

Kahramanmaraş Sutcu Imam University Journal of Engineering Sciences



EMG İşaretlerinin Filtrelenmesinde Çok Hızlı En Küçük Kareler Metodu İle Dalgacık Dönüşümü Metotlarının Karşılaştırılması

Comparison of Least Mean Square and Wavelet Transform Methods for Filtering EMG Signals

Yunus ÇELİK¹, Mahit GÜNEŞ^{2*}

¹ Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Kahramanmaraş, Türkiye

² Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Kahramanmaraş, Türkiye

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Mahit GÜNEŞ , mgunes@ksu.edu.tr

ÖZET

Elektromiyografi (EMG) kaslarımızın fiziksel durumu hakkında bizleri bilgilendiren bir ölçüm tekniğidir. Günümüzde doktorlar, fizik tedavciler hastalık teşhislerinde ve protez kol yapımında yaygın bir şekilde bu metodu kullanmaktadırlar. EMG sinyalleri kasların içerisindeki maddelerin iyon farklarından kaynaklı belirli bir potansiyel farka sahiptirler ve bu sinyaller (mV) seviyesindedir. Bu sinyaller çok küçük olduklarından dolayı hassastır ve gürültü kapma olasılıkları ortam koşullarına bağlı olarak değişmektedir. Kırık kablolar, kirli elektrotlar, floresan lamba gibi dış etkiler sinyallerde bozulmalara yol açabilmektedir. Bu yüzden ki EMG işaretlerinin filtrelenmesi oldukça önemlidir. Bu makalede filtreleme işlemleri Çok Hızlı En Küçük Kareler Metodu ve Dalgacık Dönüşümü metotları olmak üzere iki farklı yolla yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çok Hızlı En Küçük Kareler Metodu, Dalgacık Dönüşümü, Sinyalin Gürültüye Oranı

ABSTRACT

Electromyography (EMG) is a measurement method which informs us about physical conditions of our muscles. Nowadays, doctors, physiotherapist use commonly this method for diagnoses and a prosthetic arm. EMG signals have a potential differentiation because of inside materials ion difference and these signals are at the level of (mV). These signals are so sensitive and fragile due to their low levels and the chances of getting dirty change according to environment conditions. Outside effects like broken cables, dirty electrodes, fluorescence can contaminate our signals. That's why filtering EMG signals is quite important. In this paper, filtering process was done by 2 different methods that are Least Mean Square and Wavelet Transform and results has been compared.

Keywords : Least Mean Square, Wavelet Transform, Signal To Noise Ratio

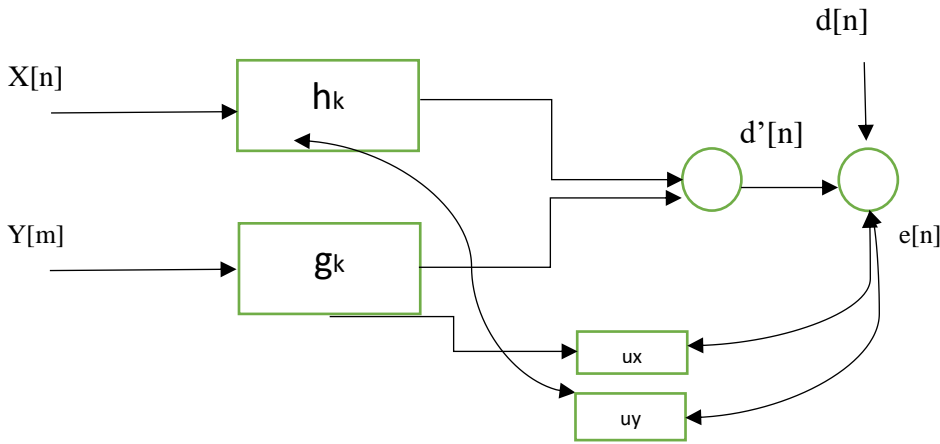
1. GİRİŞ

Elektromiyografi, kasların kasılmasını sağlayan elektriksel aktivitenin izlendiği bir kas inceleme tekniğidir. Bu amaçla kullanılan cihazın adı da aynı şekilde Elektromiyografi olarak adlandırılmaktadır. Kasların kasılması sinirler aracılığıyla beyinden iletilmiş olan uyarıcı potansiyellerin kaslarda oluşturduğu motor ünite potansiyelleri olarak bilinen elektriksel potansiyeller sayesinde olur. (Medikal, 2013) İncelenen kas türüne göre farklı teknikler kullanılmakla beraber derinde bulunan kemik kaslardaki sorunların tanısı için EMG incelemesinde iğne elektrotları yüzeye yakın kaslarda ise yüzey elektrotları kullanılır. Araştırılan kasa, iğnenin ucu direkt olarak yerleştirilir. İğne ucuna yakın olan kas bölgesinde o kasın kasılması için beyinden gönderilen uyarıların oluşturduğu elektriksel aktiviteler özel amplifikatörler aracılığıyla büyütülür ve cihazın ekranından izlenir. (Biyomedikal, 2012) Kablodaki kırıklar, zayıf kablo bağlantısı, cihazın topraklanma hatası, elektrot kalitesi, kablonun ölçüm sırasında oynaması, ölçümün yapıldığı odada floresan lamba etkisi, cihazın beslendiği hattın frekansındaki değişimler, telefon hattı, internet hattı gibi birçok ortam koşullarına bağlı olarak bu işaretlerde bozucu etkiler oluşabilir. (Carlo J. ve ark, 2017) Bu bozucu etkileri yok etmek için uygun filtrelemeler yapılmalıdır. Bu filtreleme teknikleri ses sinyali gibi farklı sinyallere de uygulanabilmektedir. Çalışmamızda filtreleme işlemi iki farklı metotla yapılmıştır. Bunlardan birincisi En Küçük

Kareler Metodu (Least Mean Square) dur. Bu metot uyumlu bir filtre mantığı ile çalışarak gürültüleri azaltmayı hedefler. İkinci metot ise Dalgacık Dönüşümü Metodu olarak adlandırılan ve Dalgacık Dönüşümü mantığı temelli çalışan bir filtredir. Burada ise sinyal filtre bankaları yardımıyla frekans bantlarına ayrıldıktan sonra gürültü temizleme işlemi yapıp tekrardan sinyalin temiz halinin geri kazanımı yapılmıştır. Bu iki metotta kullanılış amacına göre oldukça etkin filtreleme metodlarıdır. Filtrelerin başarı değerlendirilmesi ise sinyal bölü gürültü metodu olarak adlandırılan (Signal to Noise Ratio) metot yardımıyla yapılmıştır. Sonuçlar karşılaştırılmış ve gerekli yorumlamalar yapılmıştır. (SOE Y1 ve ark, 2014); (Winter D.A, 1991).

2. EN KÜÇÜK KARELER METODU VE ALGORİTMASI

Çoklu hızlı LMS kestirim algoritması farklı örnekleme hızında birçok giriş işaretinin olduğu durum için geliştirilmiştir. Bu sebeple çoklu hızlı durum için denklemler biraz daha karmaşıktır. Şekil 1'de görüldüğü gibi iki giriş işareti mevcuttur ve bu işaretler $d[n]$ arzulanan işaretini kestirmek için birlikte kullanılır. (Mustafa Ersin K, 2007), (Raymond H. K ve ark, 1992).



Şekil 1. Çoklu Hızlı En Küçük Kareler Metodunun Basit Şeması

X girişi ile kestirim aynı hızdadır. Y girişinin hızı, x girişinin hızının $1/L$ 'sidir. H_k ve G_k terimleri sırasıyla yüksek hızlı ve düşük hızlı filtrelere ait katsayı vektörlerini ifade eder. M düşük hızlı işaretin indisini gösterir. $K=0,1,2, L-1$ için $n=Lm+k$ yazılır. Yüksek hızlı gözlem vektörü ile düşük hızlı gözlem vektörü sırasıyla; (Mustafa Ersin K ,2007)

$$x[n]=[x[n] \ x[n-1] \ \dots \ x[n-(P-1)]]^T \quad (1)$$

$$y[m]=[y[m] \ y[m-1] \ \dots \ y[m-(Q-1)]]^T \quad (2)$$

şeklinde ifade edilir. Burada P ve Q iki FIR filtrenin derecelerini gösterir. Kestirim de şu şekli alır: (Mustafa Ersin K ,2007)

$$d'[n]=h_k^T x[n]+ g_k^T y[m] \quad n=Lm+k \quad (3)$$

Filtre katsayıları periyodiktir. Çoklu hızlı LMS algoritmasında katsayı vektörleri zamanla güncellenir. Herhangi bir n anındaki katsayı vektörleri, $h_k[m]$ ve $g_k[m]$ ile gösterilir ve kestirim (Mustafa Ersin K ,2007)

$$d'[n]=h_k^T[m] x[n]+ g_k^T[m] y[m] \quad (4)$$

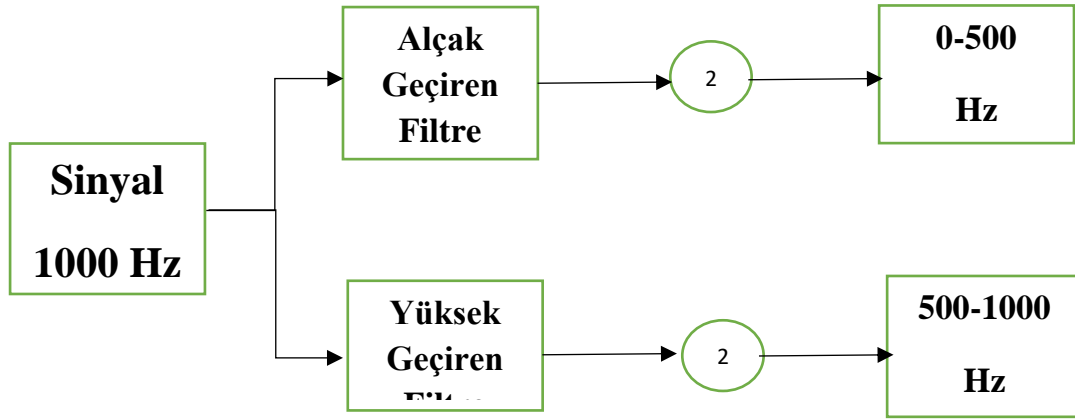
$$k=n(\text{mod } L) \text{ olarak yazılır. Hata } e[n], d[n]-d'[n]'e \text{ eşittir.} \quad (5)$$

μ_x ve μ_y adım boyu parametreleri olmak üzere çoklu hızlı LMS algoritmasının filtre katsayılarının güncellendiği kısım şu şekildedir: (Mustafa Ersin K ,2007)

$$h_k[m+1]=h_k[m]+ \mu_x e[n] x[n] \quad (6)$$

$$g_k[m+1]=g_k[m]+ \mu_y e[n] y[m] \quad (7)$$

Zamanla değişen filtrelerin periyodu L olup yüksek hızlı filtre için PL kadar katsayı ve düşük hızlı filtre için QL kadar katsayı gereklidir. Yüksek hızlı filtrenin bütün katsayıları, sütunları her $k=0,1, L-1 \dots$ adımdaki filtreyi gösteren $P \times L$ boyutunda; (Mustafa Ersin K ,2007)



Şekil 3. Tek boyutlu Dalgacık Ayrışımı İkinci Aşama Blok Şeması

3.2 Gürültünün Eşik Değerlerine Göre Yok Edilmesi

Sinyal katsayılarına ayrılmış olsa dahi gürültüler henüz yok edilmemiştir. Sinyali yeniden oluşturmadan önce gürültüden arındırılması gerekmektedir. Yaygın olarak 2 teknik vardır. Bu metotlar yumuşak ve sert eşikleme teknikleridir. Yumuşak eşikleme tekniği eşik oranı ötesindeki katsayıları düzenlediğinden dolayı tercih edilmiştir ve sert eşikleme tekniğine göre daha iyi sonuçlar verdiği bilinmektedir. B.Munegowda.(2016). Yumuşak eşikleme sert eşiklemenin yüksek dereceli halidir. Yüksek frekanslı katsayıları sıfıra yakınsamadan önce eşik değerin altında kalan elemanların mutlak değerleri sıfıra eşitlenir.

Yumuşak eşiklemenin matematiksel ifadesi; (D. Donoho ,1995).

$$\begin{cases} |x| > t \Rightarrow f(x) = Sgn(x)(|x| - t) \\ |x| \leq t \Rightarrow f(x) = 0 \end{cases} \quad (10)$$

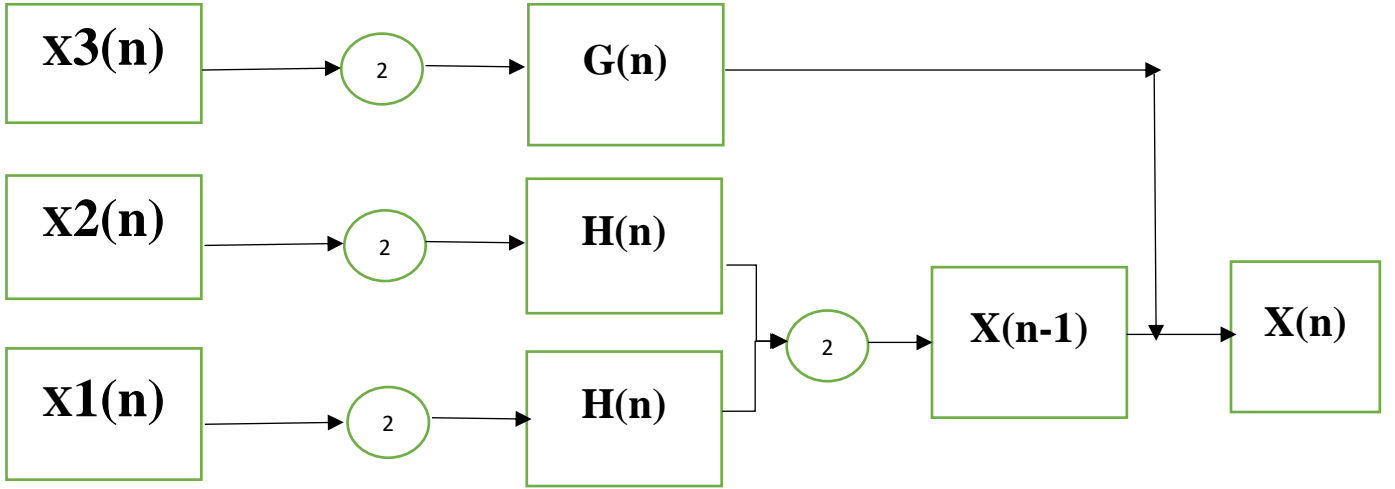
3.3 Sinyalin Tekrardan Oluşturulması

Şekil.4'den görüleceği üzere filtreleme mantığının tam tersi bir şekilde sinyal yeniden oluşturulur. Gürültünün yok edilmesinden sonra ayrıştırma katsayılarını kullanarak sinyali tekrardan oluştururuz. İkinci aşamadan başlayarak sinyali yeniden oluşturmak için aşağıdaki filtre bankası yapısı kullanılır. Burada x_1, x_2, x_3 detay katsayıları, $H(n)$ ve $G(n)$ alçak ve yüksek geçiren filtrelerdir. (B.Munegowda ,2016).

Matematiksel olarak ters dalgacık dönüşümü ile sinyali yeniden elde etmek mümkündür.

$$X_{i-1}(k) = f(x) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} (x_i(n) h(k - 2n)) + \sum_{n=-\infty}^{\infty} (d_i(n) g(k - 2n)) \quad (11)$$

Matlab programlama dilinde bu matematiksel işlemi yapacak fonksiyonlar Dalgacık Dönüşümü araç çubuğunda tanımlanmıştır. Bunlar başlıca 'wavedec', 'wrccoef', 'idwt' komutlarıdır. (B.Munegowda ,2016).



Şekil 4. Tek boyutlu Dalgacık Birleşimi İkinci Aşama Blok Şeması

4. SINYALİN GÜRÜLTÜYE ORANI METODU

Sinyalin gürültüye oranı metodu (Signal To Noise Ratio) (SNR) sinyal gücünün gürültü gücüne oranı olarak ifade edilebilmektedir. Eğer sinyal değeri gürültüden fazla ise bu değer birden büyük çıkar ve sinyalin kalitesini gösterir. Bu değer birden küçük çıkması durumunda gürültü gücü sinyal gücünden fazladır ve sinyal kalitesiz olarak nitelendirilebilir.

$$\text{Matematiksel olarak; } \text{SNR}_{\text{Gücü}} = \frac{\text{Sinyal Gücü}}{\text{Gürültü Gücü}}, \quad \text{SNR}_{\text{dB}} = 10 \log_{10} (\text{SNR}) \quad (12)$$

Burada SNR değeri 1 olması durumunda '0' dB değerinde bir değer elde edilir. (B.Munegowda , 2016). Bu denklemden anlaşılacağı üzere SNR değerini arttırdığımızda desibel değeri artar. MATLAB programlamada sinyallerin SNR değerleri hesaplanabilmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken en önemli şeylerden bir tanesi karşılaştırılmak istenen sinyallerin aynı bant genişliğine sahip olmalarıdır. MATLAB üzerinde final sonuçları $\text{SNR}_{\text{final}} = (\text{Filtrelenmiş sinyalin SNR Değeri}) - (\text{Filtrelenmemiş Sinyalin SNR Değeri})$ $\text{SNR}_{\text{final}}$ değeri daha yüksek olan filtreleme daha başarılıdır.

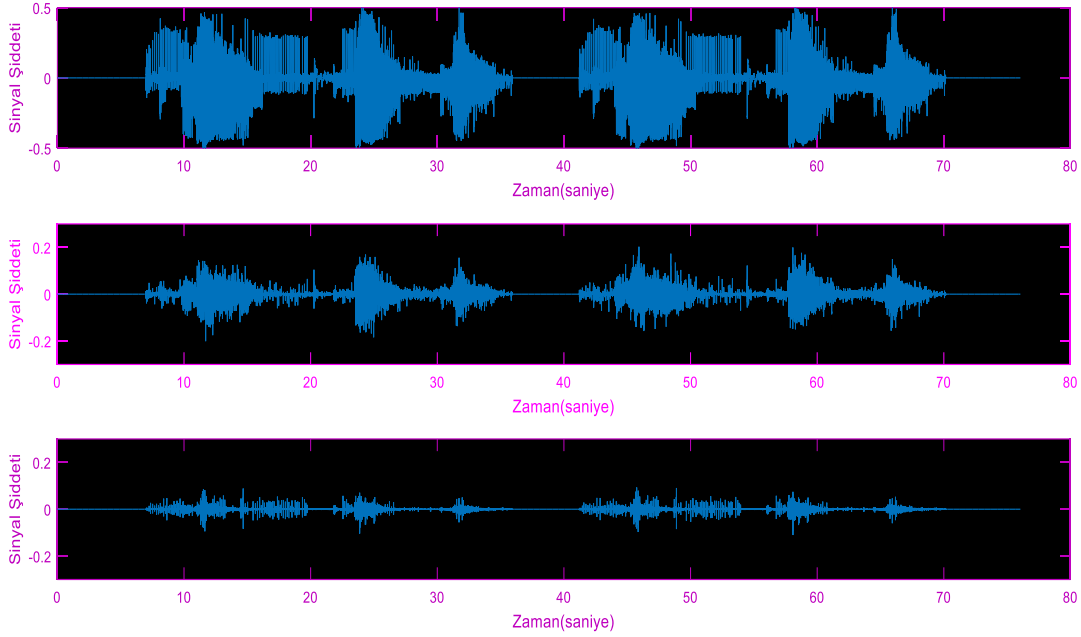
5. FİLTRELERİN KARŞILAŞTIRILMASI VE YORUMLANMASI

Bu çalışmada iki farklı filtreleme metodu karşılaştırılmıştır. Tablo 1'de filtreleme tipleri ile SNR final puanları birlikte verilmiştir. Dalgacık dönüşümü tablodan da görüldüğü üzere En Küçük Kareler Metoduna göre daha başarılı sonuçlar vermiştir. Filtrelenmemiş sinyal, En Küçük Kareler Metodu ile filtrelenmiş sinyal ve Dalgacık Dönüşümü yardımıyla filtrelenmiş sinyal, Şekil 5'deki grafikte sırasıyla çizilmiştir. Sinyal şiddeti olumsuz etkilenmiş olsa dahi gürültüler büyük oranda bastırılmıştır. Sinyalin özelliklerine bakılarak farklı filtreleme metotları seçilebilir. Frekans aralığı geniş olan sinyallerde Dalgacık Dönüşümü kullanıldığında belirlenen her frekans aralığı için alçak ve yüksek geçiren filtre bankaları kullanılması gerekir ancak bu durum iyi bir işlemci gerektirdiğinden işlem süresini çoğunlukla uzatmaktadır. En Küçük Kareler metodu ise uyumlu bir filtre olduğundan daha kullanışlı olmaktadır ama sinyal boyutu uzun olması durumunda işlemciyi uzun süre meşgul etmektedir. Ses sinyalleri için dalgacık dönüşümü kullanarak yapılan filtreleme uygun motherwavelet ile beraber çok başarılı sonuçlar vermektedir.

Tablo 1. Sinyalin Gürültüye Oranı Yöntemi ile Sonuçların Karşılaştırılması

Filtreleme Tipi	Filtrelenmemiş Sinyalin SNR Değeri	Filtrelenmiş Sinyalin SNR Değeri	SNR Final
En Küçük Kareler Metodu	24.012849774125733	25.010533640384708	1.0023
Dalgacık Dönüşümü Metodu	24.012849774125733	27.612980790850596	3.6001

Şekil 5’de birinci grafikte gürültü sinyalleri gözle görünmektedir. Bu gürültü sinyalleri orijinal sinyalin kalitesini etkilediğinden istenmeyen bir durumdur. İkinci grafikte En Küçük Kareler Metodu kullanılarak bu gürültüler gözle görülür derecede yok edilmiştir. En son grafikte ise gürültüler maksimum performansla bastırılmıştır. Her filtreleme metodunda olduğu gibi orijinal sinyalin %100 korunması zordur. Çoğunlukla gürültüler ile beraber orijinal sinyalinde bir kısmı yok edilir.



Şekil 5. Filtrelenmemiş Sinyal, En Küçük Kareler Metodu ve Dalgacık Dönüşümü ile Filtrelenmiş Sinyaller

6. SONUÇLAR

Dalgacık dönüşümü, asimetrik dalgacıklar kullanıldığından işareti çok iyi bir şekilde belirleyebilmektedir. Buda bize işareti çok iyi analiz etme fırsatı sunmaktadır. Dalgacık dönüşümü gürültü filtreleme de haberleşme, biyomedikal gibi alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bizim kullandığımız kas sinyalleri medikal sinyaller olduğundan ve frekans aralığı o kadar geniş olmadığından dalgacık dönüşümü kullanarak çok iyi bir filtreleme yapmak mümkündür. Kullanılan filtre bankalarının sayısı artırılıp uygun eşikleme metodu ve ‘motherwavelet’ler ile En Küçük Kareler Metodundan daha üstün performans göstermiş olup bu durum Tablo.1’deki SNR değerlerinden oluşturulan tabloda gösterilmiştir. Uyumlu filtrelemenin otomatik bir algoritma ile yapılması bazı durumlarda dezavantaj olmaktadır. Algoritmanın işleyişine müdahale edilememektedir. Ancak Dalgacık dönüşümü metodunda filtre aşamalarının ve ‘motherwavelet’lerin elle seçiliyor olması farklı senaryolarda daha iyi sonuçlar elde etmemize olanak sağlamaktadır.

7. KAYNAKLAR

Biyomedikal Cihaz Teknolojileri, Kas Sinir Sinyal İzleyicilerde Kurulum, (2012), Ankara.

B.Munegowda.(2016). Performance and Comparative Analysis of Wavelet Transform in Denoising Audio Signal from Various Realistic Noise Edinburgh Napier University.

Carlo J. De Luca, L. Donald Gilmore, Mikhail Kuznetsov, Serge H. Roy. (2017). Filtering the surface EMG signal: Movement Artifact and Baseline Noise Contamination Journal of Biomechanics-USA.

D. Donoho, (1995) “Denoising via Soft Thresholding”, IEEE Tran. on Information Theory, Vol. 41, No:5, pp.613-627.

Medikal Meteoroloji Projesi Fizibilite Raporu sf.116,2013, Gebze.

Mustafa Ersin K. (2007). Çoklu Hızlı İşaret İşleme Yöntemleri ile İşaretlerin Elde Edilmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi.

Raymond H. K. and Edward W. J. A. (1992). Variable Step Size LMS Algorithm. IEEE Transactions on Signal Processing. Vol 40, No 7.

SOE Yı Zaw, Aung Myint Aye. (2014) Performance Comparison of Noise Detection and Elimination Methods for Audio Signals Dept of IT, Mandalay ISSN 2319-8885 Vol.03, Issue.14 June-2014, Pages:3069-3073.

Winter D.A. (1991). Electromyogram Recording, Processing and Normalization: Procedures and Consideration. Journal of Human Muscle Performance, 1, 5-15.