

Kalp Hızı Değişkenliği (KHD), EKG'de peş peşe gelen R tepeleri arasındaki sürelerde oluşan değişimleri inceleyen bir analiz yöntemidir [1]. Bu aralıklara RR aralıkları adı verilir ve bunlardan oluşan zaman serilerinin analizinde faydalı bilgilerin elde edilebilmesi için serinin yavaş değişen sinyal bileşenleri olan trendlerden (eğilimlerden) arındırılması gerekir. Bu tür eğilimleri yok etme yöntemlerine "detrending" adı verilir [2]. Bu yöntem genellikle birinci veya daha yüksek dereceli polinom modellerine dayalıdır [3]. Son zamanlarda, daha gelişmiş bir yöntem olarak "smoothness priors" tabanlı yeni bir detrending algoritması geliştirilmiştir [4,5]. Bu yöntemle eğilimlerden arındırılmış RR zaman serisi (x_{stat}) şu şekilde yazılabilir:

x_{stat} : Eğilimden arınmış işaret
 D_2 : İkinci dereceden türev matrisi
 λ : Düzenleme parametresi
 I : Birim matris
 x : İşaret

$$x_{stat} = \left(I - \left(I + \lambda D_2^T D_2 \right)^{-1} \right) x$$

Tarvainen ve arkadaşları [4], smoothness priors algoritmasının verilen işaretten çok düşük frekanslı bileşenleri yok eden bir yüksek geçiren süzgeç gibi davrandığını ortaya koymuşlardır. Dahası, birçok çalışmada HRV işaretinin analizinde detrending işleminin çok önemli etkileri olduğu ortaya konulmuştur. Örneğin, güç izgel yoğunluğunun düşük ve çok düşük frekanslı bileşenleri [6] ve bazı doğrusal olmayan ölçümleri [7] etkilemektedir. Bu nedenle, detrending işlemi çok dikkatli uygulanmalıdır.

Buna rağmen, düzenleme parametresi ile yüksek geçiren filtrenin özelliklerinin nasıl etkilendiği ile ilgili bir çalışma literatürde henüz yer almamıştır. Bu çalışmada, yüksek geçiren filtrenin düzenleme parametresinden (λ) nasıl etkilendiği incelenmiş ve bir formül önerilmiştir.

Çalışmanın gerçekleştirilmesinde Matlab geliştirme ortamı kullanılmıştır. Yukarıdaki formüle giriş olarak birim darbe fonksiyonu uygulanmış ve elde edilen çıkışın Fourier dönüşümü alınmıştır. Böylece, elde edilen çıkışın frekans tepkisi aynı zamanda süzgecin transfer fonksiyonu olarak elde edilmiştir. Bu şekilde, çeşitli λ değerlerine karşılık gelen süzgeç tepkileri elde edilmiştir (Şekil 1). Bu şekilden genliğin -3 dB noktasına düştüğü frekans değerleri, karşılık gelen λ değerine ait kesim frekansı olarak bulunmuştur. Bu değerler topluca bir grafik şeklinde özetlenmiştir (Şekil 2). Matlab içindeki eğri uydurma aracı [8] kullanılarak λ ile yüksek geçiren süzgeç kesim frekansı (F_c) arasındaki formül aşağıdaki gibi elde edilmiştir:

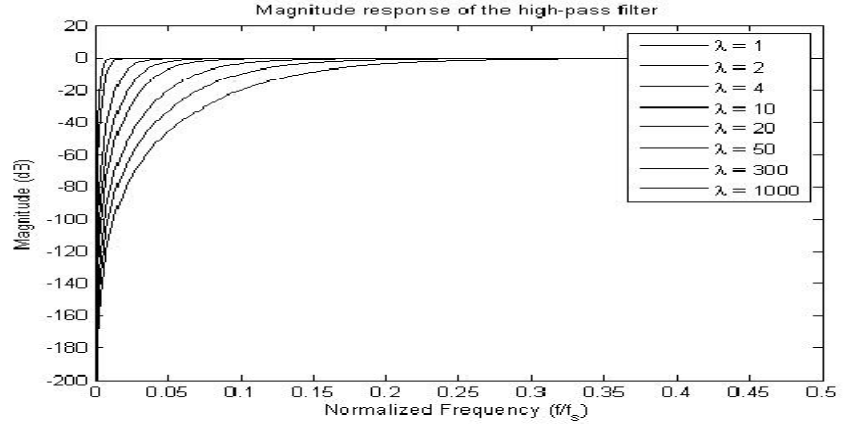
$$\frac{F_c}{F_s} = \frac{0.1614}{\sqrt{\lambda}} - 0.0002976$$

F_s : Örnekleme frekansı

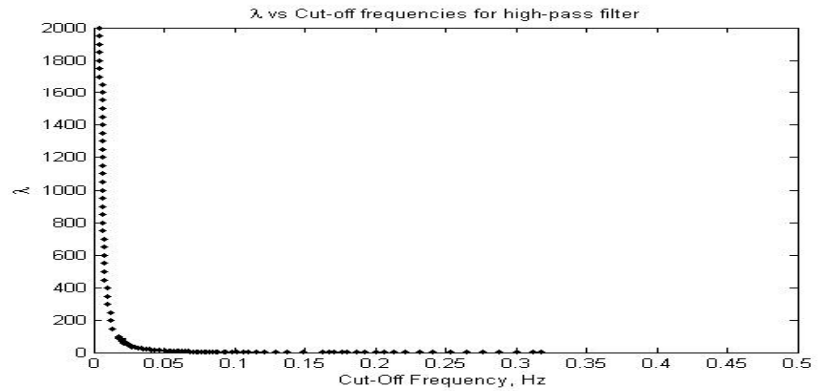
Bu formülün kullanımı ile istenilen kesim frekansına ait yüksek geçiren süzgeç tasarımı için gerekli düzenleme parametresi çok az bir hata payıyla hesaplanabilecektir. Örnek bir uygulama olarak EEG işareti seçilmiştir. Test işareti olarak EEG işaretinde belirgin olan delta (0.5-4 Hz), teta (4-8 Hz), alfa (8-13 Hz) ve beta (13-35 Hz) frekans aralıklarına karşılık 4 adet sinüs işaretinin (2, 6, 10 ve 15 Hz) toplamı seçilmiştir. İşaret 250 Hz ile 2 saniye süre örneklendirilmiştir. Yukarıdaki formülde değerler yerlerine konularak elde edilen λ değerleri ile işaret süzlenmiştir (Şekil 3).

KAYNAKÇA

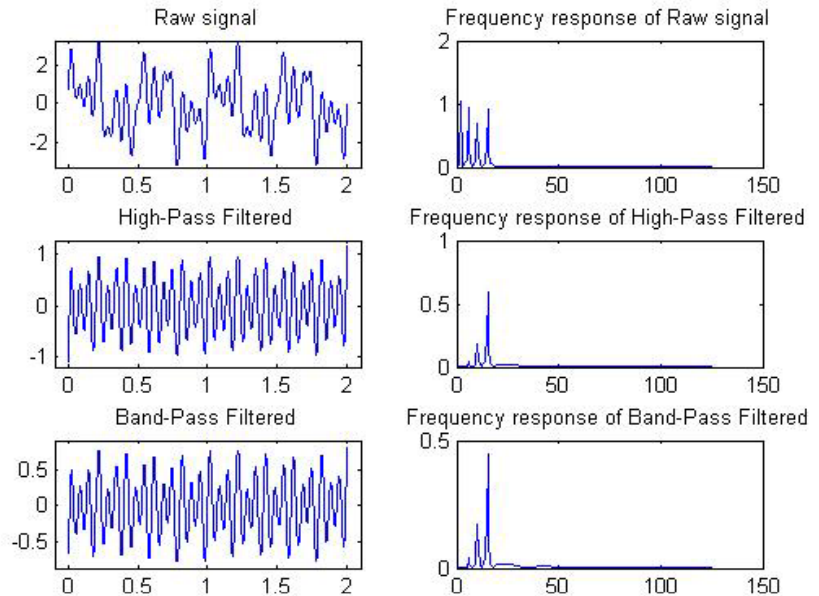
- [1] Task force of the European society of cardiology and the North American society of pacing and electrophysiology, Heart rate variability-standards of measurement, physiological interpretation and clinical use, Circulation, Vol. 93(5), pp. 1043-1065, 1996.
- [2] Y. İşler and M. Kuntalp, Combining Classical HRV Indices With Wavelet Entropy Measures Improves to Performance in Diagnosing Congestive Heart Failure, Computers in Biology and Medicine, Vol. 37(10), pp. 1502-1510, 2007.
- [3] G.G. Berntson, J.T. Bigger, D.L. Eckberg, P. Grossman, P.G. Kaufmann, M. Malik, H.N. Nagarajah, S.W. Porges, J.P. Saul, P.H. Stone, and M.W. van der Molen, Heart rate variability: origins, methods and interpretive caveats, Psychophysiology, Vol. 34, pp. 623-648, 1997.
- [4] M.P. Tarvainen, P.O. Ranta-aho, and P.A. Karjalainen, An advanced detrending method with application to HRV analysis, IEEE T. Bio-med. Eng., Vol. 49(2), pp. 172-175, 2002.
- [5] J.P. Niskanen, M.P. Tarvainen, P.O. Ranta-aho, and P.A. Karjalainen, Software for advanced HRV Analysis, Computer Methods and Programs in Biomedicine, Vol. 76, pp. 73-81, 2004.
- [6] Y. İşler, M.A. Selver, and M. Kuntalp, Effects of Detrending in Heart Rate Variability Analysis, II. Mühendislik Bilimleri Geni Araştırmalar Kongresi MBGAK'2005, İstanbul, TÜRKİYE, Vol. 76, pp. 213-219, 17-19 October 2005.
- [7] C.S. Yoo and S.H. Yi, Effects of Detrending for Analysis of Heart Rate Variability and Applications to the Estimation of Depth of Anesthesia, Journal of the Korean Physical Society, Vol. 44(3), pp. 561-568, 2004.
- [8] The Mathworks, Curve Fitting Toolbox User's Guide, The MathWorks Inc., 2007.



Şekil-1: Çeşitli düzenleme parametrelerine karşılık gelen transfer fonksiyonları.



Şekil-2: Düzenleme parametresi ile yüksek geçiren süzgecin kesim frekansı arasındaki ilişki.



Şekil-3: EEG işaretindeki 4 banda karşılık gelen frekanslarda oluşturulan bir test işareti ve bu test işaretinin iki kez izlemiden geçirilerek elde edilmiş band geçiren filtre davranışının gözlenmesi.