



ELEKTRİK-ELEKTRONİK FAKÜLTESİ

ÇOK DİSİPLİNLİ TASARIM PROJESİ

SONUÇ RAPORU

Proje Başlığı: Göz Takibi Kullanılarak Araç Kontrolü			
Proje Sonuç Raporu Teslim Tarihi: Grup 70			
No	Proje Ekibi Ad, Soyad	Bölüm (ELM/EHM/BLM/KOM)	İmza
1	Barkın ÇAMLİBEL	EHM	
2	Talha Berk ERPOLAT	EHM	
3	Onurcan VAROL	KOM	
4	Metehan YILMAZ	KOM	
5	Burak ERDİLLİ	BLM	
6	Batuhan GÜLCEMAL	BLM	
7	İrem AKBEL	ELM	
Danışman	Prof. Dr. İbrahim ŞENOL	ELM	

Proje Sonuç Raporu Teslim Tarihi

05/01/2023

Not: Formun Arial 10 yazı tipinde doldurulması ve toplam 10 sayfayı geçmemesi gerekmektedir.

ÖNSÖZ

Bu rapor, Yıldız Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Fakültesi Çok Disiplinli Tasarım Projesi kapsamında tasarlanan “Göz Takibi Kullanılarak Araç Kontrolü” adlı projenin sonuçlarını, çıktılarını ve yöntemleri ortaya koymak adına yazılmıştır.

Proje, Elektrik ve Elektronik Fakültesi Elektronik ve Haberleşme, Elektrik, Kontrol ve Otomasyon, Bilgisayar Mühendisliği öğrencileri tarafından Elektrik Mühendisliği Öğretim Üyesi Prof. Dr. İbrahim ŞENOL danışmanlığında 3 ay gibi bir sürede gerçekleştirilmiştir. Proje kapsamında yazılım, elektronik, mekanik ve kontrol ana bilim dallarını kapsayan çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Göz Takibi Kullanılarak Araç Kontrolü Projesinin alt ve üst ekstremitelerini kullanamayan engelli bireylerin günlük hayatlarını devam ettirebilmeleri amacıyla 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 gerçekleştirilmiştir. Bu robot arabanın göz kontrolüyle çalışan otonom elektrikli sandalyelere prototip oluşturması hedeflenmektedir.

ÖZET

Proje kapsamında gerçekleştirilen çalışmaların amacı, kapsamı, kullanılan yöntem(ler), varılan sonuç(lar) ve yönetim düzeni açık ve öz olarak belirtilmelidir. Özet 450 kelime veya bir sayfa ile sınırlandırılmalıdır.

Proje Özeti

Çeşitli omurilik zedelenmeleri sonucu birçok insan tekerlekli sandalyeye bağlı bir şekilde hayatlarını sürdürmektedir. Bu bireylerin bir bölümü vücutlarının üst ekstremitelerini de kullanamamaktadırlar. Bu tür durumlar göz önünde bulunduğunda bu tür bireylerin günlük hayatlarında rahatlıkla kullanabilecekleri bir tekerlekli sandalye prototipi tasarlanması amaçlanmıştır. Bu amaçla gerçekleştirilen Göz Takibi Kullanılarak Araç Kontrolü Projesi, hastaların gözleriyle verdikleri komutu algılayarak tekerlekli sandalyenin hareket edebileceği bir proje için prototip olması amacıyla tasarlanmıştır. Bu doğrultuda günümüzde gelişen diğer alanlar gibi çok disiplinli bir projedir. Proje kapsamında Bilgisayar, Elektrik, Kontrol-Otomasyon ve Elektronik, Haberleşme gibi alanların bir arada çalışması gerekmektedir. Projenin hedefi yüksek fiziksel engel durumunda bulunan vatandaşların; ulaşım ve hareket gibi sorunlarını, pahalı olmayan ve üzerinde çalışan öğrencilerin yeteneklerini gösterebileceği engelli dostu bir sistem ile hayata geçirilmesidir.

Projenin tasarım aşamalarında sırasıyla; literatür taraması, görüntü işleme algoritmasının tasarlanması, araç mekaniğinin tasarlanması, elektronik sistemin tasarlanması, aracın bilgisayarla haberleşmesinin sağlanması ve kontrollerin gerçekleştirilmesi aşamaları izlenmiştir. Bu aşamalar sonuç raporundaki gereç, yöntem ve yönetim düzeni bölümünde detaylıca açıklanmış ve sonuçlar bölümünde çeşitli görsellerle desteklenmiştir. Bu projede eğitilen yapay zekanın kullanıcının göz hareketleri ile hangi komutları verdiğini anlaması en temel yöntemi oluşturmaktadır. Buna paralel tasarlanan aracın belirli komutlar dahilinde istikrarlı ve tutarlı hareket kabiliyeti göstermesi sağlanmıştır. Araç ve komut tanıma tamamlandıktan sonra ise komutların doğru şekilde araca iletilmesi Bluetooth protokolü sayesinde sağlanmıştır ve motor sürücü kartın yönettiği DC motorlar kullanılarak aracın hareketi sağlanmıştır. Yapılan testlerde alınan amaca uygun sonuçlarla birlikte robotun tasarımı tamamlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: otonom araç, engelli dostu, görüntü işleme, bluetooth, gömülü yazılım

1. GİRİŞ

Projenin amacı, kapsamı, kullanılan yöntem(ler), varılan sonuç(lar) detaylandırılarak yazılır. Tasarımın niteliğine göre, ekonomi, çevre sorunları, sürdürülebilirlik, üretilebilirlik, etik, sağlık, güvenlik, sosyal ve politik sorunlar gibi ögeler de irdelenmelidir.

Bu projede vücut uzuvlarını kullanmakta zorluk yaşayan ve/veya sadece göz kontrolüne sahip engelli vatandaşlara hareket kabiliyeti kazandırma amaçlanmıştır. Proje kapsamında engelli kişinin göz hareketlerine göre bir hareket sinyali oluşturulacak ve kişinin içinde bulunduğu araç bu hareket sinyaline göre hareket edecektir. Bu sayede engelli kişinin istediği gibi hareket etmesi sağlanacaktır.

Projenin görüntü işleme iş paketi için bir yüz tanıma sistemi tasarlanmıştır. Bu tasarım, "Python" programlama dilini kullanır. Göz ve yüz algılama işlevleri için Python "dlib kütüphanesi" kullanılırken, görüntü işleme için "OpenCV kütüphanesi" kullanılır. AI modeli için gerekli olan veri seti manuel olarak veya AI veri yöntemi ile üretilmeye başlandı. Amacı, AI ile elde edilen yüz çerçevesinin kenarlarından gözleri tanımlamaktır. Tespit edilen iki gözün siyah-beyaz (grey scale) maskelemesi de yapıldı. İki göz tespit edildikten sonra, bu gözlerin yatay ve dikey uzunluklara bölünerek işlenen görüntüde göz kırpması algılandı. Görüntünün ortasında, sağında ve solunda beyaz pikseller sayılarak gözbebeğinin hangi tarafta olduğu belirlenmiş ve yukarı ve aşağı hedeflere aynı yöntemi kullanılarak ulaşılmıştır. Sistemin optimize çalışmasını sağlamak için bu süreçlerin yürütülmesi sırasında kod üzerinden zaman takibi sağlanır.

Bilgisayarda oluşan çıktıların araca kablosuz olarak bluetooth teknolojisi kullanılarak doğru bir şekilde iletilmesi hedeflenmektedir. Bluetooth modülü olarak "HC-05 Bluetooth Modülü" kullanılması kararlaştırılmıştır. Bu modülle haberleşme 2.4 GHz ISM bandında gerçekleştirilmektedir. Bu alınan komutlar doğrultusunda araçtaki programlanabilir kartın sinyali doğru çıkışlarına iletecektir. Programlanabilir kart olarak "Arduino UNO Model Kart" kullanılmıştır. Bunun sebebi bununla ilgili çokça kaynak bulunması ve programlaması kolay bir geliştirme kartı olmasıdır. Kullanılan programlanabilir kartın içerisine entegre edilen haberleşme modülleri ve motorları doğru çalıştıracak bir yazılım hazırlanmıştır. Bu yazılım haberleşme modülünden gelen sinyali alır işler ve Motor sürücü kartına hangi motora güç vermesi gerektiğiyle ilgili bir bilgi verir. Motor olarak DC motor kullanılmıştır. Kullanımı ve bulunması kolay olduğu için dc motor tercih edilmiştir. Gelen verinin aracın motor hızının ve yönlendirmesinin kontrolünün sağlamaktadır. DC motorlar için araçta "L298N Model" bir motor sürücü kartı sisteme entegre edilmiştir. Bu kart sayesinde Arduino UNO ve motorlar arasında bir bağlantı kurulmuştur. Araç şasesine kullanılacak motorların, sensörlerin, kartın yerleştirilmesi ve kablolar jumper kablolar aracılığı ile gerçekleştirilmiştir. Araç 12 voltluk bir beslemeye sahiptir.

Bütün işlemlerin bitmesinden sonra araç görüntü işleme ile bir araya getirilmiştir. Burada öncelikle araç üzerinde herhangi bir temassızlık bulunup bulunmadığı kontrol edilmiştir. Araçta bir problem olmadığı görüldükten sonra bilgisayar ile bağlantı kurulup sistemin çalışıp çalışmadığına bakılmıştır. Bu esnada aynı zamanda sistemde ufak değişiklikler yapılarak daha düzgün çalışması sağlanmıştır.

Bu projede üretiminin kolaylığı, ulaşılabilirliği, düşük maliyetli olması ve bu sayede sosyal ve politik açıdan halkın ulaşımının kolay olması amaçlanmaktadır. Araçta yüksek bir gerilim kullanılmaması, dişli gibi tehlikeli parçaların olmaması sayesinde güvenlik hedeflenmiştir. Hepsinden önce proje amacına uygun olarak etik çerçeveler içerisinde sağlık ve çevre sorunlarına çözüm olmayı hedeflemiştir.

2. GEREÇ, YÖNTEM VE YÖNETİM DÜZENİ

Projede uygulanan yöntem ve araştırma teknikleri açıklanır. Kullanılan yöntem ve tekniklerin proje yönetim planında öngörülen amaç ve hedeflere ulaşmaya elverişli olup olmadığı açıklanır. Değişiklikler varsa açıklanır. Yönetim planında belirtilen iş paketleri ile görev dağılımının gerçekleşme düzeyi açıkça belirtilir.

İP No:1 - Literatürdeki Örneklerin ve Projelerin İncelenmesi:Proje kapsamında tasarlanacak robotun yapım aşamasının nasıl ilerleyeceği ile ilgili bilgi almak üzere daha önce yapılmış benzer projelerin yapılış adımları ve yöntemleri incelendi. Projede kullanılması planlanan malzemelerin datasheetleri incelendi, olası haberleşme protokolleri araştırıldı ve benzer projelerde kullanılan yazılımlar incelenmiştir. Bu araştırmalar sonucu internette Arduino ile bluetooth kontrollü araba, Arduino ile bluetooth kontrollü robot konulu birçok proje bulundu. Bu projelerde nasıl yöntemler izlendiği incelendi ve ortaya bir yöntem planı çıkartıldı.

Yönetim planında belirtilen bu iş paketi [İP No:1] başarıyla tamamlanmıştır. Çalışma, İrem Akbel, Onurcan Varol ve Metehan Yılmaz tarafından gerçekleştirilmiştir.

İP No: 2 – Görüntü İşleme Sisteminin Tasarlanması ve Robotla İletişimin Entegre Edilmesi: Kameradan gelen görüntüde yüzü ve sonrasında sağ ve sol gözü tespit edebilmek için dlib library fonksiyonlarından ve yüze referans noktalarını yerleştirmemizi sağlayan .dat dosyalarından faydalanılmıştır. [Ek 2] Elde edilen görüntüyü işlemek için OpenCV, numpy, math ve time modülleri kullanılmıştır. Yatayda gözlerin baktığı doğrultuyu tespit edebilmek için iki gözün sınırları belirlenip dikeyde ortadan ikiye bölünüp “Gray Scale Masking” uygulanıp her iki gözün sağ ve solunda kalan siyah ve beyaz piksel sayımları gerçekleştirilmiş ardından ortalaması alınarak oranlanmıştır. Bu orana göre gözler “Center”, “Right”, “Left” doğrultularından birine sahip durumdadır. Aynı işlem yukarı ve aşağı doğrultularda yön tespiti için de kullanılmıştır. Tek farkı gözleri dikey ekseninde değil yatay ekseninde bölüp piksel sayımı yapmaktır. [Ek 1] Gözlerin kırpmasını tespit etmek için gözün iki ucundan yatayda ve dikeyde çizgiler çekildi ve uzunlukları oranlandı. İki göze ait ortalama oran belli bir değerin altında ise göz kırpmaya tespit edilebildi. Aynı zamanda göz kırıldığı anda timer başlatılarak belirlenen bir süre boyunca kapalı tutulduğu durumda robota bir başka komut daha yollanabilmiştir. Bilgisayarla robotun haberleşme kısmı ise Bluetooth haberleşme kullanılarak Python dilinde bulunan PySerial kütüphanesi ile oluşturulmuştur. Haberleşme fonksiyonları ana programın içerisinde ayrı bir thread’de çalışmaktadır ve bizim belirleyeceğimiz bir frekans ile bilgisayardan robota bilgi göndermektedir. [Ek 3]

Yönetim planında belirtilen bu iş paketi [İP No:2] başarıyla tamamlanmıştır. Çalışma, Batuhan Gülcemal ve Burak Erdilli tarafından gerçekleştirilmiştir.

İP No:4 - Araç için uygun malzemelerin seçilmesi ve bir araya getirilmesi: Bu adımda proje kapsamında tasarlanacak robotun yapım aşamasında kullanılacak malzemelerin seçimleri ve montajının yapılması gerçekleştirilmiştir. Literatür araştırması ve buna ek araştırmalar sonucu bulunan Arduino ile yapılmış benzer projelerde hangi malzemelerin kullanıldığı incelendi. Buna dayanarak bir malzeme listesi oluşturuldu ve sipariş edildi.

- ✓ **REX Chassis Serisi Platforma Çok Amaçlı Mobil Robot Platformu:** Üzerinde tekerlekleri ve motor bulunan bir robot platformu tercih edildi. Bu platform hareket özgürlüğü tanınması açısından 2 DC motorla çalışan tekerlek ve bir sarhoş tekerlek barındırmaktadır. Platform, 2 kattan oluşmaktadır ve katlar kullanılacak kart, modül ve güç kaynakları için uygun bir alan oluşturmaktadır.

Yönetim planında belirtilen bu iş paketi [İP No:4] başarıyla tamamlanmıştır. Çalışma, İrem Akbel ve Onurcan Varol tarafından gerçekleştirilmiştir.

İP No:5 - Elektronik Sistemin Tasarlanması: Proje kapsamında tasarlanacak robotun elektronik sisteminde kullanılacak Arduino UNO Geliştirici Kartının yazılımı gerçekleştirilmiştir. İlgili kod sağlanan bilgisayardan alınan verilere göre koşturularak hazır hale getirilmiştir. Aracın çalışma işlemi şu şekilde hazırlanmıştır. HC-05 Bluetooth modülü bilgisayar üzerinden sinyali alır. Alınan sinyal Arduino geliştirme kartının alıcı kısmına iletilir. Burada gelen sinyale göre Arduino atanmış durum için hangi işlemleri yapacağını kararlaştırır. Kararlaştırma gerçekleştikten sonra Motor sürücü kartına bilgiyi iletir. Motor sürücü kartı iletilen duruma uygun olacak şekilde motorlara besleme gücünü verir ve böylece motor çalışarak aracı hareket ettirir. Bu projede hem engelli kişilerin kullanımına daha yakın hem de daha ekonomik olduğu için iki noktadan güç aktarımı olacak şekilde tasarlanmıştır. 2 motor ve bir sarhoş teker aracı dengede tutarken hareket ettirmektedir. Bu görevleri yerine getirmek için geliştirilen kod EK A'da gösterilmiştir. Robotun elektronik aksamında bulunan modül ve kartlar aşağıda gösterilmiştir. Modül ve kartların, proje kapsamında öngörülen amaç ve hedeflere ulaşmaktaki işlevleri belirtilmiştir.

- ✓ Arduino UNO R3 Geliştirici Kartı'nın Yazılımının Gerçeklenmesi ve Diğer Modüllerle Beraber Çalıştırılması: Arduino, elektrik veya elektronik parçalardan bilgi alıp bilgi verebilen, birçok entegre sensör ve modülü bulunan mikro denetleyici karttır. Arduino kullanım alanına göre fazla pim barındıran veya küçük boyutlarda olan çeşitleri vardır. En yaygın olanları UNO, Nano ve Mega'dır. Bilgi voltaj çıkışı 5 voltur. Kartın üzerinde bilgi pimleri hariç 5V ve 3V besleme pimleri bulunmaktadır. Bu proje kapsamında kullanılan geliştirici kartı olan Arduino UNO kartının yazılımı robotun eşit ve 90 derecelik açılarda sağa/sola dönmesi, ileri sağ/ileri sol hamlelerini yapması, öne gitme/arkaya gitme/durma komutlarını gerçekleştirmesi amacıyla geliştirilmiştir. Bu sayede robotun amacına uygun olarak engelli bireyler tarafından günlük hayatta rahatlıkla kullanması hedeflenmiştir. Aynı zamanda robota entegre şekilde bulunan L298N DC/STEP Sürücü Kartı'nın 4 ayrı girişine motor kontrolü amaçlı komut verecek yazılım koda eklenmiştir. Aracın hızı için robota 3 farklı mod eklenmiştir. Bunlar değişkenlerle tanımlanmıştır. Bu sayede kullanıcıların kullanım durumlarına yönelik hız modu seçmesi sağlanmıştır. Arduino UNO Geliştirici Kartı, 12 V güç (power) girişinde beslenmektedir ve diğer pinleriyle sistemdeki diğer modüllere bağlantısı sağlanmıştır.
- ✓ L298N DC/STEP Sürücü Kartı'nın Sisteme Entegrasyonu: Projede motorları yönetmek amacıyla L298N Voltaj Regülatörlü Çift Motor Sürücü Kartı kullanılmıştır. 24V'a kadar olan DC motorları sürmek için hazırlanmış olan bu dc ve step motor sürücü kartı, iki kanallı olup, kanal başına 2A akım vermektedir. Kart üzerinde L298N motor sürücü entegrasyonu kullanılmıştır. Sumo, mini sumo, çizgi izleyen robotlarda ve çok çeşitli motor kontrol uygulamalarında kullanılabilir. Bu projede bu kartın yaygın etkisinin yüksek olmasından yararlanılmak amacıyla bu kart tercih edilmiştir. Ürünün uzun süreli kullanımında ortaya çıkabilecek problemlerde yedek parça tedariğinin kolaylaşması hedeflenmiştir [Şekil 1]. Motor Sürücü Kartı 12 V'la beslenmektedir.
- ✓ DC Motorların Çalıştırılması: Düz elektrik akımını mekanik enerjiye dönüştüren makineye DC motor denilmektedir. DC motor içerisinde bulunan sargılar ve sabit mıknatıslar ile gerekli olan enerji dönüşümü sağlanmaktadır. Çeşitli amaçlarla planlanan projelerde mekanik enerji oluşturma özellikleri ile favori olmaktadır. Özelliklerine göre çeşitlendirilmiş DC motorları işlevleri ve kullanım alanları farklılık gösterebilmektedir. Proje kapsamında düşük güç ihtiyacı sunan bu motorla çalışarak projenin daha sürdürülebilir olması amaçlanmıştır. Aynı zamanda DC motorlar step motorlara göre çok daha özgürlük alanı tanıdığından dolayı çalışmanın özelliklerinin geliştirilmesinde büyük kolaylık sağlamaktadır [Şekil 1].

Yönetim planında belirtilen bu iş paketi [İP No:5] başarıyla tamamlanmıştır. Çalışma, Talha Berk Erpolat ve Barkın Çamlıbel tarafından gerçekleştirilmiştir.

İP No:6 - Aracın Haberleşmesinin Sağlanması: Proje kapsamında HC-05 Bluetooth-Serial Modül Kartı kullanılmıştır. HC-05, Bluetooth SSP (Serial Port Standart) kullanımı ve kablosuz seri haberleşme uygulamaları için tasarlanmıştır. Hızlı prototiplemeye imkan sağlaması, breadboard, arduino ve çeşitli devrelerde rahatça kullanılabilmesi için gerekli pinler devre kartı sayesinde dışarıya alınmıştır. Çoğu bluetooth modülden farklı olarak master modunu da desteklemektedir. HC-05 Bluetooth modülünün kullanılmasının ana faydalarından biri, kısa mesafelerde veri aktarımı yeteneğidir, genellikle 1-3 metre arasında bir menzile sahiptir. Projedeki sistemde bilgisayarın verileri PAN (Personel Area Network) oluşturarak ileteceği göz önünde bulundurulduğunda kullanımı uygun görülmüştür. Bunun yanı sıra, Wi-Fi, GSM vb. haberleşme protokollerine nazaran Bluetooth Protokolü çok daha uygun maliyetli ve güvenlidir. Bu sayede robotun bir ortak ağa bağlanamaması veya kapsama alanı dışı kalması gibi ihtimaller ortadan kaldırılmıştır, kapalı bir haberleşme ağı oluşturulmuştur. Veri aktarım yeteneklerinin yanı sıra, HC-05 Bluetooth modülü aynı anda birden çok cihazı bağlayabilme yeteneğine de sahiptir, bu da birçok cihazın birbirleriyle iletişim kurması gereken uygulamalar için çok yönlü bir seçenek yaratır. Projenin geliştirilmesi amacıyla bu bluetooth modülü ek bir sisteme ihtiyaç duymadan haberleşme işlevlerini yerine getirebilir [Şekil 1].

Yönetim planında belirtilen bu iş paketi [İP No:6] başarıyla tamamlanmıştır. Çalışma, Barkın Çamlıbel ve Talha Berk Erpolat tarafından gerçekleştirilmiştir.

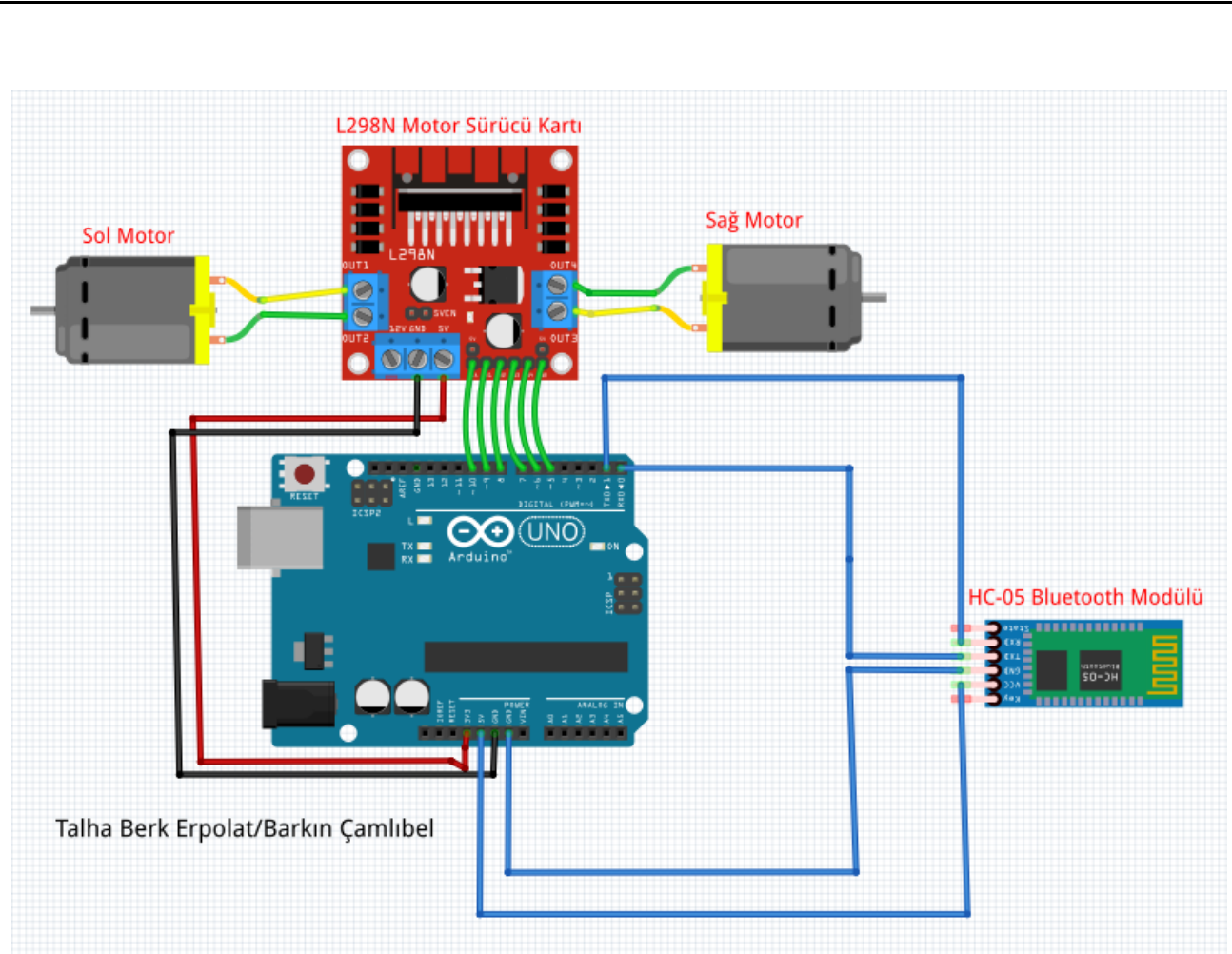
İP No:7 – Aracın Kontrol ve Testlerinin Yapılması: Proje kapsamında aracın direksiyon kontrolü 1 sarhoş teker ve 2 adet DC motor kontrollü teker kullanılarak sağlanması hedeflenmiştir. Sarhoş teker sayesinde araç yönlendirilen yöne arkadaki tekerleklerle bağlı olarak özgür bir biçimde hareket etmektedir. Dönüşler arka tekerlekler sayesinde gerçekleşmektedir. Sağa dönmek için sol tekerleğe daha yüksek güç verilerek sağa dönüş sağlıklı bir biçimde sağlanmaktadır. Sola dönmek için ise tam tersi bir uygulama mevcuttur. Dönüş durumuna göre aracın manevra kabiliyeti buna göre sağlanmıştır.

Aracın “Görüntü İşleme”, “Haberleşme” ve “Direksiyon ve “Hız Kontrolü” ile aracın yazılımsal komponentlerinin testi gerçekleştirildi. Yazılım testlerinin başarıya ulaşılması ve Arduino UNO, Sarhoş teker, HC-05 Bluetooth-Serial Modül Kartı, L298N DC/STEP Sürücü Kartı ve DC motorların araba platformu üstünde bağlantıları sağlanarak hale getirilmesinin ardından bağımlı ve bağımsız değişkenler belirlenerek tek tek testleri gerçekleştirilmiştir. Böylece aracın gerçek hayatta test edilmesine uygun ortam sağlandı. Testlerde aracın hedeflenene uygun bir biçimde kişinin göz hareketlerine göre sağ/sol, ileri/geri hareketlerini otonom şekilde hareket etmesi gözlemlendi.

Yönetim planında belirtilen bu iş paketi [İP No:7] başarıyla tamamlanmıştır. Çalışma, Metehan Yılmaz tarafından gerçekleştirilmiştir.

3. SONUÇLAR

Projede hedeflenen çıktılarına ulaşıldığı tablo, şekil ve grafikler kullanılarak açıklanır.



Şekil 1: Sistem Mimarisi



Ek2: Görüntü İşleme Örneği


```

def get_gaze_ratio(eye_points, facial_landmarks):
    left_eye_region = np.array([(facial_landmarks.part(eye_points[0]).x, facial_landmarks.part(eye_points[0]).y),
                                (facial_landmarks.part(
                                    eye_points[1]).x, facial_landmarks.part(eye_points[1]).y),
                                (facial_landmarks.part(
                                    eye_points[2]).x, facial_landmarks.part(eye_points[2]).y),
                                (facial_landmarks.part(
                                    eye_points[3]).x, facial_landmarks.part(eye_points[3]).y),
                                (facial_landmarks.part(
                                    eye_points[4]).x, facial_landmarks.part(eye_points[4]).y),
                                (facial_landmarks.part(eye_points[5]).x, facial_landmarks.part(eye_points[5]).y)], np.int32)
    cv2.polylines(frame, [left_eye_region], True, (0, 0, 255), 2)

```

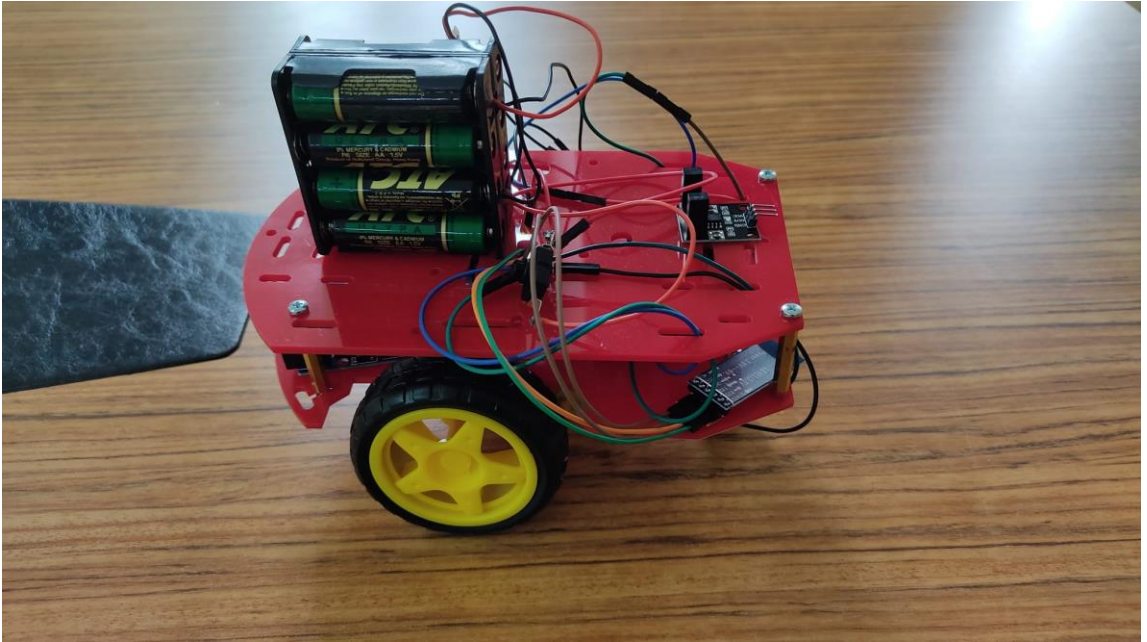
Ek 2: Görüntü İşleme Kodu

```

4
5  def command(x):
6      comm.reset_input_buffer()
7      comm.write(bytes(str(x), "utf-8"))
8      time.sleep(interval)
9      #can change
10     #comm.write(bytes("d", "utf-8"))
11 comm = serial.Serial('COM7',9600,timeout = 2)
12 comm.close()
13 comm.open()
14
15
16

```

Ek 3: Robot ile Bilgisayarın Haberleşme Kodu



Şekil 2: Robotun Dış Görünüşü