

## ELEKTRİK-ELEKTRONİK FAKÜLTESİ

### 2022-2023 EĞİTİM-ÖĞRETİM YILI ÇOK DİSİPLİNLİ TASARIM PROJESİ KONU ÖNERİSİ

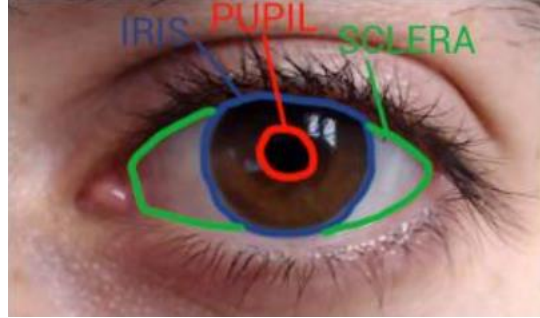
#### Ad: GÖZ TAKİBİ KULLANILARAK ARAÇ KONTROLÜ

**Amaç:** Omurilik felci, omuriliğin herhangi bir sebeple hasar görmesi sonucu kişide alt ekstremitenin kas gücünün ve duyu fonksiyonlarının kaybı olarak tanımlanabilir. Omurilik felci; çeşitli travma yaralanmaları, sinir dokusunun hastalıkları, tümörler, kanama, radyasyona maruz kalma ya da enfeksiyonlar sonucu ortaya çıkabilir. Ülkemizde de maalesef her yıl yüzlerce kişi trafik kazaları, denize atlama ve spor yaralanmaları gibi travmalar sonucunda omurilik felci ile karşı karşıya kalır. Omurilik felci sebebiyle vücudunun alt kısmının işlevini yitiren bireyler tekerlekli sandalye vasıtasıyla hareketlilik sağlayabilirken, vücudunun üst kısmında felç bulunan hastalar ise ellerini kontrol edebilmeleri durumunda elektrikli bir tekerlekli sandalye vasıtasıyla hareket edebilirler. Fakat omurilik felcine maruz kalan hasta boynunun alt kısmındaki işlevlerin tamamını kaybetmiş ise mevcut çözümler hastanın hareketini sağlamak anlamında yetersiz kalmaktadır. Projenin amacı bu tip hastalarda kullanılabilecek, hastanın elektrikli tekerlekli sandalye ile gerçekleştirmek istediği eylemi göz hareketlerinden algılayan otonom bir sistemin tasarlanmasıdır. Göz hareket takibi yapan sistem gerçekleştirildikten sonra ise, sistemin algıladığı hareket tipleri kullanılarak bir robot arabanın (elektrikli sandalye yerine) kontrolü gerçekleştirilecektir.

#### Kapsam:

1. Projenin basamakları şu şekilde kurgulanabilir;
  - a. Kişinin göz hareketlerini algılayacak kamera modülü edinimi ve kaydedilen verinin kablolu ya da kablosuz şekilde bilgisayara aktarımı.
  - b. Aktarılan video karelerini (video frames) kullanarak göz hareketlerinin algılanması.
  - c. Algılanan göz hareketlerinin temsil ettiği hareket bilgisi ile robot arabanın, bluetooth ya da wifi haberleşme kullanılarak, kontrolü.
2. Algılanan göz hareketlerinin temsil ettiği hareket komutu bluetooth ya da wifi haberleşme kullanılarak robot arabaya aktarılacaktır. İlgili hareket komutuna göre de robot araba otonom şekilde hareket edecektir. Bilgisayar ile robot araba arasındaki haberleşme ve robot arabanın donanımsal/yazılımsal tasarımı/gerçeklenmesi proje kapsamı içerisindedir.
3. Robot araba ileri, geri, sağa ve sola gitme hareketlerini gerçekleştirmeye uyumlu motor ve motor sürücü devreye sahip olmalıdır. Robot arabanın istenilen dört yönlü hareketi gerçekleştirmesi için kullanılacak haberleşme modülü, gömülü sistem, motor (enkoderli motor veya haricen alınabilecek optik artımlı enkoder), motor sürücü devresi, dönüş açısının kontrolü için (9 DoF veya 6 DoF) Inertial Measurement Unit (IMU) çeşit ve sayısı gruplara bırakılmıştır. Hareketler başarıyla gerçekleştiği sürece istenilen donanımsal malzeme kombinasyonu kullanılabilir.
4. İleri, geri, sağa ve sola gitme hareketlerine ek olarak arabanın durması ve tekrar çalışması için de gerekli göz hareketi örüntüleri belirlenmeli ve sisteme entegre edilmelidir (arabanın durması ve tekrar çalışması bonus olarak).
5. Göz hareketlerinin algılanmasında kullanılacak uygun kameranın seçilmesi gerekmektedir. Bu seçim yapılırken ortamdaki ışık miktarı ve benzeri çevresel/donanımsal gürültü etmenlerinden en az düzeyde etkilenecek bir kameranın seçilmesi önemlidir.

6. Kamera tarafından kaydedilen görüntüler bilgisayara aktarıldıktan sonra, bu görüntüler üzerinde çeşitli görüntü işleme ve makine öğrenmesi tekniklerinin kullanılması gerekmektedir. Dikkat edilmesi gereken birinci husus algılanan görüntü içerisinde göz örüntüsünün olup olmadığıdır, sistem öncelikle bunu kontrol etmelidir. Şekil 1’de göz örüntüsü ve göz hareketinin algılanmasında önemli göz kısımları verilmiştir.

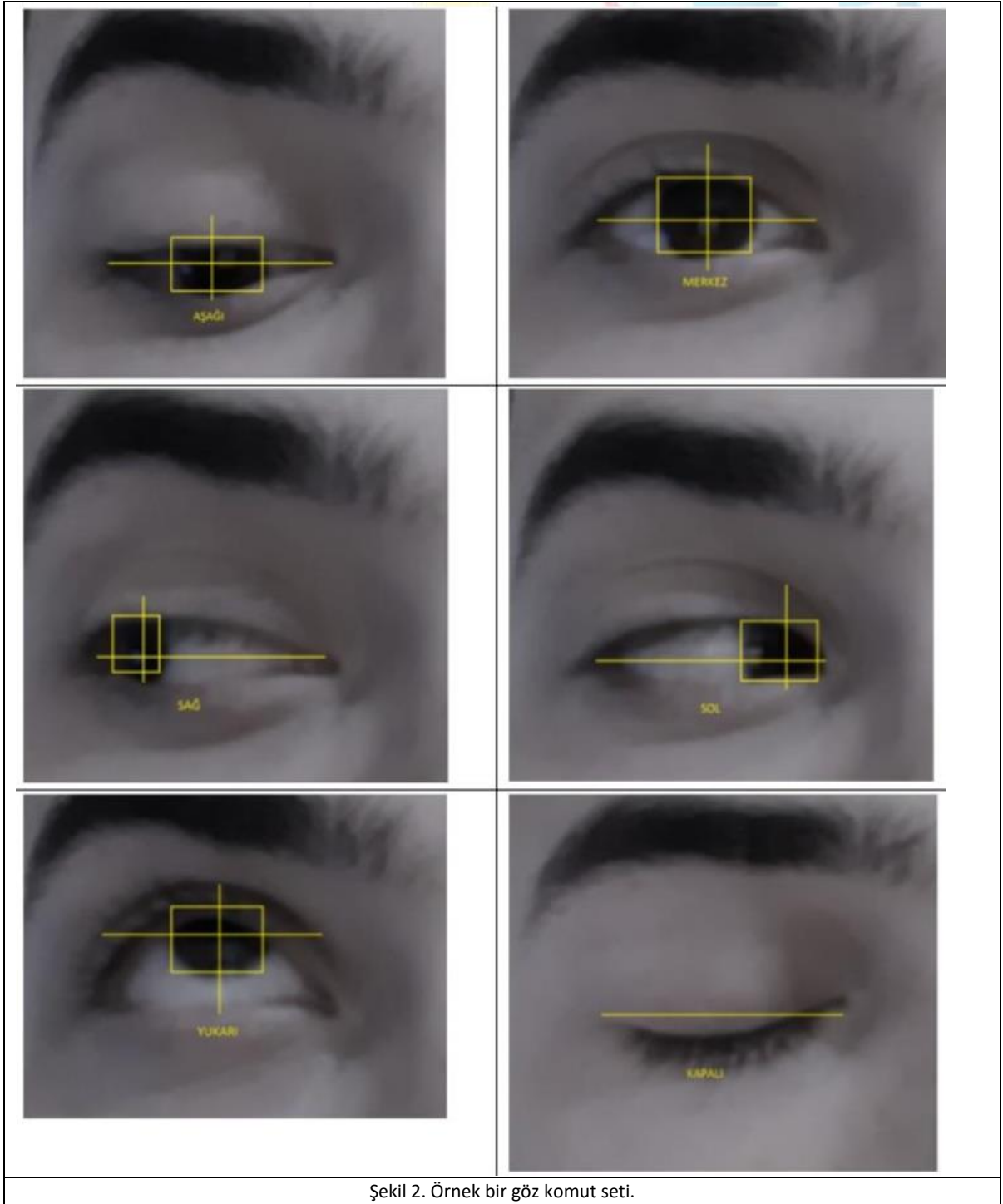


Şekil 1. Görüntü üzerindeki göz örüntüsü ve göz kısımları. İris (göze rengini veren tabaka), pupil (göz bebeği) ve sclera (beyaz kısım).

7. Gruplar sistemde ileri, geri, sağa ve sola gitme hareketlerini ve bunlara ek olarak arabanın durması ve tekrar çalışması senaryolarını (bonus olarak) temsil eden altı göz hareketini seçmeli ve sistemin eğitilmesi sırasında robot arabanın kontrolünde kullanılacak her bir davranış ile hastadan kaydedilen göz-hareketini eşleştirecek bir öğrenme modeli kullanılmalıdır. Belirlenebilecek örnek bir göz komut seti Şekil 2’de sunulmuştur. Gruplar bu göz komutlarını kullanmak zorunda değildir, kendi göz-komut alfabelerini oluşturabilirler. Burada dikkat edilmesi gereken bir husus algılanan ve robot araba hareketine atanan göz hareketinin süresidir. Alfabe, komutlar ve süreleri algılanacak hareketler arasında karışıklığa sebep vermeyecek şekilde seçilmeye çalışılmalıdır. Göz komutları ve eşlendikleri robot araba hareketine örnek bir alfabe (Şekil 2’den esinlenerek) Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1: Göz komutlarının ve robot araba hareketlerinin eşlenmesi için örnek bir alfabe.

Göz Komutu	Eşlendiği Robot Araba Hareketi
Merkeze bakma	Robot araba durmaktadır.
Sağa bakma	Robot araba bir defa xx (örneğin 15) derece sağa dönecektir.
Sola bakma	Robot araba bir defa xx (örneğin 15) derece sola dönecektir.
Yukarı bakma	Robot araba ileriye doğru hareket edecektir.
Aşağı bakma	Robot araba geriye doğru hareket edecektir.
Gözün belirli aralıklarla iki kere kapanması	Robot araba sisteminin düşük enerji tüketim moduna alınması
Gözün belirli bir süre için kapalı tutulması	Robot araba sisteminin düşük enerji tüketim modundan çıkması.



Şekil 2. Örnek bir göz komut seti.

8. Kamera ile kaydedilen görüntüler üzerinde komut algılama için farklı yaklaşımlar kullanılabilir. Gruplar kullanabilecekleri yöntem açısından sınırlandırılmamaktadır. Proje çıktısı olarak beklenen sistemin tasarlanan komut alfabesini öğrenmesi ve doğru eşleştirmeleri yapabilmesidir. Göz komutlarının algılanmasında kullanılabilecek örnek yaklaşımlar aşağıda sunulmuştur;
  - a. Makine Görmesi (Machine Vision) yaklaşımları: Göz görüntüsünün ve alt kısımların renkli veya gri seviye görüntü üzerinden tespiti. Tespit edilen ilgi bölgesinin ikili görüntüye

(binary image) çevrilmesi ve ikili imge üzerinde gözü oluşturan kısımların kabarcık analizi (blob analysis) ve eşikleme (thresholding) ile tespiti. Renkli kısım iris ve pupil ile beyaz kısım scleranın birbirlerine göre konumlandırılmasından göz komutu belirlenmesi.

- b. Geleneksel Makine Öğrenmesi: Kaydedilen görüntüler üzerinden gözün ilgi bölgesi (Region of interest, ROI) olarak belirlenmesi. ROI üzerinde çeşitli öznelik çıkarım tekniklerinin uygulanması (örneğin Ölçek Değişmez Öznelik Dönüşümü (Scale Invariant Feature Transform-SIFT), Hızlandırılmış Sağlam Öznelikler (Speeded Up Robust Features-SURF) ve Ayrık Dalgacık Dönüşümü (Discrete Wavelet Transform-DWT)). Elde edilen özneliklerin geleneksel makine öğrenmesi (örneğin Destek Vektör Makineleri (Support Vector Machines-SVM) ve Karar Ağaçları (Decision Trees-DT) ) yöntemleri ile sınıflandırılması.
- c. Derin Öğrenme: Kaydedilen görüntüler üzerinde doğrudan nesne tespiti ve sınıflandırması amacıyla evrimsel sinir ağları (Convolutional Neural Networks-CNN) tabanlı yaklaşımlar (örneğin You Only Look Once-YOLO versiyonları) kullanılabilir. Burada dikkat edilmesi gereken derin öğrenme yöntemlerinin veriye aç (data-hungry) yaklaşımlar olduğudur. Modele göz komutlarının öğretilmesi için her sınıftan yeterli sayıda görüntü örneği olmalıdır. Yeterli görüntü olmadığı durumlarda öğrenme aktarımı (transfer learning, TL) kullanılabileceği unutulmamalıdır. İhtiyaca göre model sıfırdan eğitilebilir (training from scratch) ya da TL uygulanmış bir modele ince-ayar (fine tuning) yapılabilir, seçim gruba bırakılmıştır. Sıfırdan eğitilecek modellerde işlemsel karmaşıklığın yüksek olacağı ve kullanılacak donanımın yeterli güçte seçilmesi gerekliliği dikkat edilmesi gereken önemli bir husustur. Mevcut donanım gücü yetersiz kaldığında gruplar Google Colab kullanımını, modellerin eğitiminde, çözüm olarak seçebilir.

### Minimum Çıktılar:

1. Kablosuz şekilde bilgisayarla haberleşebilen ve alınan komutlar vasıtasıyla hareketi kontrol edilebilen robot arabanın tasarımı ve fiziksel olarak gerçekleştirilmesi.
2. Robot araba ileri, geri, sağa ve sola gitme hareketlerini gerçekleştirebilmelidir. Sağa ve sola dönme hareketlerinde, kaç derecelik dönüş yapılacağı grubun seçimine bırakılmıştır (dönüş derecesi bilgisini anlama ve kontrol etmek için enkoderli motor veya haricen alınabilecek optik artımlı enkoder, 9 DoF veya 6 DoF Inertial Measurement Unit (IMU) kullanılabilir) . Burada önemli olan tutarlı olarak ilgili komutlar geldiğinde hep aynı derece ile aracın dönüş yapmasıdır. İleri geri harekette ise gelen her bir konut için robot araç, yine grup tarafından önceden belirlenen, sabit bir mesafe gitmeli ve bu mesafede tutarlı olmalıdır.
3. Kameradan gelen görüntü, bu görüntünün işlenmesi ve komutun algılanması, algılanan komutun gösterilmesi işlemleri grup tarafından yazılmış bir ortak ara-yüz ile kontrol edilmelidir. Komut görüntüden algılandıktan sonra, robot arabanın tek bir sefer için hareketi gerçekleştirmesi minimum çıktı olarak yeterlidir. Fakat oluşturulan alfabadeki tüm komutlar için sistemin sınıflandırma işlemini yapabilmesi ve robot arabanın hareketi gerçekleştirebilmesi beklenmektedir.
4. Minimum çıktı olarak, aynı kişinin göz komut imgelerinin test aşamasında kullanılması yeterlidir. Dikkat edilmesi gereken husus aynı imgenin hem eğitim hem de test setinde kullanılmamasıdır. Sistem sunum esnasında gerçek zamanlı test edileceği için bu durumun oluşması pratikte imkânsız

olsa dahi, eğitim ve test setlerindeki örneklerin benzerliklerinin fazla olmasının model başarısını arttıracak bilincinin grup elemanları tarafından kavranması önemli bir husustur.

5. Proje sunumu esnasında modelin daha önce görmediği imgeler gerçek zamanlı olarak kaydedilmeli ve sonrasında, Tablo 1’de belirtilen ilk beş robot araba hareketi için, geliştirilen sistem seçilen göz komut imgelerini kullanarak sınıflandırma işlemini yapabilmelidir.

#### **Bonuslar:**

1. Robot arabanın tamamen gerçek zamanlı otonom şekilde çalışması (Kişiden alınan video görüntüsü aktif olduğu süre boyunca tekrarlı şekilde alfabe oluşturarak hareketlerin gerçekleştirilmesinin devam etmesi. Bu şekilde gerçek zamanlı çalışabilecek bir tasarım için gerekli alfabenin, zaman kısıtları göz önüne alınarak, tasarlanması)
2. Farklı kişilere ait göz hareketleri için de sistemin çalışabiliyor durumda olması.
3. Tek bir göz hareketine (sadece alta ya da sağa bakma) ait komutlara ek olarak, iki ya da daha çok göz hareketinin (belirli süre kısıtlamalarında art arda iki defa gözü kapama ya da gözü uzun süre kapalı tutma gibi) kombinasyonunun algılanması ile kodlanmış düşük enerji tüketim moduna alma veya bu moddan çıkarma komutlarının algılanmasını ve uygulanmasını sağlayacak yazılımsal ve donanımsal gerçekleştirme.
4. Makine öğrenmesi ve gerekli diğer görüntü işleme işlemlerinin bilgisayar üzerinde gerçekleştirilmesi yerine alternatif bir gömülü sistem üzerinde aynı işlemlerin yapılması. Yani tüm makine öğrenmesi ve motor kontrol işlemlerinin bilgisayar yerine gömülü sistem üzerinde gerçekleştirilmesi (tiny machine learning konsepti).
5. Sisteme ek bir kontrol mekanizması olarak, kullanıcının komutlarından bağımsız şekilde çalışan, ultrasonik sensörler konulabilir. Burada amaç hasta bilincini kaybetse dahi tekerlekli sandalyenin (bizim senaryomuzda robot aracın) kaza yapmasını önlemektir.

#### **Proje değerlendirme;**

1. Ekibin tasarım ve benzetim kabiliyeti
2. Çözüm yöntemleri ve uygulanabilirliği, verimliliği
3. Farklılık oluşturabilecek çözüm yöntemleri
4. Ekibin projede ortak paylaşımı, planlama
5. Projenin yönetim planı ve sonuç raporu
6. Projenin sunumu