



## Video Kamera ile Nabız Ölçümünde Yeni Bir Yaklaşım A New Approach to Measuring Heart Rate with Video Camera

Serdar Alptekin Ürer, Metin Yıldız

Biyomedikal Mühendisliği Fakültesi  
Başkent Üniversitesi

[21094953@mail.baskent.edu.tr](mailto:21094953@mail.baskent.edu.tr) , [myildiz@baskent.edu.tr](mailto:myildiz@baskent.edu.tr)

### Özetçe

Nabız ölçümü kalp ve sinir sistemi hastalıklarının tespiti açısından fizyolojik sinyaller arasında önemli bir yere sahiptir. Son yıllarda kalp atım hızının kişiye elektriksel bir temas olmadan tespit edilmesine dönük çalışmalar artmıştır. Bunlardan biri olan yüzün kamera görüntüsünden kalp atım hızı tespiti ile ilgili çalışmalarda tüm yüzün görüntüsü kullanılmaktadır. İnsan yüzündeki damar dağılımı dikkate alınmadan gerçekleştirilen bu yaklaşım ile % 5-10 arasında bir hata ile kalp atım hızı tespit edilebilmektedir.

Bu çalışmada, damarların yoğunlaştığı alın görüntülerinden faydalanılarak kalp atım hızının tespiti için bir algoritma önerilmiştir. Elektrokardiyogramdan elde edilen kalp atım hızı ile yapılan karşılaştırmalar sonucunda; tüm yüz görüntüsünden elde edilen kalp atım hızının % 4-7 oranında, alın bölgesinden alınan görüntülerden elde edilen kalp atım hızının ise %2-3 oranında hatalı olarak tespit edilebildiği görülmüştür. Alın bölgesinden alınan kamera görüntüleri ile yapılan kalp atım hızı tespitinin tüm yüze göre daha doğru olacağı sonucuna varılmıştır.

### Abstract

Pulse measurement has a crucial place among the physiological signals that are used to detect heart and neural system diseases. Recently there has been an increase in the number of studies on the detection of heart beat rate without any electrical contact. During the studies on the detection of heart beat rate by video footage of face, which are one of these recent studies, full face images are used. With this approach, which is carried out without taking the distribution of vessels into consideration, heart rate can be detected with a margin of error of 5-10%.

In this study, an algorithm is proposed for the detection of heart beat rate using video footages of forehead where vessels are dense. Comparative results of heart beat rate that have been obtained from ECG suggest that heart beat rate obtained from full face footage can be ascertained with a margin of error of 4-7 % and with a margin of error of 2-3 % from the footage of forehead region. Therefore, the detection of heart beat rate using the video images obtained from forehead region will be more accurate when compared to that of full face.

### 1. Giriş

Nabız atımı kalp ve sinir sistemi rahatsızlıklarının tespiti için önemli bir parametredir. Klinikte kalp atım hızı tespiti, elektrokardiografi (EKG), fotopletismografi, pletismografi gibi yöntemler ile gerçekleştirilir. Son yıllarda kalp atım hızının kişiye elektriksel bir temas olmadan tespit edilmesine dönük çalışmalar artmıştır. Balistokardiyografi, kalp seslerinden ve kaydedilmiş parmak veya yüz görüntüsü videolarından nabız atımı tespiti bu çalışmalara örnek olarak gösterilebilir[1,2]. Bunlar içinde kamera ile kalp atım hızı tespit sistemleri kişiye temas etmeden, kamerası bulunan herhangi bir cihaz ile sadece bir yazılım vasıtası ile tespit edilebilmesi dolayısıyla öne çıkmaktadır.

İlk olarak Chihiro ve Yuji [4] tarafından gerçekleştirilen kamera ile kalp atım hızı tespitinde, otoregresif spektral analiz yöntemi kullanılmıştır. Daha sonra gelişmiş sinyal ve görüntü işleme yöntemleri kullanılarak yapılan iyileştirmeler ile kalp atım hızının daha doğru tespitine yönelik çalışmalar yapılmıştır.

Standart kameralar ile nabız ölçen sistemler genel olarak parmaktan ve yüzden ölçüm yapanlar olarak ikiye ayrılmaktadır. Parmaktan nabız ölçen sistemlerde parmak bir led yardımı ile aydınlatılır ve fotopletismografi mantığına benzer bir yaklaşımla alınan kamera görüntülerinden kalp atım hızı tespiti yapılır. Yüzden ölçüm yapan sistemlerde ise yüzde bulunan damarların kanlanma esnasındaki gözle görülmeyen renk değişimlerinin kamera ile tespit edilebilmesine dayanmaktadır.

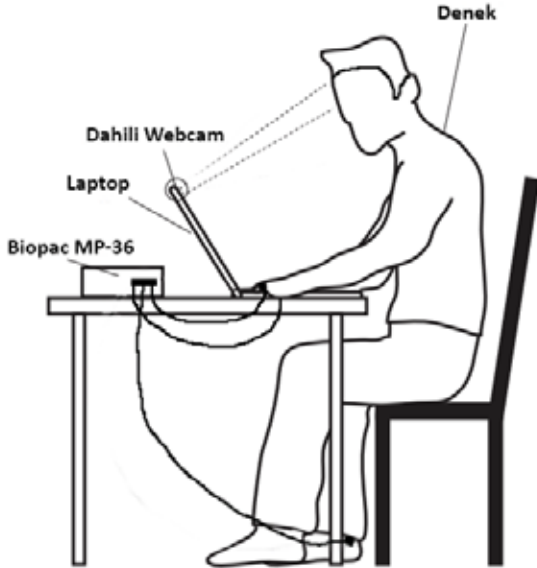
Yüzden ölçümün gerçekleştirildiği çalışmalarda kalp atım hızı tespit edilirken insanın tüm yüzünün görüntüsü kullanılmıştır. Bu sistemlerin kalp atım hızı tespitindeki hata oranları kullanılan algoritmalara ve ortam aydınlatmasına göre %5 ile %10 arasında değişmektedir. Bu çalışma; damarların yoğunlaştığı bölgeler yerine tüm yüzün görüntüsünün alınmasının önceki sistemlerde % 10'a varan hatanın kaynağı olabileceği hipotezi üzerine kurulmuştur.

Bu çalışmada; tüm yüzden alınan ve damarların yoğunlaştığı alın bölgesinden kaydedilen video görüntülerinden kalp atım hızı tespiti yapılmıştır. Altın standart olarak EKG ile elde edilmiş kalp atım hızı verisi kullanılarak, hipotezimizin doğruluğu hata paylarının karşılaştırılması ile test edilmiştir. Bundan sonraki bölümlerde kullanılan materyaller ve deney düzeneği anlatılmış, karşılaştırmalı sonuçlar verilmiştir.

## 2. Kullanılan Materyaller

Bu çalışmada; Lenovo Y580 Laptop ve dahili olarak bulunan standart 1280x720 web kamerası kullanılmıştır. Kamera saniyede 30 kare resim alacak şekilde ayarlanmıştır. Görüntü alma ve işleme uygulamaları Matlab Image Acquisition ve Signal Processing araç kutuları(Matlab 2013a) kullanılarak yapılmıştır.

Kamera ile kaydedilen görüntüden tespit edilecek kalp atım hızının doğruluğunu test etmek için; 3 denekten 30 saniye boyunca insan yüz görüntüsü ile birlikte eş zamanlı olarak Biopac MP-36 fizyolojik veri toplama ünitesi ile EKG kaydı alınmıştır. 0.05-150 Hz arası band geçiren filtreden geçirilen sinyaller, 1kHz'lik örnekleme frekansı ile sayısal ortama aktarılmıştır. Şekil 1 de deney düzeneği görülmektedir.

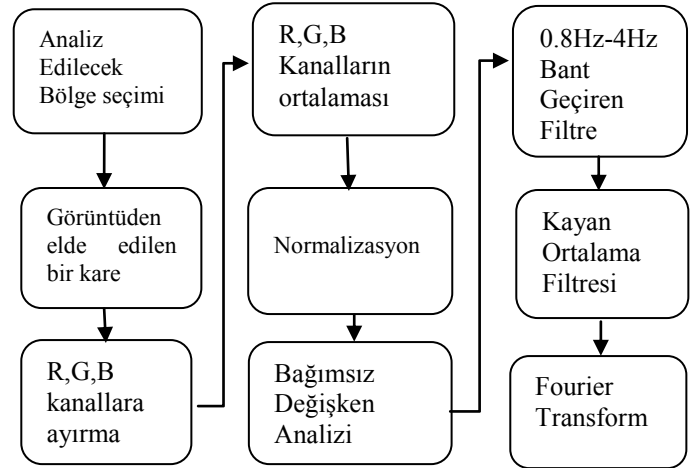


Şekil 1:Deney düzeneği

## 3. Yöntem

Öncelikle, kaydedilen EKG sinyalindeki R tepelerinin zamanları tespit edilerek, ortalama kalp atım hızı belirlenmiştir. Yüzden nabız tespiti ise, şekil 2'deki algoritmaya göre gerçekleştirilmiştir.

İlk olarak analiz edilecek bölgenin bulunduğu piksel aralıkları Matlab'ın kursör konumunu gösteren cursorposition uygulaması kullanılarak tespit edilmiştir. Alınan renkli görüntü kırmızı, yeşil ve mavi bileşenlerine ayrılıp her bir kare için her bir kanalın ortalama parlaklık değerleri hesap edilerek 3 farklı diziye atılmıştır.



Şekil 2: Kullanılan sinyal işleme algoritması

Ardından bu kanalların sayısal ortalaması alınarak yeni bir dizi oluşturulmuştur. Sonrasında sinyalin ortalaması sinyalden çıkarılıp ve standart sapması ile oranlanarak normalizasyon işlemine tabii tutulmuştur. Normalizasyon işleminden geçen sinyaller J.F. Cardoso'nun geliştirdiği bir çeşit bağımsız değişken analizi yapan joint approximate diagonalization of eigen-matrices algoritmasından geçirilerek birbirinden bağımsız 3 farklı sinyale ayrıştırılır. Bunlardan ikinci sinyal kanlanma dolayısı ile kamera sensörlerinin tespit ettiği renk değişimlerini gösteren ve nabız sinyalini elde edeceğimiz sinyal olarak ele alınmıştır.

Bu sinyal, içerisindeki hareket kaynaklı gürültülerin giderilmesi için, 0.8 Hz – 4 Hz arasını geçiren ikinci derece Butterworth filtresinden geçirilmiştir. Böylece 45 ile 240 kalp atımlık bölgeye yoğunlaşmıştır. Sinyal üzerindeki ani zıplamaların giderilmesi için ise 5 örneklik kayan ortalama filtresinden geçirilmiştir. Bu işlemden sonra; sinyal içerisindeki en yüksek güce sahip frekans bileşenini bulmak için, Yule-Walker yöntemi kullanılarak 2048 nokta için güç spektral yoğunluğu hesaplanmıştır. En yüksek güçlü bileşen frekansından (kaf: kalp atım frekansı);

$$\text{Kalp atım hızı} = 60 * \text{kaf} \quad 1$$

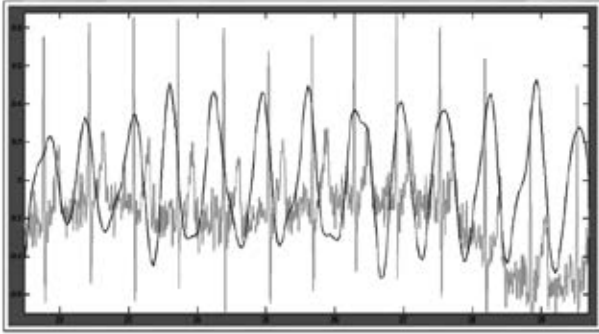
tespit edilmiştir.

## 4. Sonuçlar ve Yorum

Şekil 3'te alın bölgesinden elde edilen görüntülere yukarıdaki algoritmanın uygulanması sonucu elde edilen sinyal ile EKG sinyali birlikte gösterilmiştir.

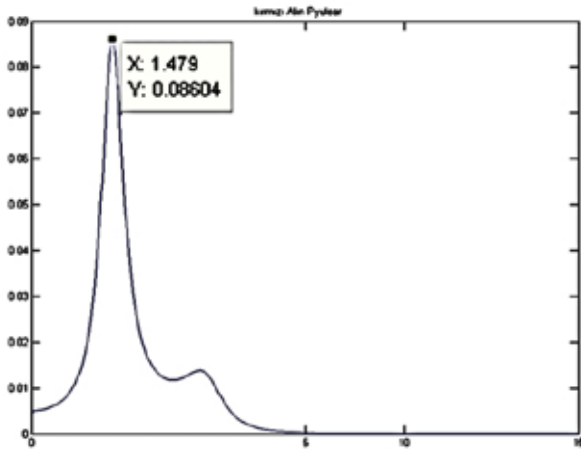
### Biyomedikal Ölçüm

3. Gün 27 Eylül 2014 Cumartesi (09.45-10.45)



Şekil 3: Alın görüntüsünden elde edilen kalp atımı değişimi sinyali ve EKG sinyali

Elde edilen sinyalin EKG sinyalini belli bir faz farkı ile takip ettiği ve her bir kalp atımına karşılık sinyalde bir tepe ve çukurun varlığı görülmektedir. Bu sinyal fotoplektismografi cihazları ile elde edilen sinyalle benzetilmektedir.



Şekil 4: Analiz sonucunda elde edilen frekans bileşeni

Alın bölgesinden elde edilen kalp atımı hızı sinyalinin güç spektrumu şekil 4' te görülmektedir. En yüksek güçlü bileşenin frekansı: 1.479 olarak görülmektedir. Buna göre kalp atım hızı 88.74 atım/dakikadır.

Tablo 1'de EKG den, tüm yüzün kamera görüntüsünden ve alın bölgesinin kamera görüntüsünden elde edilen kalp atım hızı değerleri görülmektedir. Aynı tabloda, EKG sinyalinden elde edilen değerler referans kabul edilerek, kamera görüntülerinden elde edilen kalp atım hızlarının hata payları da gösterilmiştir. Üç farklı deneme için hata payları incelendiğinde tüm yüzden elde edilen kalp atım hızının literatürdeki benzer çalışmalara uygun olarak %4-7 arasında olduğu, yüzde damarların yoğunlaştığı bölgeler ile yapılan çalışma sonucu hata paylarının %2,3- 3'e düştüğü görülebilir.

Yapılan çalışmalar sonucunda, yüzün damarların yoğunlaştığı bölgesinden alınan kamera görüntüleri ile yapılan kalp atım hızı tespitinin daha doğru sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

Tablo 1: EKG den elde edilen ile tüm yüz ve alından elde edilen kalp atım hızlarının karşılaştırılması

	Deneme-1	Deneme-2	Deneme-3
<b>Kamera Sinyalinden Ölçülen : (Tüm Yüz'den Elde edilen)</b>	94,6	91,7	87,2
<b>Kamera Sinyalinden Ölçülen : (Belirlenen Bölge'den Elde edilen)</b>	98,7	93,4	89,1
<b>Referans EKG'den Elde edilen :</b>	101,8	95,6	91,4
<b>Tüm Yüz Analizinin Hata Payı :</b>	%7	%4.1	%4.6
<b>Belirlenen Bölgenin Analizinin Hata Payı :</b>	%3	%2.3	%2.5

### 5. Kaynakça

- [1] Xia, H., Bao, Z., & Jiang, H. Mobile cardiac pulse measurements. Electrical Engineering, Stanford//URL: [http://www.stanford.edu/class/ee368/Project\\_12/Reports/Jiang\\_Bao\\_Xia\\_Mobile\\_cardiac\\_pulse\\_measurements.pdf](http://www.stanford.edu/class/ee368/Project_12/Reports/Jiang_Bao_Xia_Mobile_cardiac_pulse_measurements.pdf).
- [2] KWON, Sungjun; KIM, Hyunseok; PARK, Kwang Suk. Validation of heart rate extraction using video imaging on a built-in camera system of a smartphone. In: Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2012 Annual International Conference of the IEEE. p. 2174-2177, 2012.
- [3] Poh, M. Z., McDuff, D. J., & Picard, R. W. "Non-contact, automated cardiac pulse measurements using video imaging and blind source separation." Optics Express, 18(10), 10762-10774, 2010.
- [4] TAKANO, Chihiro; OHTA, Yuji. "Heart rate measurement based on a time-lapse image." Medical engineering & physics, 29.8: 853-857, 2007.
- [5] POH, Ming-Zher; MCDUFF, Daniel J.; PICARD, Rosalind W. "Advancements in noncontact, multiparameter physiological measurements using a webcam." IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 58.1: 7-11, 2011.
- [6] Cardoso, Jean-François. "High-order contrasts for independent component analysis." Neural computation 11.1: 157-192, 1999.