

# AKTİVİTE ALGILAMA

Ömer Cebeci  
225023002010  
omer.cebeci2017@gtu.edu.tr

## ÖZET

İnsan hareketinin algılanmasının amacı insan davranışının ve çevresinin bir dizi gözlemi ve analizi yoluyla insan vücudunun mevcut davranışını ve hedeflerini anlamaktır. Bu proje kapsamında kullanılan veri setinde 7 bireyin 3 farklı aktivitesi alçak geçiren filtre ve Welch yöntemi kullanılarak ayırt edilmiştir.

## ANAHTAR KELİMELER

IMU, Welch, Lowpass, Fourier

## 1. Giriş

İnsan hareketinin algılanmasının amacı insan davranışının ve çevresinin bir dizi gözlemi ve analizi yoluyla insan vücudunun mevcut davranışını ve hedeflerini anlamaktır [1]. Video izleme sistemleri, insan ile bilgisayarın etkileşimli olduğu sistemler ve robotik alanlarda önemli çalışma konularından biridir. İnsan hareketinin algılanması için tercih edilen yöntemlerden birisi kamera kullanımıdır. Kameralar önceden belirlenmiş sabit konumlara yerleştirilir ve hareketlerin analizi tamamıyla insanın kamera ile etkileşimi sayesinde yapılır. Bu yöntemin çeşitli kısıtları ve problemleri mevcuttur: İnsan sensör aralığında hareket etmiyorsa algılama gerçekleştirilemez, Kameranın konulduğu ortam eğer dış mekansa hava durumu gün ışığı gibi faktörler algılama işlemini ve analizi zorlaştırır [1]. Aynı zamanda kamera sensörlerinin kurulumu ve bakım maliyetleri yüksektir. Video işleme teknolojisi hesaplama açısından da karmaşık ve maliyetlidir. Bahsedilen bu problemler ve kısıtlamalar dikkate alındığında kamera sensörleri yerine giyilebilir sensörler kullanmak daha avantajlıdır [1]. Giyilebilir sensörler olarak hareket veya pozisyon algılaması yapılan sistemlerde en çok ivmeölçer ve jiroskop kullanılır. Bu iki sensörün tek bir entegre içerisinde bulunduran elektronik cihaz ise IMU (Inertial Measurement Unit)'dur.

IMU bir cismin açısal hızı ve lineer ivmesini 3 eksenle ölçer. Lineer ivme için ivmeölçer ve açısal hız ölçümü için jiroskop sensörlerini içerisinde bulundurur. MPU9250 gibi farklı IMU modellerinde cisimlerin yönelimlerini ölçmek için pusula (magnetometer) da bulunmaktadır.

Bu proje kapsamında PAMAP2 veri setinde farklı insanlardan toplanmış durma, koşma ve yürüme aktivitelerinin x eksenindeki ivmeölçer verileri alçak geçiren filtreden geçirilmiş, Welch yöntemi kullanılarak

spektral kestirimi gerçekleştirilip hareketlerin ayrımı yapılmıştır.

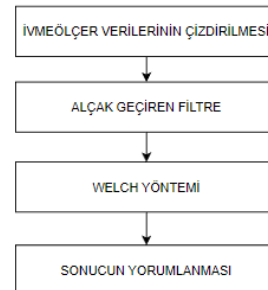
## 2. Veri Seti

Bu proje kapsamında Attila Reiss ve Didier Stricker tarafından hazırlanan Physical Activity Monitoring PAMAP2 veri seti kullanılmıştır [2]. 1'i kadın 8'i erkek olmak üzere 9 farklı kişinin günlük 18 farklı aktivitelerinin kol, göğüs ve baskın olan ayak bileklerine takılan birer IMU ve nabız ölçer sensörleri ile verileri toplanmıştır. IMU sensörü için örnekleme frekansı 100 Hz olarak verilmiştir. Veri setinde bulunan ivmeölçer verilerinin birimi  $\frac{m}{s^2}$  iken açısal hız verilerinin birimi

ise  $\frac{rad}{sn}$  dir. +16g ve +6g olmak üzere iki farklı ölçüm aralığına sahip ivmeölçer verileri bulunmaktadır. Veri seti bilgilendirme dokümanında +6g ölçüm aralığındaki ivmeölçer verilerinin kalibrasyon ve satürasyon problemleri olduğu bu yüzden +16g ivmeölçer verilerinin kullanılması tavsiye edilmiştir. Bu tavsiye dikkate alınarak +16g ölçüm aralığına sahip ayak bileğine takılan ivmeölçer verileri kullanılmıştır. Sinyal analizi gerçekleştirilen 3 farklı aktivite, durma; insanların hareket etmeden veya hareket etmeden sadece el kol hareketi yaparak konuşmak, yürümek; 4-6km/h yüksek hızla dışarda yürümek, koşma; her bir deneğe uygun hızla dışarıda koşmak olarak tanımlanmıştır. Veri seti [5] verilmiştir

## 3. Yöntem

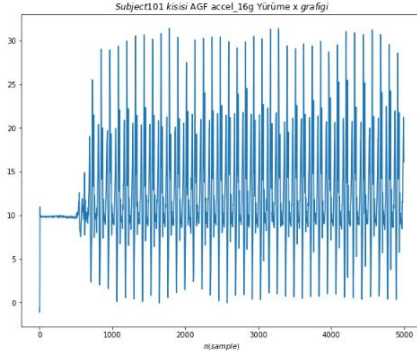
Veri seti bölümünde tanıtılan PAMAP2 veri setinde ilgili sinyallerin 5000 örnek (5 sn) için analizleri gerçekleştirilmiştir. Her bir kişinin 3 farklı aktivitesi için Blok diyagram- 1'de ki adımlar uygulanmıştır.



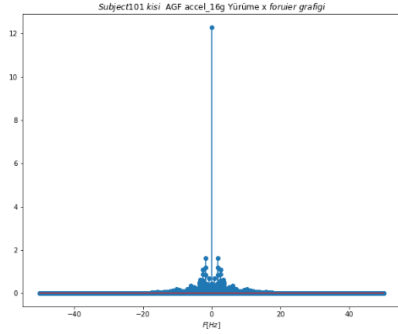
Blok diyagram- 1 Analiz Algoritması

### 3.1 Filtre Seçimi

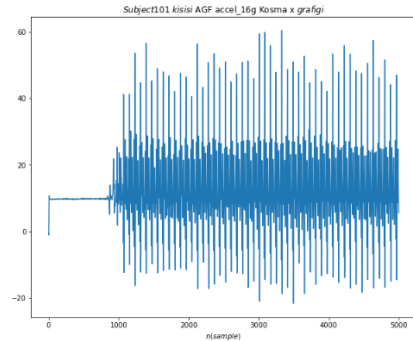
Veri setinde bulunan sinyaller frekans ekseninde Şekil-(1-6)'deki gibi incelendiğinde genliklerinin alçak frekanslarda daha yüksek değer aldığı bu yüzden güç bilgilerinin de düşük frekanslarda olacağı düşünülmüştür. Sinyal üzerinde bulunan gürültüleri de azaltmak amacıyla alçak geçiren filtre kullanılmıştır. Pencere tipi olarak hamming ve rectangular denenmiştir. Gürültüleri daha iyi bastırdığı için rectangular pencere seçilmiştir. Filtre derecesi 10, 20 ve 30 denenmiş, 10 dereceli filtre de de gürültülerin ciddi miktarda bastırıldığı için derece artırılmamıştır.



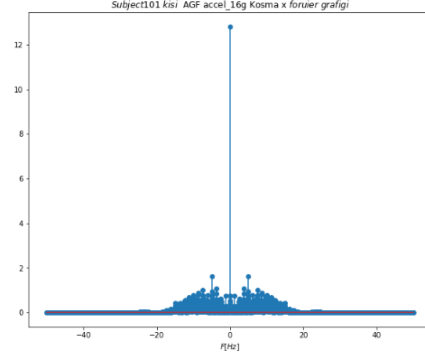
Şekil-1 Subject101 Yürüme Aktivitesi Zaman



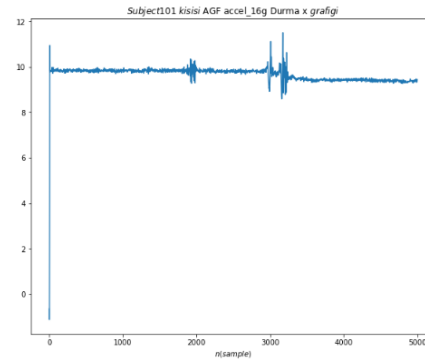
Şekil-2 Subject101 Yürüme Aktivitesi Frekans



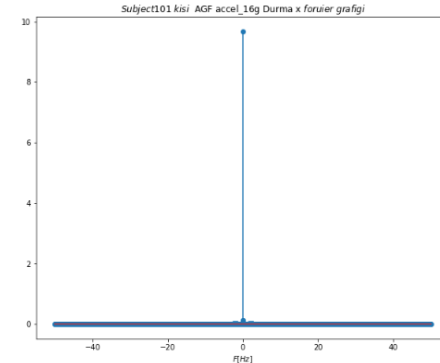
Şekil-3 Subject101 Koşma Aktivitesi Zaman



Şekil-4 Subject101 Koşma Aktivitesi Frekans

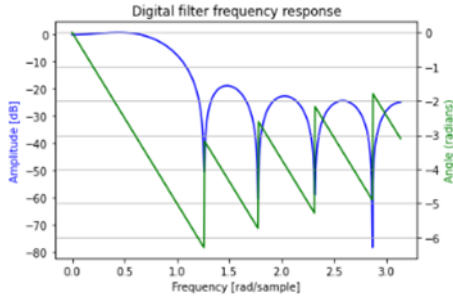


Şekil-5 Subject101 Durma Aktivitesi Zaman

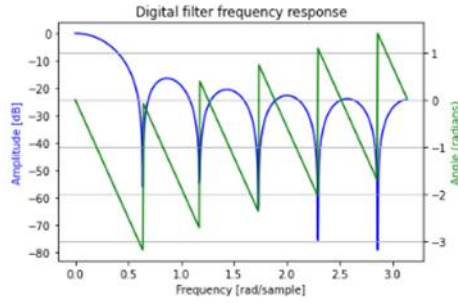


Şekil-6 Subject101 Durma Aktivitesi Frekans

Frekans ekseninde incelenen örneklerde 15-20 Hz civarında sinyallerin genliklerinin ciddi miktarda azaldığı görülmüştür. 15hz ve 5hz'lik kesme frekansına sahip FIR alçak geçiren filtre tasarımı MATLAB üzerinde yapılmıştır. Filtre katsayıları kaydedilerek sinyallere uygulanmıştır. İki farklı kesme frekansına sahip alçak geçiren filtrelerin etkileri incelenmiştir.

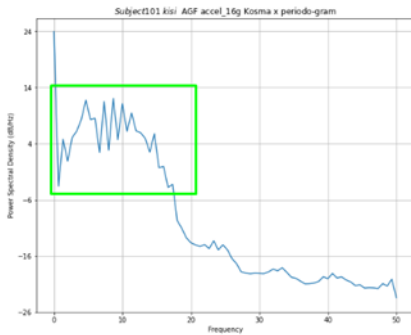


Şekil- 7  $f_c=15\text{Hz}$  Alçak Geçiren Filtre

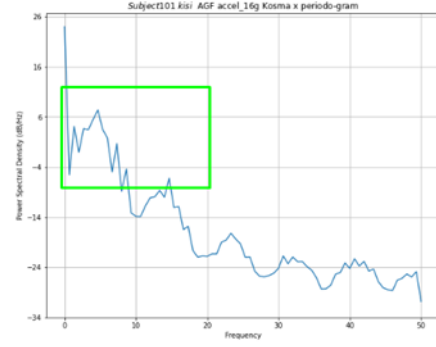


Şekil- 8  $f_c=5\text{ Hz}$  Alçak Geçiren Filtre

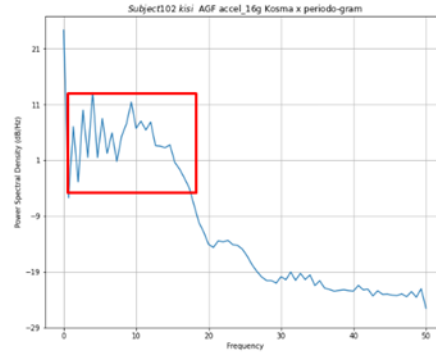
5Hz kesme frekansına sahip olan filtre yürüme ve durma aktiviteleri için uygulanabileceği görülmüş fakat koşma aktivitesinin karakteristik özelliğini yansıtamadığı gözlemlenmiştir. Bu yüzden proje kapsamında 15Hz kesme frekansına sahip alçak geçiren filtre kullanılmıştır. Her bireyin koşma aktivitesinin spektral kestiriminde 5-20Hz arası gözlemlenen karakteristik özellik 5Hz kesme frekansına sahip filtre kullanıldığında görülmemiştir. Bu durum koşma ve yürüme aktivitelerinin ayırımı olumsuz yönde etkilemiştir.



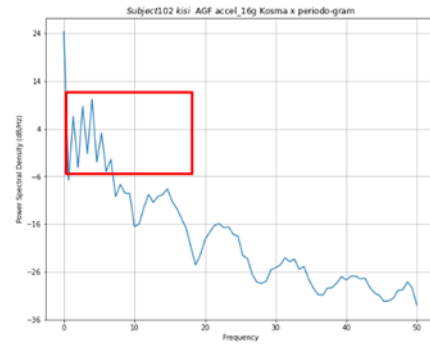
Şekil- 9 Subject101 için  $f_c=15\text{ Hz}$ 'lik AGF Sonucu



Şekil- 10 Subject101 için  $f_c=5\text{Hz}$ 'lik AGF Sonucu



Şekil- 11 Subject102 için  $f_c=15\text{ Hz}$ 'lik AGF Sonucu



Şekil- 12 Subject102 için  $f_c=5\text{ Hz}$ 'lik AGF Sonucu

### 3.2 Welch Yöntemi

Bir sinyalin enerjisinin veya gücünün frekanslara göre dağılımının elde edilmesine spektral kestirim denir. Pratikte kullanılan sinyallerde her zaman gürültü mevcuttur. Gürültünün varlığı da rastgelelik getirir. Aynı zamanda Spektral kestirim olarak adlandırılma yapılmasının temel nedeni de rastgeleliğin olmasıdır. Spektral kestirim yöntemleri parametrik ve parametrik olmayan yöntemler olarak iki kategoriye ayrılır.

Parametrik olmayan yöntemler ile elde edilen güç spektral yoğunluğunda, sinyalin kendisi direkt olarak değerlendirilir [3]. Bu yöntemler verinin nasıl üretildiği hakkında bir varsayımda bulunmaz, dolayısıyla parametrik olmayan yöntemler olarak adlandırılır. Bu yöntemler en basitleri “Hızlı Fourier dönüşümü (FFT)” ve “periodogram”dır. Diğer bir türü ise Periodogram’ın geliştirilmiş olan “Welch Periodogram” yöntemidir. Parametrik yöntemler beyaz gürültü ile sürülen lineer sistem çıktısı olarak kabul edilen bir sinyal değerlendirilir [3]. Bu yöntemlere örnek “Yule-Walker” ve “Burg” özbağlanımlı (Autoregressive (AR)) yöntemlerdir. Bu yöntemler, varsayımlı olarak üretilen sinyalin güç spektral yoğunluğunu, çözümleme parametreleri kullanarak belirlerler [3].

Periodogram yönteminde sinyalin spektral kestirimini sinyalin gücünün Fourier dönüşümünün genliğinin karesi alınarak hesaplanır. 1898 yılında Schuster tarafından gizli periyodiklikleri ölçmek ve tespit etmek için kullanılmıştır. Kısa süreli veri kayıtları için iyi sonuçlar vermektedir [3].

$$P_{x,M}(\omega) \triangleq \frac{1}{M} |\text{DTFT}(x_w)|^2 = \frac{1}{M} \left| \sum_{n=0}^{M-1} x_w(n) e^{-j\omega n} \right|^2$$

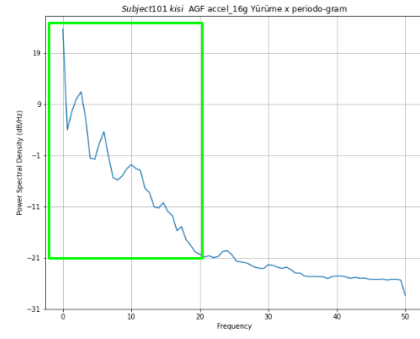
**Denklem 1 Periodogram [4]**

Spektral kestirim için kullanılan bir diğer yöntem ise Welch’tir. Sinyali zaman ekseninde örtüşme gerçekleşecek şekilde M adet pencereye bölerek her pencere için periodogram hesaplanır. Hesaplanan değerlerin ortalaması alınarak kestirim sonucu elde edilir.

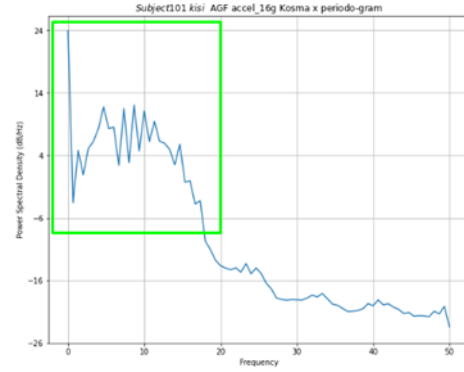
$$P_{x_m,M}(\omega_k) = \frac{1}{M} |\text{FFT}_{N,k}(x_m)|^2 \triangleq \frac{1}{M} \left| \sum_{n=0}^{N-1} x_m(n) e^{-j2\pi nk/N} \right|^2$$

**Denklem 2 Welch Yöntemi [4]**

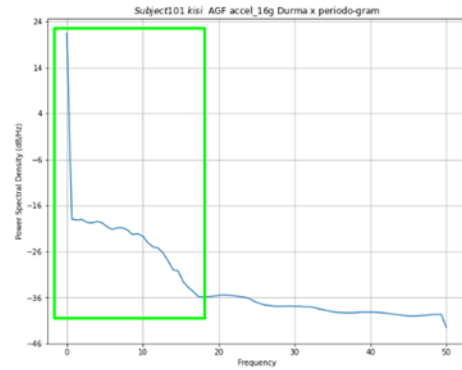
6 Bireyin 3 farklı aktivite için Welch fonksiyonu ile hesaplanmış spektral kestirim grafikleri verilmiştir. Yapılan Welch yönteminde overlap parametresi 0, pencere tipi none (pencere kullanılmamış), bir FFT penceresinde bulunan nokta sayısı 150 olarak seçilmiştir. Seçilen parametrelere göre periodogram yöntemi uygulanmış ve buna göre sonuçlar yorumlanmıştır.



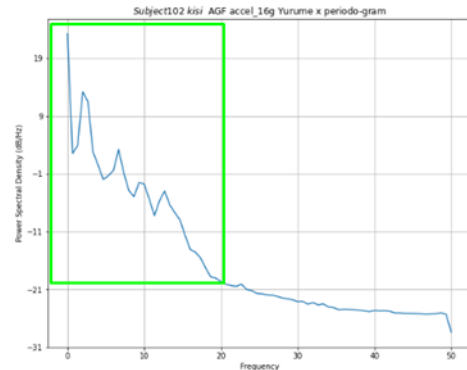
**Şekil- 13 Subject101 Yürüme Aktivitesi PSD**



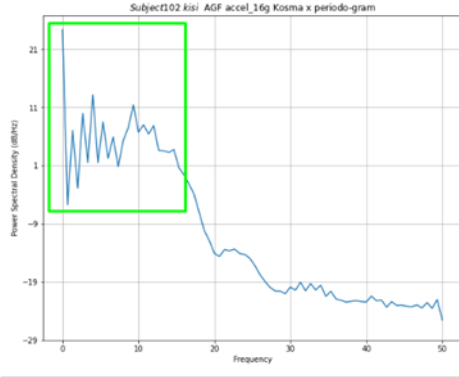
**Şekil- 14 Subject101 Koşma Aktivitesi PSD**



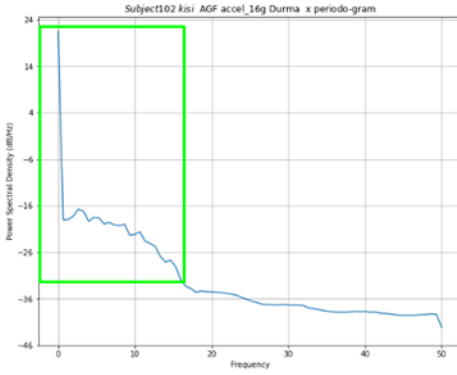
**Şekil- 15 Subject101 Durma Aktivitesi PSD**



**Şekil- 16 Subject102 Yürüme Aktivitesi PSD**



Şekil- 17 Subject102 Koşma Aktivitesi PSD

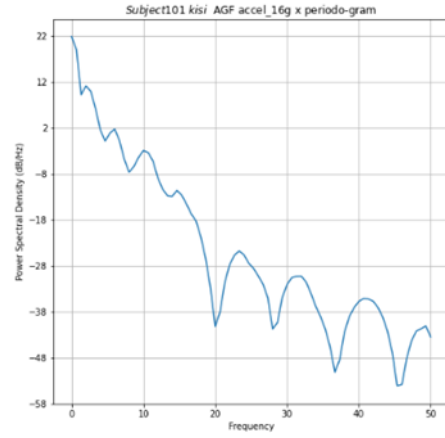


Şekil- 18 Subject102 Durma Aktivitesi PSD

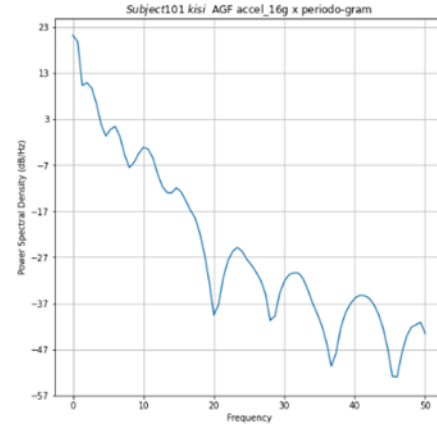
6 farklı bireyin 3 aktivitesi için spektral kestirim grafikleri incelendiğinde yeşil çerçeve içerisine alınmış 0-20Hz arası bölgede her aktivitenin farklı karakteristikler gösterdiği gözlemlenmiştir. Bu bölgelere bakarak bireyin yapmış olduğu aktiviteler ayırt edilmiştir.

### 3.3 Pencere Çeşidinin Etkisi

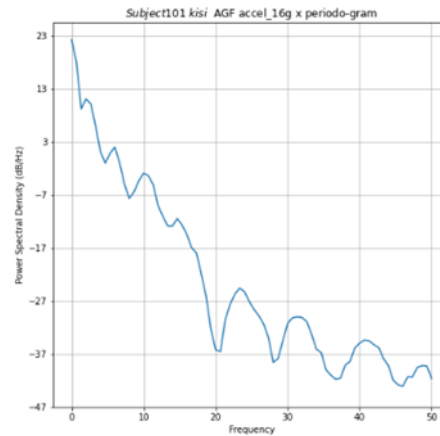
Hamming, hanning ve blackman olmak üzere 3 farklı pencere çeşidi seçilmiştir. FFT uzunlukları ve overlap sayısı aynı tutularak pencere çeşidinin sonuçlara olan etkisi gözlemlenmiştir.



Şekil- 19 Subject101 Yürüme Aktivitesi Hanning Penceresi



Şekil- 20 Subject101 Yürüme Aktivitesi Hamming Penceresi

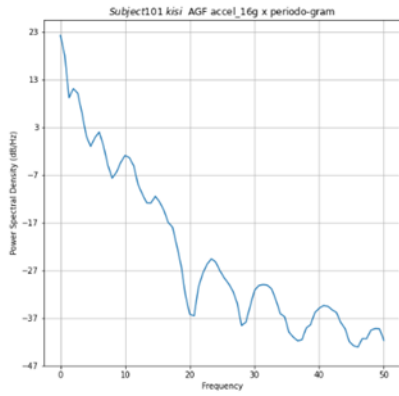


Şekil- 21 Subject101 Yürüme Aktivitesi Blackman Penceresi

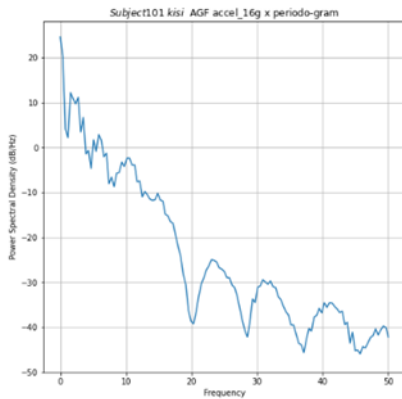
Pencere çeşidinin değişmesi sivri uçlardaki geçişin değişmesini etkilemiştir. Blackman penceresi incelendiğinde sivri uçlardaki geçişlerin diğer iki pencereye göre daha sert olduğu gözlemlenmiştir. Fakat aktivite ayrımı açısından herhangi bir etki yaratmamıştır.

### 3.4 Pencere Uzunluğunun Etkisi

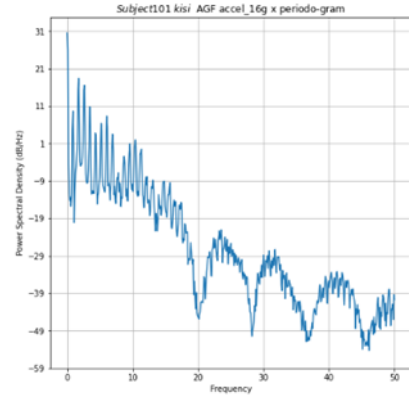
150, 256 ve 1024 olmak üzere 3 farklı pencere uzunluğu seçilmiştir. Pencere çeşidi ve overlap sayısı aynı tutularak (pencere çeşidi= hamming, noverlap=0) pencere uzunluğunun sonuçlara olan etkisi gözlemlenmiştir. Bir pencere için hesaplanacak FFT nokta sayısı da pencere uzunluğu ile aynı olacak şekilde seçilmiştir.



Şekil- 22 Subject101 Yürüme Aktivitesi  
Pencere Uzunluğu=150



Şekil- 23 Subject101 Yürüme Aktivitesi  
Pencere Uzunluğu=256

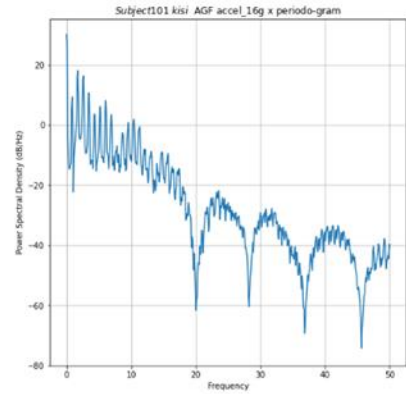


Şekil- 24 Subject101 Yürüme Aktivitesi  
Pencere Uzunluğu=1024

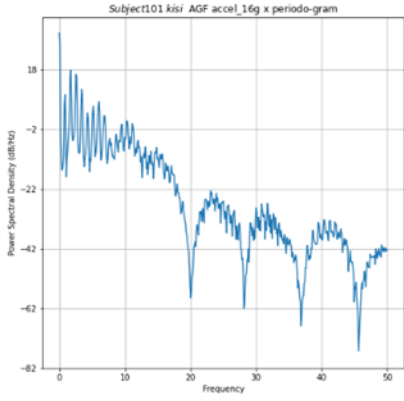
Pencere uzunluğunun artması aktivite sinyallerinin karakteristiklerini değiştirmemiştir. Fakat farklı frekanslardaki enerji değişimlerinin daha net görülmesini sağlamıştır.

### 3.5 Overlap Nokta Sayısının Etkisi

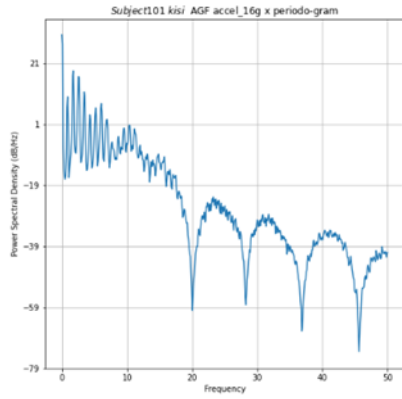
0, 100 ve 1000 olmak üzere her pencere geçişinde overlap olacak nokta sayısı seçilmiştir. Pencere çeşidi ve uzunluğu sabit tutularak (pencere çeşidi= hamming, pencere uzunluğu=1024) overlap nokta sayısının sonuçlara olan etkisi gözlemlenmiştir. Bir pencere için hesaplanacak FFT nokta sayısı da pencere uzunluğu ile aynı olacak şekilde seçilmiştir.



Şekil- 25 Subject101 Yürüme Aktivitesi  
noverlap=0



**Şekil- 26 Subject101 Yürüme Aktivitesi  
noverlap=100**



**Şekil- 27 Subject101 Yürüme Aktivitesi  
noverlap=1000**

Overlap olan nokta sayısının fazla olması pencereler arası geçişlerde gözlemlenen güç yoğunluk farkının daha az olması beklenmiştir. Şekil-27 incelendiğinde, özellikle 20 Hz üzerindeki güç yoğunlukları geçişlerinin daha az olduğu gözlemlenmiştir. Fakat Şekil-25 ve Şekil-26'da bu geçişler daha keskindir

#### 4. Sonuçlar

Projenin Giriş bölümünde insan aktivitesi algılama çalışmalarının amacı ve kullanım alanları anlatılmıştır. Literatür taraması yapıldığında birçok aktivitenin ayrımı için yapay zekâ kullanıldığı gözlemlenmiştir. Bu proje kapsamında PAMAP2 veri seti içerisinde sadece 3 aktivite (koşma, yürüme, durma) seçilerek her bireyin ayak bileğine takılan IMU sensörünün x eksenindeki ivmeölçer sinyalleri incelenerek bu 3 aktivitenin ayrımı yapılmıştır. Blokdigram-1'de olduğu gibi her bir sinyal ilk olarak zaman ekseninde çizdirilmiştir. Analiz daha anlaşılır olabilmesi için sadece 5000 örnek çizdirilmiştir. Sinyalden alınan ilk 5000 örneğin hareketi içermesine dikkat edilmiştir. Sinyaller frekans ekseninde incelendiğinde genliklerinin 15-20 Hz'e kadar değer aldığı daha sonra azalmaya başladığı gözlemlenmiştir. Bu

yüzden kesme frekansı 15Hz olan FIR alçak geçiren filtre uygulanmasına karar verilmiştir. Her aktivitenin genlik değerleri farklı olduğu gözlemlenmiştir. Hem bu farklılığı daha iyi görebilmek hem de basit bir kestirim yöntemi olduğu için aktiviteleri ayırmada periodogram yöntemi kullanılmıştır. Her birey için 3 farklı aktivitenin ayrımı grafikler incelendiğinde yapılabilmektedir. Subject103 ve Subject104 bireylerinin koşma aktiviteleri olmadığı için projeye dahil edilmemiştir. Bu bireyler dışında kalanların her 3 aktivite için ayrımı başarıyla yapılmıştır. Daha sonra pencere uzunluğu, pencere çeşidi ve overlap nokta sayısı değiştirilerek etkileri incelenmiştir. Yöntem bölümünde de bahsedildiği gibi değişiklikler olsa da aktivitelerin temel grafik karakteristiklerinde bir değişiklik yaratmamıştır. Daha fazla aktiviteyi daha fazla veri kullanarak ayırabilmek için sinyal işleme yöntemlerini yapay zekâ algoritmaları ile birleştirmek; başarılı sonuçlar elde edilmesini sağlayabilir.

#### Kaynaklar

- [1] Shaohua W., Lianyong Q., Xiaolong X., Chao T., Zonghua G. , "Deep Learning Models for Real-time Human Activity Recognition with Smartphones" , Springer Science+Business Media, 2019
- [2] Atilla R., Didier S., "Creating and Benchmarking a New Dataset for Physical Activity Monitoring", The 5th Workshop on Affect and Behaviour Related Assistance (ABRA), 2012
- [3] Bilgin G., "Kalp Hızı Değişkenliliğinin Spektral Kestirim Metotları Kullanılarak Analizi", Sakarya Üniversitesi, 2009
- [4] Julius O. "Spectral Audio Signal Processing", Stanford University, <https://ccrma.stanford.edu/~jos/sasp/sasp.html>, 2022,
- [5]<https://drive.google.com/file/d/1fXhrFEm4g2IwEsYTyqO3xSVS2fUX1H0M/view?usp=sharing>