (6)$$

Bunun ardından hem feedforward, hem de sonradan kullanılacak feedback alt sistemler  $y[n]$  sinyalini bir filtre bankasından geçirip frekans gruplarına bölerek çalıştığından güç spektrumu yoğunluğuna değer biçmek için alternatif bir yöntem kullanmaya karar vermişler.

Daha önceki tartışmalara dayanarak güç spektrumu yoğunluğunu bulmak için önceki anlatılan yöntemden faydalananak yaklaşık bir değer ataması yapıyorlar. Bu şekilde gürültüden kurtulmak için kullanılabilecek yeterince iyi sonuçlara ulaşıyorlar.

Bunu yapmak için öncelikle  $y[n]$ 'yi  $N$  tane filtreden oluşan bir filtre bankasından geçirip  $N$  tane elemanı olan bir  $Y_i(n)$  sekansı elde ediyorlar.

Heri bir  $Y_i(n)$ 'i  $M$  tane 20ms süren altparçalara bölüyorlar. Sonuç olarak  $M$  tane 20mslik altparça elde ediliyor. Bu  $M$  sayısı  $y[n]$ 'nin durağanlığını ve  $s[n]$ 'nin hareketliliğini kullanabileceğimiz büyüklükte olmak zorunda.

Ardından her bir altparçada ( $j = 1, 2, \dots, M$ ) bulunan enei sekansın her bir parçası için ( $Y_i(n)$ ,  $i = 1, 2, \dots, M$ ) için hesaplanıyor ve  $E_{ij}$  elde ediliyor.

$$E_{ij} = E_{n_{ij}} + E_{s_{ij}} = E_{n_i} + E_{s_{ij}} \quad (7)$$

$$\hat{E}_{n_i} = \min_{i \leq j \leq M} E_{ij}, \quad i = 1, 2, \dots, N.$$

Burada  $E_{n_i}$  filtre bankasındaki  $i$ . Filtrenin ortalama gürültü enerjisi tahminini temsil ediyor.

Ardından konuşma sinyali altparçalarının her birinin yeterli zaman geçtikten sonra 0 olacağı varsayılıyor. ( $E_{s_{ij}} = 0$  her  $i$ 'de bazı  $j$ 'ler için)

### 2.2.1.3. Önden Beslemeli Gürültüden Kurtulma Altsistemi

$Y_i(n)$  sinyalini çarpan  $w_i$  ağırlıkları Fig(1)'deki filtre bankasının çıktıları olarak oluşturuluyor.

Feedforward alt sistemin amacı bu bahsedilen  $w_i$ ,  $i = 1, \dots, N$  ağırlıklarını sinyal kalitesini arttıracak şekilde bulmak. Bu prosedürün ardından elde edilen sinyaller şu şekilde yazılabilir:

$$s'[n] = \sum_{i=1}^N s'_i[n] = \sum_{i=1}^N w_i y_i[n] \quad (9)$$

Öncelikle az önce bahsedilen  $E_{n_i}$ 'lerden bir veya birden fazlasının 0 veya 0'a çok yakın değerler olduğu özel bir durum düşünülüyor. Bu durum bahsi geçen frekans parçalarında gürültünün 0 olduğu anlamına gelir. Yani bu parçalarda daha fazla değişikliğe gerek yoktur ve  $w_i = 1$  olarak atanır. Yani  $E_{n_i}$  belli bir değer altında olursa



$w_i = 1$  diyebiliriz. Geri kalan eşik değerinin üstünde kalan bantların tanımlanışı şu şekilde yapılabilir:

$$I = \{i: \hat{E}_{n_i} > \varrho\}. \quad (10)$$

Bu tanıma dahil her  $W_i$  için şöyle bir fonksiyon tanımlanabilir:

$$J_0 = \sum_{i \in I} w_i \sum_{j=1}^M \frac{(E_{ij} - \hat{E}_{n_i})}{(\hat{E}_{n_i})^P}, w_i \geq 0 \quad (11)$$

Bu denklemde  $J_0$ 'ın maksimize edilmesi bu framedeki ortalama konuşma sinyali enerjisinin de maksimizasyonu anlamına gelir. Çünkü  $E_{ij} - E_{n_i}$  i. frekans bandının j. altparçasındaki ortalama konuşma sinyali enerjisini temsil eder.

Doğru ağırlık seçimiyle daha fazla sinyal enerjisi içeren frekans parçaları güçlendirilirken, geri kalanlar zayıflatılabilir. Ama  $J_0$ 'ı maksimize edersek sonsuz sayıda ağırlık değerine sahip oluruz. Bu yüzden şu şekilde bir sınır atanıyor:

$$\sum_{i \in I} w_i^2 = \lambda. \quad (12)$$

Son olarak ağırlıklar en yüksek ortalama konuşma sinyali enerjisine sahip parçanın değişikliğe uğramadan geçmesini sağlayacak şekilde skalalandırılıyor ve şunu elde ediyoruz:

$$w_i = \begin{cases} 1, & i \notin I \\ \frac{1}{\|w\|_\infty} \sum_{j=1}^M (E_{ij} - E_{n_i}), & i \in I. \end{cases} \quad (13)$$

#### 2.2.1.4. Sanal Arkadan Beslemeli Gürültüden Kurtulma Sistemi

Bu sistem discrimination function minimization(DFM) prosedürünü temel alıyor. Temiz ve gürültülü konuşma sinyallerini bunlara dair özellikleri temel alarak ayırıştıran bir cost functionalı minimize ediyor. Ayırt etme fonksiyonu sinyalde gürültü yokken minimum değer alıyor, gürültünün gücü arttıkça fonksiyonun sonucu da artıyor.

Bu sistemde kullanılan prosedür normal kullanıştan farklı olarak sinyalin bölündüğü N frekans parçasına hitap edebilecek şekilde  $v_1, v_2, \dots, v_N$  şeklinde sinyali

çarpan ağırlıklara sahip. Sistemi açıklamaya başlamadan önce şu şekilde 2 denklem tanımlanıyor:

$$E'_{ij} = \sum_{k=0}^{L-1} (s'_i[(j-1)L + n])^2, \\ i = 1, 2, \dots, N, j = 1, 2, \dots, M \quad (14)$$

$$E''_{ij} = v_i^2 E'_{ij}, \\ i = 1, 2, \dots, N, j = 1, 2, \dots, M \quad (15)$$

$E'_{ij} S_i(n)$ 'nin j. Altparçasındaki enerjiyi tanımlıyor.  $E''_{ij}$  ise  $S''_i(n)$  için aynı şeyi yapıyor.

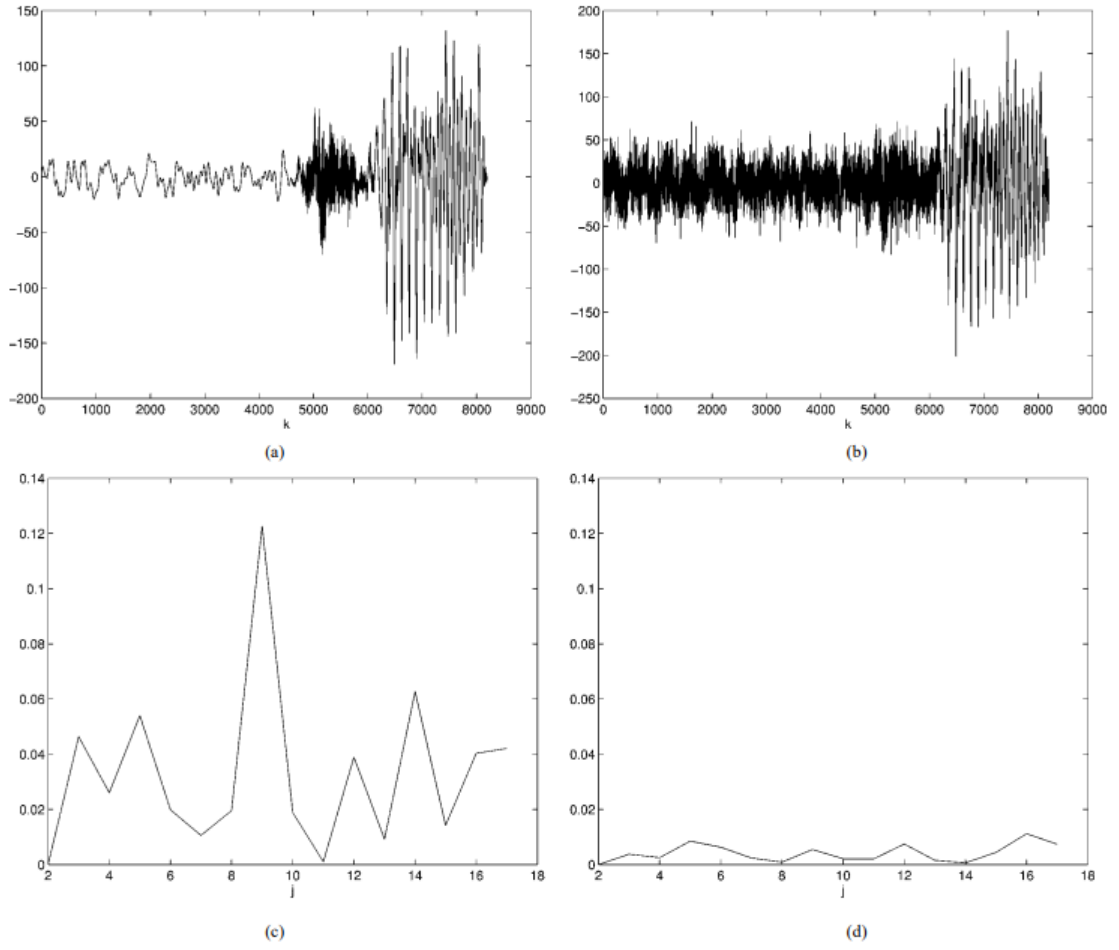
j. altparçasının  $s''$  sinyali için standart sapması şu şekilde hesaplanabilir:

$$\sigma_j(s'') = \sqrt{\sum_{i=1}^N E''_{ij}} \\ = \sqrt{\sum_{i=1}^N v_i^2 E'_{ij}} \quad j = 1, 2, \dots, M. \quad (16)$$

Buna bağlı olarak standart sapmanın bağıl değişimi(RCSTD / relative change of standard deviation) şu şekildedir:

$$|\Delta\sigma_j(s'')| = \left| \frac{\sigma_j(s'') - \sigma_{j-1}(s'')}{\sigma_{j-1}(s'')} \right|, j = 2, 3, \dots, M \quad (17)$$

Bir konuşma sinyalinin temiz ve gürültülü hallerinin RCSTD'sinin kıyaslanması sonucu temiz sinyalin RCSTD'sinin çok daha yüksek olduğu bulunuyor. Bu özellik ayırt etme fonksiyonunda göz önünde bulundurulacak bir özellik olarak kullanılabilir.



Şekil 2.7 - a) temiz konuşma sinyali b) gürültülü konuşma sinyali

c) temiz sinyalin RCSTD'si d) gürültülü sinyalin RCSTD'si

### 2.2.1.5. Yüksek Frekanslı Seslerin Arttırılması / Arttıran Alt Sistem

Genellikle yüksek frekanslı seslerin enerjisi daha düşük frekanslı seslerinkinden daha azdır. Ama kısa aralıklarla ortalamanın çok üstünde enerjilere sahip olabilirler.

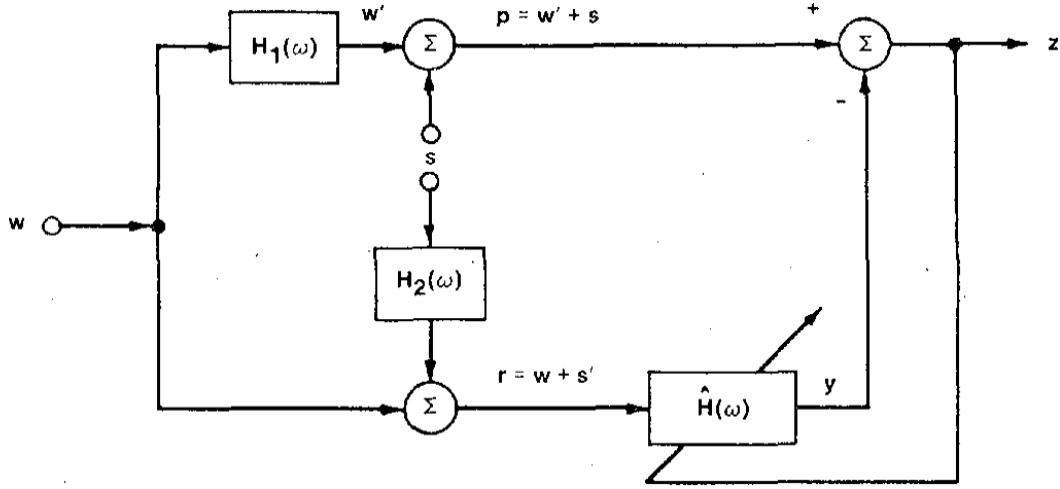
Mevcut sistemde kullanılan önden ve arkadan beslemeli alt sistemler genel olarak sesin arttırılmasına uygun olsalarda yüksek frekanslarda bozulmalara sebep olabiliyor. Bu sorunu çözmek için yüksek frekanslardaki seslerin ağırlıklandırılmasını düzenlemek. Yani yüksek frekanslardaki seslere daha büyük öncelik ataması yapmak ve böylece daha az enerji içerdiklerinden ötürü oluşan handikapın önüne geçmek.

Kullanılan bir diğer metod eşik değeri kullanmak. Bu yöntem sayesinde önden ve arkadan beslemeli sistemlerin ağırlıklarıyla oynamaya gerek kalmadan gerekli işlemler

yapılabiliyor. Mevcut parçada yüksek frekansa işaret edebilecek bir tepe değeri olup olmadığı kontrol edilir. Eğer varsa ona uygun işlem yapılır.

### 2.3. Uyarlanabilir Gürültü Silmenin Yeni Bir Uygulanışı

Askeri alanlarda iletişim çok önemlidir ve bu iletişim sorunsuz olmalıdır. Ortamdaki gürültüyü azaltmak için de gürültü engelleyici işleyiciler kullanılmaktadır. Sadece iletişim haricinde ses tanıma teknolojilerinde de temiz bir ses alabilmek için bu engelleyiciler kullanılmaktadır.



Şekil 2.8 - Konuşma girdisiyle uyarlanabilir gürültü önlemenin blok diyagramı

Bu sistemde  $p$  istenilen sinyal,  $w$  dış mikrofon (gürültü),  $s$  iç mikrofon (asıl ses).  $H_1(w)$  ve  $H_2(w)$  filtreleri,  $w$  ve  $s$  sinyallerinin frekansa bağlı zayıflamasını iki mikrofonun ayrılmasından dolayı modeller.  $H'(w)$  least mean squares algoritmasıdır. Burada ses bilinmeyen sistemden geçerek dış gürültü ile birleştirilir ve mutlak gürültüye benzer bir sinyal elde edilmeye çalışılır. Ardından bilinmeyen sistemden gelen gürültü ile iç ses sinyali birleştirilip, bu sinyalden mutlak gürültü çıkarılarak istenilen sinyala yakın bir sinyal elde edilmeye çalışılır. Burada  $z$  bir çok kez gürültü ile karşılaştırılıp dögüsel olarak sinyali gerçek gürültüye en çok yaklaştıran katsayılar elde edilmeye çalışılır.

Herhangi bir konuşma yok iken  $H_2(w)$ 'den gelen sinyal 0 a yakın olacağından, bütün frekanslarda filtrenin dürtü-yanıtını ayarlayarak çıkış sinyalinin enerjisini minimize etmek, konuşma sinyalinin enerjisine etki etmeyecektir. Bu durumda en düşük çıkış enerjisi

$$\min E[z^2] = E[s^2] + \min E[(w' - y)^2] \quad (18)$$

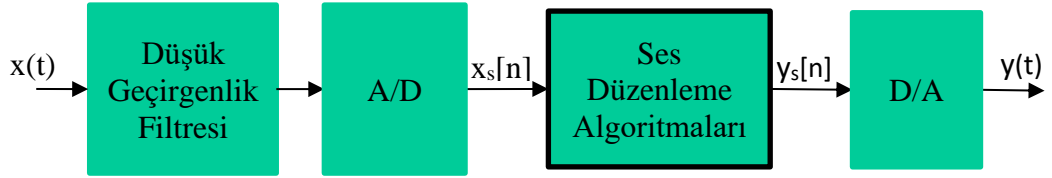
olur.

$E[z^2]$ 'yi minimize etmek  $E[(w' - y)^2]$ 'yi minimize etmeye eşdeğer olduğundan  $y$ ,  $w'$  nün en iyi en küçük kareler tahminidir.

Eğer akustik bariyer yeterince efektif değilse ana ve referans mikrofonlarında hem gürültü hem de konuşma bileşenleri olur. Uyarlamalı filtreyi sürekli güncellerken konuşma bileşenlerini de çıkarırsak konuşmada önemli bozukluklar olabilir. Bu problemi çözebilmek için, sistem filtre katsayıları sadece konuşma olmayan aralıklarda güncelleniyor.

### 3. MATERİYAL VE YÖNTEM

Duyulmak istenen seslerle etkileşime giren dış sinyaller her zaman mevcuttur. Bu gürültülerin azaltılmasında karşılaşılan temel sorun gürültünün karakteristikleri hakkında hiçbir parametreye sahip olunmaması. Konuşma ve gürültü arasında ayrım yaparken kullandıkları temel kriter konuşmanın 250ms’lik aralıklardaki hareketliliği ve gürültünün aynı aralıktaki durağanlığı. Uyarlama ise iki grup ağırlığın değiştirilmesiyle sağlanıyor. Bu algoritmalar MATLAB yardımıyla simüle ediliyor Çizelge 1 ve Çizelge 2 sırasıyla sistemin blok diyagramını göstermektedir.



Şekil 3.1 – Sistem Blok Diyagramı



Şekil 3.2 – Ses Düzenleme Algoritmaları

#### 3.1. Least Mean Square (LMS) Algoritması

Bilinmeyen sistem (H) ve adapte olabilen filtre (W) aynı girdi sinyalini ( $x(n)$ ) işler ve sırasıyla istenen sinyal ( $d(n)$ ) ve  $y(n)$  çıktılarını verir. Adapte olabilen filtre LMS algoritmasını kullanarak adaptasyonu sağlar.

Öncelikle  $e(n)$  (Hata Sinyali) Şu şekilde hesaplanır:

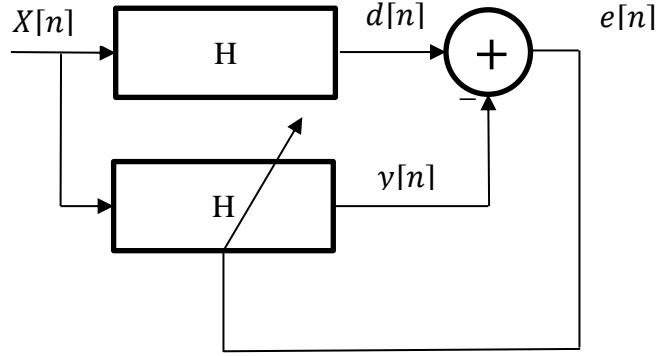
$$e(n) = d(n) - y(n) \quad (3.1)$$

Bu denklem uyarlanabilir filtrenin ve bilinmeyen sistemin çıktıların arasındaki farkı ölçer. Bu eşitlik kullanılarak uyarlanabilir filtre hatayı azaltacak şekilde katsayılarını ayarlar.

LMS katsayı değişimi:

$$h_{n+1}[i] = h_n[i] + \mu ex[n - i] \quad (3.2)$$

Değişim miktarı  $\mu$ , uyarlanabilir filtrenin bilinmeyen sisteme doğru ne kadar hızlı yaklaşacağını belirler. Eğer çok büyük olursa filtre istenmeyen şekilde değişebilir. Şekil 3.1’de LMS modelinin blok diyagramı görülmektedir.



Şekil 3.3 – LMS modelinin blok diyagramı

### 3.2. Frekans Şekillendirici

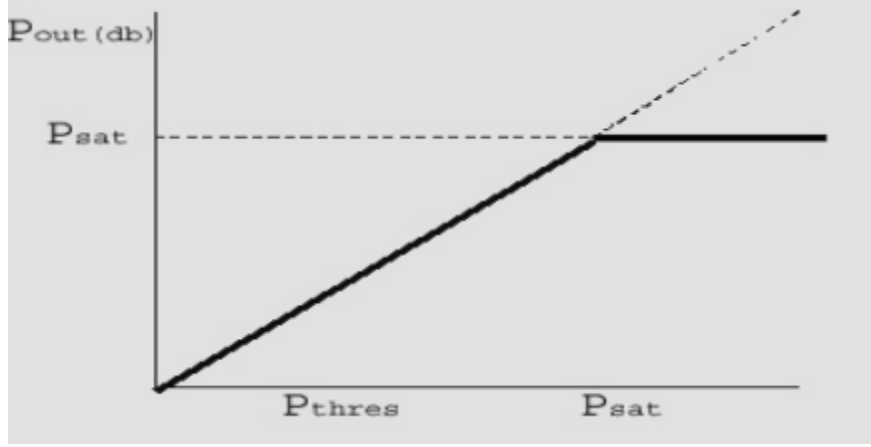
Frekans şekillendirici belirli frekanslardaki duyma kaybı için oluşturulmuş bir sistem. Kullanıcının duymakta zorlandığı frekanslara 1’den büyük olacak şekilde bir yükselme değeri uygular. Sistemin bir parametresi odyolog tarafından belirlenmiş ve kullanıcının ihtiyaçlarına uygun bir frekans vektörü alır. Her bir aralık için kullanıcıya göre bir yükselme değeri uygular. Böylece frekans şekillendirici her kullanıcıya özgü şekilde ayarlanabilir.

### 3.3. Genlik Şekillendirici

Girdi sinyali gürültü azaltıcı filtreden ve frekans şekillendiriciden geçtikten sonra buraya gelir. Normal işitme aralığı 0 ila 120 dB arasındadır. 0 işitme eşiği, 120 ise acı eşiğidir. 90 dB civarı doygunluk seviyesidir ( $P_{sat}$ ) ve ses bu seviyede kullanıcıya rahatsızlık vermeye başlar. İşitme kaybı bu aralığı her iki yandan sıkıştırır.

### 3.3.1. Genlik Şekillendirici Nasıl Çalışır?

Frekans şekillendiricinin ardından genlik şekillendiricinin yapması gereken tek şey çıktı gücünün doygunluk seviyesini yani  $P_{sat}$ 'ı geçmediğinden emin olmaktır. Şekil 3.2'de  $P_{sat}$  değerine göre sinyalin eşiklenmesi görülmektedir.



Şekil 3.4 –  $P_{sat}$  değeri eşiklenmesi [1]

### 3.4. Önerilen Blind Tekniği

#### 3.4.1. Gürültü Tespit Stratejisi

Gelen sinyal ( $y(n)$ ), konuşma ( $s(n)$ ) ve gürültünün ( $u(n)$ ) birleşimidir.

$$y(n) = s(n) + u(n) \quad (3.3)$$

$S(n)$  ve  $u(n)$ 'nin parametrelerine dair önceden hiçbir bilgi yoktur.  $s(n)$ 'nin öne çıkan en önemli özelliği 250ms'lik aralıklardaki  $u(n)$ 'ye nazaran hareketliliğidir.  $u(n)$ 'nin otokorelasyonu ve güç spektrumu yoğunluğu uzun aralıklar boyunca düzenlidir.

#### 3.4.2. Çözüm Gereksinimleri

- Konuşma çeşitli frekanslardaki parçaların bir karışımıdır. Gelen sinyali bütün konuşma sinyali boyunca incelemek zorundalar. Bu bir filtre bankası yardımıyla başarılabilir.
- Girdi şeritlere bölünmüş durumda ve bu şeritlerin her biri gürültü içerip içermediklerine dair incelenmek zorunda. Bu her bir şerit için bir gürültü tahmini hesaplayarak sağlanabilir.



- Gürültülü şeritleri zayıflatacak ve gürültüsüz şeritleri güçlendirecek bir metoda ihtiyaçları var.

### 3.4.3. Gürültünün Enerjisinin Hesaplanması

Diğer işlemlerden önce hangi şeritlerin gürültü içerdiği belirlenmeli. Burada karşılaşılan problem gürültünün enerjisinin ayriyetern hesaplanamaması. Elde bulunan tek sinyal  $y(n)$ . Bu yüzden “dolaylı metod” denilen bir yöntem aracılığıyla gürültüyü belirliyorlar. Girdi sekansının otokorelasyonu hesaplanıyor ve bu otokorelasyon sekansının ayrik Fourier transformu bulunuyor. Bu adımda gürültüyü çıkarmak mümkün değil, bu nedenle aralıklarda hesaplanan enerji gürültünün enerjisini temsil ediyor ve minimum değer olarak kabul ediliyor.

### 3.4.4. Yaklaşık Prosedür

Filtrelemenin ardından 5 farklı sekans elde ediyorlar. Her bir sekansı  $M$  sayıda altparçaya bölüyorlar ve her bir alt parça  $L$  farklı örneğe sahip oluyor.

$$E_{ij} = E_{nij} + E_{sij} = E_{ni} = E_{sij} \quad (3.4)$$

### 3.4.5. Temel Ağırlık Ayarlaması

Sinyal ( $y(n)$ ) ağırlıklarla ( $W$ ) çarpılıyor. Bu ağırlıkların ana görevi gürültüyü zayıflatmak. Ağırlık değerleri en yüksek ortalama sinyal enerjisine sahip şerit zayıflatılmadan geçecek şekilde ayarlanıyor.

$$W_i = f(x) = \begin{cases} 1, & i \notin I \\ \frac{1}{q} \sum_{j=1}^M (E_{ij} - E_{ni}), & i \in I \end{cases} \quad (3.5)$$

$q$  ağırlık değerlerini 0 ila 1 arasında kısıtlı tutan niceleyici. $y(n)$ 'nin her bir sekansı ilişkili ağırlık değerleriyle çarpılıyor ve daha az gürültü içeren ve daha kaliteli olan  $S_i(n)$  elde ediliyor.

### 3.4.6. Gürültüden Arındıran Alt Sistem

Daha önce belirtilen konuşma karakteristikleri bu sistemde kullanılıyor. Gürültüyü konuşmadan ayıracak bir fonksiyona ihtiyaçları var.

Konuşma sinyali birçok tepe noktasından oluşuyor. Bundan yola çıkarak konuşmaya dair standart sapmadaki bağıl değişikliğin (RCSTD) gürültününkinden çok daha fazla olacağı sonucuna varıyorlar. Belirlenen karakteristiklere dayanarak:

$$E'_{ij} = \sum_{k=0}^{L-1} (S_1[(j - 1L + n)]^2$$

$$i = 1, 2, \dots, N, \quad j = 1, 2, \dots, M \quad (3.6)$$

$$E''_{ij} = v_1^2 E'_{ij} \quad (3.7)$$

j. parçanın standart sapması:

$$\sigma_j(s'') = \sqrt{\sum v_1^2 E'_{ij}}, j = 1, 2, \dots, M \quad (3.8)$$

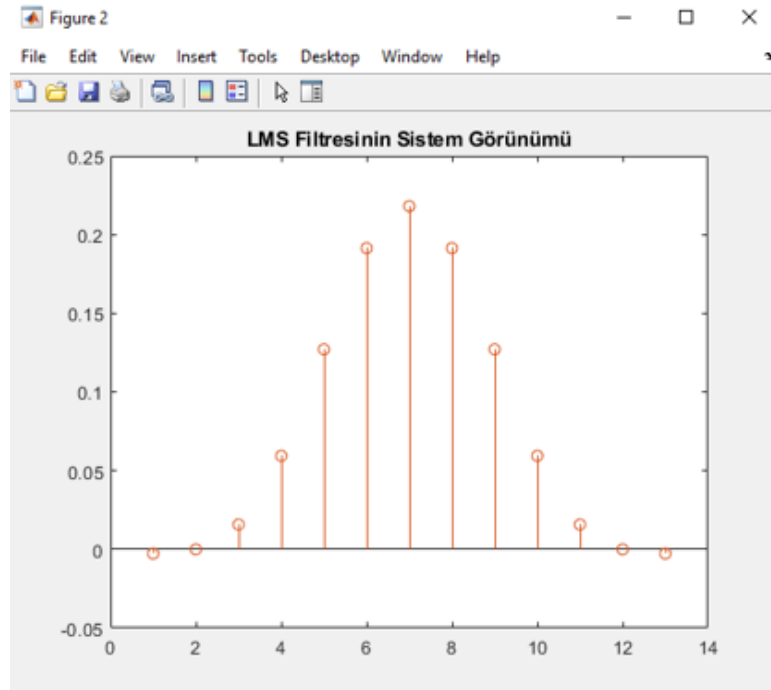
Sinyalin RCSTD'si 7. Eşitlikten faydalanarak hesaplanabilir.

$$|\Delta\sigma_j(s'')| = \left| \frac{\sigma_j(s'') - \sigma_{j-1}(s'')}{\sigma_{j-1}(s'')} \right| \quad (3.9)$$

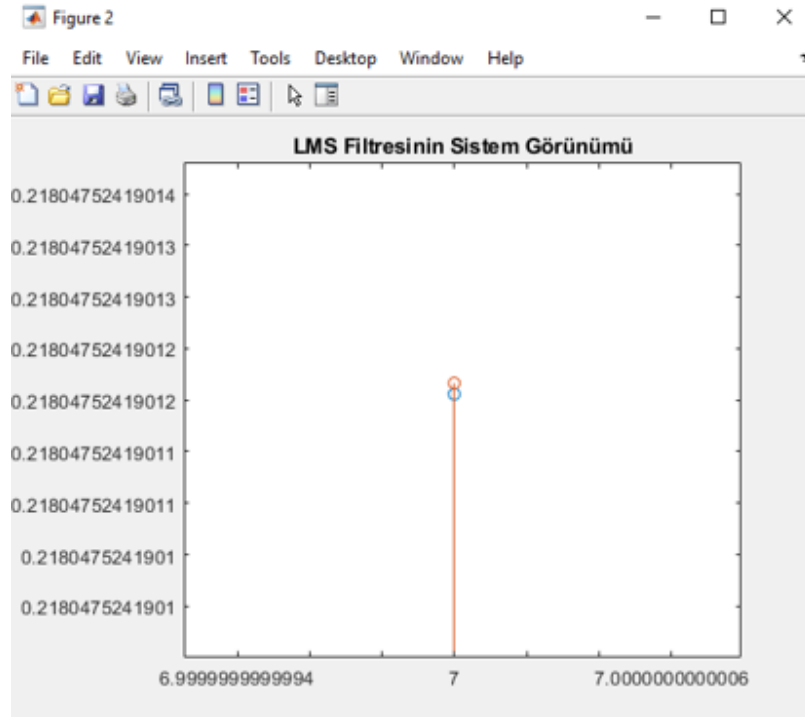
Fonksiyondan temel beklenti girdi sinyaline ait RCSTD eğrisinin altına kalan alanı maksimize etmek.  $c_1$  ve  $c_2$  sabit ağırlıklar olarak alınırsa,  $J_{c1}$ 'in değerini  $v_i$ 'yi değiştirerek maksimize edersek, RCSTD'nin altındaki alan artar, böylece sinyalin konuşmaya dair parçası güçlendirilmiş olur. Konuşmaya dair parçaların baskılanmasının önüne geçmek için  $J_{c2}$ 'nin cost fonksiyonu maksimize edilmelidir. Bu fonksiyon şu şekilde tanımlanıyor:

$$J_c = c_1 J_{c1}^{-1} + c_2 J_{c2}^{-1} \quad (3.10)$$

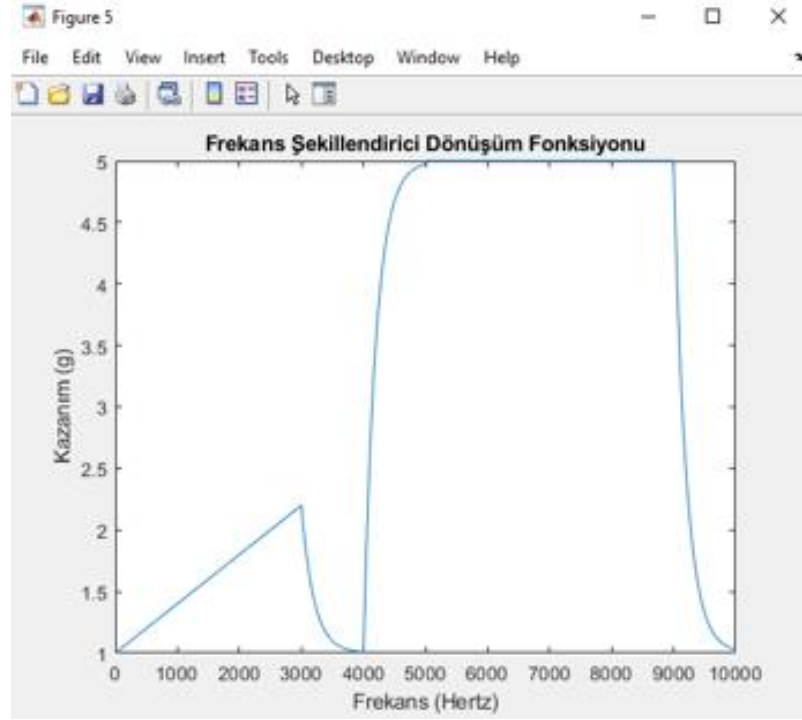
#### 4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI



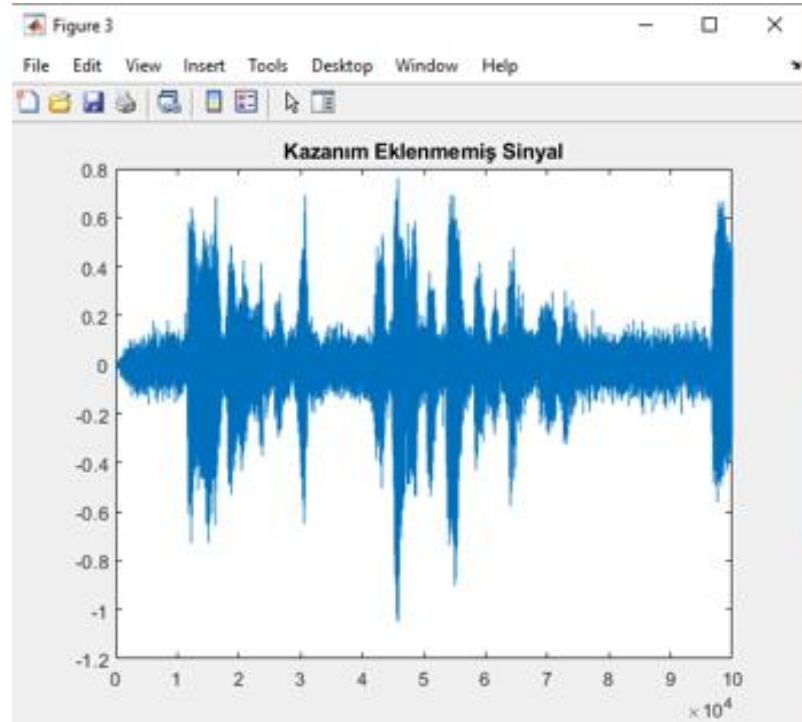
Şekil 4.1 – LMS Fonksiyonu Çıktısı



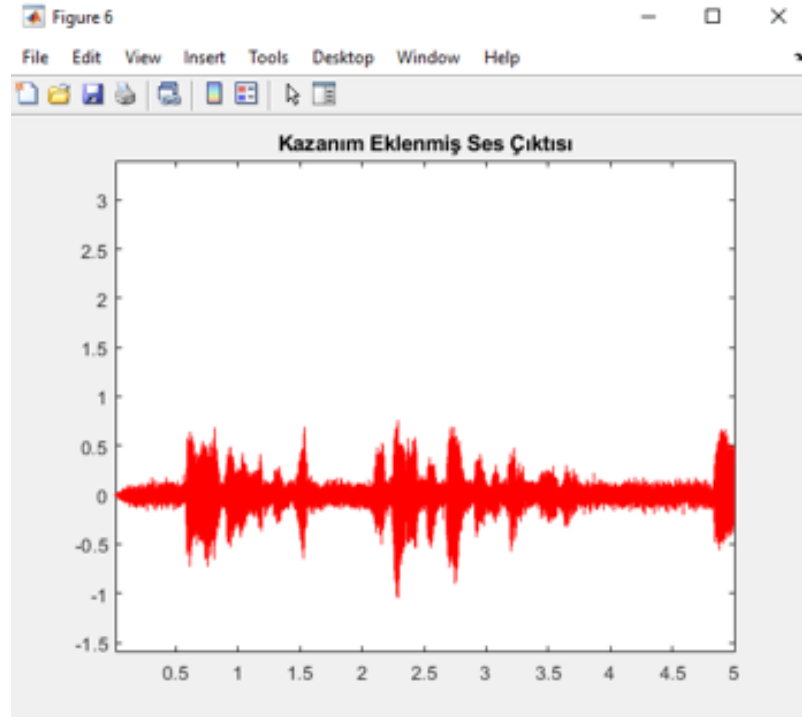
Şekil 4.2 – Yakınlaştırılmış Grafik



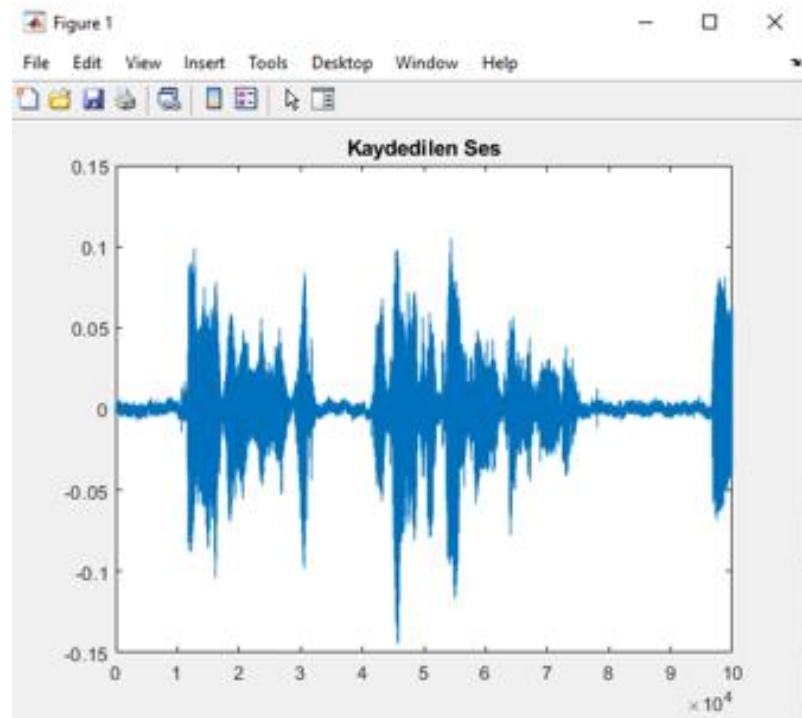
Şekil 4.3 – Frekans Şekillendirici Grafiği



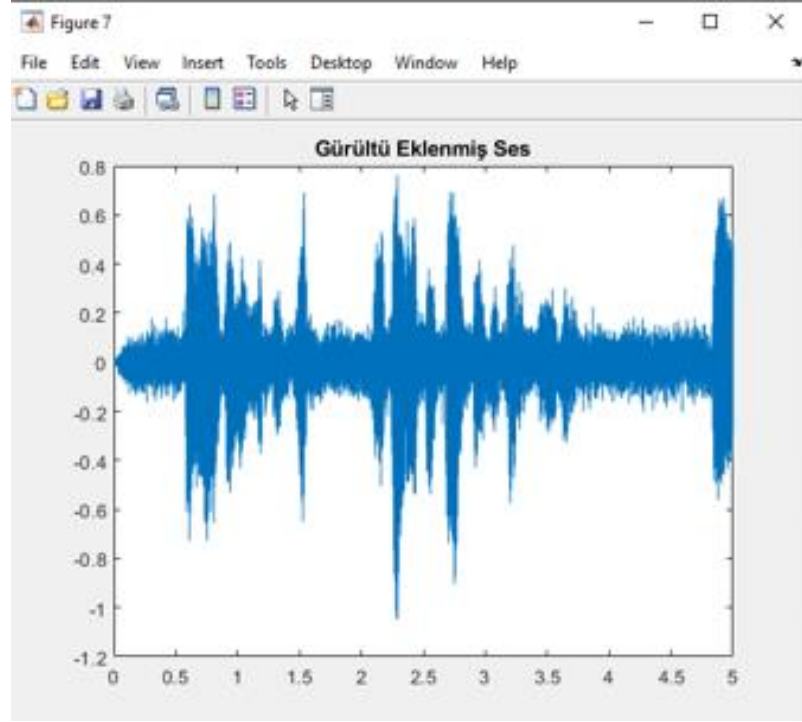
Şekil 4.4 – Filtreden Geçmiş Sinyal



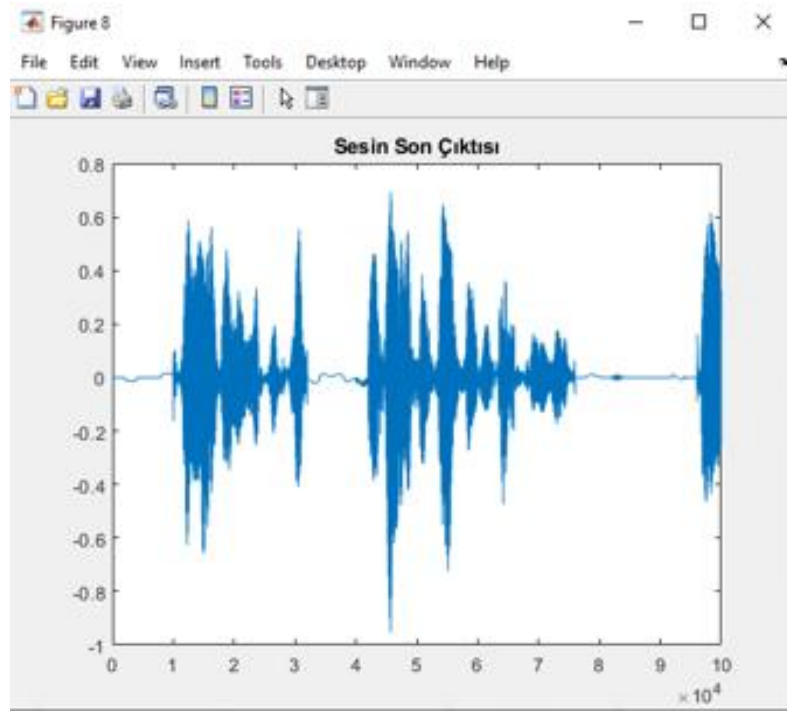
Şekil 4.5 – Yükseltilmiş Ses Çıktısı



Şekil 4.6 – Kullanıcıdan Alınan Ses Girdisi



Şekil 4.7 – Gürültü Eklenmiş Ses Çıktısı



Şekil 4.8 – Gürültünün Çıkarıldığı Ses Çıktısı

## 5. TARTIşMA

Sinyal kaydedildikten sonra eklenen gürültü ile birlikte ortaya çıkan ses ilk olarak gürültü engelleme filtresinden geçirildiğinde grafiklerde gözle görülür bir fark olmasa da, sağlam insan kulağıyla dinlenen sesteki gürültünün boğuklaşarak azaldığı gözlemlendi. Ardından frekans ve genlik şekillendiricilerinden geçen sinyal dinlendiğinde girdiye beklenenden fazla yaklaştığı fark edildi. Grafiklerde de görüldüğü gibi gürültünün büyük bir kısmı sinyalden çıkarıldı ve kullanıcıya uygun hale getirildi.

## 6. EKLER

### 6.1. Main() Fonksiyonu

**% Getting inputs**

```
answer = inputdlg({'Frequency 1','Frequency 2','Frequency 3','Frequency 4', 'Max Gain',  
'Psat'},'Please input frequency spacings and max gain');
```

frequencies =

```
[str2double(answer{1}),str2double(answer{2}),str2double(answer{3}),str2double(answer{4})];
```

```
g = str2double(answer{5});
```

```
Psat = str2double(answer{6});
```

**% Program code of recording audio**

```
z=audiorecorder(20000,16,1);
```

```
h=msgbox('Speak Up, I am Recording...','Recording');
```

```
recordblocking(z,5); %Records a 5 sec audio
```

```
delete(h);
```

```
x = getaudiodata(z);
```

**% Block to play audio and corresponding graph**

```
promptMessage=sprintf('Do want to play your recorded file?');
```

```
titleBarCaption='Play';
```

```
button = questdlg(promptMessage,titleBarCaption,'Yes', 'No','Yes');
```

```
if strcmpi(button,'Yes')
```

```
play(z);
```

```
else
```

```
end
```

```
figure;
```

```
plot(x);
```

```
title('Recorded Sound');
```

**% Adding random noise**

```
Fs = 20000;
```



```

Ts = 1/Fs;
order = 12;
t = 0:Ts:1-Ts;
noise = 0.015*randn(size(x));
x = x+noise;
x = x/max(x);

% Block to play audio and corresponding graph
promptMessage=sprintf('Do want to play your noisy file?');
titleBarCaption='Play';
button = questdlg(promptMessage,titleBarCaption,'Yes', 'No','Yes');
if strcmpi(button,'Yes')
    soundsc(x,Fs);
else
end
figure;
    plot(x);
    title('Noise Added Sound');

% Low pass filter and noise reduction
b = fir1(order,0.2,'low');
d = filter(b,1,x);
mu = 0.03;
lms = dsp.LMSFilter(order+1, 'StepSize', mu, 'WeightsOutputPort', true);
[y,e,w] = step(lms, x,d);
stem([b.' w]); title('System View of LMS Filter');
hold;

figure;
    plot(y);
    title('No Gain Added Signal');

```

```

% Block to play audio for testing how noise reduction filter works
promptMessage=sprintf('Play the filtered signal without gain implemented?');
titleBarCaption='Play';
button = questdlg(promptMessage,titleBarCaption,'Yes', 'No','Yes');
if strcmpi(button,'Yes')
soundsc(y,Fs);
else
end

figure;
xf = applySkiSlope(y, g, frequencies, Fs); % Frequency Shaper
yt = powerCompress(xf, Psat, Fs); % Amplitude Shaper

% Block to play audio and corresponding graph
promptMessage=sprintf('Do want to play your recovered file?');
titleBarCaption='Play';
button = questdlg(promptMessage,titleBarCaption,'Yes', 'No','Yes');
if strcmpi(button,'Yes')
soundsc(yt,Fs);
else
end

figure;
plot(yt);
title('Last Sound');

```

## 6.2. applySkiSlope() Fonksiyonu

```

function y = applySkiSlope(x,g,transitionV,fs)
% y = applySkiSlope(x,g,transitionV,fs)
% Creates the gain filter for a patient with ski slope hearing loss.
% The maximum gain will be g and the minimum gain will be one. The magnitude
% of gain function will be the concatenation of preset piecewise functions.
% However the time of the transitions from one piecewise function to another can

```

```

% be set by the user in the elements of the transitionV. The final frequency used
% will be fs/2 since that's the highest frequency that the input signal will contain.
% The output will be the filtered signal
% x - an input sound signal
% g - the maximum gain that will be applied to the signal
% transitionV - 4 element vector that has the values of where the gain changes
% to the next piecewise function
% fs - the sampling frequency of the input signal
[x,fs,nbits] = wavread(x);
first = transitionV(1);
second = transitionV(2);
third = transitionV(3);
fourth = transitionV(4);
x_length = length(x);
n = nextpow2(x_length);
N = 2^n;
T = 1/fs;
X = fft(x,N);
gain = zeros(N,1);

% Sets the gain for the first stage of frequencies
firstC = (.3*(g-1))/first;
k=0;
while(k/N <= first/fs)
    gain(k+1) = firstC*k/(N*T) + 1;
    gain(N-k) = gain(k+1);
    k=k+1;
end

% Sets the gain for the second stage of frequencies
secondC = firstC*first + 1;
secondC2 = (second-first)/5;

```

```

while(k/N <= second/fs)
    gain(k+1) = 1 + (secondC-1)*exp(-((k/(N*T))-first)/secondC2);
    gain(N-k) = gain(k+1);
    k=k+1;
end

```

% Sets the gain for the third stage of frequencies

```

thirdC = 1 + (secondC-1)*exp(-second/secondC2);
thirdC2 = (third-second)/5;
while(k/N <= third/fs)
    gain(k+1) = g + (thirdC-g)*exp(-((k/(N*T))-second)/thirdC2);
    gain(N-k) = gain(k+1);
    k=k+1;
end

```

% Sets the gain for the fourth stage of frequencies

```

while(k/N <= fourth/fs)
    if(k > N)
        break;
    end
    gain(k+1) = g;
    gain(N-k) = gain(k+1);
    k=k+1;
end

```

% Sets the gain for the fifth stage of frequencies

```

fifthC = g;
fifthC2 = (fs/2-fourth)/5;
while(k/N <= .5)
    gain(k+1) = 1 + (fifthC-1)*exp(-((k/(N*T))-fourth)/fifthC2);
    gain(N-k) = gain(k+1);
    k=k+1;
end

```

end

```

k_v = (0:N-1)/N;
plot(k_v,gain); %entire filter transfer function

figure; %non-redundant filter transfer function
k_v = k_v*fs;
k_v = k_v(1:N/2+1);
plot(k_v,gain(1:N/2+1));
title('Frequency Shaper Transform Function');
xlabel('Frequency (Hertz)');
ylabel('Gain (g)');

Y = X+gain;
y = real(ifft(Y,N));

y = y(1:x_length);
t=[0:1/fs:(x_length-1)/fs];
figure;
plot(t,y,'r'); title('Sound With Gain Implemented');
%hold;
figure;
plot(t,x); title('Sound With Noise Added');
```

### 6.3. powerCompress() Fonksiyonu

```

function y = powerCompress(input, Psat,Fs);
% y = powerCompress(input, Psat,Fs)
% Takes in a signal makes sure that the maximum power in any frequency
% is less than or equal to Psat. Also had some denoising capabilities, by
% zeroing out very low power frequencies.
% input - input Matlab sound file
% Psat - Saturation power
```

```

% FS - Sampling frequency of the input signal
x=input;
%[x,Fs,Nb]=wavread(input);
len=Fs*0.1;
iter=floor(length(x)/len);
Plow=0.008;

for rg=0:1:iter;
    start=rg*len+1;
    en= rg*len+len;
    if rg*len+len>length(x)
        en=length(x);
    end
    clear signal X X_pow Y_pow Y y z;
    signal=x(start:en);
    n = nextpow2(len);
    N = 2^n;
    X = fft(signal,N);
    X_phase=Angle(X);           % Save the old phase information
    X_pow = abs(X)/N;
    Y_pow = X_pow;
    Y=zeros(N,1);
    for k=0:N/2
        if Y_pow(k+1)<Plow      % Take out noise
            Y_pow(k+1)=0;
            Y_pow(N-k)=0;
        elseif Y_pow(k+1)>Psat  % Clip amplitudes higher than Psat
            Y_pow(k+1)=Psat;
            Y_pow(N-k)=Psat;
        end;
        Y(k+1) = Y_pow(k+1)*(cos(X_phase(k+1))+i*sin(X_phase(k+1)));
        Y(N-k) = Y_pow(N-k)*(cos(X_phase(N-k))+i*sin(X_phase(N-k)));
    end;

```

```
end;  
y = real(ifft(Y,N));  
z = y(1:en-start+1);  
sig_out(start:en)=z;  
end;  
y = sig_out*2000;
```

## 7. KAYNAKLAR

- [1] «Prabhakaran, N. "Adaptive filter in hearing aid system for impaired people." Journal of Rehabilitation Research and development 24.4 (2007).».
- [2] «Harrison. W. A., J. S. Lim and E. Singer," A New Application of Adaptive Noise Cancellation," IEEE Trans. Acoust., Speech and Signal Processing, Vol. ASSP-34, No. 1,pp.21-27, Feb. 1986.».
- [3] «Daniel Graupe and Dusan Veselinovic, " Blind Adaptive Filtering of Speech from Noise of Unknown Spectrum Using a Virtual Feedback Configuration, " IEEE Trans. Speech and audio Processing, Vol. ASSP- 8, No. 2,March 2000.».
- [4] «Othman.O.Khalifa,M.H.Makhtar,M.S.Baharom, "hearing aid system for impaired people" International journals of computing and information science, April 2004 .».



## 8. TEŞEKKÜR

Bize bu projeyi verdiği için Prof. Dr. Kemal Fidanboyly'ya ve projeyi tamamlamamızda yardımcı dokunan KGP Talkie Youtube kanalına teşekkür ederiz. Bu çalışmamızı Burak Yavuz Çengel'in Ev Köpeđi Kofi'ye adıyoruz.

## 9. ÖZGEÇMİŞ



### Profile

Hevesli bir geliştirici. Sıkı çalışma, ayrıntılara gösteren, özen ve mükemmel organizasyon becerileriyle takım başansına katkıda bulunmaya istekli. Araştırma ve kendi kendine öğrenmeyi net bir şekilde anlayan. Yazılım ve donanım geliştirmede öğrenme, büyüme ve mükemmelleşmek için motive.

### Employment History

#### Back-end Developer, Comparisonator, İstanbul

July 2020 — August 2020

HTML, Javascript, Node.js ve diğer düzenleme yazılımları ile Back-end website geliştirme sağlandı.

### Education

#### Mühendislik Fakültesi Diploması, Uludağ Üniversitesi, Bursa

September 2018 — June 2022

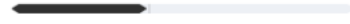
Bilgisayar Mühendisliği

### Skills

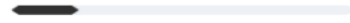
Java



C#



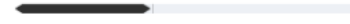
Unity



JavaScript



C++



# Burak Yavuz Çengel

✉ burakyavuzcengel@gmail.com

☎ 05345907243

## Profile

Bursa Uludağ Üniversitesi bilgisayar mühendisliği 3. sınıf öğrencisiyim. Unity üzerinden C#tabanlı oyun geliştirme ve HTML, CSS ve JS kullanarak internet sitesi geliştirmesi alanlarında bilgi sahibiyim. İngilizce araştırma yapma ve takım olarak ortaya iş çıkarma konusunda yetenekliyim.

## Education

Bilgisayar Mühendisliği, Bursa Uludağ Üniversitesi

2018 — Present

## Programlama Dilleri

C++

C#

Java

HTML, CSS, JS

## Details

05345907243

[burakyavuzcengel@gmail.com](mailto:burakyavuzcengel@gmail.com)

## Languages

İngilizce

██████████

Türkçe

██████████

Almanca

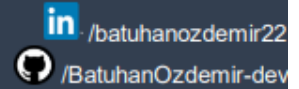
██████████

# Batuhan Özdemir

Software Developer

Phone +90 534 074 0841

E-mail batuhan22.ozdemir@gmail.com



Passionate and hardworking software developer with great interest in Mobile and Web Development.

## EXPERIENCE

- Developed two video games with a team;
- Firuze Hanim'in Murettebatı: Class project of 5 people, done within a few days remaining on the deadline,
- H4Ck n Slash: Game Jam submission, completed within 3 days,
- Worked as a great team member and learned dozens of new technologies/coding techniques in short periods of time.

## EDUCATION

### • B.S. - Computer Engineering

*Uludağ University,  
Bursa, Nilüfer  
2018 – Current  
174/240 Credits completed  
2,97 Avg. Grade*

## SKILLS

- Decent idea on SOLID principles,
- Ability to work on Agile development environments,
- Well-educated in Object-oriented and data-oriented programming,
- Maintainable coding with emphasis on the code's efficiency and understandability,

## INTERESTS

- Participate in an excellent teamwork and a professional development environment,
- Participate and learn throughout the development of real-world applications,
- Learn and adapt towards the ever-evolving software development frameworks or platforms.



**T.C.**  
**BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ**  
**Mühendislik Fakültesi**  
**Bilgisayar Mühendisliği Bölümü**  
**EEM4433-SAYISAL İŞARET İŞLEME**  
**2021-2022 Güz Yarıyılı**

**DÖNEM PROJESİ**  
**SAYISAL İŞARET İŞLEMEDE MATLAB UYGULAMALARI**  
**DEĞERLENDİRME TABLOSU**

**Takım No:** 10  
**Proje No:** 9

Metrik	Puan	Yorumlar
Kapak Sayfası	/2	
Dönem Projesinin Özgünlük Taahhütnamesi	/2	
Özet	/3	
Abstract	/3	
İçindekiler	/3	
Şekiller Dizini	/2	
Çizelgeler Dizini	/2	
Giriş	/10	
Kaynak Araştırması	/15	
Materyal ve Yöntem	/15	
Araştırma (Simülasyon) Sonuçları	/15	
Tartışma	/5	
Kaynaklar	/5	
Teşekkür	/2	
Özgeçmiş	/5	
Yazım Kurallarına Uyum	/5	
Dilbilgisi ve Cümle Yapısı	/6	
<b>Toplam Puan</b>	<b>/100</b>	

**Takım Liderinin Adı, Soyadı : Mürsel Aybars Ormanlı\_Öğrenci No : 031890004**

**Raportörün Adı, Soyadı : Burak Yavuz Çengel\_Öğrenci No : 031890016**

**Takım Üyesinin Adı, Soyadı : Batuhan Özdemir\_Öğrenci No : 031890026**