



SAYISAL İŞARET İŞLEME

PROJE ÖDEVİ

Berk Bayraktargil

16008117058

Bilgisayar Mühendisliği

Eog sinyalinin işlenmesi

Mayıs

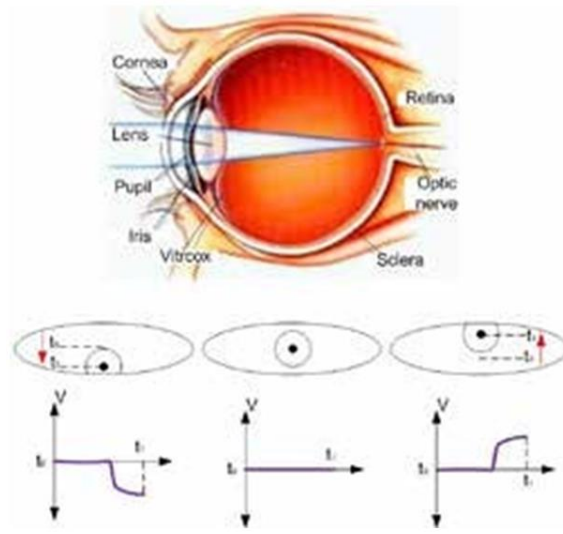
2021

İçindekiler

1. Giriş	3
2. EOG Sinyallerinin İşlenmesi.....	5
2.1. Kullanılan Elektronik Donanım.....	5
2.2. Öğrenme Kümesine Ait Veriler.....	5
2.3. Sayısal Sinyal İşleme İle DC Seviyenin Bastırılması.....	6
2.4 Sayısal Filtreleme İle Kanal Gürültüsünün Bastırılması	6
2. Materyal ve Metot	7
2.1. Materyal.....	7
2.2. EOG Toplama Devresi	7
2.3. Veri Seti.....	9
2.4. EOG Sinyal Analizi	9
2.5. Sistem Arayüz Tasarımları	9
2.6. Maske Tasarımı	10
3. Sonuç	11
4. Kaynakça	11

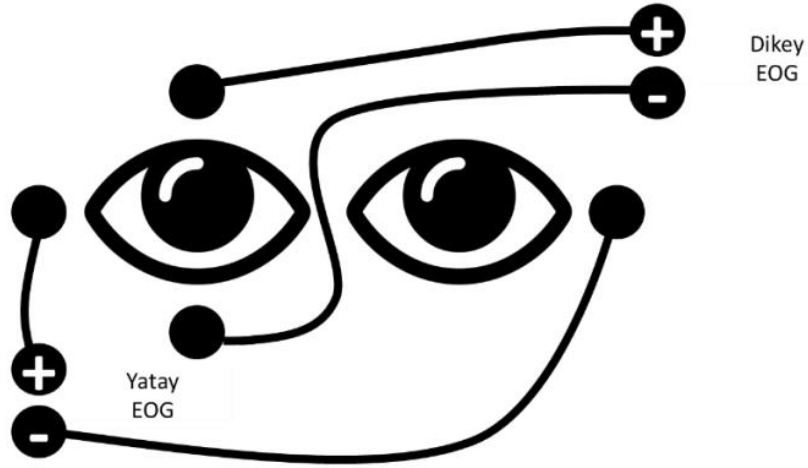
1.Giriş

İnsan gözünde, lens sisteminin ışığı üzerine odakladığı bir alıcı katman vardır. Alıcıların üzerlerine ışık düştüğünde; sinir sistemi, aldığı sinyali beyindeki görsel bölge (görsel korteks)'e iletir. Göz yuvarı, göz çukurundaki altı kasın etkisiyle hareket eder. Bu hareketler; hızlı ve kısa hareketler, yumuşak hareketler, baş hareketiyle gerçekleşen sibular hareketler ve yakına odaklanmayla ortaya çıkan yaklaşan hareketleridir. Elektrookülogram (EOG); göz hareketleri ile oluşan kornea-retina arasında yer alan ve hiperpolarizasyon ve depolarizasyonlardan kornea-retina potansiyelidir. Bu potansiyel bir dipol ile modellenebilmektedir. Aşağıda insan gözü ve EOG'nin dipol modeli gösterilmiştir.

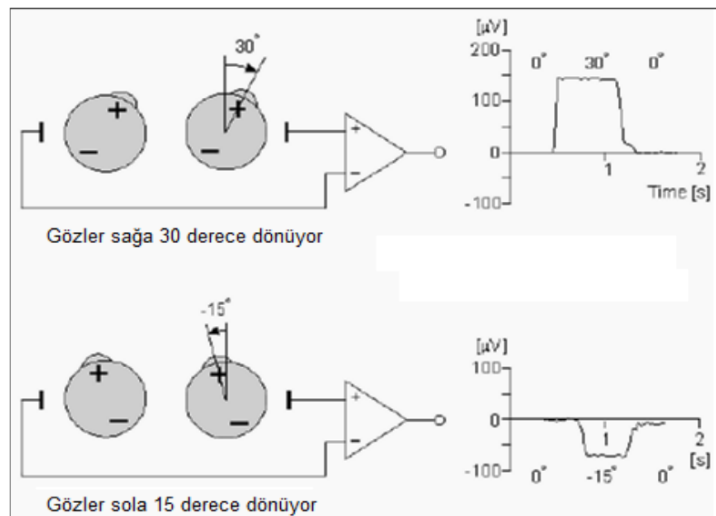


Elektrookülografi (EOG), negatif elektrik yüküne sahip kornea ile pozitif yük taşıyan retina arasındaki dinlenim potansiyelin ölçen elektrofizyolojik bir yöntemdir. Gözün ön kutbu ile arkası arasında sürekli var olan bir potansiyel elektrik farkı vardır. Retina pigment epitel tabakasından doğan bu potansiyel, göz hareketleri ile değişir. Göz hareketi dışarıdan bağlı olan dört ana ve iki yan kas tarafından yazılmış. Gözün dış kaslarına ekstraoküler kaslar denir. Bunlar dört tane rektus (düz, uzunlamasına giden) ve iki tane de oblik (eğimli, çaprazlamasına giden) olmak üzere toplamda altı tane kastan oluşur. Gözün iç ve dış köşelerine yerleştirilen elektrotlar sayesinde ölçüm yapılır. Bu ölçüm alma, pratikte göz hareketleriyle elektriksel potansiyel ile benzerdir. Hastanın gözlerini iki nokta arasında (merkezdeki noktanın sağ ve sol tarafına) hareket ettirdiği ölçüm, gözün odak noktasının konumunda olduğu süre aynı aynı elektriksel potansiyel değerini verir.

EOG sinyallerinin frekans bandı 0.1 Hz ile 10 Hz arasında bulunmaktadır. Genlik bölümler ise 0.01-3.5 mV düzeyindedir.

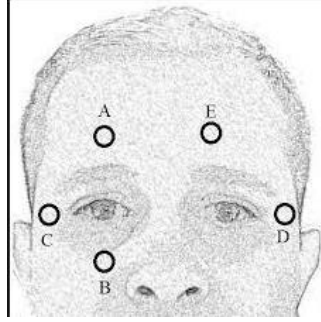


EOG sinyalleri Göz, ışık uyarımından bağımsız olarak kapalı iken veya tamamen karanlıkta belirlenebilen düzgün bir elektriksel potansiyele sahip olup, korneayı pozitif, retinayı negatif kabul eden bir elektriksel dipol modeli ile modellenebilir. Bahsedilen elektrik potansiyelin büyüklüğü 0,4-1 mV aralığında olup retinanın metabolik 20 hızından elde edilir. Göz hareketlerinin incelenmesinde çok faydalı olan, potansiyel fark ile gözlerin hareketinin bir çift yüzey elektrodu kullanılarak ölçülmesi yöntemine “elektrookülografi”, elde edilen kayda da EOG denir. Sağ göz kenarına yerleştirilen pozitif ve sol göz kenarlarına yerleştirilen negatif yüzey elektrotları ile gözün her hareketi takip edilerek EOG sinyaline dönüştürülür. Gözün her bir derecelik dönmesine karşılık ölçülen EOG sinyalinin büyüklüğü ise 5- 20 $\mu\text{V}/^\circ$ aralığındadır. Gözün sağ tarafa doğru yaptığı dönüş hareketi sonrasında, sağ göz kenarındaki elektrotta pozitif potansiyel fark, ters durumda ise sol göz kenarındaki elektrotta negatif fark ölçülür.



2. EOG Sinyallerinin İşlenmesi

2.1. Kullanılan Elektronik Donanım

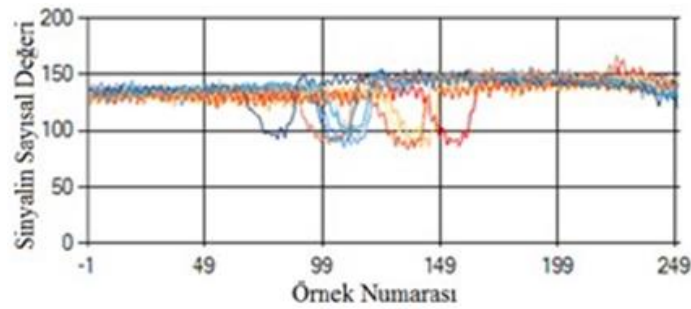


Sağ göz üstü referans edilmiş olup dikey ve sinyaller için birer çift Ag/Cl elektrot kullanılmıştır. Elektronik donanımda yatay ve dikey kanallara ait sinyaller elektrotlar yardımları, bir biyopotansiyel sinyal yükselteci yardımıyla yükseltilmiş, bir mikro denetleyicinin analogtan sayal bilgi birimine uygulanabilmektedir. Donanım ile alınan EOG sinyalleri her bir göz hareketi için 251 adet örnekten oluşan 10 adet küme şeklinde kaydedilmiştir.

2.2. Öğrenme Kümesine Ait Veriler

10 farklı denekten alınan EOG sinyalleri '.txt' dosyaları şeklinde kaydedilerek bir bilgisayar ara yüzü tarafından kaydedilmiş ve veriye ait bir eleman 10x251 büyüklüğündeki matrise yazılmıştır. Matrisin onun bir satırı öğrenme eleman kümesine ait EOG sinyalleri içermektedir.

Oluşturulan öğrenme matrisine ait sinyaller grafiksel olarak incelendiğinde deneklerden alınan birbirlerine yakın faz, genlik ve peryot olarak farklı oldukları görülür. Aynı zamanda elektronik donanım ile DC seviyenin tam olarak bastırılamadığı ve kanal gürültüsünün filtrelenemediği görülmektedir. Aşağıda verilen sinyaller gözün aşağı hareketi ile elde edilen ve dikey kanala ait sinyallerdir.



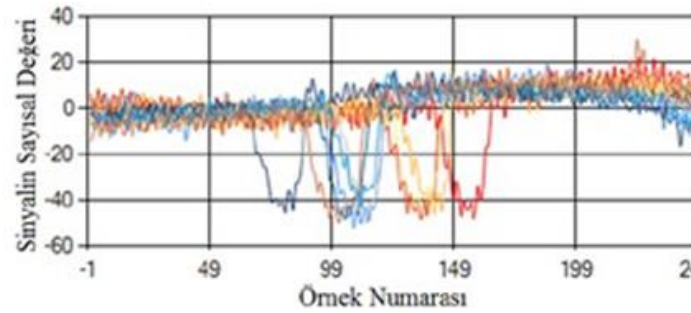
Kayıt edilen öğrenme sinyallerinin dipol yapısıyla uygun olduğu ve karşıya bakma anında 130-140 mV genlik aralığında bir sinyal elde edilirken, aşağı bakma anında negatif birlikte 40-50 mV arasında bir değişim olduğu görülmüştür.

2.3. Sayısal Sinyal İşleme İle DC Seviyenin Bastırılması

Öğrenme kümesine ait EOG matrisindeki her bir satırın ortalama değerini hesaplanarak matristeki DC seviyesi bastırılmış EOG sinyaline ait yeni bir matris elde edilmiştir. Değerin bulunması için aşağıdaki eşitlikten yararlanılmıştır.

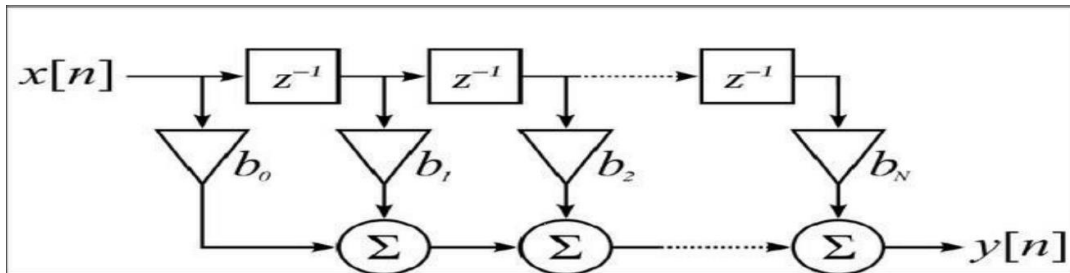
$$V_{DC} = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) dt$$

Elde edilen DC seviyesi bastırılmış EOG elde edilen sinyal aşağıda verilmiştir. Bu sinyal şekillerinde kanal gürültüsü daha belirgin olarak görülmektedir.



2.4 Sayısal Filtreleme İle Kanal Gürültüsünün Bastırılması

50Hz kanal gürültüsünün sayısal olarak bastırılması için iki ayrı filtreleme algoritmasından yararlanılmıştır. Birinci algoritmada hareketli ortalama alma yönteminin özel hali olan Hanning filtrelemesi, ikinci algoritmada ise Butterworth filtreleme yönteminden Hanning filtreleme algoritmasına ait yapı aşağıdadır.

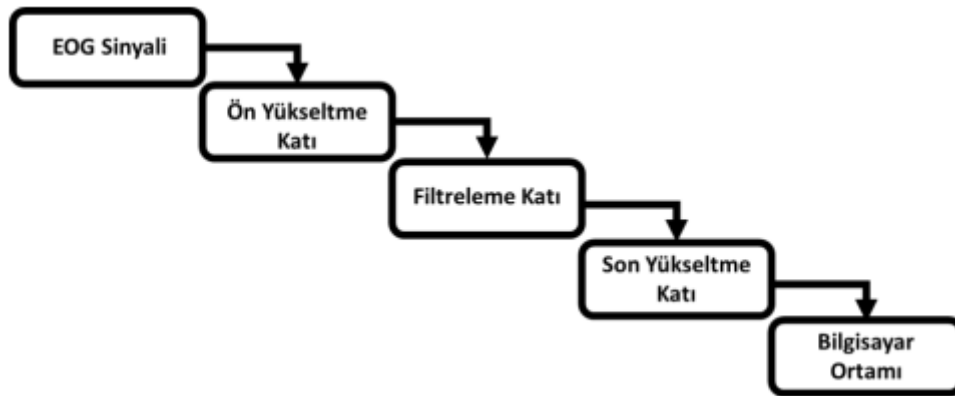


2. Materyal ve Metot

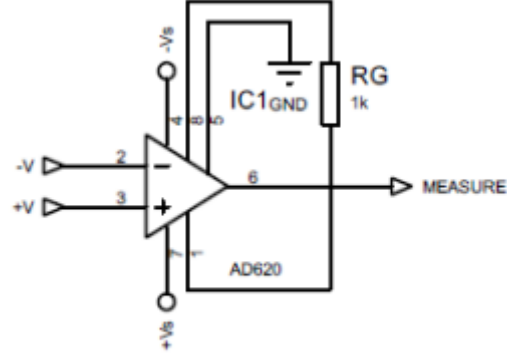
2.1. Materyal

EOG verisini toplamak için Ag-AgCl elektrotlar ile, enstrümantasyon yükselteci, op-amp, kondansatörler ve dirençler kullanılmıştır. Kart çıkışındaki sinyaller Arduino Uno R3 ile bilgisayar ortamına aktarılmış ve bilgisayar ortamında da Matlab ile işlenmiştir.

2.2. EOG Toplama Devresi

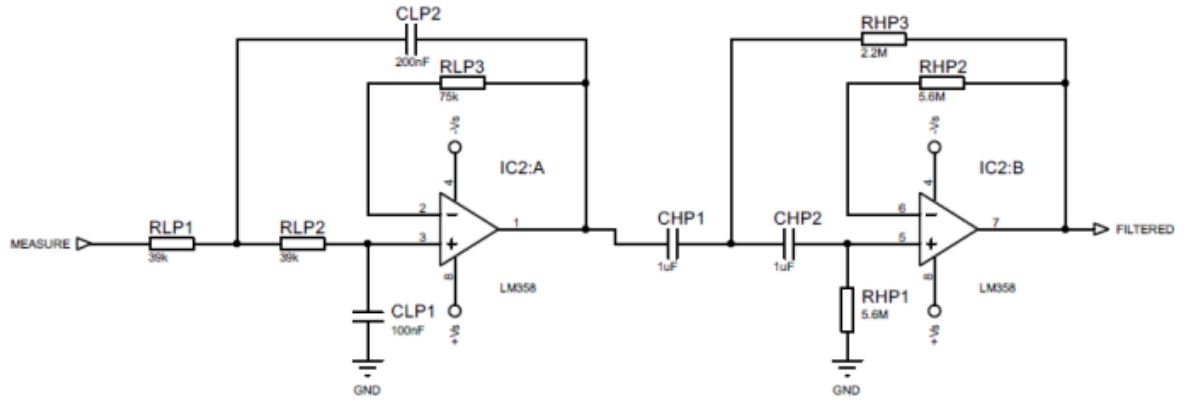


Yapılan bu tasarımda ikinci derece butterworth bant geçiren filtre tasarlanmıştır, böylece istenmeyen gürültüyü daha fazla bastırmak hedeflenmiştir. Filtre 0.04-31 Hz band geçirme değerine göre direnç ve kapasitör değerleri seçilmiştir. Kapasitör değerleri seçilirken oldukça düşük seçmeye özen gösterilmiş, enstrümantasyon yükseltecinin kazancı 50 olarak belirlenmiştir. Şekil 1’de enstrümantasyon yükselteci devresi gösterilmiştir. Yükseltile sinyal belirtilen bant aralığında filtrelenmiştir. Filtreleme ile 50 Hz’lik şebeke gürültüsü de yok edilmiştir. Filtre devresi Şekil 2’de gösterilmiştir. Filtre ardına son yükseltme katı olarak kazancı 30 olan evirmeyen yükselteç tasarlanmıştır. Böylece yaklaşık 1500 kat kazanç elde edilmiştir. Son yükseltme katı ise Şekil 3’te gösterilmiştir. Ayrıca sinyale 2.5 V’luk bir DC offset eklenmiş ve sonuç olarak 2.5 V üzerinde dalgalanan ve 0-5V aralığında bulunan bir sinyal elde edilmiştir. Tüm devre +/- 9V ile beslenmiştir. Enstrümantasyon yükselteci olarak AD620, filtre yükselteci olarak LM358, son yükseltme katında ise LM741 kullanılmıştır.



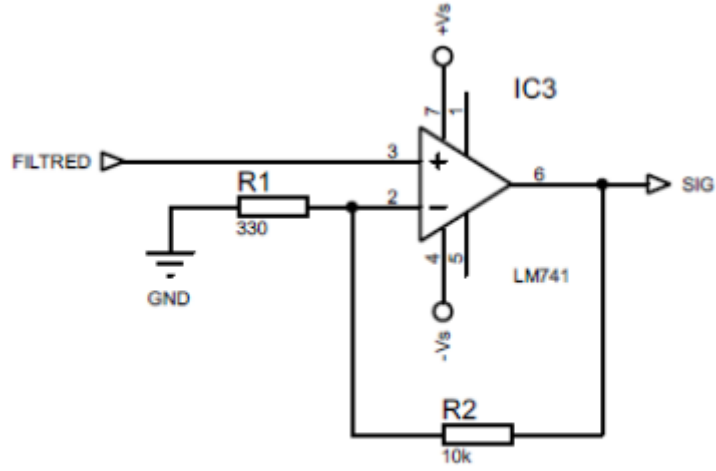
Enstrümantasyon Yükselteci ile İlk Yükseltme Katı

Sekil1



Filtreleme Katı

Sekil2



Son Yükseltme Katı

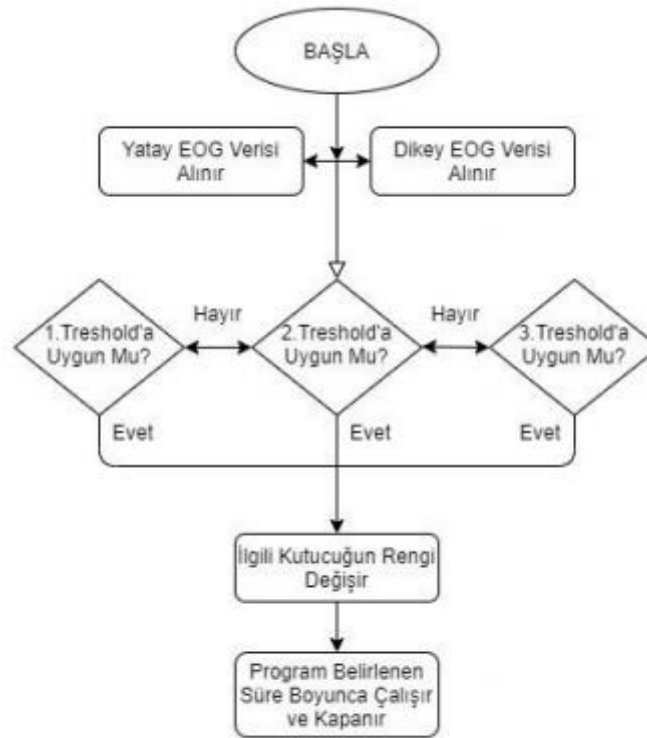
Sekil3

2.3. Veri Seti

EOG sinyallerini toplamak için geliştirilen devrenin çıkışından alınan sinyaller, Arduino Uno vasıtası ile bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Sinyal 10 bit çözünürlük ile alınmıştır. Devre iki erkek ve bir kadın denek üzerinde 1 kHz, 100 Hz, 40 Hz ve 10 Hz örnekleme frekansları ile denenmiştir.

2.4. EOG Sinyal Analizi

0-5V aralığında alınan sinyal Matlab programının Arduino toolbox'ı sayesinde direkt olarak Matlab'a aktarılmıştır. Nyquist Teoremi'ne uygun olarak 100 Hz ve 1 kHz ile örneklenmiştir. Ayrıca 10 Hz ve 40 Hz örnekleme frekansları ile de örnekleme işlemleri yapılmıştır. Analog filtreleme iyi yapıldığından dijital filtrelemeye ihtiyaç duyulmamıştır. Göz takip arayüzü oluşturulurken kullanılan algoritma şeması aşağıda gösterilmiştir.

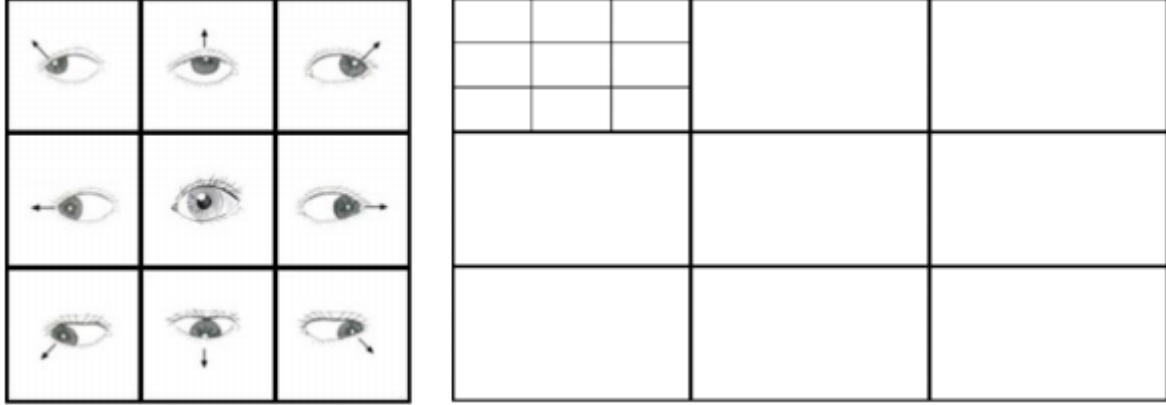


Algoritma İş Akış Diyagramı

2.5. Sistem Arayüz Tasarımları

Üç adet kullanıcı arayüzü tasarlanmıştır. Bunlardan ilki yalnızca EOG sinyalini yüksek örnekleme frekansında incelemek için kullanılırken, ikincisi daha düşük örnekleme frekansı ile gerçek zamanlı sinyal takibi için kullanılmıştır. Sonuncu arayüz ise EOG sinyalini işleyerek göz takibi gerçekleştirmektedir. Göz takibini gerçekleştiren arayüzde dokuz adet

kare bulunmaktadır uygun göz hareketine göre algoritmaya uygun karenin rengi değişmektedir.

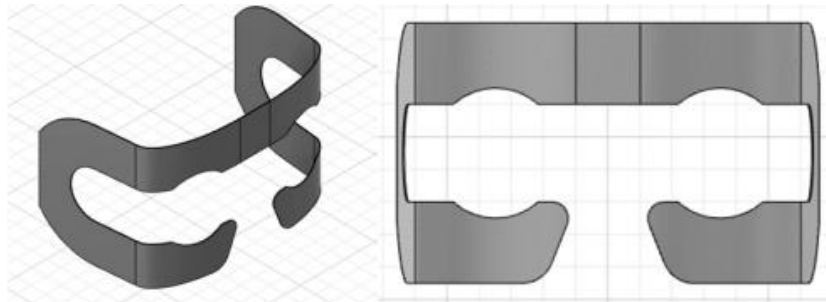


Hangi Göz Hareketinin Hangi Kareye Denk Geldiğini Gösteren Şekil ve 16:9 Bir Ekranın ve Her Alt Parçanın 9 Eşit Parçaya Bölünmesi

Çalışma bilgisayar kullanımını amaçladığı için kullanıcıların bilgisayar ekranlarının dokuz bölgeye ayrılması planlanmıştır. Ayrıca her bölge de kendi altında dokuz bölgeye ayrılarak ekranda istenilen noktaya ulaşılması hedeflenmektedir. Burada göz kırpmaları “click” olarak alınacaktır ve bilgisayar tablet modunda kullanılacaktır.

2.6. Maske Tasarımı

Elektrotlar sarf malzemeler oldukları ve her sinyal alımında atık oluşturdukları için, Fusion 360 programı ile sabit elektrotlu bir maske tasarımı yapılmıştır. Maske taslak halindedir ve 3D Printer ile basılması planlanmıştır.



3. Sonuç

Göz takip sistemleri ile ilgili literatür araştırması yapıldığında son yıllarda ilgi çeken bir alan olduğu görülmüştür. Bu alandaki çalışmaların genellikle kamera tabanlı görüntü işleme teknikleri olduğu dikkat çekmektedir. Görüntü işleme süre ve veri bakımından zahmetli bir iş olmakta ve güçlü sistem bileşenleri gerektirmektedir. Bunun yanında EOG sinyal işleme tek boyutlu olduğu için hem veri hem de süre bakımından gerçek zamanlı sistemlerde avantaj sağlamaktadır. EOG verisi alınan kısım ile daha sonrasında klinik testlere tâbi tutularak hastalık teşhisi amacı ile sistem kullanılabilir. Bununla birlikte geliştirilen sistem ile bilgisayar kontrolü haricinde herhangi bir elektronik sistemin kontrolü de sağlanabilir.

4. Kaynakça

- <https://acikerisim.iku.edu.tr/handle/11413/4030>
- <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/435276>
- <http://dspace.kocaeli.edu.tr:8080/xmlui/bitstream/handle/11493/864/392794.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- <https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/32493-eogui-a-software-to-analyze-electro-oculogram-eog-recordings>