

EKG Sinyalinde Gürültü Gidermede Ayırık Dalgacık ve Paket Dalgacık Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Cengiz Tepe¹

Hatice Sezgin²

^{1,2}Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Ondokuzmayıs Üniversitesi, Samsun

¹e-posta: ctepe@omu.edu.tr

²e-posta: hsezgin@omu.edu.tr

Özetçe

Bu çalışmada ayırık dalgacık ve paket dalgacık dönüşümü kullanarak elektriksel kalp sinyali (EKG) gürültüden arındırılmıştır. Kullanılan dönüşüm yöntemlerinin birbirleri ile çeşitli yönlerden karşılaştırılması yapılmıştır. Gürültüden arındırılan EKG sinyalinde hangi yöntemin en iyi sonucu verdiğini belirlemede değerlendirme ölçütü olarak sinyal gürültü oranı kullanılmıştır.

1. Giriş

Uzaktan tedavi, uzaktan kumandalı kullanışlı tıp cihazları ile yapılır. Hastadan elektrotlar vasıtasıyla alınan EKG sinyali hastanın üzerinde bulundurduğu holter denilen cihaza kaydedilir. Kaydedilen EKG sinyali ilgili hastaneye çeşitli iletişim araçları ile iletilir. Telefon hatları, gezgin iletişim, uydu haberleşmesi gibi farklı iletişim araçları mevcuttur. EKG işareti acil olarak hastaneye iletilecek en önemli sinyallerden bir tanesidir. EKG uzak bir alandan ilgili sağlık merkezine iletilirken eğer iletim hatları iyi değilse alınan EKG sinyallerinde gürültü oluşur. Ayrıca EKG sinyalleri kas gürültüsü, elektrottan meydana gelen gürültü, hat gürültüsü ve solunumdan kaynaklanan gürültülerin istenmeyen girişimleri tarafından bozulurlar. Tanı koymada zorluğa neden olan bu tür gürültüler EKG sinyalinden arındırılmalıdır [1].

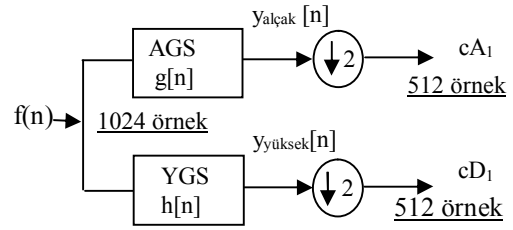
2. Dalgacık Dönüşümü

2.1. Ayırık Dalgacık Dönüşümü (ADD)

Sürekli dalgacık dönüşümü, ana dalgacığın zaman düzleminde ötelenmiş ve ölçeklenmiş sürümleriyle çarpılarak elde edilen sinyalin tüm zaman boyunca toplamıdır. Bu işlemlerin sonucunda ölçeğe ve konuma bağlı olarak dalgacık katsayıları elde edilir. Eğer ölçekleme ve öteleme ikinin üsleri şeklinde seçilirse çözümlemeler sürekli dalgacığa göre daha etkili ve sürekli dalgacık dönüşümü kadar doğru sonuç verir. Bu çeşit çözümlemeye ayırık dalgacık dönüşümü denir.

2.1.1. Dalgacık Bileşenlerine Ayırma – Yaklaşımlar ve Ayrıntılar

Şekil 1’de bir sinyalin bir seviyeli bileşenlerine ayrıştırılması gösterilmektedir.



Şekil 1: Sinyalin bir seviyeli bileşenlerine ayrıştırılması

Denklem 1 ve 2’de gösterildiği üzere $f(n)$ sinyalinin alçak geçiren (AGS) ve yüksek geçiren (YGS) süzgeçlerle katlaması alınarak çıkışlar elde edilir.

$$(1) \quad cA_1 = \sum_{k=-\infty}^{\infty} f[k] g[2n-k]$$

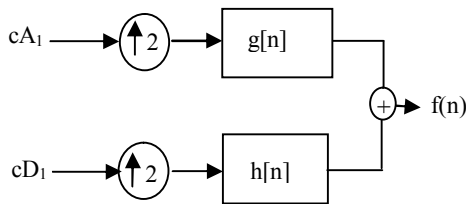
$$(2) \quad cD_1 = \sum_{k=-\infty}^{\infty} f[k] h[2n-k]$$

cA_1 yaklaşım katsayıları, sinyalin yüksek ölçekli alçak frekans bileşenlerini göstermektedir. cD_1 ayrıştırma katsayıları, sinyalin düşük ölçekli yüksek frekans bileşenlerini göstermektedir. Başlangıçta 1024 örnek olduğu kabul edilirse katlama sonucunda 1024 yaklaşım bileşeni ve 1024 ayrıştırma bileşenleri elde edilmiş olur. Ve böylece 1024 değer yerine toplamda 2048 değer elde edilmiş olur. Bu durumu ortadan kaldırmak için Şekil 1’de görüldüğü gibi, iki ile aşağı örnekleme yapılarak 512 değerli cA_1 ve cD_1 katsayıları elde edilmiş olur. Aşağı örnekleme sonucunda ölçek iki katına çıkar. Ve çözünürlük yarıya iner.

Elde edilen cD_1 ayrıştırma katsayıları küçüktür. Ve genel olarak yüksek frekans bileşenli gürültü katsayılarıdır. cA_1 yaklaşım katsayıları özgün sinyalden daha az gürültü içerir. Bu aşamaya kadar yapılan işlemler bir seviyeli bileşenlerine ayrıştırma olarak adlanır. Bileşenlerine ayrıştırma seviye sayısı, $2n$ (örnek sayısı) ifadesindeki n ile belirlenir [2]. Örneğin bu çalışmada kullanılan sinyal 1024 örneklidir. Bu sinyal en fazla 10 ayrıştırma seviyesine kadar ayrıştırılabilir. Çünkü $2^{10} = 1024$ ’tür.

2.1.2 Yaklaşım ve Ayrıştırma Katsayılarını Kullanarak Sinyalin Yeniden Elde Edilmesi

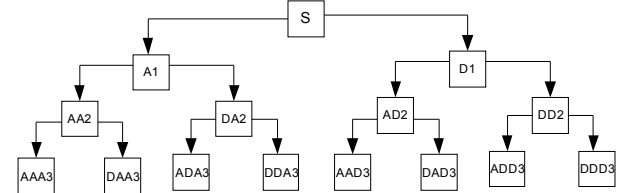
cA_1 yaklaşım katsayılarında ve cD_1 ayrıştırma katsayılarında tek indisli elemanlar arasına sıfır yerleştirilerek Şekil 2’de gösterildiği gibi iki ile yukarı örnekleme yapılır. Yukarı örnekleme alınan sinyalin süzgeçlerle katlaması alınarak sinyal yeniden elde edilmiş olur.



Şekil 2: Sinyalin yeniden elde edilmesi

2.2. Paket Dalgacık Dönüşümü (PDD)

Paket dalgacık dönüşümü yöntemi sinyalin bileşenlerine ayrıştırılmasında daha fazla olası durumun olduğu dalgacık dönüşümünün genelleştirilmiş bir halidir.



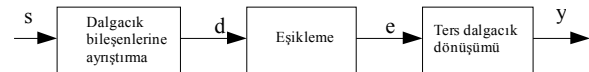
Şekil 3: Paket dalgacık dönüşümü bileşenlerine ayrıştırma ağacı

PDD dönüşümü çözümlemesinde, sinyalin ayrıştırma bileşenleri de yaklaşım bileşenlerinde olduğu gibi yaklaşım ve ayrıştırma bileşenlerine ayrıştırılır. Sinyalin 3. seviyeden bileşenlerine ayrıştırılması Şekil 3’te gösterilmiştir. Sinyal farklı yolla geri elde edilebilir. PDD sinyalin $S = A1 + AAD3 + DAD3 + DD2$ şeklinde temsil edilmesine imkan sağlar [2,3].

2.3. Gürültü Giderme

EKG sinyalinde gürültü gidermede ADD ve PDD yöntemleri bir süzme süreci olarak düşünülebilir. Şekil 4’te görüldüğü gibi genel gürültü giderme süreci üç evrede incelenebilir. Bu süreç üç aşamalı olup basit bir şekilde aşağıda tanımlanmıştır.

1. Bileşenlerine ayrıştırma: Dalgacık ve ayrıştırma seviyesi seçilir. İşarete dalgacık dönüşümü uygulanır. Ve dalgacık katsayıları elde edilir. Bu dalgacık katsayılarından sinyalin ayrıntıları ve yaklaşımları elde edilir.
2. Ayrıntı katsayılarına eşikleme uygulanması: Her bir ayrıştırma seviyesi için eşikleme seçilir ve ayrıştırma katsayılarına yumuşak eşikleme uygulanır.
3. Ters dönüşüm: Şekil 3’te görüldüğü gibi en son ayrıştırma seviyesindeki sinyalin yaklaşım katsayıları ve 1’den en son seviyeye kadar ki eşiklenmiş ayrıştırma katsayıları kullanılarak ters dalgacık dönüşümü elde edilir [6].

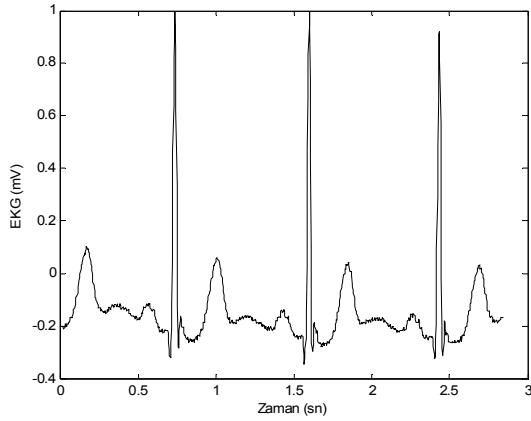


Şekil 4: Temel gürültü giderme süreci

3. Deneysel Çalışma

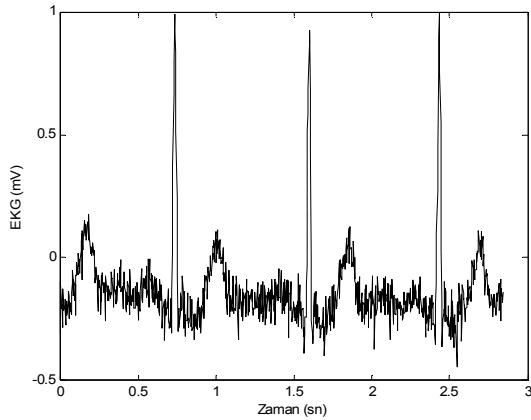
Bu çalışmada incelenen Şekil 5’deki asıl EKG sinyali, yaklaşık üç saniye uzunluğunda ve örnekleme frekansı 360

Hz olup physionet veri bankasındaki MIT-BIH Arrhythmia veri bankasından alınmıştır. [7]



Şekil 5: Asıl EKG

EKG sinyali sinyal gürültü oranı (SGO) = 12,475 dB olacak şekilde gauss dağılımlı beyaz gürültü eklenmiştir. Beyaz gürültülü EKG Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6: Beyaz gürültülü EKG Sinyali

Bu çalışmada Matlab 7.0 dalgacık araç kutusu kullanılmıştır. Bu gürültü eklenmiş sinyale hem ADD hem de PDD yöntemleri için dalgacık araç kutusundaki yedi çeşit dalgacık ailesi daubechies (db), bionspline (bior), reversebior (rbior), coiflet (coif), symlet (sym), dmeyer (dmey) ve haar, eşikleyici olarak heursure, rigrsure, sqtwolog, minimaxi ve sabit eşikleme yöntemlerini kullanarak yumuşak eşikleme yapılmıştır. Deneysel çalışma her bir yöntem için üç tane parametre değiştirilerek yapılmıştır. Bunlar, Dalgacık ailesi, Dalgacık bileşenlerine ayrıştırma seviye sayısı ve Eşikleme yöntemleridir. PDD yöntemi için 9 ve ADD yöntemi için 4 tane bileşenlere ayrıştırma seviyesi denenmiştir [4, 5].

ADD ve PDD yöntemleri için dalgacık türlerine, ayrıştırma seviyelerine ve eşikleme yöntemlerine göre gürültüden arındırılmış EKG sinyalinde karşılaştırma yapmak için SGO

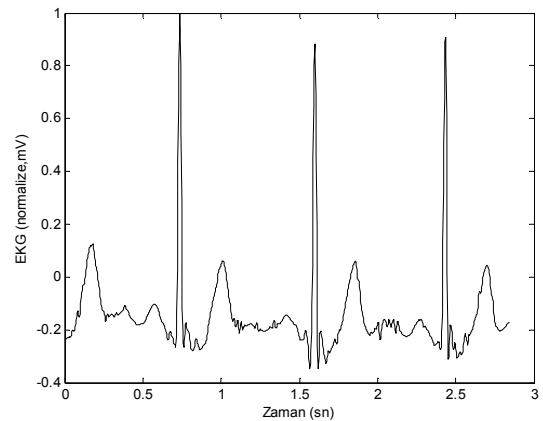
değerleri kullanılmıştır. Ve en iyi sonuçlar Çizelge 1-2 ve Şekil 7-10'da verilmiştir.

Çizelge 1: ADD yöntemi için beyaz gürültülü EKG sinyalini en iyi gürültüden arındıran dalgacık türleri, eşikleme yöntemleri ve seviyeler

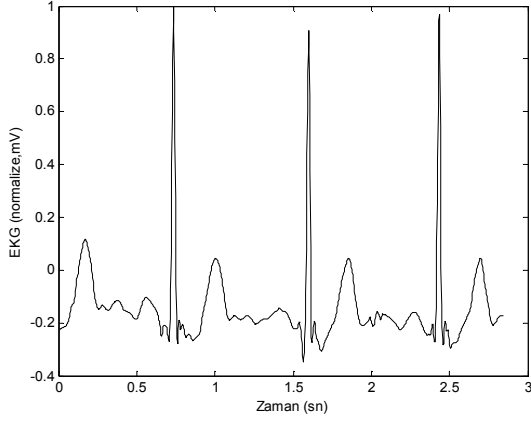
Yöntem 1: ADD			
Dalgacık türü	SGO (dB)	Eşikleme	Seviye
coif4	20,166	Heursure	4
bior5.5	20,048	Heursure	4
rbio1,5	19,850	Heursure	4
db14	19,696	Heursure	3
sym8	19,668	Heursure	4
dmey	19,251	Heursure	3

Çizelge 2: PDD yöntemi için beyaz gürültülü EKG sinyalini en iyi gürültüden arındıran dalgacık türleri, eşikleme yöntemleri ve seviyeler

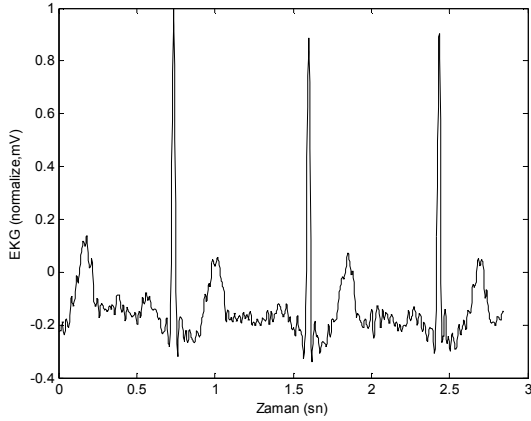
Yöntem 2: PDD			
Dalgacık türü	SGO (dB)	Eşikleme	Seviye
rbio1,5	18,268	Tümü	2
db14	18,237	Tümü	2
db11	18,237	Tümü	2
dmey	18,119	Tümü	2
coif5	18,117	Tümü	2
bior5,5	18,047	Tümü	2



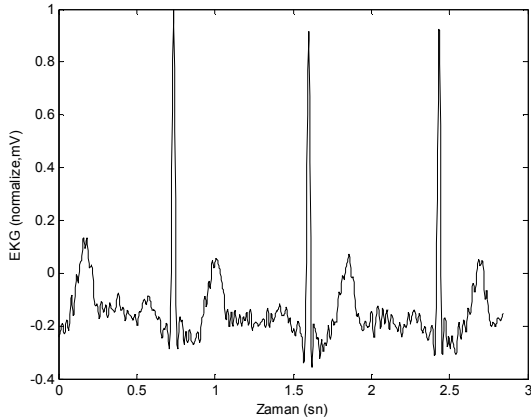
Şekil 7: Beyaz gürültülü EKG sinyalinin ADD yöntemi, coif4 dalgacığı, heursure eşikleyicisi ve 4. seviye ile gürültüden arındırılmış hali



Şekil 8: Beyaz gürültülü EKG sinyalinin ADD yöntemi, bior5.5 dalgacı, heursure eşikleyicisi ve 4. seviye ile gürültüden arındırılmış hali



Şekil 9: Beyaz gürültülü EKG sinyalinin PDD yöntemi, rbio1.5 dalgacı, heursure eşikleyicisi ve 2. seviye ile gürültüden arındırılmış hali



Şekil 10: Beyaz gürültülü EKG sinyalinin PDD yöntemi, db14 dalgacı, minimaxi eşikleyicisi ve 2. seviye ile gürültüden arındırılmış hali

Beyaz gürültülü EKG sinyalinin gürültüden arındırılmasında ADD yöntemi, Şekil 7’de görüleceği üzere dördüncü seviyeden bileşenlerine ayrıştırma seviyesi, heursure eşikleme yöntemi ve coif4 dalgacı için 20,166 dB SGO oranı ile en iyi sonucu vermiştir. PDD yöntemi ise Şekil 9’da görüleceği üzere ikinci seviyeden bileşenlerine ayrıştırma seviyesi, tüm eşikleme yöntemleri ve rbio1.5 dalgacı için 18,268 dB SGO oranı ile en iyi sonucu vermiştir.

PDD yöntemi ile gürültüden arındırılmış sinyallerin SGO değerlerine bakıldığında beyaz gürültülü EKG sinyali için en iyi ayrıştırma seviyesinin 2 olduğu belirlenmiştir.

ADD ve PDD yöntemleri için eşikleme seviyesinin SGO seviyesini iyileştirmede birbirlerine göre belirgin üstünlüklerinin olduğu belirlenmemiştir. Ama yine de tüm gürültü çeşitleri için gürültüden arındırılmış EKG sinyallerinin SGO değerlerine bakıldığında ADD yöntemi için en iyi başarıyı sağlayan heursure ve rigrsure eşikleme olduğu söylenebilir.

ADD yöntemi hem SGO değerlerine göre hem de görsel olarak incelendiğinde PDD yöntemine göre gürültülü EKG sinyalinden gürültünün arındırılmasında daha iyi başarımlıdır.

Kaynakça

- [1] E. Erçelebi, "Electrocardiogram signals de-noising using lifting-based discrete wavelet transform", *Computers in Biology and Medicine* 34(2004) 479-493.
- [2] Mallat, S., *A Wavelet Tour of Signal Processing*, Academic Press, 1999
- [3] <http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/toolbox/wavelet/>, 2009
- [4] Tepe, C., Sezgin, H., "EKG Sinyallerinde Gürültü Gidermede Ayrık Dalgacık Dönüşümünde Farklı Ana Dalgacıkların Ve Ayrıştırma Seviyelerinin Karşılaştırılması", 12. *Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendisliği Ulusal Kongresi, 14-18 Kasım 2007, Eskişehir*.
- [5] Tepe, C., Sezgin, H., "EKG Sinyalinde Gürültü Arındırmada En Uygun Ana Dalgacığın Belirlenmesi", *Bilimde Modern Yöntemler Sempozyumu, BMYS'2008, 15-17 EKİM 2008, Eskişehir*.
- [6] Germán-Salló, Z., "Wavelet Transform Based Ecg Signal Denoising", *Scientific International Conference, Tg. Mureş – România, 15 -16 November 2007*
- [7] <http://www.physionet.org/>, 2009

4. Tartışma ve Sonuçlar