

EKG Sinyallerinde Gürültü Gidermede Ayrık Dalgacık Dönüşümünde Farklı Ana Dalgacıkların Ve Ayırıştırma Seviyelerinin Karşılaştırılması

Cengiz Tepe¹

Hatice Sezgin²

^{1,2}Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun
¹e-posta: ctepe@omu.edu.tr
²e-posta: hsezgin@omu.edu.tr

Özetçe

Elektrokardiyogram (EKG) sinyallerindeki gürültüyü gidermede ayrık dalgacık dönüşümü kullanılmaktadır. Bu çalışmada, ayrık dalgacık dönüşümünde farklı ana dalgacıkların ve farklı ayırıştırma seviyelerinin kullanımı üzerinde durulmakta ve bunların birbirleri ile çeşitli yönlerden karşılaştırılması yapılmaktadır. Bu uygulamada bulunan sonuçlardan Spearman's ilinti katsayıları elde edilmektedir. Bu katsayılar yorumlanarak hangi ana dalgacığın ve ayırıştırma seviyesinin en iyi seçim olduğu kestirilmeye çalışılmaktadır.

1. Giriş

Nüfusun gün geçtikçe artışı beraberinde kişi başına düşen sağlık hizmetlerinin azalmasına neden olmaktadır. Ayrıca hastaların her zaman ilgili hekim denetimi altında tutulması olanaksızdır. Bu bağlamda özellikle yaşlı kalp hastalarının yanlarında taşıyacakları holter denilen ağıza EKG sinyallerinin kaydedilerek ilgili sağlık merkezine iletilmesiyle uzaktan tedavi görmeleri önem kazanmaktadır. Teletıp, EKG sinyallerinin hastanın bulunduğu yerden ilgili sağlık merkezlerine iletmeye kullanışlı bir yöntemdir. Ayrıca telefon hatları ve uydu haberleşmesi gibi farklı iletişim araçları da kullanılabilir. Eğer iletişim hatları iyi değilse alınan sinyalde istenmeyen gürültüler ortaya çıkmakta ve EKG işaretinin yapısı bozulmaktadır. Tanı konulmasında yanlışlıklara neden olacak bu gürültülerin EKG sinyalinden arındırılması gerekmektedir.

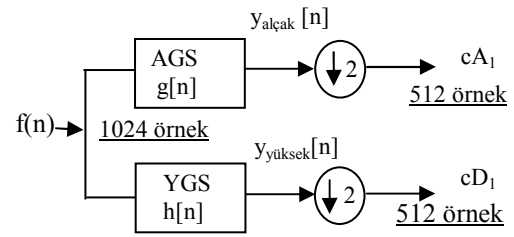
Eğer gürültü ile EKG sinyalinin frekans bandı aynı ise band geçiren süzgeçler gibi geleneksel süzgeçleme yöntemleri kullanılamamaktadır. Bu gibi durumlarda, dalgacık dönüşümüne dayalı gürültü giderme yöntemleri doğrusal ve doğrusal olmayan süzgeçleme yöntemlerine göre gürültü arındırmada daha başarılıdır [1].

2. Ayrık Dalgacık Dönüşümü

Sürekli dalgacık dönüşümü ana dalgacığın zaman düzleminde ötelenmiş ve ölçeklenmiş sürümleriyle çarpılan 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 çözümlenmeler sürekli dalgacığa göre daha etkili ve sürekli dalgacık dönüşümü kadar doğru sonuç verir. Bu çeşit çözümlenmeye ayrık dalgacık dönüşümü denir.

2.1. Dalgacık Bileşenlerine Ayırma – Yaklaşımlar ve Ayrıntılar

Şekil 1'de bir sinyalin bir seviyeli bileşenlerine ayırıştırılması gösterilmektedir.



Şekil 1: Sinyalin bir seviyeli bileşenlerine ayırıştırılması

Denklem 1 ve 2'de gösterildiği üzere f(n) sinyalinin alçak geçiren (AGS) ve yüksek geçiren (YGS) süzgeçlerle katlaması alınarak çıkışlar

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

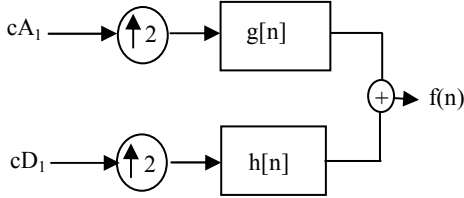
$$cD_1 = \sum_{k=-\infty}^{\infty} f[k] h[2n-k] \quad (2)$$

olarak elde edilir. cA1 yaklaşım katsayıları, sinyalin yüksek ölçekli alçak frekans bileşenlerini göstermektedir. cD1 ayrıştırma katsayıları, sinyalin düşük ölçekli yüksek frekans bileşenlerini göstermektedir. Başlangıçta 1024 örnek olduğu kabul edilirse katlama sonucunda 1024 yaklaşım bileşeni ve 1024 ayrıştırma bileşeni 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 cA1 ve cD1 katsayıları elde edilmiş olur. Aşağı örnekleme sonucunda ölçek iki katına çıkar. Ve çözünürlük yarıya iner.

Elde edilen cD1 ayrıştırma katsayıları küçüktür. Ve genel olarak yüksek frekans bileşenli gürültü katsayılarıdır. cA1 yaklaşım katsayıları özgün sinyalden daha az gürültü içerir. Bu aşamaya kadar yapılan işlemler bir seviyeli bileşenlerine ayırıştırma olarak adlanır. Bileşenlerine ayırıştırma seviye sayısı 2ⁿ (örnek sayısı) ifadesindeki n ile belirlenir [2]. Örneğin bu çalışmada kullanılan sinyal 1024 örneklidir. Bu sinyal en fazla 10 ayırıştırma seviyesine kadar ayırıştırılabilir. Çünkü 2¹⁰ = 1024'tür.

2.2. Yaklaşım ve Ayrıntı Katsayılarını Kullanarak Sinyalin Yeniden Elde Edilmesi

cA_1 yaklaşım katsayılarında ve cD_1 ayrıntı 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 [2].



Şekil 2: Sinyalin yeniden elde edilmesi

2.3. Ana Dalgacığın Seçilmesi

Dalgacık dönüşümünü kullananlar için hangi ana dalgacığın seçileceği sorusu çok ilgi çekicidir. Dalgacık iki parametreye bağlıdır: destek bölgesi ve yok etme moment sayısı. Destek bölgesi dalgacığın uzunluğu anlamına gelmektedir. Bu parametre dalgacığın konumlanma kapasitesini etkiler. Yok etme moment sayısı zaman serilerindeki ihmal edilecek polinomun derecesini belirler. Örneğin özgün sinyalin her bir örneğine $x_1^2 + x_2^3$ serisini eklensin. Eğer yok etme momenti üç olarak belirlenirse dalgacığı bileşenlerine ayırırken eklenen bu seri tamamıyla ihmal edilir. Şayet yok etme yöntemi iki olarak belirlenirse özgün sinyale eklenen serinin ikinci dereceli terimi ihmal edilir. Bu fazladan yapılan işlem yeteri kadar katsayının hesaplanması ile ilişkilidir. Fakat dalgacıklar ilgilenilen sinyale bağlı olarak birçok kısıtlamaları ortaya koyar. Gerçekten dalgacıkları seçmek için belirli bir algoritma yoktur. Dalgacığı seçerken üzerinde çalışılacak sinyale zaman düzleminde görsel olarak ne kadar çok benzerse dalgacık dönüşümü yönteminden o kadar çok verim elde edilir. Fakat bu şekilde bir seçim yapmak neredeyse olanaksız gibidir. Bundan dolayı diğer tüm dalgacıklar denenmelidir. Genel amaçlı kullanılan dalgacık Daubechies'tir. Haar dalgacığı aslında diferansiyel operatördür. Daubechies1, symlet1, coiflet1 ve biorspline1.1 haar dalgacığıyla aynıdır [3].

3. Deneysel Çalışma

Bu çalışmada kullanılan biyolojik sinyaller physionet veri bankasındaki MIT-BIH Arrhythmia veri bankasından EKG kayıtları alınmıştır. Bu veri bankasına internet ortamında 'http://www.physionet.org/' adresinden ulaşılabilir. [4] Kullanılan EKG sinyali 1024 örnekten oluşmaktadır. Orijinal EKG sinyaline 30 dB beyaz gürültü eklenmiştir. Bu gürültü eklenmiş sinyale yedi çeşit dalgacık ailesi (daubechies (db), biorspline (bior), reversebior (rbior), coiflet (coif), symlet (sym), dmeyer (dmey), haar), 10 tane ayrıştırma seviyesi ve eşikleme yöntemi kullanılmıştır. Deneysel çalışma iki tane parametre değiştirilerek yapılmıştır: 1) Dalgacık ailesi 2) Dalgacık bileşenlerine ayrıştırma seviye sayısı. Bu değişen iki parametrenin EKG sinyalini gürültüden arındırmadaki

performanslarını karşılaştırmak için SPSS-Minitab adlı yazılım paketi kullanılarak Spearman's ilinti katsayıları hesaplanmıştır [5]. Bu katsayılar Tablo 1,2 ve 3'te verilmiştir. Altıncı seviyeden sonra elde edilen verilerde çok az bir değişiklik olduğu için tablolarda ayrıştırma seviyeleri olarak altı ayrıştırma seviyesi verilmiştir.

Tablo 1: Reversebior dalgacık türü için Spearman's ilinti katsayıları

Dalgacık türü	Ayrıştırma seviyeleri					
	1	2	3	4	5	6
rbio1.1	0,940	0,958	0,966	0,968	0,968	0,968
rbio1.3	0,941	0,960	0,972	0,974	0,974	0,974
rbio1.5	0,941	0,960	0,973	0,976	0,976	0,976
rbio2.2	0,941	0,956	0,971	0,964	0,964	0,964
rbio2.4	0,942	0,962	0,974	0,974	0,974	0,974
rbio2.6	0,942	0,960	0,974	0,978	0,978	0,978
rbio2.8	0,942	0,963	0,974	0,976	0,975	0,975
rbio3.1	0,917	0,892	0,842	0,841	0,845	0,845
rbio3.3	0,939	0,952	0,956	0,943	0,943	0,944
rbio3.5	0,942	0,957	0,966	0,965	0,966	0,966
rbio3.7	0,942	0,960	0,972	0,973	0,973	0,973
rbio3.9	0,943	0,964	0,975	0,978	0,977	0,977
rbio4.4	0,943	0,962	0,974	0,976	0,976	0,975
rbio5.5	0,943	0,957	0,967	0,969	0,969	0,968
rbio6.8	0,943	0,963	0,973	0,977	0,977	0,977

Tablo 2: Daubechies dalgacık türü için Spearman's ilinti katsayıları

Dalgacık türü	Ayrıştırma seviyeleri					
	1	2	3	4	5	6
db1	0,940	0,958	0,956	0,968	0,968	0,968
db2	0,942	0,960	0,971	0,975	0,975	0,975
db3	0,943	0,963	0,975	0,978	0,978	0,978
db4	0,942	0,961	0,972	0,976	0,976	0,976
db5	0,943	0,961	0,973	0,975	0,976	0,976
db6	0,943	0,963	0,973	0,976	0,976	0,976
db7	0,943	0,963	0,975	0,978	0,978	0,978
db8	0,944	0,961	0,972	0,978	0,978	0,978
db9	0,945	0,963	0,973	0,974	0,974	0,974
db10	0,945	0,964	0,972	0,976	0,975	0,976
db11	0,944	0,961	0,973	0,977	0,977	0,977
db12	0,944	0,963	0,973	0,975	0,976	0,976
db13	0,943	0,965	0,975	0,979	0,979	0,979
db14	0,943	0,962	0,973	0,977	0,977	0,976

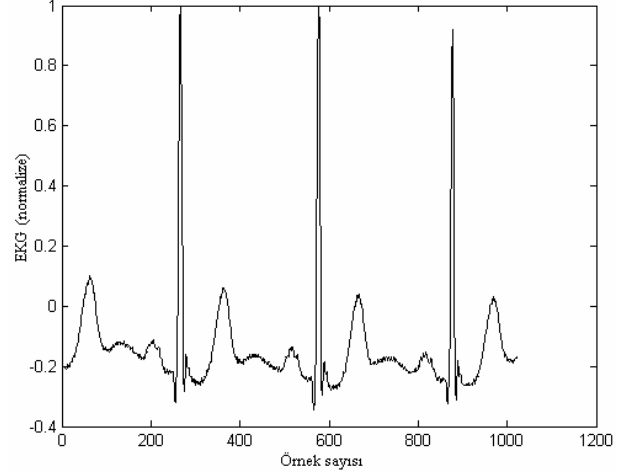
Tablo 3: Diğer dalgacık türleri için Spearman's ilinti katsayıları

Dalgacık türü	Ayrıştırma seviyeleri					
	1	2	3	4	5	6
dmey	0,943	0,965	0,975	0,979	0,979	0,979
haar	0,940	0,958	0,956	0,968	0,968	0,968
coif1	0,940	0,958	0,956	0,968	0,968	0,968
coif2	0,943	0,961	0,974	0,979	0,979	0,979
coif3	0,943	0,963	0,975	0,978	0,978	0,978
coif4	0,943	0,964	0,977	0,982	0,982	0,982
coif5	0,943	0,964	0,976	0,980	0,980	0,980
sym1	0,940	0,958	0,956	0,968	0,968	0,968
sym2	0,942	0,960	0,971	0,975	0,975	0,975
sym3	0,943	0,963	0,975	0,978	0,977	0,977
sym4	0,943	0,962	0,972	0,975	0,975	0,975
sym5	0,944	0,963	0,975	0,978	0,978	0,978
sym6	0,943	0,962	0,974	0,979	0,978	0,978
sym7	0,944	0,963	0,973	0,976	0,976	0,976
sym8	0,943	0,964	0,977	0,982	0,982	0,982
bior1.1	0,940	0,958	0,956	0,968	0,968	0,968
bior1.3	0,939	0,957	0,967	0,970	0,970	0,970
bior1.5	0,938	0,955	0,967	0,970	0,969	0,970
bior2.2	0,941	0,957	0,964	0,967	0,967	0,965
bior2.4	0,942	0,955	0,964	0,966	0,966	0,966
bior2.6	0,943	0,961	0,967	0,968	0,968	0,968
bior2.8	0,943	0,956	0,963	0,966	0,967	0,966
bior3.1	0,923	0,932	0,934	0,935	0,935	0,935
bior3.3	0,937	0,946	0,949	0,950	0,950	0,950
bior3.5	0,941	0,950	0,952	0,954	0,954	0,954
bior3.7	0,942	0,949	0,953	0,955	0,954	0,954
bior3.9	0,943	0,954	0,958	0,960	0,959	0,959
bior4.4	0,942	0,963	0,974	0,978	0,977	0,977
bior5.5	0,943	0,962	0,975	0,980	0,979	0,979
bior6.8	0,943	0,963	0,972	0,975	0,975	0,975

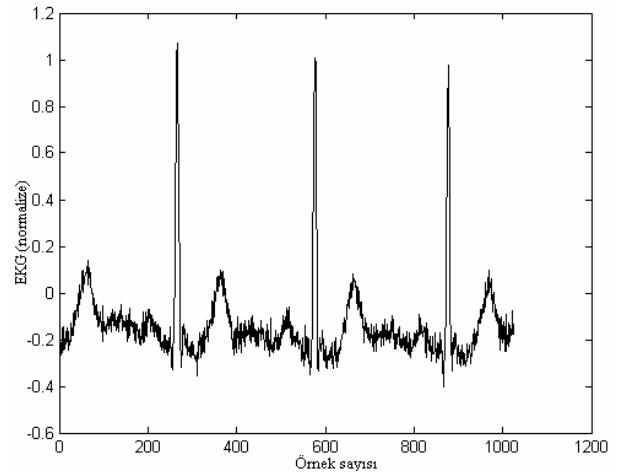
4. Tartışma

Bu çalışmada incelenen orijinal ve gürültülü EKG işaretleri Şekil 3 ve 4'de verilmektedir. Çeşitli biçimlerde gürültüsü giderilmiş olarak elde edilen EKG işaretlerden bazıları Şekil 3-9'da verilmiştir. Tablo 1-3'te Spearman's ilinti katsayıları incelendiğinde ve görsel olarak ta Şekil 5-7 incelendiğinde dördüncü ayrıştırma seviyesinden sonraki seviyelerde gürültü gidermede çok iyi bir iyileşme görülmektedir. Şekil 8'de birinci ayrıştırma seviyesi ve haar dalgacığı ile yapılan gürültü gidermede görsel olarak ta görüleceği üzere EKG sinyalinde gürültü Şekil 4'e göre nispeten azalmıştır. Haar dalgacığı ile birlikte ayrıştırma seviyesi dörde çıkarıldığında Şekil 9'dan görüleceği üzere gürültünün yaklaşık olarak tamamı giderilmiştir. Fakat orijinal EKG sinyalinin yapısı bozulmuştur. Şekil 10'da ikinci ayrıştırma seviyesi ve coiflet4 dalgacığı ile yapılan gürültü gidermede görsel olarak

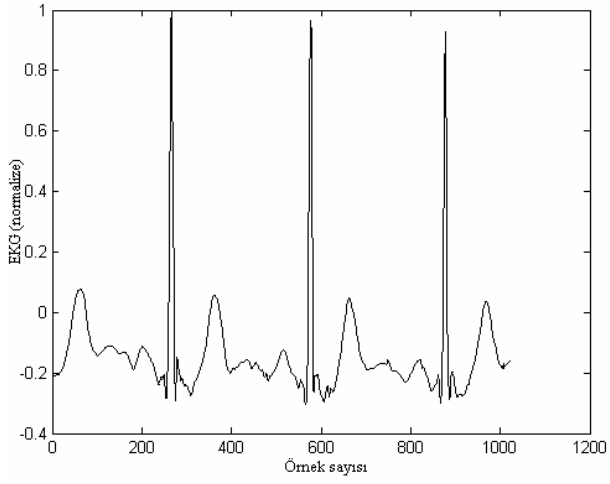
görülebileceği üzere gürültü azalmıştır. Şekil 11'de aynı dalgacık ve dördüncü ayrıştırma seviyesi ile gürültü giderme işlemi yapıldığında hem EKG sinyalinin şekil olarak yapısı korunmuş hem de sinyaldeki gürültü gidermede birinci ayrıştırma seviyesine göre dikkate değer bir iyileşme görülmüştür.



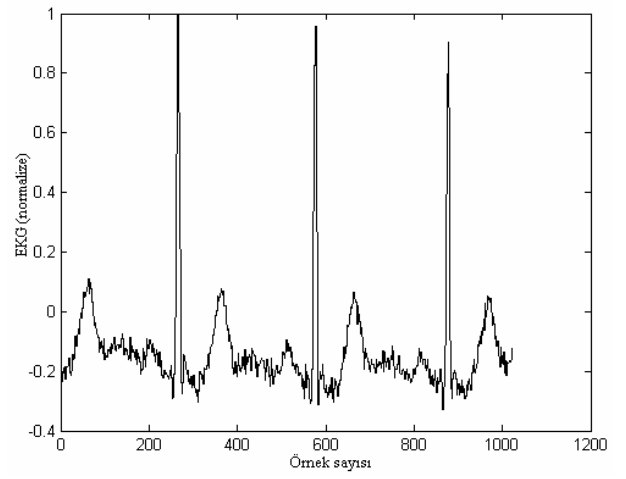
Şekil 3: Orijinal EKG işareti



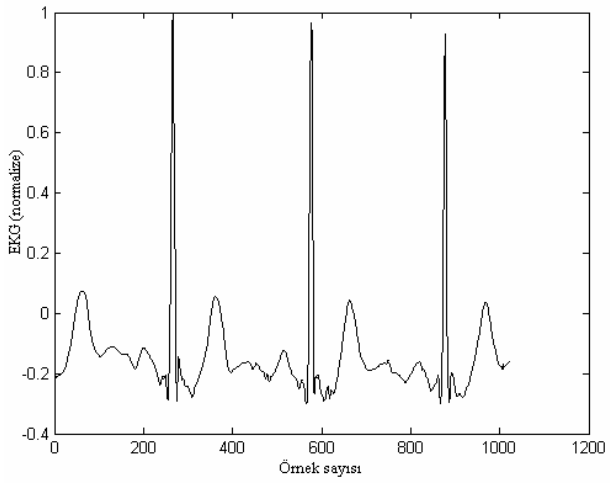
Şekil 4: Gürültülü EKG işareti



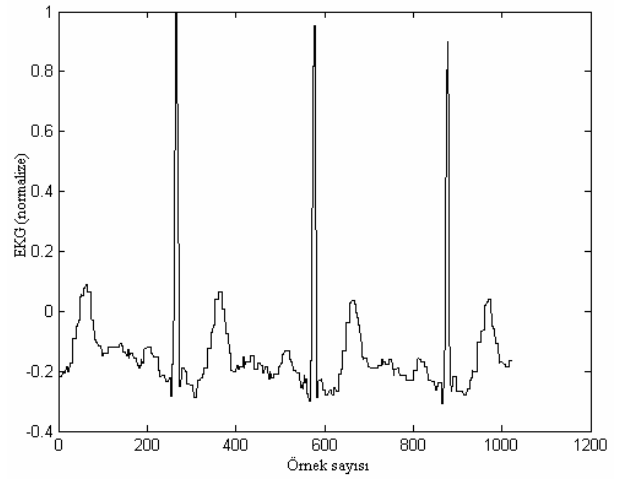
Şekil 5: Dördüncü ayrıştırma seviyesi ve biorspline5.5 dalgacığı ile gürültüsü giderilmiş EKG sinyali



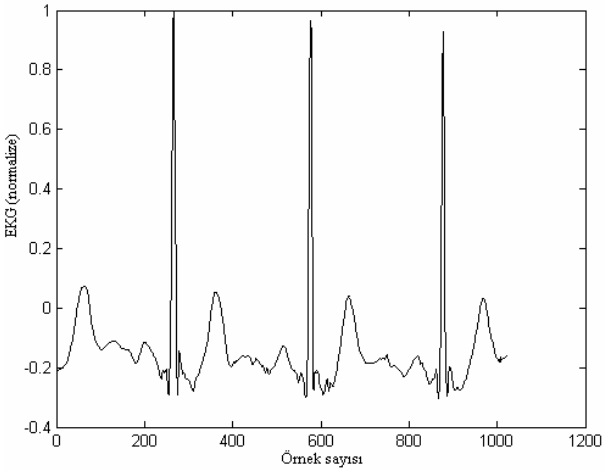
Şekil 8: Birinci ayrıştırma seviyesi ve Haar dalgacığı ile gürültüsü giderilmiş EKG sinyali



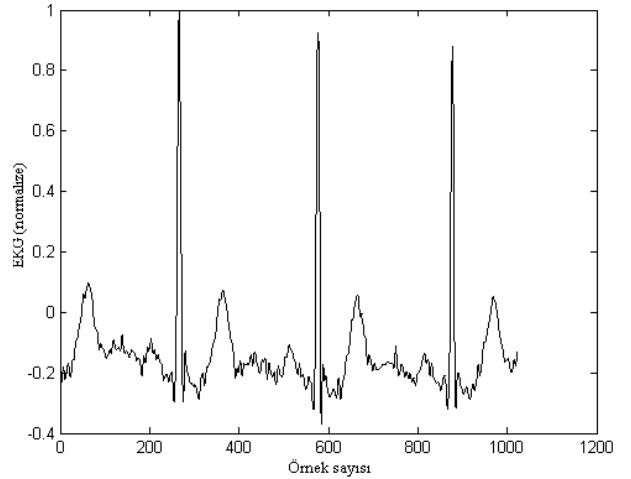
Şekil 6: Beşinci ayrıştırma seviyesi ve biorspline5.5 dalgacığı ile gürültüsü giderilmiş EKG sinyali



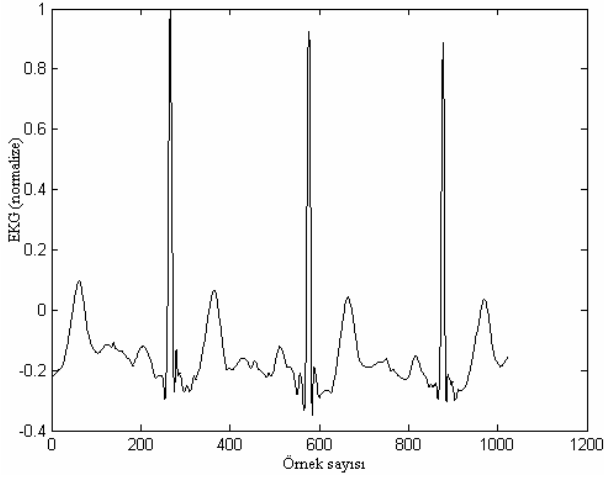
Şekil 9: Dördüncü ayrıştırma seviyesi ve Haar dalgacığı ile gürültüsü giderilmiş EKG sinyali



Şekil 7: Altıncı ayrıştırma seviyesi ve biorspline5.5 dalgacığı ile gürültüsü giderilmiş EKG sinyali



Şekil 10: İkinci ayrıştırma seviyesi ve coiflet4 dalgacığı ile gürültüsü giderilmiş EKG sinyali



Şekil 11: Dördüncü ayrıştırma seviyesi ve coiflet4 dalgacığı ile gürültüsü giderilmiş EKG sinyali

5. Sonuçlar

Ayrık dalgacık dönüşümünü kullanarak EKG sinyallerinde gürültü gidermede en iyi bir ayrıştırma seviyesinin seçimi olasıdır. Bu çalışmada, Spearman's ilinti katsayıları kullanılarak yapılan değerlendirmelerde dördüncü ayrıştırma seviyesinden daha yüksek seviyelerde gürültü gidermede çok iyi bir iyileşme görülmediği gözlenmiştir. Bu nedenle dördüncü ayrıştırma seviyesi en iyi seviye olarak kabul edilmiştir.

Ana dalgacık türüne göre yapılan seçim de coiflet4 ve symlet8 ana dalgacığı dördüncü seviyeden ayrıştırma seviyesinde, Spearman's ilinti katsayısı 0,982 ile en iyi sonucu vermiştir. Daha sonra sırasıyla dördüncü ayrıştırma seviyesinde coiflet5 ve bior5.5, Spearman's ilinti katsayısı 0,98 ile en iyi sonucu takip etmektedir. Bundan dolayı EKG sinyalinde gürültü gidermede en iyi dalgacık olarak coiflet4 ve symlet8 dalgacığı kabul edilmiştir.

6. Kaynakça

- [1] E. Erçelebi, "Electorcardiogram singals de-noising using lifting-based discrete wavelet transform", *Computers in Biology and Medicine* 34(2004) 479-493.
- [2] <http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/toolbox/wavelet/>, 2007
- [3] LStephan Mallat, *A Wavelet Tour of Signal Processing*, Acedemic Press, London, 1999.
- [4] <http://www.physionet.org/cgi-bin/chart?database=aami-ec13&record=aami3b&annotator=&tstart=10&width=medium>, 2007
- [5] Prof. Dr. Kazım Özdamar, *Paket Programları ile İstatiksel Veri Analizi*, Kağan kitap evi, 4.Baskı, 2002