

ELM368 – DÖNEM PROJESİ

JET VE HELİKOPTER MOTOR SESLERİNİN AYIRT EDİLMESİ

Reyhan Tunç, Beyza Duran, Ayşe Serra Şimşek

1801022030, 200102002031, 1901022025

r.tunc2018@gtu.edu.tr, b.duran2020@gtu.edu.tr, asimsek2019@gtu.edu.tr

Elektronik Mühendisliği Bölümü, GTÜ, Kocaeli, Türkiye

ABSTRACT (ÖZET)

Bu projede jet ve helikopter motor sesleri ayırt edilmiştir. 10 farklı motordan alınan sesin Fourier Dönüşümü incelenerek motor seslerinin ait oldukları grupların tanımı yapılmıştır.

ANAHTAR KELİMELER

FIR Filtre, Ses analizi, Fourier Dönüşümü, Helikopter Motoru, Jet Motoru

1. Giriş

Bu projede ses analizi yapılmıştır. 10 farklı araçtan alınan ses kayıtları ile motorlar dinlenmiştir. Ses analizi yapılarak hangi frekansta hangi aracın nasıl bir frekans eğilimi gösterdiği incelenmiş, buna bağlı olarak da bir genelleme yapılmıştır. Ses kayıtları ortalama olarak 30 saniyedir. Bu ses kayıtlarına ve araştırmalar sonucu elde edilen verilere göre; 100-1000 Hz aralığının helikopterler için, 500-10.000 Hz aralığının ise Jet motorlar için gözlemlendiği görülmüştür. Ses kayıtlarının temel frekansına göre aracın tespit edilmesi istenen iki tipten hangisine ait olduğu öngörülmüştür. Ayrıca aracın frekansına göre de aracın ortalama olarak ne konumda olduğu hakkında da yorum yapılmıştır.

2. Deney ve Analiz

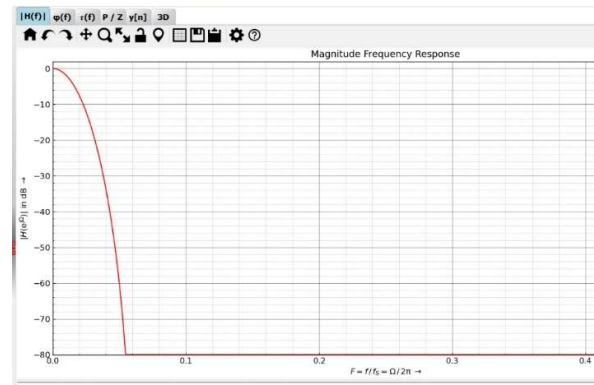
Projenin ilk aşaması olarak öncelikle kullanılmak istenen ses kayıtları belirlenmiştir. Kullanılacak ses dosyaları uygun formata ve istenilen analiz süresi için uygun hale getirilmiştir. Kullanılacak ses dosyaları araçların farklı konumlarda (iniş, taxi, kalkış, alçak uçuş, uçuş) olmasına özen gösterilerek seçilmiş, bu konumlardaki frekanslara ait olarak yorumlanmıştır.

Ses kayıtlarının analizi için *Librosa* paketi kullanılmıştır. Paket önce *Jupyter Notebook* a yüklenmiş ardından kurulumu sağlanmıştır.

Ses dosyalarının örnekleme frekansı 48 kHz olarak seçilmiştir.

pyFDA ile alçak geçiren -windowed FIR- Blackmanharris filtre tasarlanmıştır. Doğruluk payı göz önüne alınarak FIR filtre tercih edilmiştir.

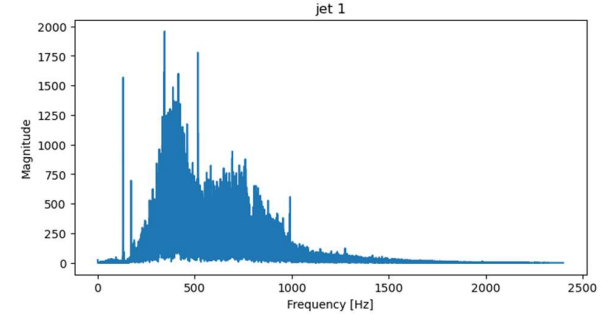
2.1 Filtre



Şekil 1: Alçak Geçiren Filtre Tasarımı

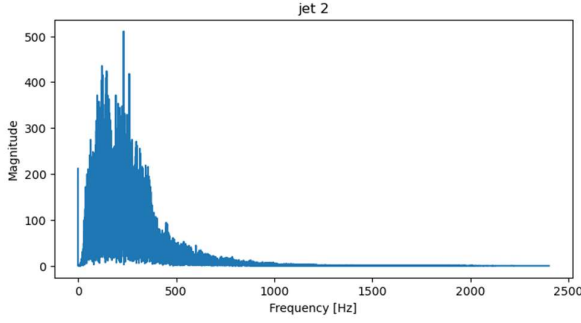
Bu filtreden bütün ses kayıtları geçirilmiştir. İlk ses kaydının filtre çıkışındaki görüntüsü Şekil 2’de verilmiştir.

2.2 Jet Motoru Kayıtlarının Filtre Sonucu



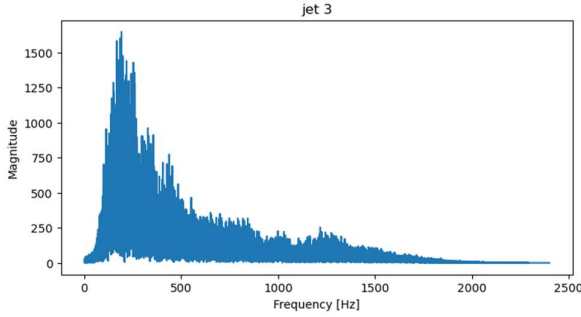
Şekil 2: Jet-1 Ses Kaydı

İlk ses kaydı motoru yeni çalışmaya başlayan bir araca aittir. Bu araç aslında bir helikopter olmasına rağmen pervanenin ilk dönüş sesleri net olarak duyulamadığından dolayı insan kulağı tarafından algılanması zor bir sestir. Ancak ortalama olarak 131 Hz temel frekans değerine sahip olan bu ses kaydı bize bunun jet olmayabileceği hakkında bilgi verir.



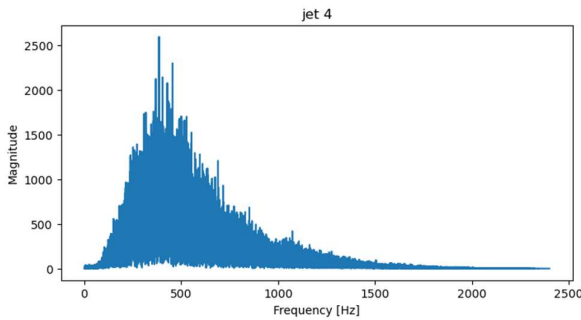
Şekil 3: Jet-2 Ses Kaydı

İkinci ses kaydı taxi yaparken kalkışa hazırlanan bir jete ait bir ses kaydıdır. Ortalama olarak 64 Hz temel frekans değerine sahip olan bu ses kaydı bize bunun jet motorundan ziyade bir helikopter olabileceğini söyler. Ancak burada net bir uçuş yerine uçuşa hazırlık evresi söz konusu olduğundan frekans değerlerinin bağlı olduğu diğer parametreler göz önüne alınır ve yaptığı titreşimin normalde olduğundan çok daha az olduğu görülür.



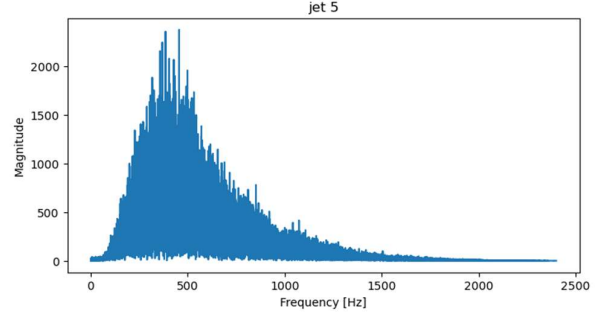
Şekil 4: Jet-3 Ses Kaydı

Üçüncü ses kaydı kalkışa geçen bir jete ait bir ses kaydıdır. Ortalama olarak 112 Hz temel frekans değerine sahip olan bu ses kaydı bize bunun jet motoru olabileceği hakkında bilgi verir. Ancak net bir durum ifade etmez. Çünkü helikopter için seçilen frekans aralığının biraz üzerinde bir değerdir. Bu nedenle net bir yorum yapılamazken ses kaydının kalkışa geçen bir araca ait oluşundan dolayı frekansının beklenen değerin altında olduğu düşünülür. Ve böylece ses kaydının bir jete ait olduğu kanısına varılır.



Şekil 5: Jet-4 Ses Kaydı

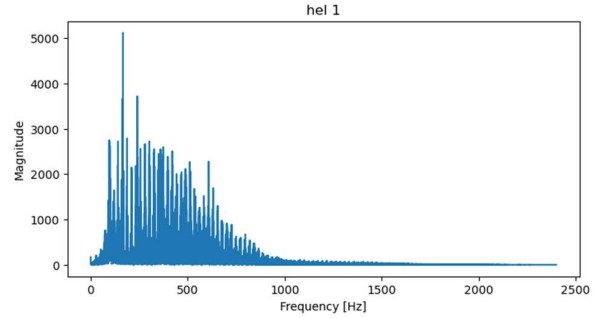
Dördüncü ses kaydı uçuş yapan bir veya daha fazla jete ait bir ses kaydıdır. Ortalama olarak 251 Hz temel frekans değerine sahip olan bu ses kaydı bize bunun jet motoru olduğu hakkında bilgi verir.



Şekil 6: Jet-5 Ses Kaydı

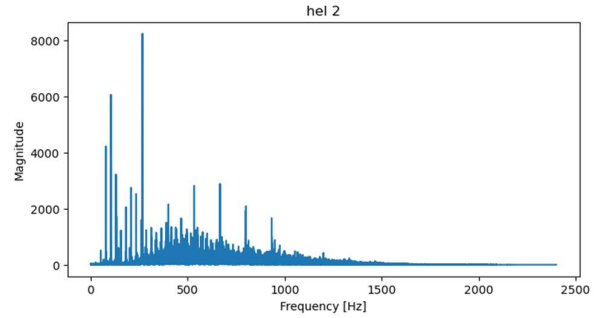
Beşinci ses kaydı uçuş yapan bir veya daha fazla jete ait bir ses kaydıdır. Ortalama olarak 227 Hz temel frekans değerine sahip olan bu ses kaydı bize bunun jet motoru olduğu hakkında bilgi verir.

2.3 Helikopter Motoru Kayıtlarının Filtre Sonucu



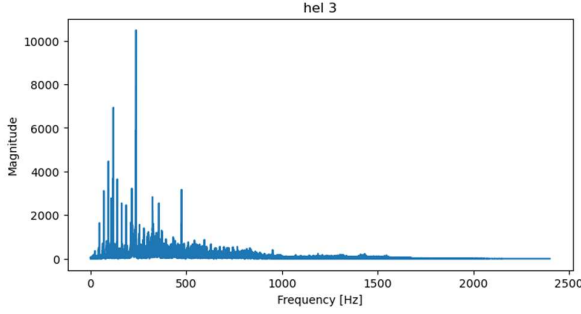
Şekil 7: Hel-1 Ses Kaydı

Altıncı ses kaydı kaydı uçuş yapan bir helikoptere ait bir ses kaydıdır. Ortalama olarak 95 Hz temel frekans değerine sahip olan bu ses kaydı bize bunun helikopter motoru olduğu hakkında bilgi verir.



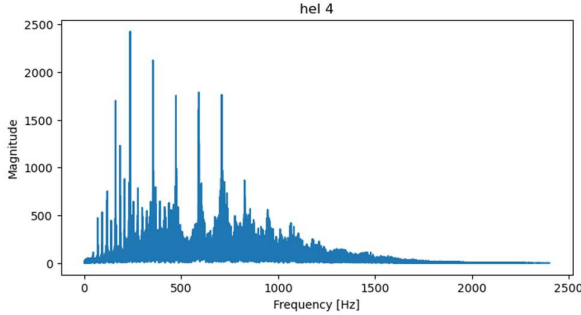
Şekil 8: Hel-2 Ses Kaydı

Yedinci ses kaydı kaydı uçuş yapan bir helikoptere ait bir ses kayıdır. Ortalama olarak 78 Hz temel frekans değerine sahip olan bu ses kaydı bize bunun helikopter motoru olduğu hakkında bilgi verir.



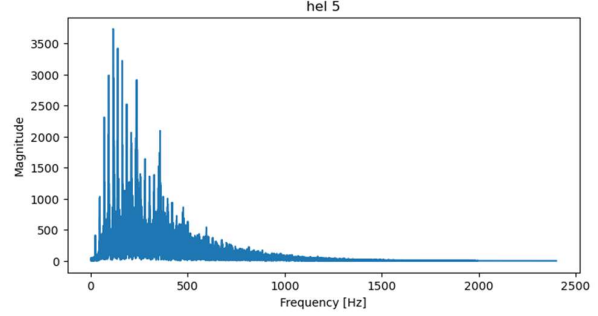
Şekil 9: Hel-3 Ses Kaydı

Sekizinci ses kaydı kaydı uçuşa hazırlık yapan bir helikoptere ait bir ses kayıdır. Ortalama olarak 119 Hz temel frekans değerine sahip olan bu ses kaydı bize bunun helikopter motoru olup olmadığı hakkında bilgi vermez. Fazlaca dış etkene sahip olan bu ses bozuk bir motor kadar garip bir ses verdiği için doğru değerlendirmeye alınamayacak kadar sağlıklı bir veriye sahiptir.



Şekil 10: Hel-4 Ses Kaydı

Dokuzuncu ses kaydı kaydı inişe geçen bir helikoptere ait bir ses kayıdır. Ortalama olarak 161 Hz temel frekans değerine sahip olan bu ses kaydı bize bunun helikopter motoru olup olmadığı hakkında bilgi vermez. Frekans değerine etki edecek kadar değişkenlik gösteren iniş/kalkış durumları sağlıklı veri akışını engelleyen durumlardan biridir.



Şekil 11: Hel-5 Ses Kaydı

Yedinci ses kaydı kaydı alçak uçuş yapan bir helikoptere ait bir ses kayıdır. Ortalama olarak 70 Hz temel frekans değerine sahip olan bu ses kaydı bize bunun helikopter motoru olduğu hakkında bilgi verir.

3. Sonuç ve Yorum

Çıkan grafikler incelenip sağlıklı olduğu düşünülen veriler göz önüne alındığında 120 Hz üzeri frekansların jet motorlarına ait olduğu, 100 Hz altının ise helikopter motorlarına ait olduğu değerlendirilmiştir. Bu iki değer arasında kalan kısım yani 100-120 Hz aralığı ise ayrıştırılamayan bölge olarak nitelendirilmiştir.

Ses kayıtlarının sağlıklı olmadığı düşünülen kısımlar;

- İniş
- Kalkış
- Taxi
- Bozuk motor olarak sıralanabilir.

Değerlerin oldukça farklı gelmesinin sebeplerinden bir diğeri ise ses kaydı alınan araçların;

- Kütle
- Motor tipi
- Araç tipi
- Devir hızı
- Motor yapısı
- Türbin tasarımı gibi oldukça değişkenlik gösterebilen değerlere sahip oluşundan kaynaklıdır.

Kaynakça

- International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) - An Overview of the use of Python for Audio Signal Processing - Shreshth Singh Parihar
- Hava Araçlarında Dönel Makinaların Titreşimi Ve Önemi - Önder Altuntaş - Yüksek Lisans Tezi
- <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25812386/#:~:text=Results%3A%20Jet%20engines%20emitted%20broadband,%2F3%20Doctave%20bands>
- <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:837782/FULLTEXT01.pdf>