

ELM368 – DÖNEM PROJESİ

GİTAR VE BAĞLAMA SESLERİNİN ANALİZ EDİLMESİ

Alperen KARATAŞ, Muhammet Fatih KESKİN, Kemal CANDAN

1801022022, 171024093, 171024012

alperen.karatas2018@gtu.edu.tr, fatih.keskin2017@gtu.edu.tr, kemal.candan2017@gtu.edu.tr

ABSTRACT (ÖZET)

Bu projede **Python Programlama Dili** ile ses analizi konusu üzerinde çalışılacaktır. Birbirinden farklı iki sesin (gitar ve bağlama) frekans uzayında genlik, enerji gibi bileşenleri incelenecektir. Uygun dijital filtreler tasarlanarak seslerin ayrımı yapılacaktır.

ANAHTAR KELİMELELER

FIR Filtre, Alçak Geçiren Filtre, Yüksek Geçiren Filtre, Enerji, Genlik Spektrumu.

1. Giriş

Projede, birbirinden farklı iki sesin bilgisayar ortamında ayrımını yapabilmek amaçlanmıştır. Sesler, birbirlerinden farklı oldukları için farklı frekansa, genliğe veya enerjiye sahip olacaklardır. İlgili parametrelerden faydalanarak seslerin ayrı ayrı analizlerinin yapılması gerekecektir. Bu analizleri gerçekleştirebilmek için, çeşitli sayısal işaret işleme yöntemleri kullanılacaktır. Analizler sonucu uygun filtreleme tekniklerinden faydalanılarak, ihtiyaca uygun şekilde filtre tasarımı yapıp, seslerin ayrımı sağlanmış olacaktır. Projede kullanılan ve ayrımı yapılacak olan ses grubu, gitar ve bağlamaya aittir.

2. Deneyler ve Analiz

Bilgisayar ortamında ses analizi için, **Python Programlama Dili**'nin bir aracı olan **Jupyter Notebook** kullanılacaktır. Analizlerin yapılabilmesi için, **.wav** formatındaki ses dosyaları **Jupyter Notebook** ortamına eklenmiştir. Uygun kod bloğu ile, ayrı ayrı eklenen ses dosyalarından ses işaretleri elde edilmiştir.

Ses işaretlerinin Fourier Dönüşümü alınarak frekans uzayında incelenme yapılmasına imkan sağlanmıştır. Elde edilen Fourier Dönüşümü'nden işaretlerin genlik grafiği çizdirilmiştir. İki farklı işaretin de genlik grafikleri karşılaştırılarak bir işaretin ciddi anlamda bozulmaya uğramadan geçtiği fakat diğer işaretin ise büyük oranda

bozulmaya uğrayacağı durumlar düşünülerek filtre tasarımı gerçekleştirilmiştir. Yani, her bir işarete özel filtre tasarlanmıştır.

Filtre tasarımı, **Python** tabanlı bir **GUI** (Graphical User Interface) olan **pyFDA** ile, işaretin yoğunlukta bulunduğu değer aralıkları ve o değer aralıklarında almış olduğu genlik değerleri gibi parametreler göz önünde bulundurularak yapılmıştır. Tasarlanan filtreler her iki ses işareti için de denenmiş ve işarete uygun filtreden, o ses işaretinin geçtiği gözlemlenmiştir.

Ayrıık zamanlı işaretler tasarlanan filtrelerden geçirildikten sonra, çıkış işaretlerinin Fourier Dönüşümleri alınmıştır. Fourier Dönüşümleri'nden elde edilen genlik spektrumlarına göre, işaretlerin enerjisi hesaplanmıştır.

Her ses grubu için ayrı ayrı analizler yapılmıştır. İlgili grafik ve filtre çıktıları ile tasarlanan filtrelerin parametreleri “**2.1 Grafik, Tablo ve Şekiller**” başlığı altında görülmektedir.

• Birinci Ses Grubu (Leyla the Band – Yokluğunda)

1.ses grubundaki gitar ve bağlamaya ait ses işaretlerinin frekans cevaplarının genlik grafikleri Şekil 1 ve Şekil 2'de görülmektedir.

1.ses grubu için bağlama sesinin yüksek oranda bozulmaya uğramadan geçtiği, fakat gitar sesinin bozulmaya uğradığı filtrenin, yüksek geçiren filtre olmasına karar verilmiştir. **pyFDA** arayüzünde tasarlanan filtrenin şekli Şekil 3'te görülmektedir.

Yüksek geçiren filtrenin çıkışında görülen işaretlerin frekans cevaplarına ait genlik grafikleri, Şekil 4 ve Şekil 5'de görülmektedir.

1.ses grubu için gitar sesinin yüksek oranda bozulmaya uğramadan geçtiği fakat bağlama sesinin ciddi seviyede bozulmaya uğradığı filtrenin, alçak geçiren filtre olmasına karar verilmiştir. **pyFDA** arayüzünde tasarlanan filtrenin şekli Şekil 6'da görülmektedir.

Blok Şeması:

Alçak geçiren filtrenin çıkışında görülen işaretlerin frekans cevaplarına ait genlik grafikleri, Şekil 7 ve Şekil 8'de görülmektedir.

- **İkinci Ses Grubu (Serkan Nişancı – Farketmez Hesaplaşırız)**

2.ses grubundaki gitar ve bağlamaya ait ses işaretlerinin frekans cevaplarına ait genlik grafikleri Şekil 9 ve Şekil 10'da görülmektedir.

2.ses grubu için bağlama sesinin yüksek oranda bozulmaya uğramadan geçtiği ama gitar sesinin bozulmaya uğradığı filtrenin, alçak geçiren filtre olmasına karar verilmiştir. **pyFDA** arayüzünde tasarlanan filtrenin şekli Şekil 11'de görülmektedir.

Alçak geçiren filtrenin çıkışında görülen işaretlerin frekans cevaplarına ait genlik grafikleri, Şekil 12 ve Şekil 13'de görülmektedir.

2.ses grubu için gitar sesinin yüksek oranda bozulmaya uğramadan geçtiği, lakin bağlama sesinin bozulmaya uğradığı filtrenin, yüksek geçiren filtre olmasına karar verilmiştir. **pyFDA** arayüzünde tasarlanan filtrenin şekli Şekil 14'te görülmektedir.

Yüksek geçiren filtrenin çıkışında görülen işaretlerin frekans cevaplarına ait genlik grafikleri, Şekil 15 ve Şekil 16'da görülmektedir.

- **Üçüncü Ses Grubu (Müslüm Gürses – İtirazım Var)**

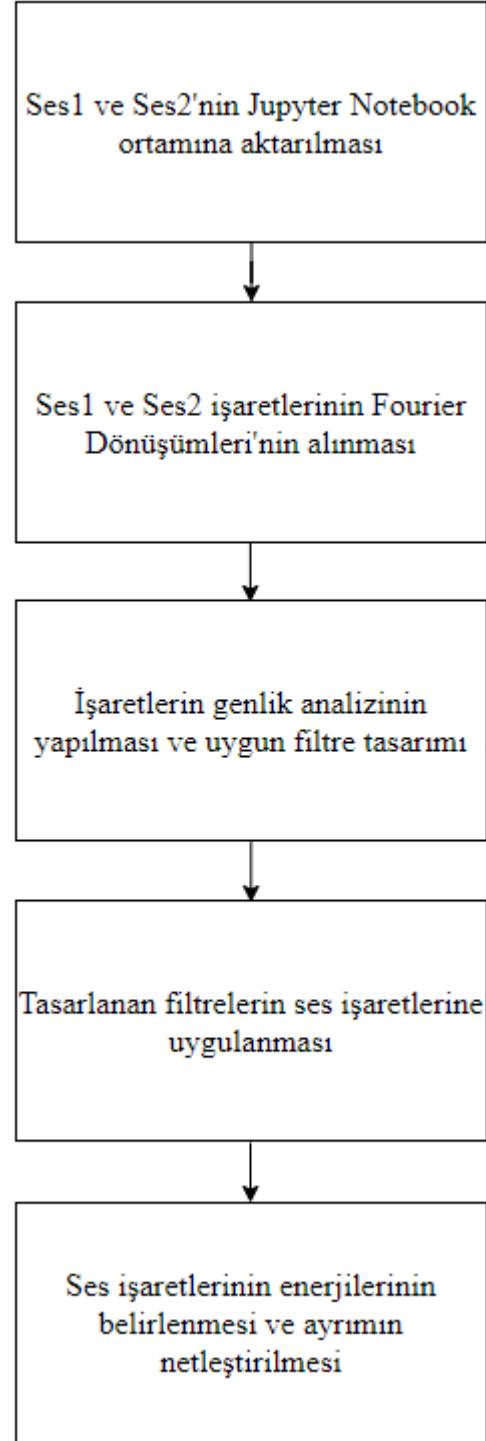
3.ses grubundaki gitar ve bağlamaya ait ses işaretlerinin frekans cevaplarına ait genlik grafikleri Şekil 17 ve Şekil 18'de görülmektedir.

3.ses grubu için bağlama sesinin yüksek oranda bozulmaya uğramadan geçtiği, ancak gitar sesinin bozulmaya uğradığı filtrenin, yüksek geçiren filtre olmasına karar verilmiştir. **pyFDA** arayüzünde tasarlanan filtrenin şekli Şekil 19'te görülmektedir.

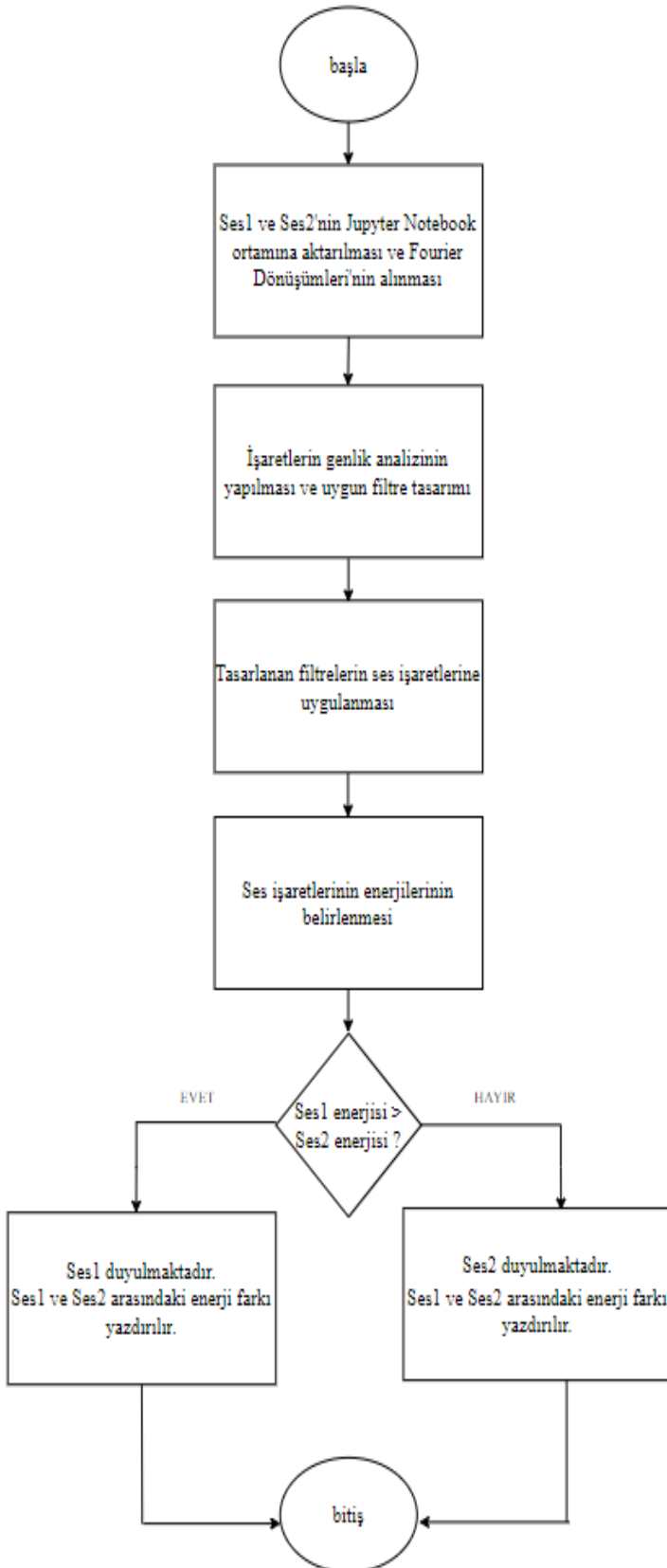
Yüksek geçiren filtrenin çıkışında görülen işaretlerin frekans cevaplarına ait genlik grafikleri, Şekil 20 ve Şekil 21'de görülmektedir.

3.ses grubu için gitar sesinin yüksek oranda bozulmaya uğramadan geçtiği, oysaki bağlama sesinin ciddi seviyede bozulmaya uğradığı filtrenin, alçak geçiren filtre olmasına karar verilmiştir. **pyFDA** arayüzünde tasarlanan filtrenin şekli Şekil 22'da görülmektedir.

Alçak geçiren filtrenin çıkışında görülen işaretlerin frekans cevaplarına ait genlik grafikleri, Şekil 23 ve Şekil 24'de görülmektedir.



Akış Diyagramı:



Sonuçların analizi:

Ses analizleri yapıldığında, beklenen sonucun elde edilebilmesi ve bu sonucun görülmesi için çeşitli parametrelere ihtiyaç duyulur. Bu parametrelerden en önemlisi seslerin enerjileri arasındaki farkı incelemektir. İşaretlerin enerjilerini incelemek için filtre çıkışındaki işaretlerin genlik spektrumları baz alınır.

• Birinci Ses Grubu (Leyla the Band - Yokluğunda) Enerji Karşılaştırmaları

1.bağlama sesini 1.gitar sesinden ayırt etmek için tasarlanan yüksek geçiren filtreden geçirilen ses işaretlerinin enerjileri ve bu enerjiler arasındaki fark, aşağıda görüldüğü gibidir:

Gitar sesi enerjisi: 1.716972878405396 Joule
Bağlama sesi enerjisi: 2.7013771588096795 Joule
Enerjiler arasındaki fark: 0.9844042804042836 Joule

Sonuçlar incelendiğinde bağlama sesinin enerjisinin gitar sesinin enerjisine göre yüksek kaldığı görülmektedir.

1.gitar sesini 1.bağlama sesinden ayırt etmek için tasarlanan alçak geçiren filtreden geçirilen ses işaretlerinin enerjileri ve bu enerjiler arasındaki fark, aşağıda görüldüğü gibidir:

Gitar sesi enerjisi: 21.365604998855453 Joule
Bağlama sesi enerjisi 2.847591033916202 Joule
Enerjiler arasındaki fark: 18.51801396493925 Joule

Sonuçlar incelendiğinde gitar sesinin enerjisinin bağlama sesinin enerjisine göre oldukça yüksek kaldığı görülmektedir.

• İkinci Ses Grubu (Serkan Nişancı – Farketmez Hesapları) Enerji Karşılaştırmaları

2.bağlama sesini 2.gitar sesinden ayırt etmek için tasarlanan alçak geçiren filtreden geçirilen ses işaretlerinin enerjileri ve bu enerjiler arasındaki fark, aşağıda görüldüğü gibidir:

Gitar sesi enerjisi: 9.253783251498717 Joule
Bağlama sesi enerjisi: 15.5124538255554886 Joule
Enerjiler arasındaki fark: 6.258755004056169 Joule

Sonuçlar incelendiğinde bağlama sesinin enerjisinin gitar sesinin enerjisine göre yüksek kaldığı görülmektedir.

2.gitar sesini 2.bağlama sesinden ayırt etmek için tasarlanan yüksek geçiren filtreden geçirilen ses işaretlerinin enerjileri ve bu enerjiler arasındaki fark, aşağıda görüldüğü gibidir:

Gitar sesi enerjisi: 5.783171688743165 Joule
Bağlama sesi enerjisi 1.1893705711576523 Joule
Enerjiler arasındaki fark: 4.6138011175855125 Joule

Sonuçlar incelendiğinde gitar sesinin enerjisinin bağlama sesinin enerjisine göre yüksek kaldığı görülmektedir.

- **Üçüncü Ses Grubu (Müslüm Gürses – İtirazım Var) Enerji Karşılaştırmaları**

3.bağlama sesini 3.gitar sesinden ayırt etmek için tasarlanan yüksek geçiren filtreden geçirilen ses işaretlerinin enerjileri ve bu enerjiler arasındaki fark, aşağıda görüldüğü gibidir:

Gitar sesi enerjisi: 0.4908210972341997 Joule
Bağlama sesi enerjisi: 9.188821906636914Joule
Enerjiler arasındaki fark: 8.698000809402714 Joule

Sonuçlar incelendiğinde bağlama sesinin enerjisinin gitar sesinin enerjisine göre yüksek kaldığı görülmektedir.

3.gitar sesini 3.bağlama sesinden ayırt etmek için tasarlanan alçak geçiren filtreden geçirilen ses işaretlerinin enerjileri ve bu enerjiler arasındaki fark, aşağıda görüldüğü gibidir:

Gitar sesi enerjisi: 27.40048824779398 Joule
Bağlama sesi enerjisi 3.2728820435684467 Joule
Enerjiler arasındaki fark: 24.127606204225533 Joule

Sonuçlar incelendiğinde gitar sesinin enerjisinin bağlama sesinin enerjisine göre oldukça yüksek kaldığı görülmektedir.

➤ **Karşılaştırmalar ve Sürpriz Sonuçlar**

Her bir gruptaki gitar seslerine özel tasarlanan filtreler, bağlama sesleri üzerinde de denenmiş ve çıkış işaretleri karşılaştırılmıştır. Ayrıca gitar sesleri de bağlama seslerine özel tasarlanan filtrelerden geçirilmiş ve çıkış işaretleri karşılaştırılmıştır.

Birinci ses grubu için, yüksek geçiren filtre çıkışında gitar sesine ait enerji ile bağlama sesine ait enerjilerin birbirine yakın olduğu görülmüştür.

İkinci ses grubu için tasarlanan filtre yapılarının, birinci ses grubu için tasarlanan filtreler ile karşılaştırıldığında, tam zıt filtre yapılarına sahip olması gerektiği anlaşılmıştır.

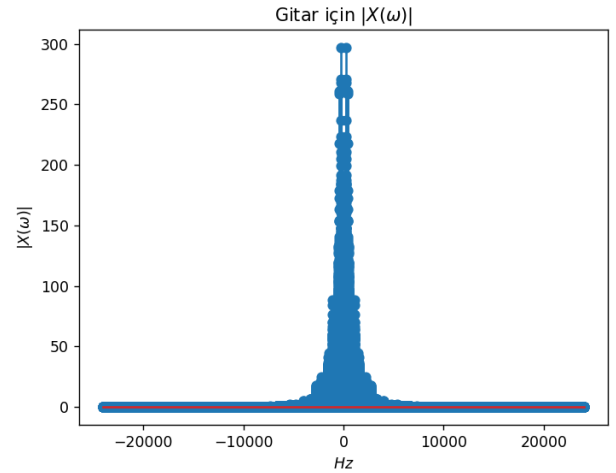
Örneğin, birinci ses grubundaki gitar sesini elde etmek için AGF tasarlanırken, ikinci ses grubundaki gitar sesini elde etmek için YGF tasarlanmıştır.

Üçüncü ses grubundaki bağlama sesi için tasarlanan YGF ikinci ses grubundaki gitar sesi için tasarlanan YGF ile aynı parametrelere sahiptir.

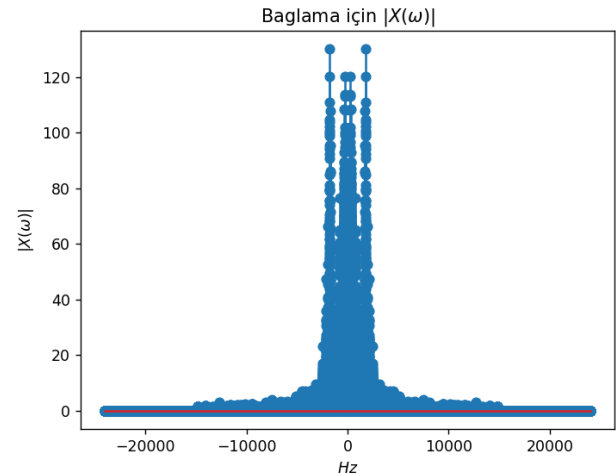
Sonuç olarak birbirinden farklı yapılara/parametrelere sahip 5 adet filtre tasarımı gerçekleştirilmiştir.

2.1 Grafik, Tablo ve Şekiller

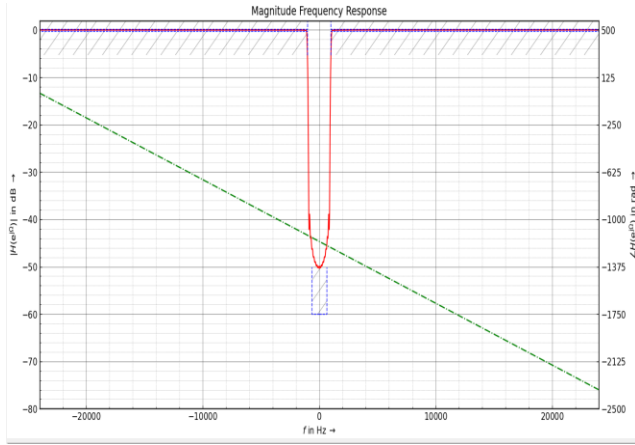
- **Birinci Ses Grubu (Leyla the Band – Yokluğunda) Çıktılar**



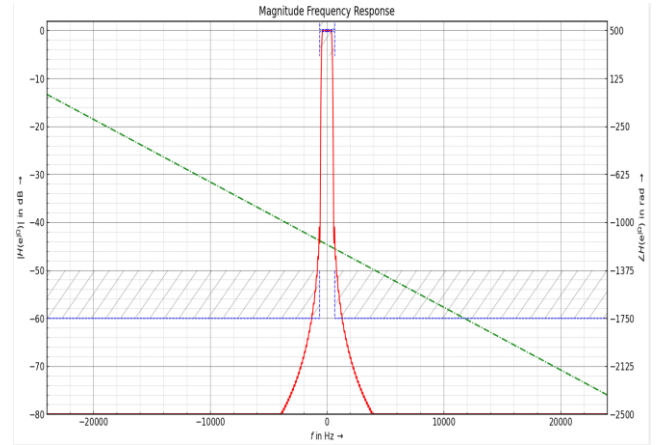
Şekil 1. Gitar Sesinin Frekans Uzayındaki Karşılığı



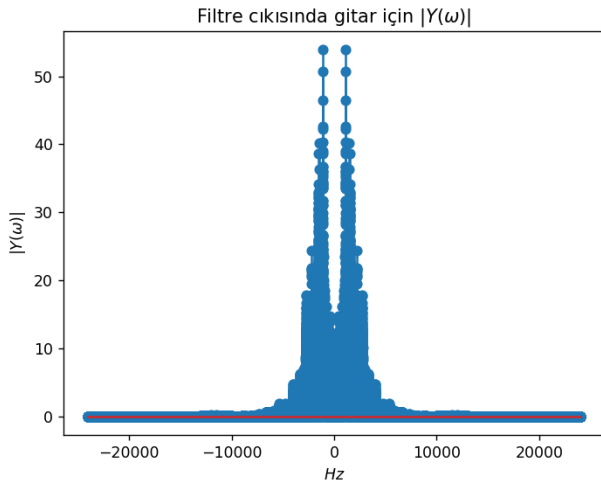
Şekil 2. Bağlama Sesinin Frekans Uzayındaki Karşılığı



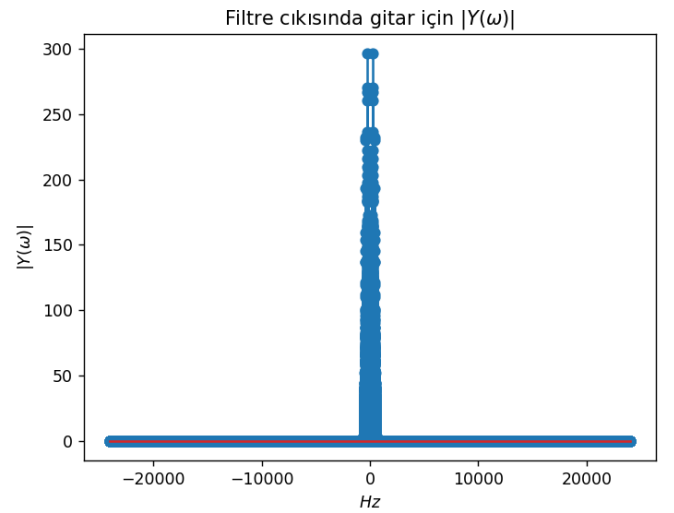
Şekil 3. Yüksek Geçiren Filtre Tasarımı



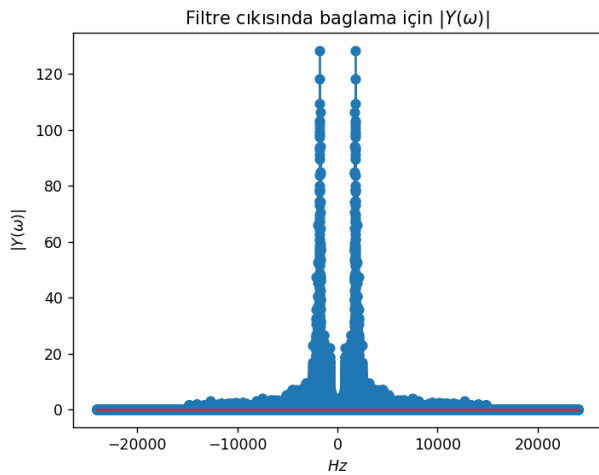
Şekil 6. Alçak Geçiren Filtre Tasarımı



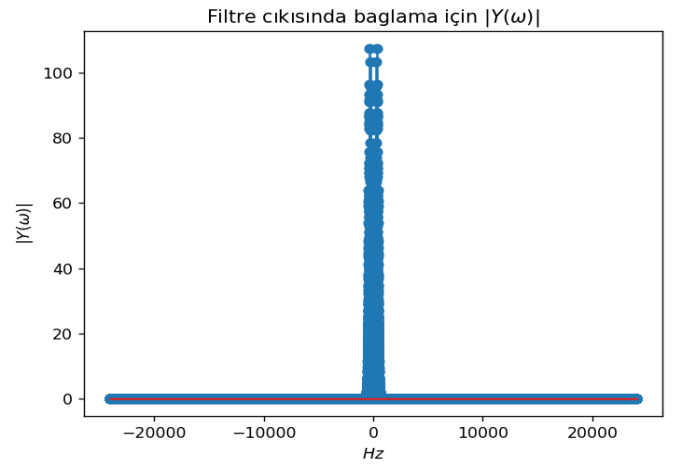
Şekil 4. Gitar Sesinin Yüksek Geçiren Filtre Çıkışı



Şekil 7. Gitar Sesinin Alçak Geçiren Filtre Çıkışı



Şekil 5. Bağlama Sesinin Yüksek Geçiren Filtre Çıkışı



Şekil 8. Bağlama Sesinin Alçak Geçiren Filtre Çıkışı

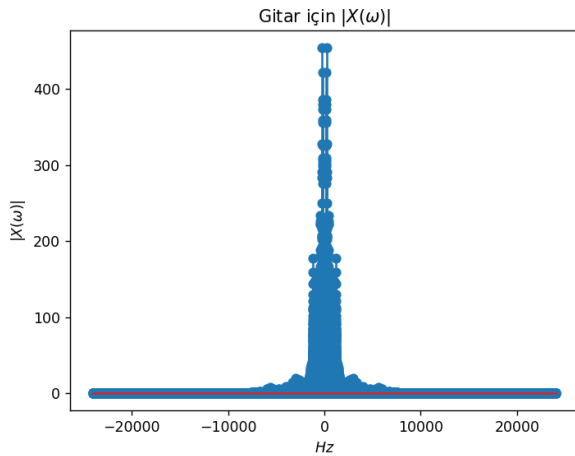
1.ses grubu için tasarlanan yüksek geçiren filtrenin parametreleri aşağıda verilen tabloda (Tablo 1.) görülmektedir:

Tablo 1.						
FIR - IIR	Tipi	N	f_s	f_c	f_{SB}	f_{PB}
FIR	Barthann	751	48000 Hz	1000 Hz	650 Hz	1000 Hz

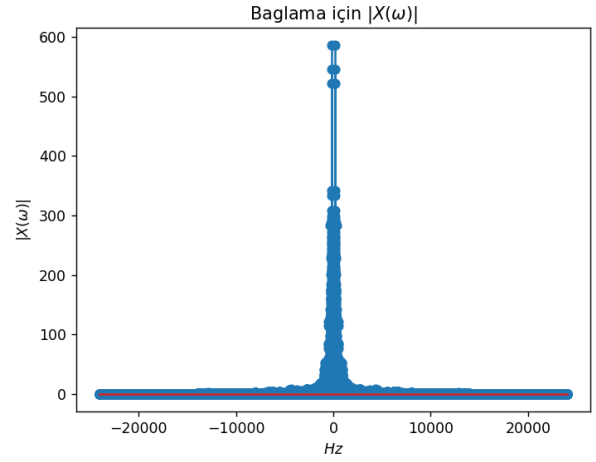
1.ses grubu için tasarlanan alçak geçiren filtrenin parametreleri aşağıda verilen tabloda (Tablo 2.) görülmektedir:

Tablo 2.						
FIR - IIR	Tipi	N	f_s	f_c	f_{SB}	f_{PB}
FIR	Barthann	751	48000 Hz	471 Hz	650 Hz	650 Hz

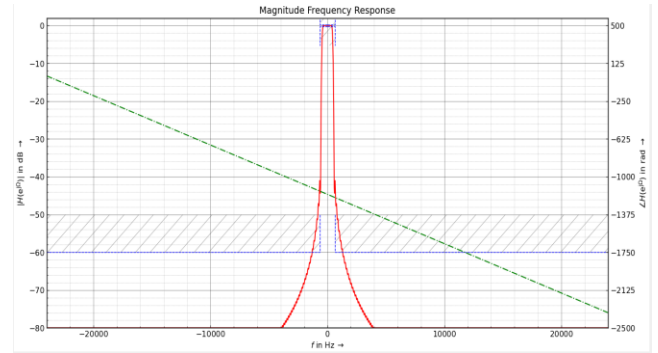
- İkinci Ses Grubu (Serkan Nişancı – Farketmez Hesapları) Çıktılar



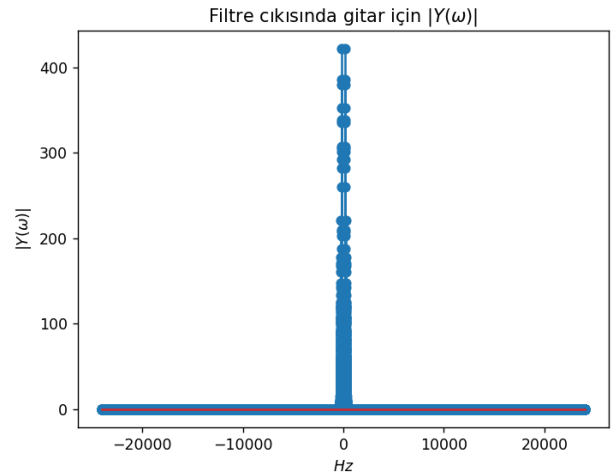
Şekil 9. Gitar Sesinin Frekans Uzakındaki Karşılığı



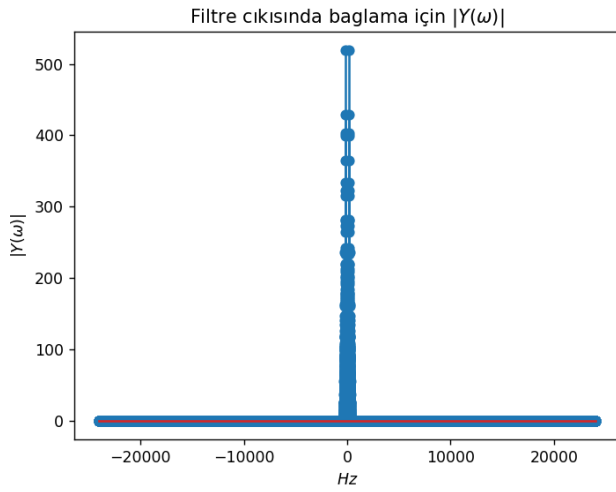
Şekil 10. Bağlama Sesinin Frekans Uzakındaki Karşılığı



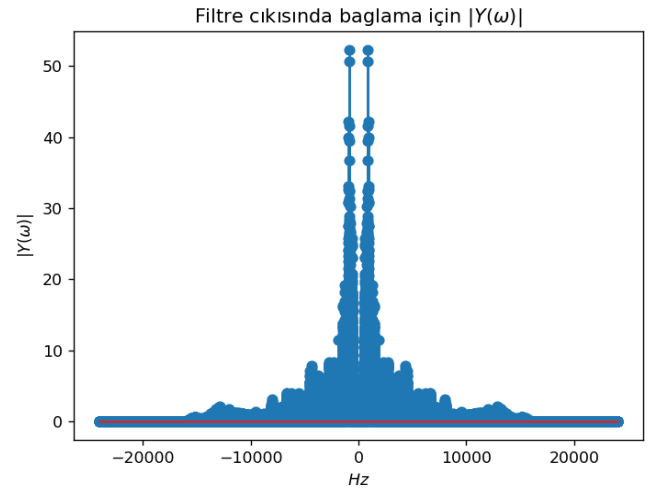
Şekil 11. Alçak Geçiren Filtre Tasarımı



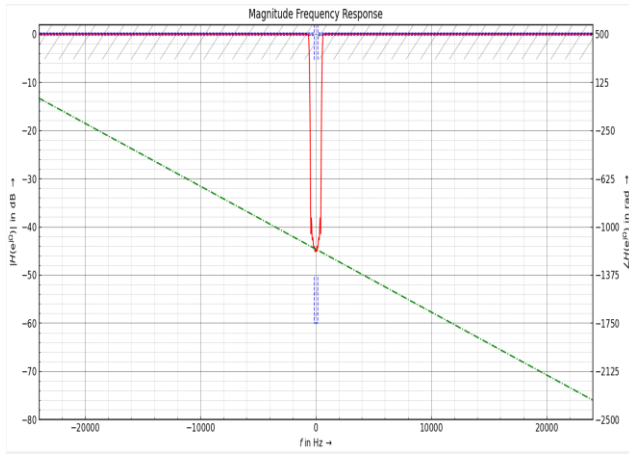
Şekil 12. Gitar Sesinin Alçak Geçiren Filtre Çıkışı



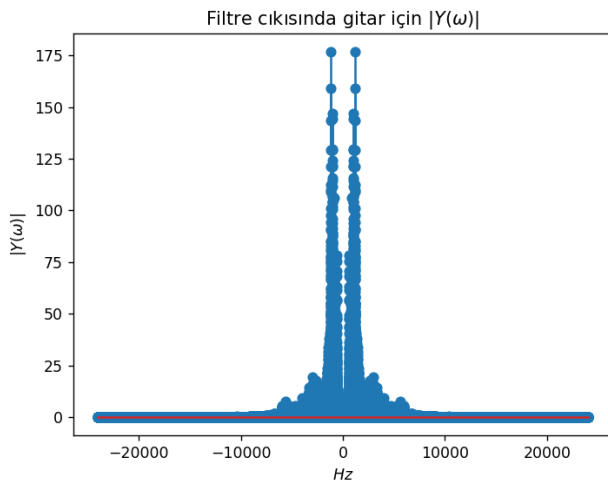
Şekil 13. Bağlama Sesinin Alçak Geçiren Filtre Çıkışı



Şekil 16. Bağlama Sesinin Yüksek Geçiren Filtre Çıkışı



Şekil 14. Yüksek Geçiren Filtre Tasarımı



Şekil 15. Gitar Sesinin Yüksek Geçiren Filtre Çıkışı

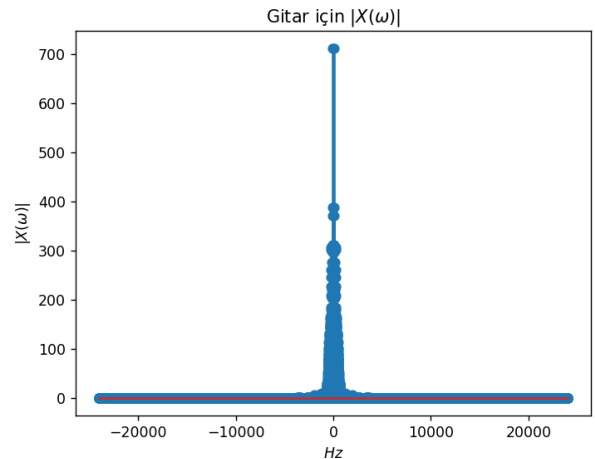
2.ses grubu için tasarlanan alçak geçiren filtrenin parametreleri aşağıda verilen tabloda (Tablo 3.) görülmektedir:

Tablo 3.						
FIR - IIR	Tipi	N	f_s	f_c	f_{SB}	f_{PB}
FIR	Barthann	751	48000 Hz	271 Hz	178 Hz	147 Hz

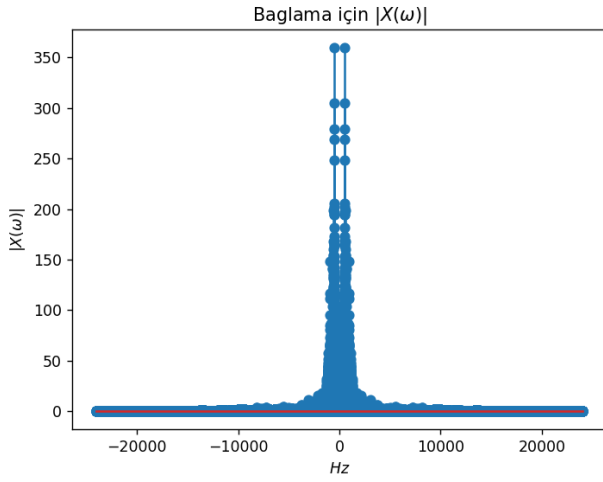
2.ses grubu için tasarlanan yüksek geçiren filtrenin parametreleri aşağıda verilen tabloda (Tablo 4.) görülmektedir:

Tablo 4.						
FIR - IIR	Tipi	N	f_s	f_c	f_{SB}	f_{PB}
FIR	Barthann	751	48000 Hz	550 Hz	147 Hz	147 Hz

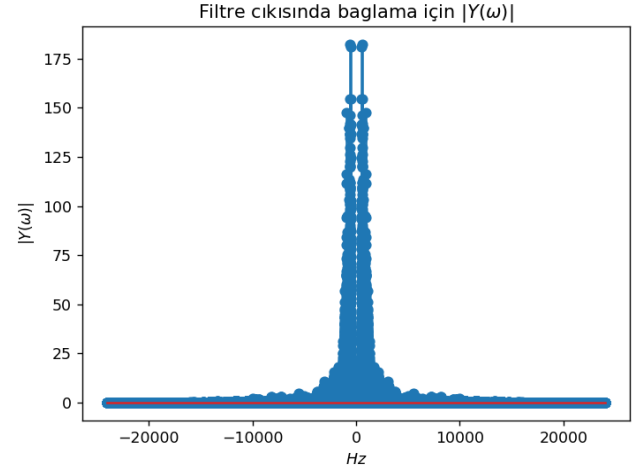
- Üçüncü Ses Grubu (Müslüm Gürses – İtirazım Var) Çıktıları



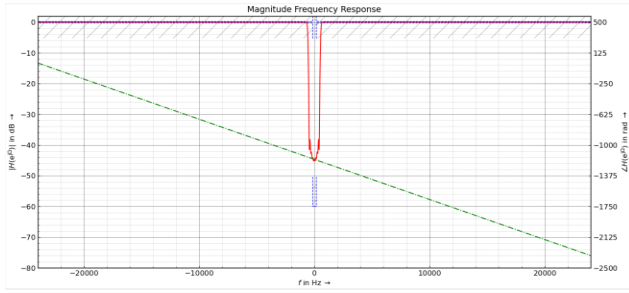
Şekil 17. Gitar Sesinin Frekans Uzayındaki Karşılığı



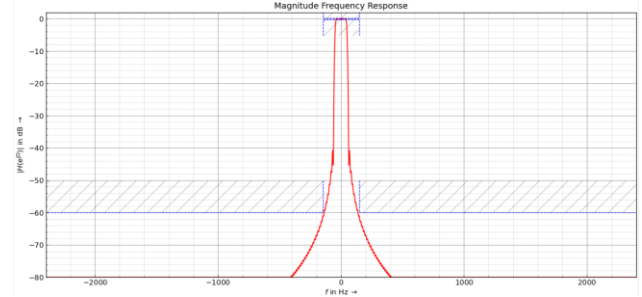
Şekil 18. Bağlama Sesinin Frekans Uzayındaki Karşılığı



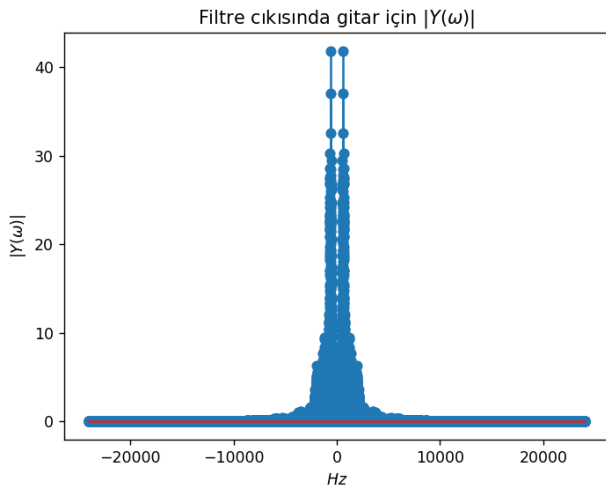
Şekil 21. Bağlama Sesinin Yüksek Geçiren Filtre Çıkışı



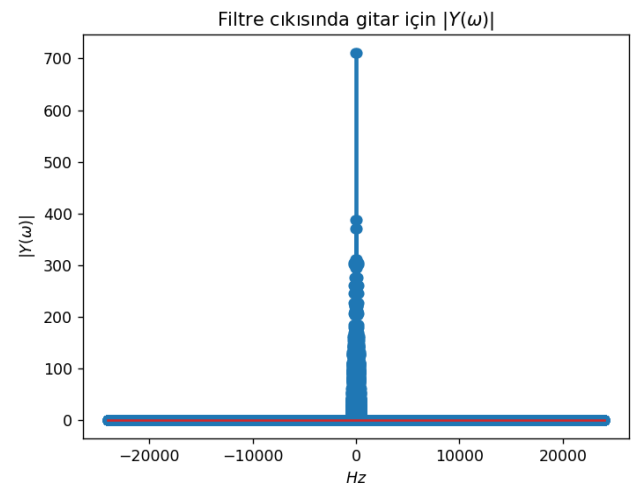
Şekil 19. Yüksek Geçiren Filtre Tasarımı



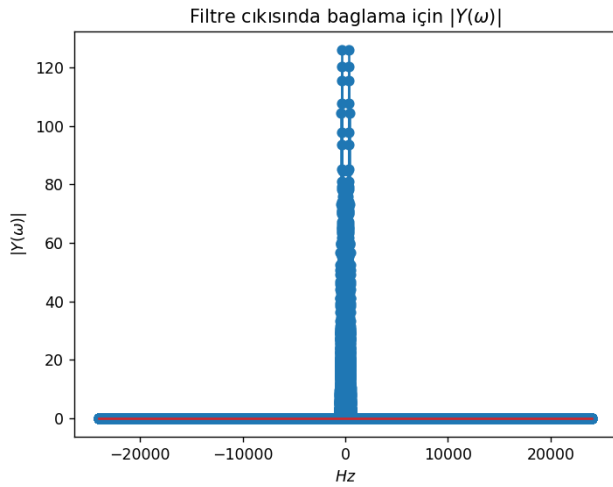
Şekil 22. Alçak Geçiren Filtre Tasarımı



Şekil 20. Gitar Sesinin Yüksek Geçiren Filtre Çıkışı



Şekil 23. Gitar Sesinin Alçak Geçiren Filtre Çıkışı



Şekil 24. Bağlama Sesinin Alçak Geçiren Filtre Çıkışı

3.ses grubu için tasarlanan yüksek geçiren filtrenin parametreleri aşağıda verilen tabloda (Tablo 5.) görülmektedir:

Tablo 5.						
FIR - IIR	Tipi	N	f_s	f_c	f_{SB}	f_{PB}
FIR	Barthann	751	48000 Hz	550 Hz	147 Hz	147 Hz

3.ses grubu için tasarlanan alçak geçiren filtrenin parametreleri aşağıda verilen tabloda (Tablo 6.) görülmektedir:

Tablo 6.						
FIR - IIR	Tipi	N	f_s	f_c	f_{SB}	f_{PB}
FIR	Barthann	714	48000 Hz	50 Hz	147 Hz	147 Hz

3. Sonuç ve Yorum

Ses işaretlerinin frekans uzayındaki spektrumlarının incelenerek yapılan gözlemler sonucu uygun filtre seçimi ve bu filtrenin parametrelerinin belirlenmesi konusunda deneyim sahibi olundu.

Her bir ses işaretine özel filtre tasarlandıktan sonra, bu filtrelerden aynı ses grubundaki bir diğer işaretin geçirilmesi için birden çok parametre ile çözüm önerisinde bulunuldu. Bu çözümler **pyFDA** üzerinde denenerek ilgili filtrenin testi sağlandı. En uygun sonuçları veren parametreler filtrenin tasarımında kullanıldı.

Her bir ses işaretinin birden fazla filtre üzerinde denenmesinden dolayı çözüm önerilerindeki ortaya çıkan parametre fazlalığı, sağladığı avantajların yanı sıra sürecin uzamasına ve karmaşık hale gelmesine sebebiyet verdiği için işlemleri zorlaştırmıştır.

Python tabanlı, ses ve müzik analizi için kullanılan **Librosa** paketi içerisinde bulunan **Spektrogram**^[1] ile daha hassas veriler elde dilip buna uygun filtreler tasarlanabilir.

Bu çalışmada, gözlemlenen genlik spektrumlarına uygun olarak filtre tasarlanması, birbirinden farklı seslerin tasarlanmış filtreler ile ayrımının yapılması öğrenilmiştir. Analiz yapma konusunda ve ihtiyaç doğrultusunda uygun parametrelerin kullanılması ve bunların testinin gerçekleştirilmesi konusunda da bilgi sahibi olundu.

^[1]**Spektrogram**: Belirli bir dalga formunda bulunan çeşitli frekanslarda bir sinyalin sinyal gücünü veya yüksekliğini temsil eden görseldir. Aynı zamanda enerji seviyelerini zaman içinde nasıl değiştiğini de gösterir.

Kaynaklar

[1]

GTÜ, ELM367-ELM368 ders materyalleri

[2]

<https://medium.com/datarunner/librosa-9729c09ecf7a>

[3]

https://www.youtube.com/watch?v=0ALKGR0i5MA&ab_channel=Enthought

[4]

<https://realpython.com/python-scipy-fft/>

[5]

<https://dsp.stackexchange.com/questions/20246/energy-calculation-in-frequency-domain>