

TEKNOFEST
HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ
ROBOTAKSİ – BİNEK OTONOM ARAÇ YARIŞMASI

(ÖZGÜN ARAÇ KATEGORİSİ)

ÖN TASARIM RAPORU

BAŞVURU ID: 809529

TAKIM ADI: KARABÜK GM SAFRAN AUTONOM

1. ÖZET	4
2. TAKIM ORGANİZASYONU	5
2.1 EKİP ORGANİZASYONU	5
2.1.1 Yazılım Ekibi	6
2.1.2 Mekanik Ekibi	6
2.1.3 Elektronik Ekibi	6
2.2 İŞ AKIŞ ŞEMASI	6
2.2.1 Literatür Araştırması	6
2.2.2 Araç, Donanım ve Yazılımının Belirlenmesi	6
2.2.3 Otonom Araç Projesinin Gerçekleştirilmesi	6
3. ARAÇ ÖZELLİKLERİ	7
3.1. KAROSER	8
3.1.1. Sedan	9
3.1.2. Hatchback	9
3.1.3. Cabriolet	9
3.1.4. Coupe	9
3.1.5. Minivan	9
3.1.6. Station Wagon	9
3.1.7. Roadster	10
3.1.8. Karoserde Kullanılan Malzemeler	10
3.1.8.1. Cam Elyaf ve Fiberglass	10
3.1.8.2. Karbon Fiber	10
3.1.8.3. Alüminyum	10
3.2. ŞASI	11
3.2.1. Paralel Kollu Şasi	11
3.2.2. X Tip Şasi	11
3.2.3. Tek Kollu Platform Tipi Şasi	11
3.2.4. Çatal Kollu Şasi	12
3.3. ELEKTRONİK DİREKSİYON	12
3.3.1 Mekanik Direksiyon Sistemi	13
3.3.2 Hidrolik Direksiyon Sistemi	13
3.3.3 Elektrohidrolik Direksiyon Sistemi	13
3.3.4 Elektromekanik Direksiyon Sistemi	13
3.4. ELEKTRONİK DİREKSİYON (STEER-BY-WIRE) SİSTEMİ NASIL ÇALIŞIR	13
3.4.1. Elektronik Direksiyon (Steer-by wire) Sistemi Elemanları	14
3.4.2. Direksiyon Dişli Kutusu Çeşitleri	15
3.4.2.1. Pinyon Kremayer Dişli Kutusu	15
3.4.2.2. Sonsuz Vidalı tip direksiyon dişli kutusu	15
3.4.3. Çalışma Prensibi	15
3.5. FREN SİSTEMİ	15
3.5.1. Fren Sistemleri	16
3.5.1.1. Sürtülmeli Frenler	16
3.5.1.1.1 Kampanalı Frenler	16
3.5.1.1.2. Diskli Frenler	16
3.5.1.2. Havalı Fren Sistemleri	16
3.5.1.3. Elektronik Fren Sistemleri	16
3.5.1.4. Elektro-Hidrolik Fren Sistemleri	16
3.5.1.4.1 Elektro-Mekanik Fren Sistemi	16
3.5.2. Çalışma Prensibi	17
3.6. TEKERLEK – JANT VE GAZ PEDALI	17
3.6.1 Tekerlek	17
3.6.2 Jant	17
3.6.3 Gaz Pedalı	17
4. ÖZGÜN BİLEŞENLER	17
4.1. MEKANİK ÖZGÜN BİLEŞENLER	18

4.1.1.	Şaşı ve İskelet	18
4.1.2.	Kabuk.....	18
4.2.	YAZILIM ÖZGÜN BİLEŞENLERİ.....	18
4.2.1.	Matris Tabanlı Şerit Takip Karar Algoritması	18
4.2.2.	Matris Tabanlı Planlama Sistemi.....	19
5.	SENSÖRLER.....	19
5.1.	ULTRASONİK MESAFE SENSÖRÜ	19
5.2.	LİDAR	20
5.3.	ZED2 STEREO KAMERA.....	20
5.4.	RASPBERRY Pİ HQ KAMERA	21
6.	ARAÇ KONTROL ÜNİTESİ.....	22
6.1.	RASPBERRY Pİ	22
6.2.	ARDUINO MEGA.....	23
6.3.	YÜRÜYÜŞ BİLEŞENLERİ.....	23
6.3.1.	Motor	23
6.3.2.	Motor Sürücü.....	24
6.4.	PİL VE KONTROL SİSTEMİ	25
6.4.1.	Jel Akü.....	25
6.4.2.	Akü Yönetim Sistemi	25
6.5.	FAR VE SINYALLER	25
6.6.	HABERLEŞME BİRİMLERİ	26
6.6.1.	Wifi.....	26
6.6.2.	GSM.....	26
6.6.3.	SPI.....	27
6.6.4.	I2C.....	27
6.6.5.	CanBus.....	28
7.	OTONOM SÜRÜŞ ALGORİTMALARI.....	28
7.1.	OTONOM SÜRÜŞ ALGORİTMALARI.....	28
7.2.	KULLANILACAK YAZILIM BİLEŞENLERİ	29
7.3.	YAZILIM MİMARISİNE GENEL BAKIŞ	30
7.4.	NESNELERİN ALGILANMASI VE SINIFLANDIRILMASI	31
7.4.1.	Nesne Tespit Sisteminin Özeti.....	31
7.4.2.	Farklı Nesne Tanımlama Modellerinin Karşılaştırılması	31
7.5.	TRAFİK İŞARETLERİN ALGILANMASI VE SINIFLANDIRILMASI	32
7.5.1.	Trafik İşaretleri Tespit Sisteminin Özeti	32
7.5.2.	Trafik İşaretlerinin Tespiti.....	32
7.6.	YOL ŞERİTLERİNİN ALGILANMASI VE TESPİTİ.....	34
7.6.1.	Şerit Tespit Sisteminin Özeti	34
7.6.2.	Genelleştirilmiş Şerit Tespit Prosedürü [48].....	35
7.6.3.	CNN Tabanlı Farklılaşma Hesaplama Yöntemi	35
7.6.4.	Kuş Bakışı Şerit Tespiti	36
7.7.	PARK SİSTEMİNİN ÖZETİ	37
8.	GÜVENLİK ÖNLEMLERİ	37
8.1.	ACIL STOP BUTONU	37
8.2.	UZAKTAN ACIL MÜDAHALE SİSTEMİ.....	37
8.3.	ANI FREN ALGORİTMALARI.....	37
8.4.	BATARYA YÖNETİM SİSTEMİ	37
8.5.	BATARYA İÇİ GÜVENLİK	38
8.6.	KABLAJ.....	38
8.7.	BATARYA KORUMA.....	38
9.	REFERANSLAR	38

1. Özet

Otonom araçlar popülerliğini 21. yüzyıl gelişmelerine borçlu olsa da tarihi daha eskilere uzanıyor. İlk otonom araç olarak kabul edilebilecek araç 1980'li yıllarda ortaya çıkmıştır. Bu öncü araçlardan sonra, çoğu şirket ve firmalar sayısızca otonom araç üretimine başlamıştır. Üretilen bu araçların çoğu ise günümüz tarihinde bazı ülkelerde trafiğe çıkmıştır. İlk olarak 1939 New York Dünya Fuarı'nda ortaya çıkan bu fikir, endüstriyel tasarımcı Norman Bel GEDDES'in otonom araç projesine dayanmaktadır. Otonom araçların FUTURAMA Sergisi'nde tanıtılan ilk hali sürücüsüz araçlara rehberlik edecek bir otoyol sistemini içermektedir. 1958 yılında hayata geçirilen bu kavram, sonraki yıllarda Japon ve Alman tasarımcılar tarafından bilgisayar ve kamera sistemleri eklenerek ve araçların hızları artırılarak geliştirildi.[1]

Bu şekilde otonom araçlar, diğer adıyla sürücüsüz araçlar, son teknolojiyle üretilmiş olan yeni nesil araçlar olarak bilinmektedir. Bu araçlar sayesinde mevcut otomobil alışkanlıkları değişmektedir. Bu araçların sahip olduğu sistemler sayesinde çevre ve trafik algılaması yapılarak insana ihtiyaç duymadan yolculuk yapılabilmesi sağlanmaktadır. Çevre ve trafik incelemelerinin yanı sıra hız kontrolünü de otomatik bir şekilde yapan otonom araçlar, akan trafikte herhangi bir problem oluşturmadığı için geleceğin araçları olarak görülmektedir. Otonom araç ve çok daha fazlası ile birlikte günümüzde teknoloji durmaksızın gelişmektedir. Özellikle Endüstri 4.0 ile bu gelişmeler günlük hayatımızda da yer edinmektedir. Yapay zeka ve çeşitli algoritmalarla desteklenen otonom araçlar, çevresel algılama yetenekleri sayesinde sürücü olmadan kendi kendine çalışabilmektedir. Hali hazırda günlük seyahatlerde ve taşımacılık alanında kullanılmaya başlanan bu teknoloji otomotiv dünyasının gelecek manzaralarından önemli ipuçları veriyor.

Bu alanda çalışacak olan takımımız Yazılım ekibi, Mekanik ekibi ve Elektronik ekibi olmak üzere 3 ayrı kısımdan oluşmaktadır. Ekiplerimizin ortak çalışmaları ile birlikte aracımızın tasarım süreci sürdürülmektedir.

Takımımız tarafından kullanılacak ekipmanlar, yazılım dilleri, mikrodenetleyiciler ve algoritmalar belirlenmiş ve tasarımın özgün kısımları kararlaştırılmıştır. Aracın şasesi, fren sistemi, kabuk kısmı, kullanılacak sensörler ve kameralar belirlenmiştir. Şase kısmında paralel kollu(merdiven tipi) şase kullanılacak, fren sistemi olarak lineer aktüatör motor ile birlikte hidrolik disk fren sistemini kullanmayı hedeflemekteyiz. Kabuk kısmı için en uygun görülen malzeme fiberglass olmuştur. Sensör olarak mekanik kısımda tork sensörü, açı sensörü, yük sensörü, konum sensörü kullanılacaktır. Yazılım kısmında sensör olarak ultrasonik mesafe sensörü ve lidar, mikrodenetleyici olarak Raspberry Pi 4 8gb kullanılacaktır. Aracın kontrol ünitesi olarak Arduino MEGA 2560 ve Raspberry Pi kullanılacak. Aracın yazılım kısmı modüler olarak yazılacak elektronik ve mekanik kısım ile oluşacak herhangi bir aksaklık kısmında yazılımın tamamı değil sorun yaşanan kısım düzeltilecektir. En uygun yazılım dilleri ile yapay zeka ve makine öğrenmesi üzerine çalışmalar yapılacaktır.

Rapor ve tasarım süreci içerisinde özellikle ekiplerimizin iç içe olması ve öğrenmeye açık olmalarından kaynaklı olarak tüm ekipler diğer çalışılan alanlar hakkında bilgi sahibi olmuştur. Temel yazılım bilgisi tüm ekip içerisinde kazanılmış, aracın mekanik ve elektronik kısmındaki devreler ve bağlantılar takımın her üyesi tarafından benimsenmiştir.

Aracın kontrolünde kullanılan elektronik bileşenler günümüz sistemi ile entegre olarak Wi-Fi ve GSM kullanılarak sürekli iletişim halinde olacak şekilde hazırlanmıştır. Kontrollerin ve

güncellemelerin uzaktan yapılabilmesi için kullanılan mikrodenetleyiciler Raspberry Pi, Arduino Mega 2560 ve ESP-32 modülleri kablosuz değişiklik yapmaya olanak sağlayacaktır. Mikrodenetleyiciler sayesinde motor, fren, gaz ve direksiyon sistemlerinin otonom bir şekilde kontrol edilmesi sağlanacaktır.

Aracımız daha önceden belirlenmiş olan parkurda başlangıç noktasından sürüşüne başlayarak ilerledikçe karşısına çıkan trafik levhalarına göre güzergahını belirleyip ilerleyecektir.

Karşısına bir engel çıktığı takdirde alternatif yollara bakarak sürüşünü devam ettirecektir. Sürüş esnasında trafik kurallarına uyarak ilerleyecektir. İlk durağa girip 30-90 sn arasında bekledikten sonra yoluna devam edecektir. Trafik kurallarına uyarak ikinci durağa doğru ilerleyip ikinci durakta aynı şekilde 30-90 sn arasında bekleyecektir. Buradan çıktıktan sonra trafik levhalarının yönlendirilmesi ile park alanına ilerleyip kurallara uygun bir şekilde doğru alana parkını gerçekleştirecektir.

2. Takım Organizasyonu

Bu kısımda takım içerisindeki çalışanların hangi alanda ve yaptıkları iş paketleri açıklanmaktadır. Bu alt başlıklara ek olarak takımın iş planı ve belirlenen çalışma takvimi anlatılacaktır.

SAFRAN AUTONOM TAKIMI



Şekil 1.1 Takım Şeması

2.1 Ekip Organizasyonu

Safran Autonom Takımımız 20 kişiden oluşmaktadır. Takım yazılım, mekanik ve elektronik ekibi olarak 3 ana çalışma ekibinden oluşmaktadır. Her çalışma ekibi kendi içerisinde kategorilere ayrılmaktadır.

2.1.1 Yazılım Ekibi

Yazılım ekibi 10 kişiden oluşmaktadır. Ekip gömülü sistem, levha takibi ve şerit takibi olmak üzere 3 bölüme ayrılmıştır. Üyeler birden fazla görev üstlenmektedir. Ekipten bir üye gömülü sistem ve şerit takibi kısmında, 1 kişi sadece gömülü sistem kısmında toplamda 5 kişi şerit takibi, 5 kişi levha takibi kısmında çalışmaktadır. Algoritmaların tespiti, yapay zeka öğrenmesi kısmında ekibimizden 2 kişi çalışmıştır. Yazılım sistemleri simülasyon ortamında denenmiş ve gerekli tespitler yapılmıştır.

2.1.2 Mekanik Ekibi

Mekanik ekibi Fren sistemi, Direksiyon sistemi, Şase ve kabuk olmak üzere 3 bölüme ayrılmıştır. Fren sistemi kısmı 1 kişi, Direksiyon sistemi kısmı 2 kişi, Şase ve kabuk kısmı 3 kişi çalışacak şekilde planlanmıştır. Mekanik ekibimiz oluşacak problemlere karşı çözüm bulmak ve hazır olmak için gerekli çalışmaları yapmaktadırlar. Tasarım kısmında ekip kaptanı tarafından ekibe eğitimler verilmiştir. Malzemelerin seçimi ve tedariki kısmında ekipten bir kişi görevlidir. Araç içi tasarım kısmı ile de ekip birlikte çalışmaktadır.

2.1.3 Elektronik Ekibi

Elektronik ekibi Sensörler, Batarya sistemi, Haberleşme sistemleri ve araç kontrol ünitesi, araç kontrol sistemi ve motor sürücüler olmak üzere 4 bölüme ayrılmıştır. Her bölümde 1 kişi çalışacak şekilde planlanmıştır. Ekibin batarya sisteminden sorumlu kişi ekibe batarya sistemleri hakkında eğitim vermiştir. Sensörlerin optimize olarak çalışabilmesi için gerekli testler yapılmıştır. Raspberry Pi ve Arduino Mega kodlamasında 2 kişi görev almıştır.

2.2 İş Akış Şeması

İş akış şemamız üç ana kısma ayrılmaktadır;

2.2.1 Literatür Araştırması

Literatür araştırması kısmında takımımızın yazılım, elektronik ve mekanik ekipleri tarafından ilgili kısımlarda ön bilgi araştırması yapılmıştır. Bu kısımda takımın karar ve projeyi gerçekleştirme aşamalarında izleyeceği yol ile alakalı ilk adımların atılması hedeflenmiştir.

2.2.2 Araç, Donanım ve Yazılımının Belirlenmesi

Donanım ve yazılımın belirlenmesi aşamasında ekipler kendi kısımları ile alakalı ihtiyaç duyulacak ekipmanları ve projede kullanılacak temel bileşenleri belirleyecektir.

2.2.3 Otonom Araç Projesinin Gerçekleştirilmesi

Projenin gerçekleştirilmesi aşamasında otonom araç projesi hayata geçirilecek ve gerekli testler yapılacaktır. Bu kısımda projenin yarışmaya eksiksiz bir şekilde hazır olduğundan emin olunması hedeflenmektedir.

İŞ - ZAMAN ÇİZELGESİ							
İŞ PAKETLERİ ve FAALİYETLERİ	Başlangıç Tarihi	Bitiş Tarihi	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat
1. Literatür Taraması	10.10.2022	15.11.2022					
1.1 Ön Araştırma ve Literatür Taraması							
1.2 Mekanik Aksamaların Araştırılması							
1.3 Elektronik Komponentlerin Araştırılması							
1.4 Otonom Sürüş Algoritmalarının İncelenmesi							
1.5 Kullanılabilecek Algoritmaların Araştırılması							
2. Araç, Donanım ve Yazılımın Belirlenmesi	16.11.2022	31.12.2022					
2.1 Kullanılacak Algoritmaların Belirlenmesi							
2.2 Kullanılacak Özgün Otonom Sürüş Algoritmasının Tasarlanması							
2.3 Kullanılacak Elektronik Donanımın Seçilmesi							
2.4 Araçta Kullanılacak Şasi, Kabuğun ve Mekanik Aksamın Belirlenmesi							
3. Otonom Araç Projesinin Gerçekleştirilmesi	02.01.2023	19.02.2023					
3.1 Belirlenen Otonom Sürüş Algoritmalarının Yazılması							
3.2 Yazılımın Donanıma Entegrasyonu ve Testi							
3.3 Şasinin Üretimi							
3.4 Mekanik Aksamın ve Kabuk Kısımının Birleştirilmesi							
3.5 Elektronik Aksamaların Araca Entegrasyonu							

Alt İş Parçalarının Bitirme Zamanı

Yapılacak İş in Tamamı

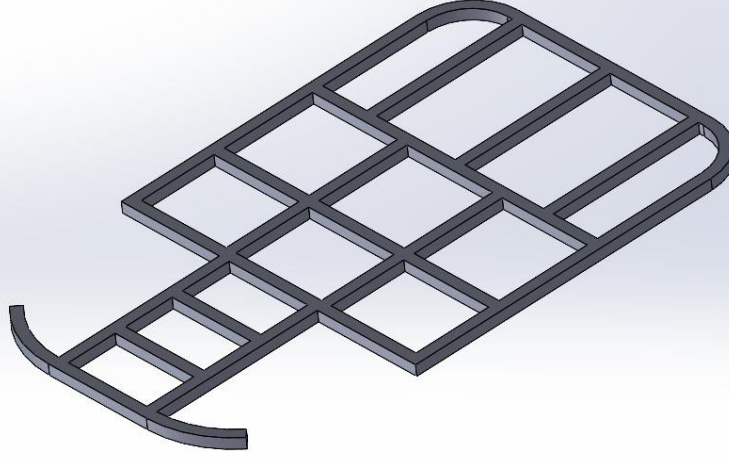
Tablo 2.1 İş-Zaman Çizelgesi

3. Araç Özellikleri

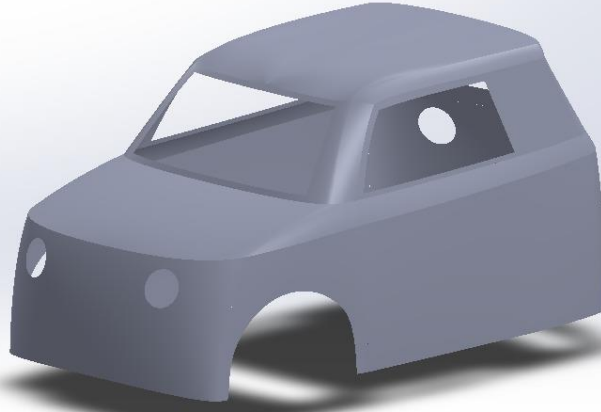
Tasarlayacağımız özgün araç elektronik direksiyon sistemi, elektronik fren sistemi, şasi ve iskelet, tekerlek ve süspansiyon, güç ünitesi ve kabuktan oluşmaktadır. Kullanacağımız direksiyon ve fren sistemleriyle ilgili detaylı bilgi verilip çalışma mekanizması araştırılıp sunulmuştur. Bu sistemleri kurarken faydalanacağımız komponentler açıklanmıştır.

Takım Adı: SAFRAN OTONOM	
Parametreler	Aracın ölçüleri
Aracın yüksekliği	140cm
Araç genişliği	130 cm
Araç boyu	215 cm
Aracın yerden yüksekliği	15 cm

Tablo 3.1 Araç Özellikleri



Şekil 3.1 Araç Şasisi



Şekil 3.2 Araç Kabuğu

3.1. Karoser

Otomobil, otobüs gibi taşıtlarda, motor, şasi, yürür şasi, tekerlek gibi bölümlerin dışında kalan, görünen dış bölümdür. Karoser arabanın çerçevesine sabitlenir. Arabanın diğer tüm düğüm ve agregatları onlara bağlıdır. Araç çerçevesi, çamurluk paneli, alt çerçeve de karoser bileşenleridir.[2]

Bu yapı, genellikle yolcuların veya yüklerin taşındığı kısma verilen isimdir. Üretildikleri malzemeye göre alüminyum ya da sacdan imal edilebilirler. Aracın ihtiyacına göre düz veya fiber yapıda üretilirler. Araçlar karoser lerine göre sınıflandırılırken genellikle kaç yolcu veya

ne kadar yük taşındığı gibi durumlara göre sınıflandırma yapılır.[3] Araç üretiminde karoser, aracı komple saran yapı olduğundan bir nevi koruma kalkanı görevi görmektedir. Aracın dış tarafında görülen parçalara perde sistemi denilen bir sistemin yapılması, olası kazalarda darbenin emilmesini sağlamaktır. Katlanarak içe doğru geçen parçalar kazalardaki olası can kayıplarını en aza indirmek için tasarlanmıştır. Kimi üreticiler ise bunu daha farklı şekilde yaparlar. Aracın karoser kısmının kaza anında gelecek darbelere karşı nasıl duracağı önceden yapılan testler ile kontrol edilmektedir. Bu testler aracın kalite puanlamasının yapılması için de önemlidir. Karoserde kullanılan parçalar ne kadar sağlamısa, güvenlik testlerinden alınan sonuçta o kadar yüksek olur. Karoser üretilirken hangi işlemlerden geçtiği önemlidir. Karoser, yekpare gövde şeklinde yapılır. Şasi ve karoserin birleştirme yapılmadan üretilmesi iskeletin kazalara karşı daha korunaklı olmasına neden olur. Karoserde dikkat edilmesi gereken bir konu da korozyon olayıdır. Karoser çıplak haldeyken ne kadar çok korozyon ve boyamaya önem verilirse, karoser kullanıldıkça oluşacak paslanma ve aşınmalar da en aza inmiş olacaktır. [4]Karoser çeşitleri şöyle tanımlanabilir;

3.1.1. Sedan

Sedan karosere sahip araçların en önemli özellikleri en az 4 kişinin taşınabilmesi ve arka bagaj kısmının geriye doğru çıkıntılı olmasıdır. Aile otomobillerinde genellikle sedan karoseri kullanılır. Sedanların iç hacimleri çok geniştir, lakin segmentlere ve modellere göre değişiklik gösterir. Bu iç hacim genellikle 1000 litre civarındadır. Bu özellikleriyle bazı station wagon otomobillerden bile daha geniş iç hacme sahip olanları bulunmaktadır.[3]

3.1.2. Hatchback

Hatchback karoser yapısına sahip otomobiller genellikle küçük yapıda olurlar, lakin segment çeşitlerine ve otomobil markalarına göre büyüklükleri artık standart ölçüler değil segment standartlarını karşılayacak ölçüde üretilmektedir. Arka kısımları da genellikle düz olarak yere doğru inen yapıdadır. Bu yüzden bagaj hacimleri küçüktür. Bu karoser artık günümüzde tüm otomobil grupları tarafından birçok modelde kullanılmaktadır.[3]

3.1.3. Cabriolet

Cabriolet yapıdaki araçlar genellikle üstü açık olarak üretilen tavanları olup normal kasalar gibi olmayan veya hiç olmayarak üretilen araçlardır. Ancak kullanıcının isteğine göre aracın tavan kısmının açılıp kapanabilmesi mümkündür.[3]

3.1.4. Coupe

Coupe karoser, oturma pozisyonu olarak 2 veya 4 kişilik üretilen otomobil yapısına sahiptir. Yalnız coupe tipi arabalar iki kapılı olarak üretim bantlarına alınır. Coupe araçlar belli tarihlere kadar ön şoför ve yolcu kısmının üst kısmı açık, arka yolcu bölümü açık olarak tasarlandılar. Günümüzde ise tavan tamamen kapalı imal edilmektedirler.[5]

3.1.5. Minivan

Minivan, çok amaçlı araç veya MPV, şahsi kullanım için tasarlanmış bir van türü. Minivanlar genellikle tek veya çift kutu olarak tasarlanır ve maksimum iç hacim sağlarlar.[6]

3.1.6. Station Wagon

Station Wagon karoseri yapısını tanımlarken, sedan araçların daha geniş bagaj hacmine sahip olanlarıdır dersek yanlış olmaz. Station Wagon araçlara büyük Hatchback' ler olarak da

benzetme yapabiliriz. Ayrıca arka koltuklar da yatırılabilir olduğundan dolayı araç iç hacmi son derece genişleyebilir nitelikte bir karoser biçimidir.[3]

3.1.7. Roadster

Roadster karoseri de üstü açık ve genellikle arka kısımları, ön kısımlarında daha kısa olan araçlar olarak tanıtılabilir. Elektrikli modeller de daha çok versiyonu mevcuttur.[3]

3.1.8. Karoserde Kullanılan Malzemeler

Karoser imalatında ağırlık, dayanıklılık, kalite, onarım kolaylığı, üretim kolaylığı ve buna benzer birçok unsur göz önünde bulundurulur. Bu unsurlara dayanarak malzeme seçimi yapılabilir. Kullanılabilecek malzeme çeşitleri;

3.1.8.1. Cam Elyaf ve Fiberglass

Cam elyafı oldukça sağlam, yanmaz, emici olmayan, çekme ve gerilmeye dayanıklı bir ipliklidir. Yüksek mekanik dayanıklılığı olan fiberglass, kireçlenme, paslanma vb. korozyonlara ve bozulmaya karşı dirençlidir. İç ve dış alanlarda gözenekli yapısıyla dayanıklılığını daha da geliştirmektedir.[7]

- Korozyona oldukça dayanıklıdır. Fiberglass kullanımı bu nedenle oldukça geniştir.
- Sıcaktan veya soğuktan etkilenmez.
- Sıvı geçirgenliği yoktur.
- Şekli bozulmaz ve darbelere direnç gösterir.
- Farklı şekillerde ve renklerde üretilmeye uygundur.
- Hafif bir malzemedir. Fiberglass özellikleri sayesinde kolay şekil verilebilir.
- Küflenmez veya paslanmaz.
- Sağlığa dost bir malzemedir ve her alanda kullanılabilir.
- Dayanıklılığı sayesinde de uzun ömürlüdür. Fiberglass avantajları arasında en dikkat çekici olan dayanıklı olmasıdır.[8]

3.1.8.2. Karbon Fiber

Karbon fiber, çelikten 4.5 kat hafif olmasına rağmen 3 kat daha mukavemetlidir. Bu özelliği sayesinde birçok sektörde kullanılmaya başlanmıştır. Spor otomobillerin şase ve birçok parçasında kullanılan karbon, daha hafif ama daha sağlam otomobil üretmek için en iyi malzeme olarak gösteriliyor.[9] Özellikleri;

- Düşük yoğunluk
- Hafiflik
- Korozyon direnci
- Kolay üretim yöntemi
- Düşük sürtünme katsayısı
- Yüksek mukavemetli olmasıdır

3.1.8.3. Alüminyum

Alüminyum, yumuşak ve hafif bir metal olup mat gümüşümsü renktedir. Bu renk, havaya maruz kaldığında üzerinde oluşan ince oksit tabakasından ileri gelir. Kolaylıkla dövülebilir, makinede işlenebilir ve dökülebilir özelliklerinden dolayı birçok sektörde oldukça tercih edilir.[10]

- Korozyon Direnci Yüksek
- Hafif ve Sağlam
- İşlenebilme Yeteneği

- Elektriksel ve Termal İletkenlik
- Düşük Sıcaklıklarda Mukavemet
- Geçirimsiz ve Kokusuz
- Geçirimsiz ve Kokusuz
- Manyetik Değildir
- Ağırlıktan Tasarruf[11]

3.2. Şasi

Şasi aracın iskelet sistemini oluşturmaktadır. 1930'lara kadar neredeyse her aracın gövdesinden ayrı bir yapısal şasisi vardı. Bu yapı tasarımı çerçeve üstü gövde olarak bilinir. 1960'lara gelindiğinde binek araçlarda yekpare yapı yaygınlaştı ve binek otomobiller için yekpare gövde eğilimi sonraki on yıllar boyunca devam etti. [12] Neredeyse tüm kamyonlar, otobüsler ve çoğu kamyonet şaseleri olarak ayrı bir çerçeve kullanmaya devam etmektedir. Araç gövdesi, tekerlekler, motor ve şanzıman gibi parçalar aracın yükünü taşıyan şasiye monte edilir. Motor, aktarma sistemi ve direksiyon kutusunun monte edildiği şasi yürür şasi olarak tanımlanır.[13]

Modern otomobillerde ayrı bir şasi yer almaz, şasi ve gövdenin birleştiği monokok şasi ler kullanılır. Arazi araçları ve kamyonlar gibi ağır vasıtalarda genellikle çelik bir çerçeveden oluşan ayrı bir şasi kullanımı devam etmektedir. Şasi herhangi bir kuvvete maruz kaldığı zaman onu karşılayabilecek direnci sağlaması gerekmektedir. Şasinin yapıldığı malzemelerin herhangi bir kuvvete maruz kaldığında şasi yapısının bozulmaması için dayanımlarının yüksek olması gerekmektedir. Günümüzde üretilen şaseler genel olarak alüminyum, çelik, karbon ve demir içeren malzemelerden yapılır. Bunun yanında, araçların verimli bir şekilde hareket edebilmeleri için, hafif malzemeler kullanılmaya çalışılır. Günümüzde birçok araç üreticisi özellikle otomobil üreticileri, ürettikleri modelin sağlamlığından emin olmak için çeşitli testler yaparlar. Euro Ncap gibi bağımsız şirketler de şasilerin dayanıklılığını ortaya koymak için dayanıklılık testleri yapar. Şase tipleri alt başlıklarda verilmiştir.

3.2.1. Paralel Kollu Şasi

Yaygın olarak kamyonlarda ve gittikçe azalan şekilde otobüslerde kullanılan bir şasi tipidir. Paralel iki kiriş/kol ve bu iki kola bağlanmış travers lerden oluşur. Kollar genelde U, kare, dikdörtgen ve daire kesitli olarak preste yapılırlar. Traversler ve üst yapı; kaynak, perçin ve cıvata ile şasi kollarına bağlanır.[14]

3.2.2. X Tip Şasi

Kullanım amaçlarına göre yine kamyonetlerde kullanılan bir şasi tipidir. Uç kısımdan arkaya doğru X şeklinde ele alınarak, yapısal olarak oldukça hafif şasi tipidir.[15]

3.2.3. Tek Kollu Platform Tipi Şasi

Tek kollu platform tipi şasi: **Otomobillerde sıkça tercih edilen bir şasi çeşididir.** Çatal kollu şasi: Kullanımı açısından avantajlıdır. Otomobillerde, ön tarafa doğru uzanan çıkıntılar vardır. Bunlar genelde motor ve motor elemanlarını taşımak için tasarlanır.[16]

3.2.4. Çatal Kollu Şasi

Kullanımı açısından avantajlıdır. Otomobillerde, ön tarafa doğru uzanan çıkıntılar vardır. Bunlar genelde motor ve motor elemanlarını taşımak için tasarlanır.

Şasilerin rijitliğine bakıldığı gibi burulma açılarına da oldukça önem verilir

Üretici firmaların aktarma organları, karoser, tekerlek, fren sistemleri vb. tüm parçaları taşıyan şasinin kollara ayrılan belli parçalarında, bir kat daha fazla işlemler yapmaktadır. Yine şasi kısmı üreticilerde farklılık gösterebilir. Kimisi kupa kısmını ayrı tutarken kimisi de yekpare olarak bütün olarak imal etmeyi seçmektedir. Şasi herhangi bir kuvvete maruz kaldığı zaman onu karşılayabilecek direnci sağlaması gerekmektedir. Şasi kısmı zayıfsa veya zayıf kalmışsa hesaplanan tüm araç geometrisi bozulur demektir.

Otomobil firmaları üretimde atlanmayacak bir nokta olan şasede hafif, mukavemetli ve dirence dayanabilecek malzemeler kullanmayı tercih ederler. Şasenin en önemli özelliği, yukarıda bahsettiğimiz gibi kaza anında direncin büyük kısmını emerek yolcuların en az zarar görmesini sağlamaktır. Malzeme yapısının hafif olması gerekmektedir. Çünkü ona bağlı olan yürüyen sistem elemanı olan tekerlek kısımların en iyi açılı şekilde montajı olması gerekmektedir. O yüzden ki şasinin cıvatayla bağlı olan yukarı aksamların denge halinde olması gerekir. Sadece bir çerçeveden oluşan şasi, bir ya da birden fazla ana parçaya sahip olduğundan dolayı yapısal durumu çok önemlidir. İmalat aşaması da önem arz etmektedir. Şasi temel olarak hafif ve sağlam olmalıdır. Alüminyum 6063 t4 ısıtılmış, karbon, demir, çelik gibi metallerle şekillendirilen şasi, daha uzun ömürlü olması adına döküm veya presleme yöntemleriyle yapılmaktadır. Gitgide gelişen bu parça sayesinde günümüz otomobillerinin merkez sütunları direkt olarak şasiye bağlanmaktadır. Sebebi ise kaza anında şasiye gelen kuvveti en iyi şekilde farklı noktalara dağıtabilmesidir.

Yukarıdaki bilgiler değerlendirildiğinde üretim kolaylığı ve karmaşık olmaması sebebi ile paralel kollu (merdiven tipi) şase seçilebilir.

Şase, kare profillerin kaynakılması ile oluşturulacaktır.

Şase malzemesinin Alüminyum 6063 t4 ısıtılmış görmüş olması düşünülmektedir.

Alüminyum 6063 t4 ısıtılmış görmüş şasi avantajları;

- Korozyon dayanımı yüksek
- Kaynak kabiliyeti çok iyi
- Yorulma dayanımı yüksek
- Hafiflik kazandırır.

3.3. Elektronik Direksiyon

Direksiyon, direksiyon sistemini ve aracın yönünü kontrol etmek için kullanılır ve aracı ön tekerlekler aracılığıyla yönlendirmek için bir bağlantı sisteminden oluşur.

Direksiyon hareketlerinin tekerleklerle sorunsuz iletilmesini direksiyon sistemi içerisinde bulunan temel elemanlar sağlar. Bu elemanlar şunlardır; direksiyon simidi, direksiyon mili, direksiyon dişli kutusu ve direksiyon bağlantı kolları. Tüm bu parçalar birbirine bağlı şekilde dişliler aracılığıyla komutu tekerlere iletir. Bu sayede, sürücü gitmek istediği yönü, gerçekleştirmek istediği manevraları sorunsuz şekilde yapar.

Direksiyon çeşitleri, yapısı bakımından direksiyon sistemi çeşitleri ve direksiyon kutusu çeşitleri olmak üzere ikiye ayrılır. Yapısı bakımından direksiyon sistemleri mekanik, hidrolik, elektro hidrolik ve elektromekanik şeklinde dört kategoride sıralanabilir:

3.3.1 Mekanik Direksiyon Sistemi

En eski kullanılan sistemdir, diğer sistemler bu sistemi iyileştirmek için geliştirilmiştir. Bu sistemde elemanlar birbirlerine fiziksel bağlantı bulundurur ve direksiyona uygulanan hareket doğrudan tekerlere iletilir.

3.3.2 Hidrolik Direksiyon Sistemi

Hidrolik direksiyon çok yaygın olarak kullanılan direksiyon yardımcı sistemlerinden biridir. Direksiyonun daha kolay döndürülmesi için hidrolik yağ basıncının kullanılması esasına dayanır. Hidrolik direksiyonda, basınç ve kuvvet arasındaki ilişkiden faydalanılır. Hidrolik basınçtan elde edilen kuvvet, direksiyon çevrildiğinde uygulana kuvvete ilave bir kuvvet olarak katkı sağlaması için ‘yardımcı sistem’ olarak kullanılır. Sistemdeki hidrolik basınç, direksiyon kutusundaki hidrolik silindir içerisindeki çift yönlü piston sayesinde, itme kuvvetine dönüştürülerek, direksiyonun döndürülmesine ilave bir kuvvet sağlar, direksiyon simidi yumuşarken, tekerleklerle etki eden yönlendirme kuvveti artmış olur.

3.3.3 Elektrohidrolik Direksiyon Sistemi

Elektro hidrolik direksiyon sistemi, basınçlı hidrolik yağın bir elektrikli pompa tarafından basıldığı sistemdir. Çalışma prensibi ve devre elemanları hidrolik direksiyonla aynıdır. Bu sistem hidrolik ile elektrikli direksiyonun birleşiminden oluşmuştur denebilir.

3.3.4 Elektromekanik Direksiyon Sistemi

Diğer direksiyon sistemlerine ek olarak bizim kullanacağımız elektronik direksiyon (Steer-by-wire) sistemi ise yaygın kullanılmadığından çok bilinmemektedir. Elektronik Direksiyon (Steer-by wire) Sistemi, direksiyon hareketini sensörler aracılığıyla bir elektrik sinyaline çevirerek tekerlek döndürme aktüatörünü miktara göre hareket ettirir ve lastiklerin yönünü değiştirir. Bu sistem 3.4 de açıklanmıştır)

3.4. Elektronik Direksiyon (Steer-by-wire) Sistemi Nasıl Çalışır

Elektronik Direksiyon (Steer-by wire) Sistemi, aracın direksiyon ile direksiyon sistemi arasındaki herhangi bir doğrudan mekanik bağlantıyı ortadan kaldıran bir sistemdir. Bu teknoloji çeşitli avantajlar sunar. Bir direksiyon sisteminde, sürücü direksiyonu çevirdiğinde, bir dizi mil bu girdiyi aracın önündeki direksiyon dişlisine aktarır. Kontrol birimleri ise sensörlere gönderilen bilgileri değerlendirir. Böylece tekerlekleri uygun miktarda döndürmek için hız ve sapma oranı gibi bir dizi etkeni göz önünde bulundurur. [17]

Elektronik direksiyon’un avantajları:

- Mekanik bir bağlantı olmadığı için sürücü, direksiyon simidinin ne kadar ağır veya hafif olduğunu ve ayrıca ne kadar duyarlı olduğunu değiştirebilir.
- Ayrıca sürücü, aracın tekerleklerinde herhangi bir geri tepme veya titreşim yaşamayacak ve bu da daha yumuşak bir sürüş sağlayacaktır.
- Aynı zamanda tipik bir direksiyonun kullanılmasına gerek yoktur ve bu durumda standart bir direksiyon simidini kolayca hareket ettiremeyecek engelli sürücüler için seçenekler sunar.

- Teknoloji, yedek bir mekanik sistem olmadan yeterince güvenilir kabul edilecek bir noktaya kadar geliştirilebilirse, o zaman telli yönlendirme, arabaların daha hafif olmasına izin verecektir. Ayrıca kırılabilir veya hasar görebilecek daha az mekanik parça sunacaktır.[18]

Elektronik direksiyon'un dezavantajları:

- En bariz sorun sistemin güvenilirliği sorunudur. Sürücünün hızlı hareket eden bir aracın direksiyonunu kontrol etme yeteneğinin herkesin güvenliği için hayati önem taşıdığını ve şu anda yalnızca bu sisteme güvenme güveninin mevcut olmadığını söylenebilir.
- Sistemin sürüş sırasında sürücüye doğru bir şekilde yeterli geri bildirim sağlama becerisinde aksaklıklar olabilir. [19]

3.4.1. Elektronik Direksiyon (Steer-by wire) Sistemi Elemanları

- **ECU (Elektronik Kontrol Ünitesi):**

Electronic Control Unit, sensörler aracılığı ile aracın farklı parçalarından gelen bilgileri denetleyen bir sistemdir. Elektrik kontrol ünitesi anlamına gelen ECU, güçlü bir mikroişlemciye sahip olduğu için araç beyni ya da motor beyni olarak da adlandırılır.[17]

- **Aktüatör (Acuator):**

Aktüatör ya da eyleyici, bir mekanizmayı veya sistemi kontrol eden veya hareket ettiren bir tür motordur. Bir enerji kaynağı tarafından çalıştırılır. Bu kaynak genellikle elektrik akımı, hidrolik akışkan basıncı veya pnömatik basınçtır ve bazı tür hareketlerle enerjiye dönüşür. [17]

- **Tork Sensörü:**

Tork sensörleri, çeşitli dönen veya dönmeyen mekanik bileşenler üzerindeki tork algısını algılamak için kullanılır. Tork sensörü, burulmanın fiziksel değişikliklerini hassas elektrik sinyallerine dönüştürür. Tork sensörü, yüksek hassasiyet, hızlı frekans tepkisi ve iyi güvenilirlik avantajlarına sahiptir.[17]

- **Açı Sensörü:**

Direksiyon açısı sensörü bir bakıma denge kontrol sistemi olarak da bilinmektedir. Araç kullanımı sırasında direksiyon ile lastikler arasında kurulması gereken denge sistemini sağlamaktadır. Analog sensörler 5 volt şasi topraklaması ve sinyal çıkışı ile çalışır. Lastik tam tur döndürüldüğü zaman sensör 0 ile 5 volt arasında bir tür sinyal üretir. Burada oluşan gerilim farkı, açığı ve dönüş hızını belirlemede kullanılır.[17]

- **Yük Sensörü:**

Yük hücresi, gerilim, sıkıştırma, basınç veya tork gibi bir kuvveti ölçülebilen ve standartlaştırılabilen bir elektrik sinyaline dönüştürür.[17]

- **Konum Sensörü:**

Konum sensörü, bir nesnenin hareketini algılayabilen ve bunları işleme, iletme veya kontrol için uygun sinyallere dönüştüren bir cihazdır.[17]

- **Teker-Döndürme Aktüatörü:**

Tekerin dönmesini sağlayan motordur.[17]

3.4.2. Direksiyon Dişli Kutusu Çeşitleri

3.4.2.1. Pinyon Kremayer Dişli Kutusu

Günümüzde bu dişli kutusuna hidrolik veya elektrikli sistemler ilave edilmiştir. Sürücünün direksiyonu döndürmesiyle, dairesel hareket dişli kutusunda doğrusal harekete çevrilir ve miktarı azaltılarak tekerleklerle iletilir.[20]

3.4.2.2. Sonsuz Vidalı tip direksiyon dişli kutusu

Bu tip direksiyon mekanizmasında, direksiyon milinin ucunda ona bağlı bir sonsuz dişli bulunur . Doğrudan bir sektör dişlisine geçer. Tam teçhizatın sadece bir bölümü olduğu için 'sektör' dişlisi olarak adlandırılır. Direksiyon simidini çevirdiğinizde, direksiyon mili sonsuz dişliyi döndürür.

3.4.3. Çalışma Prensibi

Raspberry Pi'dan gelen döndürme sinyali Araç kontrol sistemi olan Arduino Mega 2560'a iletilerek direksiyon miline bağlı olan aktüatör ile direksiyonun dönmesi sağlanacaktır. Enkoder ve tork sensöründen direksiyonun anlık konumu belirlenecektir. Direksiyon konumu araç kontrol sistemine anlık olarak bildirilecektir. Aynı zamanda Araç kontrol sistemi ön takımda bulunan aktüatöre gerekli tekerlek açılarını sağlamak için sinyal gönderecektir.

3.5. Fren Sistemi

Fren sistemleri, otomobillerin güvenli bir şekilde durmasını veya duran aracın hareket etmesini engelleyen elemanlardır. Ayrıca frenler, enerji değişim araçlarıdır. Taşıttaki kinetik enerjiyi(momentum) sürtünme yoluyla termal enerjiye(ısıyı) çevirir. Fren sistemi, bu yolla motorlu taşıtın yavaşlamasını ve durmasını sağlayan düzenektir. Hareket halindeki bir motorlu taşıt, kütlesi ve hızının karesiyle değişen, kinetik enerjiye ve bazı durumlarda konumu itibariyle potansiyel enerjiye sahiptir. Frenleme süresince bu enerji fren sürtünme elemanları ve tekerleklerde ısı enerjisine dönüşür. Karayolunda kullanılan fren sistemleri üç temel fonksiyonu yerine getirmektedir. Bunlar;

- Taşıtın yavaşlatılması veya durdurulması.
- Taşıtın kinetik enerjisini (yokuş aşağı inişlerde) kontrol ederek, belirli hızlarda seyrini sağlanması.
- Duran bir taşıtın yerinde sabit tutulmasıdır.

Bir aracı durduran frenleme kuvveti genellikle teker lastiği ile lastiğin üzerinde döndüğü zemin arasındaki bağlantıdan doğar. Frenleme kuvvetine hava direnci, yokuş direnci, sürtünme direnci gibi kuvvetlerin etkisi de vardır. Bu dirençleri yenen kuvvet ortadan kaldırılacak olursa taşıtın yavaşlamasına veya durmasına sözü edilen dirençler sebep olur. Diğer taraftan taşıtın yavaşlamasına yardımcı olan motorun frenleme gücü de vardır.[21]

3.5.1. Fren Sistemleri

3.5.1.1. Sürtünmeli Frenler

Taşıtlarda tekerlek freni olarak sürtünmeli frenler kullanılmaktadır. Genel olarak doğrudan doğruya tekerleğe bağlı olan bu frenler iki ana fonksiyonu yerine getirirler.

- Fren momentinin oluşturulması,
- Enerji değişiminin gerçekleşmesi (kinetik veya potansiyel enerjinin ısı enerjisine dönüştürülmesi ve bu ısının atılması).

Kampanalı ve diskli olmak üzere iki tipe ayrılmaktadır.[22]

3.5.1.1.1 Kampanalı Frenler

Kampanalı frenlerde fren yüzeyi silindirikdir. Çeşitli tipleri olmakla birlikte karayolu taşıtlarının tekerlek frenlerinde içten pabuçlu olanlar kullanılmaktadır. Bantlı frenler genellikle otomatik vites kutularında, dıştan pabuçlu frenler ise raylı taşıtlarda bulunmaktadır.[22]

3.5.1.1.2. Diskli Frenler

Prensip olarak tekerlekle eş eksenli olarak monte edilmiş olan metal bir disk tekerlekle birlikte dönmektedir. Semer adı verilen ve tekerlek askı kollarına bağlı olan bir parça disk genel olarak bir köşesinden kavrar. Ender olarak disk çepçevre kavrayan semerler de mevcuttur. Semerin iç kısımlarında diskin iki yüzeyine yaslanan balatalar frenleme sırasında hidrolik basınç ile disk her iki yönden eşit kuvvetle sıkıştırırlar.[22]

3.5.1.2 Havalı Fren Sistemleri

Havalı fren sistemlerinde basınçlı hava hem enerji kaynağı hem de iletim aracı olarak kullanılmaktadır. Dolayısıyla bu sistemlerde sürücünün kas kuvveti enerji kaynağı olarak değil kontrol ve kumanda amacıyla kullanılmakta.[22]

3.5.1.3 Elektronik Fren Sistemleri

Elektronik sistemler taşıtta pek çok sistemde kullanıldığı gibi fren sisteminde de kullanılmaktadır. Elektronik fren sistemlerinde fren kuvvetleri sensörlerden alınan bilgiler doğrultusunda elektronik kontrol ünitesi tarafından hesaplanarak uygulandığından taşıt güvenli şekilde durdurulabilmektedir. Elektronik fren sistemleri iki grupta incelenmektedir. Bunlar;

3.5.1.4. Elektro-Hidrolik Fren Sistemleri

Elektro-Hidrolik fren sisteminde, fren pedalı bir elektronik bağlantı ile taşıtın elektronik beynine bağlanmaktadır. Pedalın görevi taşıtı durdurmaaktır. Fakat bu kez fren pedalına basma hızına ve çokluğuna göre, sistem ne kadar acil bir fren gereksinimine ihtiyaç olduğunu algılamakta, Elektronik fren beyni bu ve diğer taşıt bilgilerini birleştirerek her tekere gerekli fren kuvvetini hesaplamaktadır.

3.5.1.4.1 Elektro-Mekanik Fren Sistemi

Elektro-Mekanik fren sistemi, Elektro-Hidrolik fren sistemi gibi fren, pedalının bir elektronik eyleyici ile taşıtın fren elektronik beynine bağlı ve istenilen frenlemenin derecesini belirlemek için kullanılan bir düzeneğe sahip olan sistemdir. Elektro-Mekanik fren sistemi, her bir teker sisteminde frenleme için kullanılan elektronik kontrol ünitesi bir elektrik motoru ile bütünleşik çalışmaktadır.

Bu araştırmalar ve geçmiş yıllardaki araçları inceleme sonucunda aracımızda hidrolik disk fren sistemini kullanmayı hedeflemekteyiz. Hidrolik fren sistemini otonom sürüşe

uyarlamak için, fren merkezinin kuvvet uygulanacak kısmında bir lineer aktüatör motor kullanmayı planlıyoruz.[23]

3.5.2. Çalışma Prensibi

Raspberry Pi'dan gelen fren komutu araç kontrol sistemine gitmektedir. Araç kontrol sistemi gelen veriyi lineer aktüatör kontrol kartına veriyi ileterek lineer aktüatörün fren sistemini çalıştırmaktadır.

3.6 Tekerlek – Jant ve Gaz Pedalı

3.6.1 Tekerlek

Araç üzerinde kullanılan tekerlek, jant ve içi hava dolu lastiklerden oluşur. Aracın tüm yükünü üzerine alır ve dönerek aracın hareket etmesini sağlar. Aracımızın sürtünme seviyesini minimum tutacak ve yükünü yeterli düzeyde kaldıracak bir teker tercih edeceğiz. Tercihimizde kural kitapçığına uygun olmasına önem verilmiştir. [24]

3.6.2 Jant

Lastiğin iç tarafına yerleştirilen ve arabanın hareket etmesi ile doğrudan ilişkisi olan parçaya jant denir. Aks sistemine bağlantılı olarak işlev gösteren jantların temel vazifesi arabanın hareket etmesini sağlamaktır. Farklı maddelerden üretilmesi sebebiyle tasarım unsuru olarak da görülmektedir.[25]

3.6.3 Gaz Pedalı

Araç hızı ve sürüş esnasındaki hızını gaz pedalı ile sağlayacağız. Bu pedal otonom sürüşte aktif olmayıp sadece aracın yarışma alanına getirilirken veya manuel kullanımlarında aktif olacaktır. Araç otonom moddayken aracın gaz kontrolü direkt olarak kameradan ve sensörlerden gelen verilere göre motor sürücüsüne aktarılıp aracın otonom bir şekilde harekete geçmesini hızlanması ve yavaşlaması sağlanacaktır.

Otonom ve manuel sürüş yapabilmek için araçta pedal-by-wire sistemi mevcuttur.

Araç gaz verme komutunu tamamen aks sistemi üzerinden almaktadır. Buda gaz verme ve gaz kesme olaylarında gecikme yaşanmaması sade bir yapıda olması aracın sorun çıkarma ihtimalini düşürmektedir. Aracın durağan halden hareketli hale geçmesi ve yoldaki işaretlere göre hızını ayarlaması gerekmektedir.

Elektronik gaz pedalı için kullanılabilecek malzemeler, Arduino UNO, 4N35 optokuplör, led, motor sürücü ve motordan oluşmaktadır. Arduinonun pin 3'ünden analog sinyal (PWM) alınabilir. PWM sinyalleri sayesinde aracın hızını kontrol edebiliyoruz. Gönderdiğimiz PWM sinyali 0-5 Volt arasında gerilim değerine sahip olabilir.

Arduinodan gelen analog sinyale göre motorun hızı belirlenmektedir. Araç motoru, arka tekerleklere bağlıdır. Aracın elektrik motoru üzerinde bulunan sürücüsü vasıtası ile PWM sinyal kullanılarak kontrol edilebilir. Optokuplör led ile beraber kullanılır. Kullanım amacı düşük seviyeli voltajla yüksek seviyeli voltaj değerlerini kontrol etmektir. Bir nevi elektronik cihazları korumak için yalıtım olarak düşünülebilir. Led yandığı zaman optokuplör aktif olmaktadır. Bu sayede motor sürücüyü gerekli voltaj değerleri gönderilebilir. Motor sürücü ise motoru sürmektedir. Bu sayede motor çalışır.

4. Özgün Bileşenler

4.1.Mekanik Özgün Bileşenler

4.1.1. Şaşı ve İskelet

Aracın şasi, iskelet ve kabuk tasarımları tamamen bilgisayar ortamında (SOLIDWORKS kullanılarak) mekanik ekibi tarafından tasarlanmaktadır. Şasi tasarlanmaya başlamadan önce dünya üzerindeki birçok araç modeli incelendi ve üretilecek elektrikli araç, için en uygun model üzerine araştırma yapılarak üzerinde tartışıldı. Araştırmaların yanı sıra geçmiş yıllardaki yarışma için üretilen aracın şasi tipleri incelendi. Araştırmalar ve tecrübeler doğrultusunda uygun görülen şasi tipi merdiven tipi şasi olarak kararlaştırıldı. Bu şase tipinin kararlaştırılmasındaki en büyük etkenlerden biri montajlanacak olan parçalara uyarlanabilir olmasıdır. Ayrıca hafif ve üretimi bakımından kolay olması, minyatür araçlara kolaylıkla uygulanabilmesi de önemli etkenlerindendir. Bu özellikler göz önüne alınarak alüminyum 6063 t4 sıcak işlenmiş malzeme incelendi. Seçilen malzemeyle tasarlanacak olan şasinin yüke karşı mukavemetinin artırılması öngörüldü. Böylece araç kabuğu tamamen özgün bir şekilde tasarlandı. Yeni şasi diğer araç alt sistemlerine entegre edilebilirlik açısından daha uygun bir şasi olmakla birlikte estetik olarak da daha güzel bir görünüme kavuştu.

4.1.2. Kabuk

Araç kabuğu tasarımı için araştırmalar yapılırken estetik açıdan güzel bulunan araçların tasarımları incelenmiştir. Kabuk tasarlanmaya başlamadan önce bir çok araç incelendi ve citroen ami, yerli elektrikli otomobil ceryan tipleri üzerine yoğunlaşıldı. Esnekliği, dayanıklılığı ve üretim kolaylığı bakımından fiberglass malzemesi uygun görüldü. Malzemeyi seçerken ki en büyük kriter aracın dış görünüşündeki yumuşak hatları elde edebilmektir. Aracın kabuğu takım üyeleri tarafından özgün olarak tasarlanacaktır.

4.2.Yazılım Özgün Bileşenleri

Otonom karar mekanizması, tespit sistemleri haricinde halihazırda kullanılan algoritmalarından farklı olarak yazılım takımı tarafından geliştirilecektir.

4.2.1. Matris Tabanlı Şerit Takip Karar Algoritması

0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0

Tablol 4.1 Matris Tablosu

Matris yapısı, görüntüdeki piksel grupları ile birebir aynı yapıda olduğundan, piksel – matris ilişkisinin değerlendirilmesi uygun görülmüş ve bu doğrultuda algoritma çalışmaları yapılmıştır. Çalışmalar sonucunda şerit içeren alanların 1 ile geriye kalan alanların ise 0 ile gösterilmesi uygun görülmüştür ve daha sonra şeritlerin kalınlığı baz alınarak matrisin düşük boyutlara ölçeklendirilmesi ve bu yol ile performansın artırılması öngörülmüştür.

Bu algoritma çalışmalarında sırası ile;

1) Düz yol için soldaki şerit ile sağdaki şerit arasında kalan alanın yatayda ortadan 2 ye bölünüp soldaki 0 sayıları ile sağdaki 0 sayılarının adedi arasındaki fark baz alınarak aracın şeritler arasındaki konumunun bulunması hedeflenmiştir. Aradaki fark sayısı, matris ölçeklendirme oranına bölünerek gerçek uzaklık farkı ortaya çıkarılmak istenmiştir. Bu işlemi bir satırda yapmanın, hassasiyeti artıracak fark edilerek, stabiliteyi eksi yönde etkilemesinin önüne geçmek için 1 satırı değerlendirmek yerine matrisin ölçeklendirmesi baz alınarak 1'den fazla satırda bu işlemin yapıp ortalamasının alınması uygun görülmüştür.

2) Kavisli Yol için, matris sınırları içindeki sol şeritte kavis bitim noktası ile sağ şeritteki kavis başlama noktası arasındaki y eksenindeki fark ve yine sol şeritte kavis bitim noktası ile matrisin ortası arasında x eksenindeki fark alınıp ortaya çıkarılan üçgen yapısı ile kavisin döndüğü noktaya bakan üçgen açısı ve aracın hedefe gidene kadar izleyeceği dairesel yol uzunluğu ele alınıp dönüş açısı ve hızı hesaplamak hedeflenmiştir.

4.2.2. Matris Tabanlı Planlama Sistemi

Şerit takip algoritmasında olduğu gibi veriler matrise işlenecek fakat bu matrise bütün sistemlerden alınan veriler işlenecek ve karar verme mekanizmasına destek olması sağlanacaktır.

5. Sensörler

Sensörler fiziksel olan bilgileri kullanarak elektronik sinyallere çeviren cihazlardır. Isı, ışık, basınç ve nem gibi fiziksel haldeki bilgileri elektronik sinyallere çeviren cihazlardır. Sensörlerin çevrildiği sinyaller analog sinyal ve dijital sinyal olarak iki başlık altında incelenebilir. Gelen sinyalleri merkez kontrolcü tarafından kontrol edilerek sistemin hareketi veya diğer sistem bileşenlerin çalışması sağlanabilir. Tarihte ilk sinyal ile kontrol edilen sistem Steinel tarafından 1987 yılında kullanılmıştır. Steinel kullandığı bu sistemde aydınlatma sistemini anahtarlayıp açıp kapatma durumu için kullanmıştır. Halen daha günümüzde de kullanılan bu sistem hareket sensörü ile çalışan apartmanlarda bulunan lambalardır. [26].

Sensörler her geçen gün daha da gelişip bir çok farklı modeli bulunmaktadır. Tasarlayacağımız otonom araç üzerinde kullanmayı hedeflediğimiz sensörler ultrasonik mesafe sensörü, lidar ve kamera olarak 3 ana sensör olarak ayrılır. Sistem üzerindeki ivme, sıcaklık ölçümü ve park yapımında kullanılması için de gerekli olan sensörler eklenecektir.

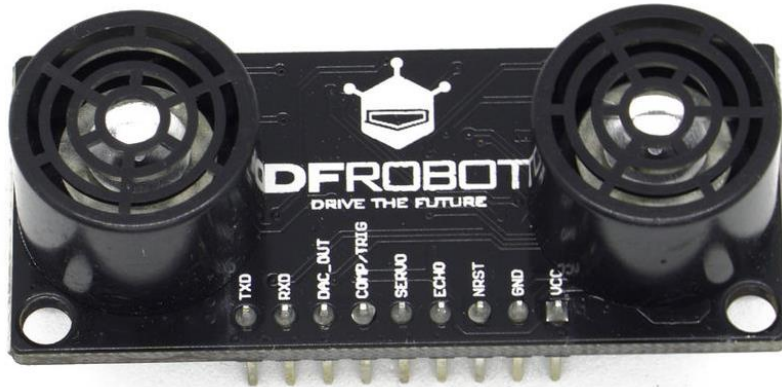
5.1. Ultrasonik Mesafe Sensörü

Sistem üzerinde kullanacağımız ultrasonik mesafe sensörü; bir nesnenin nerede olduğunu, bulunduğu konum ile araç arasındaki mesafeyi gibi ölçmek için kullanılmaktadır. Ses dalgalarını kullanarak sinyalleri elektronik çevirecektir. Ultrasonik mesafe sensörü araç

üzerinde 3 adet yer alacaktır. Bu sensörlerden ikisi aracın yanında bir tanesi önünde yer alacaktır. Sensörlerden alınan veriler kontrol kartı üzerinden engellere yaklaşıldığı zaman çarpma ve ya bariyer ile karşılaşma durumunda ana bilgisayara bilgi verecektir. Böylelikle olası kaza durumlarının önüne geçilecektir. Seçtiğimiz Ultrasonik mesafe sensörünün muadillerinden farkı ise sıcaklık değişimlerinde bile doğru sonuçlar vermesi ve birden fazla çoklu çıkışı bulundurmaktadır.

Bağlantı arayüzü:	RS232 (TTL), PWM, Anahtar, Analog
Çalışma sıcaklığı:	-10 ~ +70 C
Algılama Mesafesi:	5cm-500cm
Yenileme Hızı:	10 Hz

Tablo 5.1 Ultrasonik Mesafe Sensörü Bilgileri



Şekil 5.1 Ultrasonik Mesafe Sensörü

5.2. Lidar

LIDAR, “Light Detection and Ranging”, Türkçesi “Işık Tespiti ve Uzaklık Tayini” anlamına gelmektedir. Bu kelime grubunun kısaltmasıdır. Basit tabiri ile lidar cihazı ile etraftaki nesnelerin veya engellerin arasındaki mesafeyi lazer ışını kullanarak hesaplamaktadır. Lazer ışını kullanarak ışık hızında çalıştığından ötürü taramakta olduğu alanı çok hızlı taşıyabilmektedir. Çalışma prensibinden dolayı yüksek doğruluğa sahiptir. Bu yüksek doğruluk oranından dolayı haritalandırma veya etraftaki nesne tespit gibi teknolojik projelerde oldukça yer verilmektedir. Işık hızında çalıştığından dolayı sabit kaldığı takdirde sürekli aynı şekli çıkaracağından ötürü hareketli halde bulunması gerekir. Saniyede 100.000 den fazla sayıda lazer ışını gönderebilir. Bu şekilde de yüz milyondan fazla nokta belirlenebilir. Bu noktalar kümesi bir araya getirilerek. Cihazın etrafındaki alanın haritası çıkarılmış olur.

5.3. Zed2 Stereo Kamera

Sensörlerinden yazılımına kadar ZED 2 kamera uzamsal algılamayı yepyeni bir boyuta taşımaktadır. Nöral derinlik algılama, uzamsal nesne tespiti, 120 derece görüş açısı ve gelişmiş konum takibi gibi özelliklere sahiptir.

Aracımız okuyacağı trafik levhalarına göre hareket edeceği için, bu kamera aracımız gözü olacaktır. Çevre algılaması yüksek performansta olması araç için en doğru sürüş elde edilmesine yardımcı olacaktır. Kullanılacak video çözünürlüğü algoritmaya ve çalışma zamanına uygun olarak seçilecektir.

Video	Saniye başına kare sayısı	Çözünürlük
2.2K	15	4416x1242
1080p	30 / 15	3840x1080
720p	60 / 30 / 15	2560x720
WVGA	100 / 60 / 30 / 15	1344x376

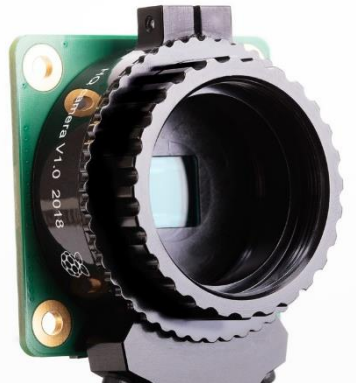
Tablo 5.2 Zed 2 Stereo Kamera Özellikleri



Şekil 5.2 Zed 2 Stereo Kamera

5.4. Raspberry Pi HQ Kamera

Raspberry Pi tarafından üretilen en güncel kamera modelidir. Değişen ışık koşullarına göre kameraya farklı lensler ve filtreler takılabilir. Bu özellik kamera tarafından yakalanan görüntülerin bilgisayar tarafından daha anlaşılabilir olmasını sağlamaktadır. Kamera, Sony tarafından üretilen IMX477R arka aydınlatmalı, 12.3 megapiksel bir sensör kullanmaktadır[28].



Şekil 5.2 Raspberry Pi HQ Kamera

6. Araç Kontrol Ünitesi

Araçta kullanmayı planladığımız kontrol ünitesi dizüstü bilgisayardır. Bunun sebebi ise yazılım kısmında kullanmayı hedeflediğimiz bileşenlerin eş zamanlı ve hızlı bir şekilde çalıştırmak istememizdir. Tüm algoritmaların eş zamanlı çalışması durumunda kontrol ünitesi olarak seçmiş olduğumuz bilgisayarın donanım kısmında bellek ve işlem hızı açısından yetersiz kalabileceği ön görülerek yüksek özelliklerde bir bilgisayar seçilmiştir. Kontrol bilgisayarımızın özellikleri Tablo X. te yer almaktadır. Bu özellikler sayesinde sahip olduğumuz yüksek işlem gücü ile yapay zekanın kameradan gelen görüntüleri, ultrasonik sensörlerden ve lidar sensöründen gelen verileri hızlı ve doğru bir şekilde işleme imkana sahip olabileceğimizi düşünmekteyiz.

6.1. Raspberry Pi

Raspberry Pi 4, boyut açısından geleneksel bilgisayarlara oranla daha küçük olduğundan ve selevi diğer platformlara göre kaynak açısından daha zengin olduğundan ve boyutuna oranla performans olarak yeterli performansı sağladığından ve diğer elektronik kısımlara entegrasyonu kolay olduğundan kullanılması uygun görülmüştür.

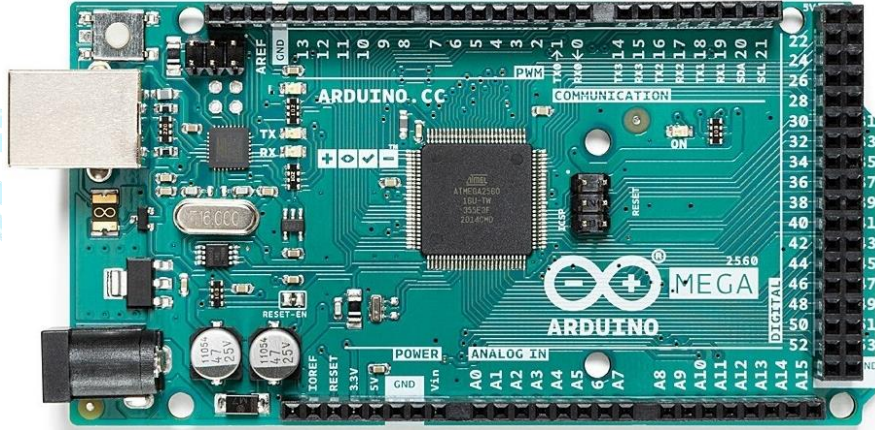
Üzerinde mikroişlemci, RAM, GPIO pinleri ve bir bilgisayar için gerekli tüm özelliklerin bulunduğu tek bir devre kartı (PCB) üzerinde oluşturulmuş bilgisayarlar “Single Board Computer” olarak adlandırılmaktadır. Günlük hayatta kullandığımız bilgisayarlardan farklı olarak SBC’ler daha az güç tüketimi ve daha küçük boyuta sahiptirler. Genelde ARM mimarisine sahip olan SBC’lerin, az da olsa x86 işlemciye sahip modelleri de bulunmaktadır. SBC’lerin donanımsal olarak değiştirilemez olması güvenliği artıran etkenler arasındadır ve tercih edilebilirliklerini arttırmaktadır. Tek kart bilgisayarlar sağlık ve otomotiv gibi alanlarda kullanılmaktadır.

Donanım Özellikleri	
İşlemci	Broadcom 2711 Dört çekirdekli Cortex-A72 64-bit destekli 1.5GHz
RAM	8GB -LPDDR4- 3200 MHz
Bağlantı	2.4GHz/5.0GHz 802.11.b/g/n/ac destekli kablosuz ağ Bluetooth 5.0, BLE destekli 2x USB 2.0 +/2x USB 3.0 Portu Gerçek Gigabit Ethernet
Video ve Ses	2 x mikro- HDMI, 4K 60FPS destekli 1x MIPI DSI ekran portu 1x MIPI CSI kamera portu 4 kutuplu 3.5mm bağlantı üzerinden ses+kompozit video çıkışı
Multimedya	H.265 decode (1080p60) H.264 decode (1080p60) H.264 encode (1080p30) OpenGL ES 1.1, 2.0, 3.0 destekli grafik işlemci
Güç	USB-C tipi adaptör girişi 5V/3A

Tablo 6.1 Kontrol Ünitesi Donanım Özellikleri

6.2. Arduino Mega

Arduino Mega 2560 Rev3 tabanlı ileri seviyedeki Arduino projeleri için tasarlanan bir mikrodenetleyici kartıdır. ATMEGA2560'e dayalı bir mikrodenetleyici kartı olan Arduino Mega, Arduino sınıfında Arduino Uno'dan sonra en çok tercih edilen karttır. Bu kart üzerinde, 54 adet dijital giriş ve çıkış pini, 16 analog girişi, 16 MHz kristal osilatör, 1 adet USB bağlantısı, 1 adet güç girişi, ICSP pinleri, 1 adet reset butonu ve 4 adet UART (donanımsal seri port) kanalı bulunuyor. Bir mikrokontrolcü de olması gereken tüm özellikleri içeren bu kart Arduino ile uyumlu olan shield'leri de kullanmamızı sağlıyor. Eğitim, elektronik, bilişim, görüntü sistemleri gibi birçok alanda proje geliştirmek için yararlanılan Arduino'lar ile kolay ve işlevsel birçok proje tasarlayabiliriz. Bu kartı kullanmamızdaki sebep kart ile USB üzerinden bir başka Arduino veya mikrodenetleyiciler ile haberleşebilir, programlama yapabilmemizdir [29].



Şekil 6.1 Arduino Mega 2560

6.3. Yürüyüş Bileşenleri

Aracın hareket etmesi için motor ve motor kontrolcüsüne ihtiyaç duyulmaktadır. Aracın sürüş ve hız olarak en uygun performans değerini veren motor ve kontrolcüsü seçim nedeniyle alt başlıkta açıklanmıştır.

6.3.1. Motor

Aracımızda 2000-Watt, 60 Volt 2 adet BLDC motor kullanılacaktır. BLDC motor kullanılmasının temel sebepleri; kontrolünün ve kullanımının kolay ve verimli olmasıdır. BLDC motorların verimlilik oranların çok yüksek olması ve bakıma ihtiyaç duymaması enerji tasarrufu sağlamaktadır. Fırçalı motorların BLDC motorların fırçasız yapıda olması sayesinde sürtünme kuvveti azalmaktadır. Sürtünme kuvvetinin azalmasıyla birlikte motor ısınmasında önemli bir düşüş yaşanmaktadır. Ayrıca sürtünme kuvveti az olduğu için motor ömrü uzamış olmaktadır. Bu motoru kullanarak güç aktarma organlarına gerek duymadan gerekli tahrik gücünü elde edebiliyoruz. Aktarma organları olmadığı için ağırlık ve enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Arada iletilmesi gereken aktarım organlarına ihtiyaç duyulmadığı için gecikme süresinde ve güç kaybından kazanç elde etmek amaçlanmıştır [30].

Motor Özellikleri		
Nominal Voltaj	60 V	
n0 RPM	570±10	
Nominal Güç	1500 W	
nT RPM	580±10	
Maksimum Tork(n.m)	90(n.m)	
Verim(%)	≥86%	
Ağırlık(kg)	7.5kg	
Ses Oranı(db)	<50 db	
Kablo uzunluğu(mm ²)	2mm ²	
Bağlantı Tipi	Sol bağlantı	

Şekil 6.2 BLDC Motor

Tablo 6.2 BLDC Motor Özellikleri

6.3.2. Motor Sürücü

BLDC motorlar, motor sürücüsüz çalışmamaktadır. BLDC motorun yapısındaki üç stator sargı sırayla çalışarak motorun dönmesi sağlanır. Bu sırayla çalışma mekanizmasını motor sürücü sağlamaktadır. Bu mekanizmanın motor sürücüsünden gelen PWM sinyalleriyle de motorun dönme hızı ayarlanmaktadır. Yapılan literatür taraması sonucu hem istenilen özellikler bakımından hem de ulaşılabilirlik açısından TULPAR-250 motor sürücüsü tercih edilmiştir. TULPAR-250 motor sürücüsünün tercih edilmesinde 3 ana sebep vardır. İlk olarak rejeneratif frenleme özelliği sayesinde enerji tasarrufu yapılmasıdır. İkinci olarak Motor sürücüsünün sensörlü(hall) veya sensörsüz çalışma(FOC) esnekliğine sahip olmasıdır. Son olarak da motor sürücüsünün hem RS232 hem de CANbus haberleşmesini desteklemesi TULPAR-250 motor sürücüsünün tercih edilme sebepleri olmuştur.

Motor Sürücü Özellikleri	
Maksimum Voltaj	80 V
Akım	50 A
Analog Giriş	4

Analog Çıkış	1
Dijital Giriş	6
Dijital Çıkış	4
Haberleşme Modülleri	RS232/CANbus
Sensörler	Sürücü Sıcaklık Motor Sıcaklık Batarya Sıcaklık Soğutucu Sıcaklık
Dinamik Soğutma	Smart Fan

Tablo 6.3 Motor Sürücü Özellikleri

6.4. Pil ve Kontrol Sistemi

Aracın hareketi ve sistemin çalışması için gerek duyulan enerji ihtiyacı araç içerisinde bulunan 8 adet jel aküden sağlanmaktadır. Akülerin birbirine seri ve paralel bağlanması ile istenilen akım ve gerilim elde edilerek gerekli sistemlere ulaştırılacaktır.

6.4.1. Jel Akü

Jel akü, diğer akü çeşitlerine göre yüksek performans sunmaktadır. Jel aküler içindeki isli silikanın ve jel kıvamı sülfürik asit homojen olarak karıştırılması ile özel olarak üretilmektedir. . Derin deşarj özelliğine sahip olduğu için bakım gerektirmeyen aküler olarak geçmektedir. Ağır çevresel koşullara özellikle de sıcaklığa ve titreşime dayanıklı bakım gerektirmeyen hafif akülerdir.

Kullanılan akülerin kontrolü ve kalan enerji miktarını ölçmek için akü ünitesinde içerisinde bulunan sensörler ve batarya yönetim sistemi sayesinde akünün durumu hakkında bilgi alınabilecektir.

6.4.2. Akü Yönetim Sistemi

Enerji paketinin en doğru şekilde şarj ve deşarj olabilmesi için bu süreçleri yönetebilecek bir karta ihtiyaç duyulmaktadır.. AYS kartı burada devreye girecektir. AYS akülerin birbirlerine yakın gerilim seviyelerinde kalmalarını sağlar. Akülerin gerilim farklarının yakın olması akü ömrünü ve kullanım süresini uzatacaktır. Alınan verilere göre ana kontrol sisteminden bilgi ekranına gönderilip ısınma durumunda soğutucu çalıştıracak ve aşırı akım durumlarında enerjiyi kesecek otomatik bir sistem tasarlanacaktır.

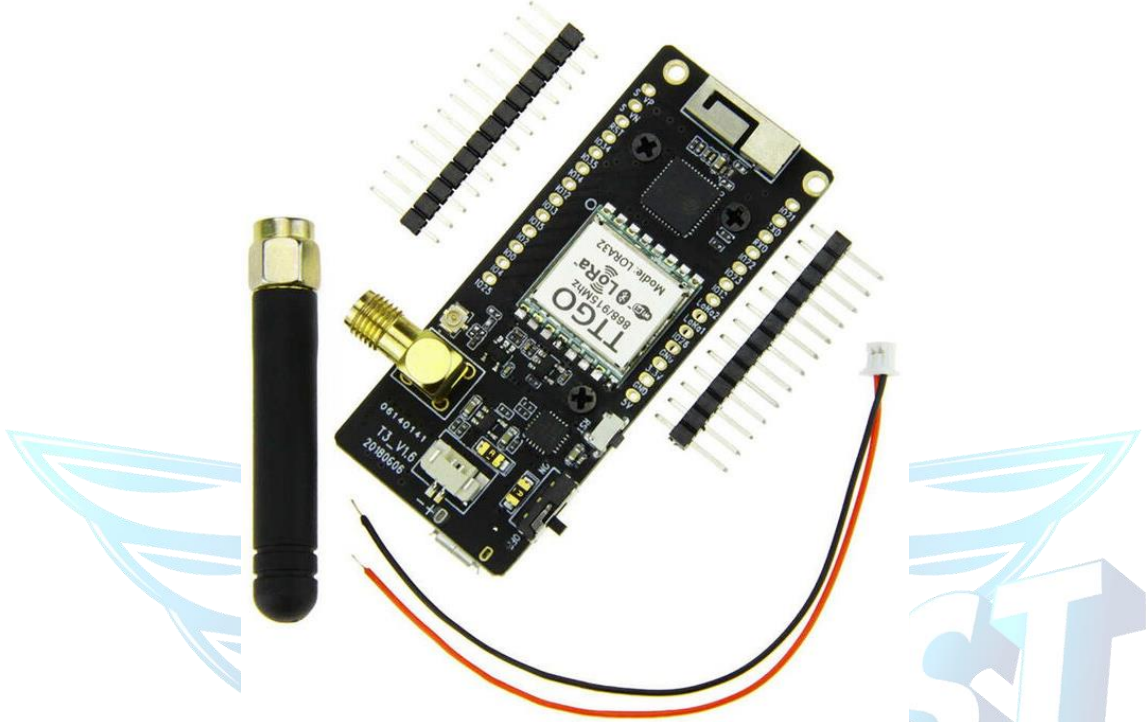
6.5. Far ve Sinyaller

Far ve Sinyaller, trafikteki diğer araçlar ve yayalarla iletişim kurmamızı sağlar. Böylelikle trafikte diğer araçlar ve yayalar ne yapacağımıza dair bilgi sahibi olurlar. Aracımızın her arka iki tarafında birer fren farı olacaktır. Dönüş yönlerini belirtmek içinde aracın sağ ve sol taraflarında dönüş sinyalleri olacaktır. Olası bir sıkıntı durumunda halk arasında dörtlü olarak tabir edilen iki dönüş sinyalimiz yanıp sönecektir. Aracımız fren yaptığı zaman fren farlarımız yanacaktır. Şerit değiştirme ve durağa girildiği zaman araç hangi yöne doğru yöneliyorsa o yöne doğru sinyal verilecektir.

6.6. Haberleşme Birimleri

6.6.1. Wifi

LoRa, güç tüketimini en aza indirirken, küçük boyutlardaki verilerin uzun menzilli iletişimine izin veren bir kablosuz veri iletişim teknolojisidir. LoRa mesajlarını görüntülemek için bir OLED ekrana sahiptir. ESP32 kullanarak LoRa ile bir proje yapmayı düşündüğümüzden, LoRa alıcı-verici çipi ile birlikte gelmesi bu wifi kitini seçmemizde etkili olmuştur [31]. Teknik özellikleri şu şekilde anlatılabilir:



Şekil 6.3 ESP32 Lora Wi-Fi Haberleşme Kartı

ESP32 LoRa Geliştirme Kartı Wifi Kiti serisi, düşük maliyetli ağ programı, ESP32 ve LX6 çift çekirdekli işlemci kullanarak ana çip yeniden geliştirilmiştir. 240MHz, 600DMIPS, yonga yerleşik 520 KB SRAM, 802.11 b/g standartının desteklediği kadar bilgi işlem gücü sağlar. N HT40 Wi-Fi alıcı-verici, baseband, protokol yığını ve LWIP, entegre çift modlu Bluetooth'a sahiptir [32].

6.6.2. GSM

Türkiye’de yasal IMEI kaydı bulunan bu modül ile basit Telefon, SMS işlevli uygulamalardan, araç takibi, M2M uygulamalarında işlemler geliştirilebilir. Üzerinde bulunan 3 ayrı girişten, besleme yapılabilir:

- DC044 girişinden 5-26V ile,
- 3.7-4.2V Lipo/Lion pil ile,
- Vin girişinden 5-26V ile besleme yapılabilir.

Yapılacak beslemenin 2A güce sahip olmasına dikkat edilmelidir. Modül SIM808, AT komutları yardımı ile programlanır [33].

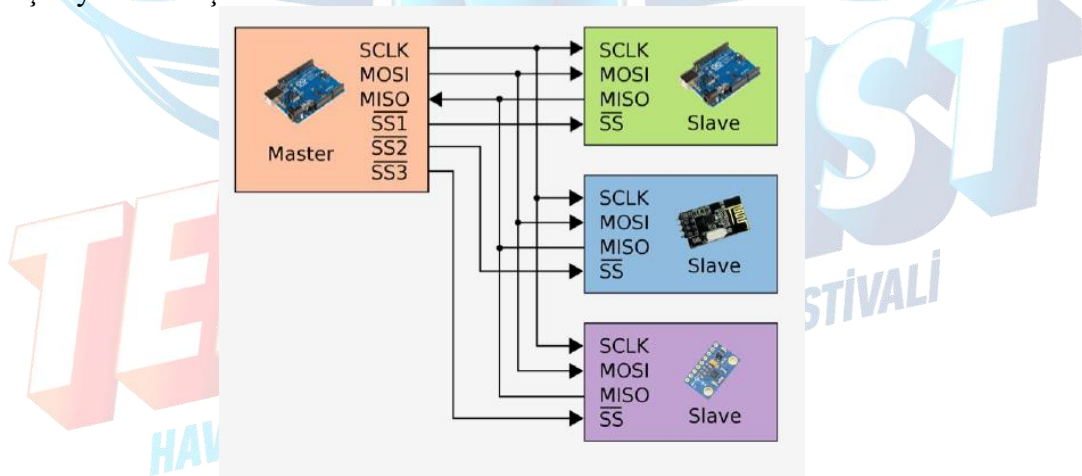
Maksimum akım	2A
Boyutlar	79.5mm X 50mm X 15mm
Ağırlık	70g
Frekans Bandı	Quad-Band 850/900/1800/1900MHz
GSM Verici Gücü	Class 4 (2 W @850/ 900 MHz), Class 1 (1 W @1800/1900MHz)
Bağlantı protokolü	PPP yığımı, USSD

Tablo 6.4 GSM Modül Özellikleri

6.6.3. SPI

Seri Çevresel Arabirim, verilerin aynı anda gönderilip alınabileceği tam çift yönlü modu destekleyen senkronize bir seri iletişim arabirimidir. Daha yüksek veri aktarım hızlarını (8Mbps den büyüklüğü) destekler. Her cihazın birbirinden farklı adres kablosu olacaktır. Hızın önemli olduğu yerlerde kullanılır.

Bağlanabilecek SPI cihazlarının sayısında bir sınırlama yoktur. Ancak, çip seçme yöntemiyle ana cihazda mevcut olan donanım seçim hatlarının sayısı veya seri bağlama yönteminde cihazlardan veri geçirmenin karmaşıklığı nedeniyle pratik sınırlar vardır. Noktadan noktaya iletişimde, SPI arayüzü adresleme işlemleri gerektirmez ve basit ve verimli olan tam çift yönlü iletişimidir.



Şekil 6.4 SPI Haberleşme Protokolü

Her bir cihazı Çip Seçme hattı (CLK) ile seçer. Her cihaz için ayrı bir Çip Seçme hattı gereklidir. Her bir cihazın diğerine verileriyle bir sonrakine göre verilere bağlandığı zincirlemedir. Araçtaki sensörler ve araç kontrol ünitesinin bağlanmasını sağlayacaktır.

6.6.4. I2C

I2C iletişim veri yolu çok popülerdir ve birçok elektronik cihaz tarafından yaygın olarak kullanılmaktadır, çünkü bir ana ve çoklu bağımlı cihazlar veya çoklu ana cihazlar arasında iletişim gerektiren birçok elektronik tasarımda kolayca uygulanabilir. Kolay uygulamalar, 7-bit adresleme ile 128 (112) cihaza kadar kullanılırken I²C ile 10 bit adresleme

neredeyse 1024 (1008) cihaza kadar kullanılabilir. İletişim için sadece iki tel kablo yeterlidir [34]. Sensörlerde kullanılması planlanmıştır.

6.6.5. CanBus

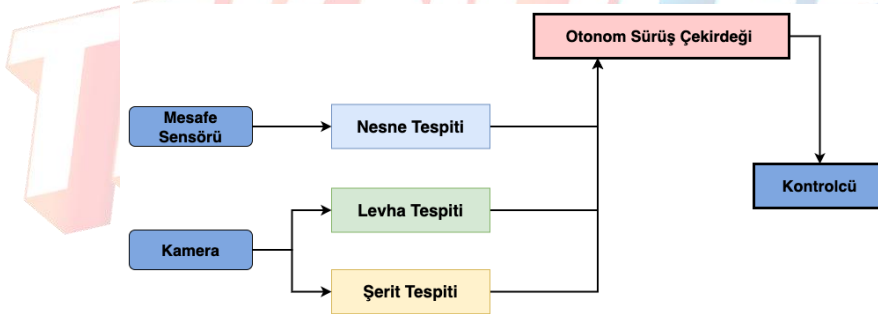
CANBus, “controller area network”ün kısaltmasıdır. CANBus sisteminde çalışan tüm modelleri sisteme bağlar. Böylelikle araçtaki bütün modüller beraber çalışır. Örneğin sıcaklık sensörü sıcaklık değişikliğiyle ilgili bir bilgi verdiği zaman sıcaklık bilgisi kullanan modüller bu bilgiyi kullanarak işlem yapar. CANBus haberleşme sistemi motor sürücümüzde kullanılıcaktır [36].

7. Otonom Sürüş Algoritmaları

İnsanoğlunun hayatını kolaylaştıran ve bu icatların üretimini hızlandıran teknolojinin hızla gelişmesi, birçok alana yansıdığı gibi otomotiv sektörüne de yansımıştır. Bilgisayarların gelişmesiyle fotoğraf ve video gibi medya olgularının işleme süresi oldukça kısalmıştır. Bu sayede otomotiv alanında yapılan yeniliklerden bazıları otonom araçlardır. Otonom araçlar herhangi bir sürücüye ihtiyaç duymadan kendi kararlarını verebilen, belirlenen rota üzerinde güvenli bir şekilde yol alan, trafik kurallarına ve işaretlerine uyan, makine öğrenmesi ve derin öğrenme algoritmaları kullanılarak yapay zekâ ile yönetilen araçlardır. Bu araçlarda sürücü bulunmadığı için sürücü kaynaklı mal ve can kayıplarının önüne geçilmesi hedeflenmiştir.

7.1. Otonom Sürüş Algoritmaları

- Nesne tespit sisteminden sonuçların alınması.
- Levha tespit sisteminden sonuçların alınması.
- Şerit tespit sisteminden sonuçların alınması.
- Uygun yolun bulunması için verilerin matrise işlenmesi.
- Matrise göre karar vererek kontrolcüye komut gönderilmesi.



Şekil 6.5 Otonom Sürüş Algoritması

Otonom sürüş teknolojisi 5 temel bileşenden oluşur: çevre algılama, yer belirleme ve haritalama, yol planlama, karar verme ve aracı kontrol etme [37].

Çevre algılaması sayesinde araç, yol çizgilerini, trafik işaretlerini, yoldaki engelleri ve durak noktalarını tanıyarak gerekli bilgiyi sürüş çekirdeğine gönderir. Yer belirleme ve haritalama, yol planlama ve karar verme otonom sürüş çekirdeğinde gerçekleştirilir ve kontrolcüye ilgili sinyalleri gönderir.

7.2. Kullanılacak Yazılım Bileşenleri

- Python
- OpenCv
- YOLO
- CUDA
- Scikit-Learn
- CNN
- BEV-Lanedet
- Lanelet
- Tensorflow

Python, nesne yönelimli, modüler ve etkileşimli yüksek seviyeli bir programlama dilidir [39]. Python dilindeki açık kaynaklı hazır kütüphanelerin kolay erişilebilirliği ve dilin anlaşılabilirliği sebebiyle, görüntü işleme ve donanımsal haberleşme alanlarında bu dilin kullanılması hedeflenmektedir

Trafik levhalarını tespit etmek ve konumu belirlemek OpenCv kütüphanesini kullanılması hedeflenmektedir. OpenCv kütüphanesi açık kaynaklı görüntü işleme ve yüz tanıma kütüphanesidir. İçerisinde yüz tanıma ile ilgili algoritmalar ve modüller barındırır. Yüz tanıma aşamalarını sıfırdan yazmak yerine OpenCv açık kaynaklı kütüphanesini kullanmak daha hızlı kodlama sağlar. Ayrıca sıfırdan kod yazmanın maliyeti ve başarı ihtimali de göz önünde bulundurulursa açık kaynak yazılım gönüllüleri tarafından sürekli geliştirilen OpenCv daha çok önem kazanmaktadır [40].

Bir diğer Python kütüphanesi olan YOLO trafik levhalarının tespiti için tercih edilmiştir. Derin sinir ağları alternatif seçenek olarak kullanılabilir fakat daha iyi performans genellikle daha büyük ağları eğitmeye veya birden çok modeli bir araya getirmeye bağlıdır. Ancak, YOLO ile hala hızlı olan daha doğru bir trafik işaretlerinin tespiti amaçlanmaktadır. Ağımızı büyütmek yerine ağı basitleştirmek temsili öğrenmeyi kolaylaştırmaktadır. YOLO'nun performansını iyileştirmek için geçmiş çalışmalardan çeşitli fikirleri kendi yeni konseptimiz ile bir araya getirmek hedeflenmektedir [41].

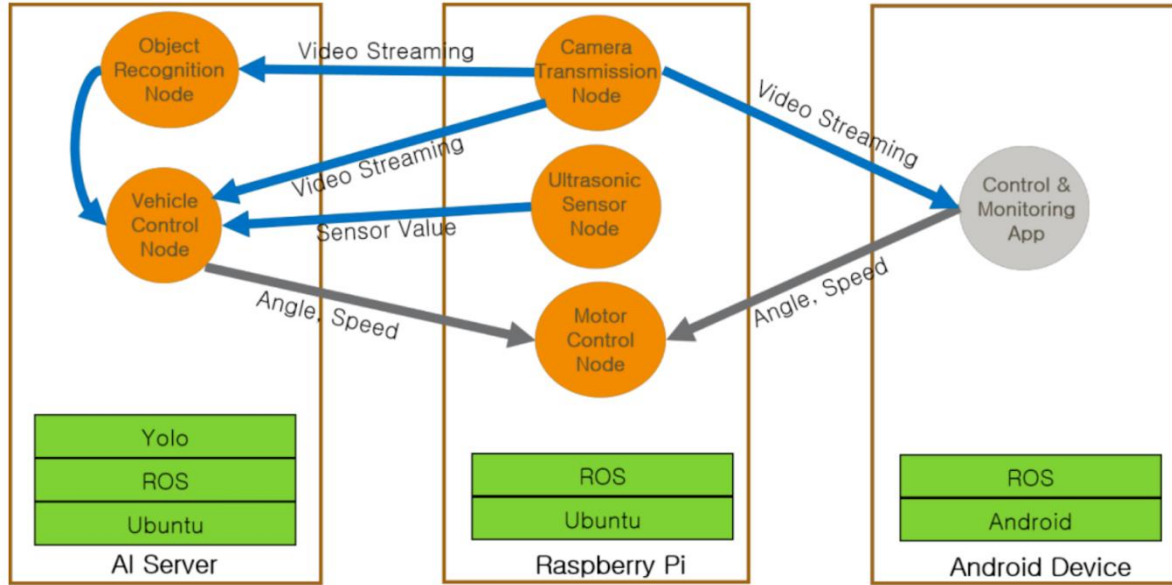
Scikit-learn kütüphanesi, Python'da tutarlı bir arayüz aracılığıyla bir dizi denetimli ve denetimsiz öğrenme algoritması sağlar. Basitleştirilmiş bir BSD lisansı altında lisanslanmıştır ve akademik ve ticari kullanımı teşvik eden birçok Linux dağıtımı altında dağıtılmaktadır [42].

Gün geçtikçe gelişim hızını daha da arttırarak büyüyen yapay zeka sayesinde makinelerin işlevleri daha da artmaktadır. NLP (Natural Language Processing) ile insan dilini, Speech Recognition ile sesleri tanımlayabilen makineler bilgisayarlı görme sayesinde insanlar gibi görerek nesneleri, yüzleri, hareketleri algılayabilmektedir. Resimleri, algılayabilen, sınıflandırabilen, yeniden yapılandırabilen derin öğrenmeli bilgisayarlı görme modellerinin vazgeçilmezi olan algoritma, CNN (Convolutional Neural Networks), bir diğer adıyla evrişimli sinir ağlarıdır [43].

Son zamanlarda, 3B şerit algılama, otonom sürüşte aktif olarak gelişen bir alan olmuştur. Dedektörümüzdeki kullanacağımız teknikler: (1) Sanal Kamera, monte edilen kameraların pozlarındaki farkı ortadan kaldırır. (2) Uzamsal Dönüşüm Piramidi, önden görünümünden kuş bakışına dönüştürerek şeritlerin tespitini kolaylaştırır. (3) YOLO Tarzı temsil etme kuş bakışı görüntünün çözünürlüğü ile çalışma zamanı hızı arasında iyi bir denge kurar ve şeritlerin aralıklı ve düz olmasından kaynaklanan sınıflandırma dengesizliğini ve verimsizliğini ortadan kaldırarak ağı eğitilmesine yardımcı olur. [44].

Tensorflow heterojen ortamlarda ve geniş ölçekte çalışan bir makine öğrenmesi sistemidir. Tensorflow bu işlemleri temsil etmek için veri akış graflarını kullanır. Veri akış graflarındaki düğümler, kümeler halinde bulunan CPU'lar, GPU'lar ve TPU'lara dağıtılır. Bu mimari geliştiricilere esneklik sağlar ve bunun sayesinde geliştiriciler algoritmaları daha kolay optimize edebilir ve eğitebilir.[45].

7.3. Yazılım Mimarisine Genel Bakış



Şekil 7.1 Yazılım Mimarisi Bağlantısı [46]

Bütün otonom sistemler AI sunucularında çalışır. Otonom sürüş fonksiyonları temel olarak sisteme bütününe uygulanmalıdır. Öncelikle şeritleri tanımalı ve mesafesini ayarlamalı, engel gördüğünde durmalı, trafik işaretlerine uygun hareket etmeli ve duraklarda gerektiği kadar beklemelidir.

Şerit tespiti ve takibi için genel olarak 3 durum ele alınmıştır: şeritlerin düz olduğu durum, şeritlerin hafif kavisli olduğu durum ve şeritlerin daha kavisli olduğu durum.

Park etme işlemi için, öncelikle park alanını tespit etmeli ve park edebileceği en uygun konumu bulmalıdır.

Şeritler, nesneler ve trafik işaretleri gibi otonom sürüş fonksiyonlarına etki edecek durumlar nesne tanımlama modeli ile kontrol edilir ve bu işlem YOLO algoritması ile daha kolay hale gelmiştir. YOLO algoritması tarafımızca birçok kez ele alınmış ve nerelerde kullanılabileceği araştırılmıştır.

Kullanılacak Android cihaz, arabanın test aşamasında kullanılacaktır. Şekilde bahsedilen kontrol mekanizmaları cihaza entegre edilmeyecek, sadece aracın sensör ve kamera verilerine hareket halindeyken erişebilmek için kullanılacaktır.

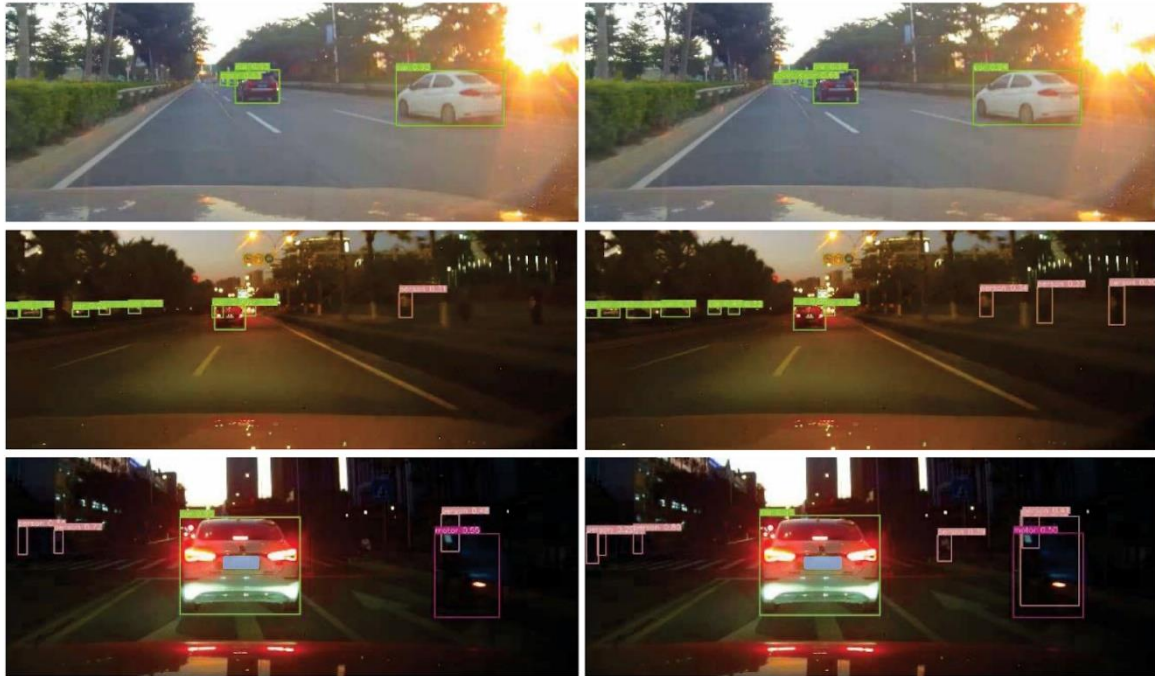
7.4. Nesnelerin Algılanması ve Sınıflandırılması

Nesnelerin sınıflandırılması yoldaki engelleri tespit etmek için kullanılacaktır.

7.4.1. Nesne Tespit Sisteminin Özeti

- Kameralar aracılığı ile görüntünün alınması.
- Mesafe sensörü verilerinin alınması.
- Görüntüden nesnelerin ayrılması.
- Nesnenin belirlenmesi.
- Belirlenen nesne ve aracın mesafesinin otonom sürüş çekirdeğine gönderilmesi.

Araçta bulunan mesafe sensörü verileri sayesinde yol üzerindeki ve çevredeki nesneler tanımlanabilir. Ayrıca kamera girdilerinde YOLOv5s kullanarak nesneler sınıflandırılabilir ve böylelikle tutarlılık ve doğruluk oranı artmış olur.



Şekil 7.2 solda YOLOv5s ve sağda YOLOv5s iyileştirilmiş versiyonu karşılaştırılmıştır.

7.4.2. Farklı Nesne Tanımlama Modellerinin Karşılaştırılması

Model	Yıl	Veri seti	Ortalama Hassasiyet	Saniye başına kare sayısı
R-CNN	2014	PASCAL VOC	%66	0.02
FAST R-CNN	2015	PASCAL VOC	%68.8	0.5
FASTER R-CNN	2016	COCO	%78.9	7

YOLOv1	2016	PASCAL VOC	%63.4	45
YOLOv2	2016	PASCAL VOC	%78.6	67
SSD	2016	PASCAL VOC	%74.3	59
RetinaNet	2018	COCO	%61.1	90
YOLOv3	2018	COCO	%44.3	95.2
YOLOv4	2020	COCO	%65.7	62
YOLOv5	2021	COCO	%56.4	140
YOLOR	2021	COCO	%74.3	30
YOLOX	2021	COCO	%51.2	57.8

Tablo 7.1 Farklı Nesne Tanımlama Modellerinin Karşılaştırılması

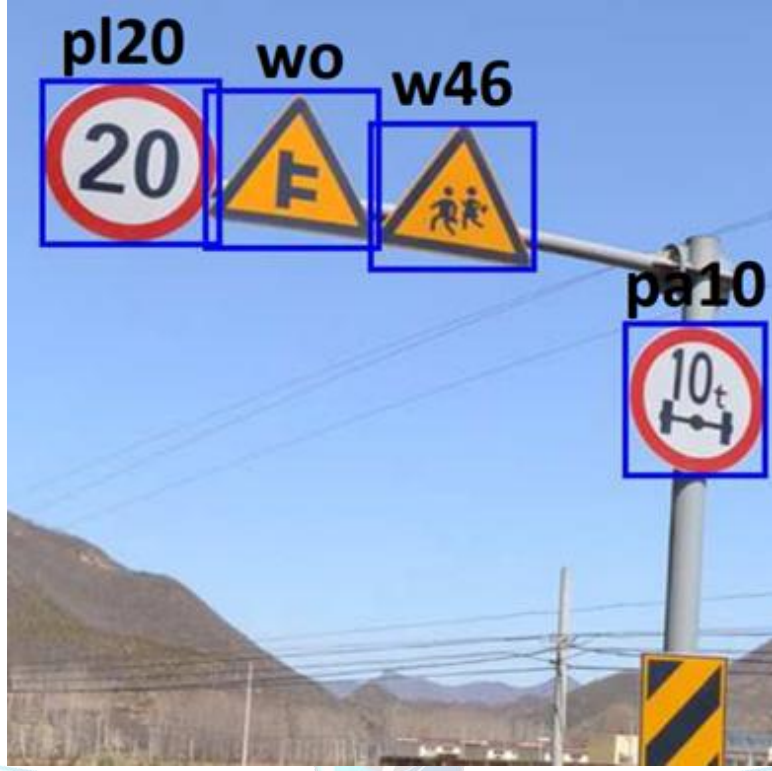
7.5. Trafik İşaretlerin Algılanması ve Sınıflandırılması

7.5.1. Trafik İşaretleri Tespit Sisteminin Özeti

- Kameralar aracılığı ile görüntünün alınması.
- Görüntünün tamamından trafik işaretlerinin ayıklanması.
- Trafik işaretinin kameraya olan açısının ayarlanması.
- Ayıklanan resimden trafik işaretinin belirlenmesi ve sınıflandırılması.
- Yapay zekâ modeli kullanarak sınıflandırılan resmin karar sistemine gönderilmesi.

7.5.2. Trafik İşaretlerinin Tespiti

Otonom araçlarda kullanılan yapay zekâ arabayı kontrol ederken birçok farklı veri kaynağından verileri almak ve kendi içerisinde işleyip bir sonuç çıkarmak zorundadır. Bu işlemin can ve mal kaybına sebep olmaması için anlık olarak işlenmesi gerekmektedir. Bu veri kaynaklarından bir tanesi de trafik işaretleridir. Trafik işaretlerin tespit edilmesi, anlık olarak işlenmesi ve sınıflandırılması otonom araçlar için hayati öneme sahiptir. Bu bağlamda trafik işaretlerini tespit etmek ve işlemek için sıklıkla kullanılan Python kütüphanelerini kullanacağız.



Şekil 7.3 Trafik Levhaları

Şekil 7.3’de kameradan anlık olarak alınıp, konumu ve sınırlarının belirlenmesi gösterilmiştir. Trafik işaretlerinin yerleri ve sınırları belirlendikten sonra işaretlerinin sınıflandırılması gerekmektedir. Sınıflandırma işlemi için yapay zekâ modeline görüntüler gönderilmekte ve sınıflandırılmaktadır.



Şekil 7.4 Trafik Levhasının Tanımlanması

Şekil 7.4’de görüldüğü üzere trafik işaretlerinin sınıflandırılmasının sonucu trafik işaretinin hangi sınıfa dahil olduğu yapay zekâ algoritması tarafından şeklin üstüne yazı formatında eklenmektedir.



Şekil 7.5 Model İçersinde Kullanılacak Levhalar

Sınıflandırılma işlemi yapılırken yapay zekâ modeli bütün dünyada ortak olan trafik işaretlerini baz alarak eğitilmiştir. Şekil 7.5’de yapay zeka tarafından algılanan bazı trafik işaretleri verilmiştir. Bu trafik işaretlerini yüksek doğrulukla algılanmaktadır. Bunlar dışında birçok tabela aynı şekilde algılanmakta ve sınıflandırılabilir.

7.6. Yol Şeritlerinin Algılanması ve Tespiti

Otonom bir aracın hareketini sağlayacak en önemli veri kaynaklarından bir tanesi de yol şeritleridir. Yol şeritlerinin tespit edilmesi, anlık olarak işlenmesi ve sınıflandırılması otonom araçlar için hayati öneme sahiptir. Aracın kamerasından anlık olarak alınan bir resim otonom sürüş çekirdeğine gönderilmelidir. Otonom sürüş çekirdeği alınan resmi işleyerek ve önceki resimlerle karşılaştırarak bir karar vermeli ve bunu kontrolcüyeye göndermelidir.

7.6.1. Şerit Tespit Sisteminin Özeti

- Kameralar aracılığı ile görüntünün alınması.
- Şeritlerin belirlenmesi.
- Belirlenen şeritlerin otonom sürüş çekirdeğine gönderilmesi.

7.6.2. Genelleştirilmiş Şerit Tespit Prosedürü [48]

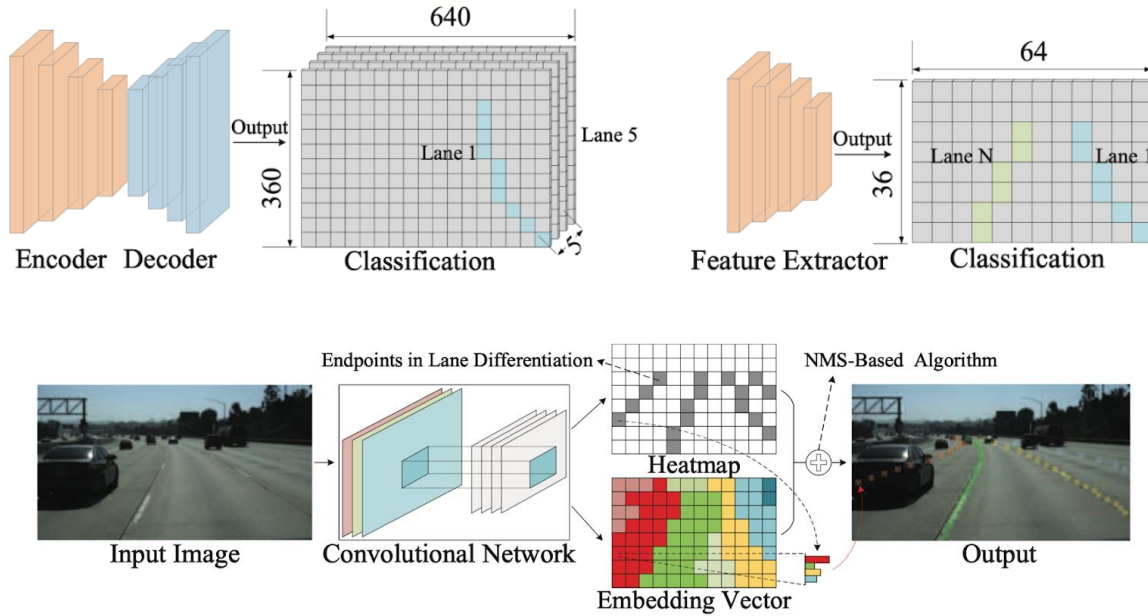
- A. Görüntü Ön İşleme
 - a) RGB resmi gri tonlamalı resme çevirme
 - b) Gürültü azaltma
 - c) ROI (ilgi bölgesi) belirleme
 - d) Kenarları belirleme
- B. Şerit Tespiti
 - a) Görüntü tabanlı
 - b) Makine öğrenmesi tabanlı
- C. Şerit Takibi

Bu yapı şeritleri tespit etmekte kullanılacak temel yöntemleri içermektedir.

7.6.3. CNN Tabanlı Farklılaşma Hesaplama Yöntemi

Diferansiyel kalkülüs teorisine dayanarak yüksek doğruluk ve gerçek zamanlı çalışma performansı göz önünde bulundurularak bir şerit tespit yöntemi önerilmiştir. Şekil -7.6 Solda geleneksel kullanılan yöntem sağda ise önerilen yöntemin gösterimi [49].

Aracımızda gömülü bir sistem bulunacağından kullanılacak algoritmanın çalışma zamanı önemlidir. Yazılım ekibi olarak hem çalışma zamanı açısından hem doğruluk ve verimlilik açısından CNN tabanlı bu yöntemin işimize yarayacağını düşünmekteyiz.



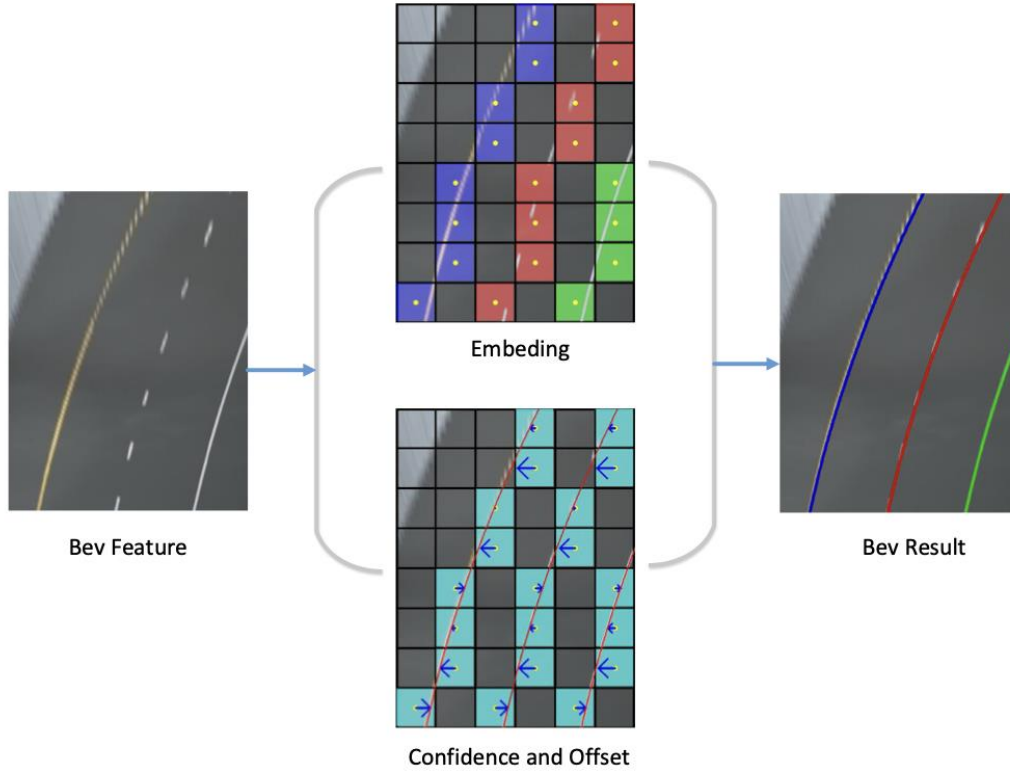
Şekil 7.6 Geleneksel Yöntem ile Önerilen Yöntemin Karşılaştırılması

Aşağıdaki tabloda farklı yöntemlerin karşılaştırılması verilmiştir. Çarpanın yüksek olması diğer yöntemlere kıyasla daha iyi olduğunu gösterir.

Yöntem	Doğruluk (%)	Çalışma süresi (ms)	Çarpan
Seg	92.84	50.5	2.6x
PolyLaneNet	93.36	8.9	15.0x
FastLaneDetection	96.06	5.9	22.6
SCNN	96.53	133.5	1.0x
SAD	96.64	13.4	10.0x
RES-18 - Önerilen	96.01	3.1	43.1x
RES-34 - Önerilen	96.46	5.7	23.4x
RES-50 - Önerilen	97.38	9.2	14.5x

Tablo 7.2 Farklı Yöntemlerin Karşılaştırılması (Yüksek Çarpan Daha İyi)

7.6.4. Kuş Bakışı Şerit Tespiti



Şekil 7.7 BEV-LaneDet

Alınan resimlerden kuş bakışı bir görüntü elde edebilmek için 3 boyut gerekmektedir. Fakat sanal kamera metodu ile bu dönüşümün mümkün olduğu araştırmalar sonucunda bulunmuştur [50].

7.7. Park Sisteminin Özeti

- Levha tespit sisteminden park işaretinin tanımlanması.
- Otonom sürüş çekirdeğinin uygun park alanına karar vermesi.
- Park çizgilerinin tespiti.
- Park alanına girilmesi ve aracın park edilmesi.

Park sistemi için ayrı bir alana gerek duyulmamıştır. Aracın diğer sistemlerinden elde edilen verilerle bu işlemin kolaylıkla halledilebileceğine karar verilmiştir.

8. Güvenlik Önlemleri

Test aşamasında ve yarışma sırasında olası tehlikeli durumlar için alınması gereken önlemler alınması gerekmektedir. Bu kısımda araç içerisinde alınması planlanan sistemler hakkında bilgi verilecektir..

8.1. Acil Stop Butonu

Batarya ile araçtaki güç devrelerinin arasındaki ana akım koluna seri bağlanarak butona basıldığı zaman ana akım kolundaki elektriği kesmek için kullanılacaktır. Aracın arkasına konumlandırılmış olup oluşabilecek herhangi bir sorunda müdahale etmek amacıyla bu buton kullanılarak aracın güvenliği sağlanacaktır.

8.2. Uzaktan Acil Müdahale Sistemi

Ana akım koluna seri, acil stop butonuna paralel bir wifi modülü bağlayarak, acil stop butonu gibi fiziksel müdahale sistemlerine erişemediğimiz durumlarda wifi modülüne uzaktan acil durdurma komutu göndererek wifi modülü tetiklenecek ve aracın ana gücü kesilecektir.

8.3. Ani Fren Algoritmaları

Yolda karşımıza çıkabilecek herhangi bir engel durumunda araçta kullanılan kamera, Lidar sensörleri ve ultrasonik sensörler tarafından yollanan komutlar işlenerek aracın motor akımını keserek ve arka frenlerdeki lineer aktüatörleri aktif ederek acil fren yapmasını sağlanacaktır.

8.4. Batarya Yönetim Sistemi

Bataryayı daha sağlıklı ve verimli kullanmak için yönetim sistemi tasarlanacaktır. Bu sistem batarya pakedinin şarj/deşarj akımını, hücrelerin gerilimini ve sıcaklığını ortam şartları ile değerlendirmektedir. Bu derleme bize daha sağlıklı bir şekilde pil ömrünü koruyacak avantajlar sağlayacaktır. Batarya Yönetim Sistemindeki sıcaklık sensörleri sayesinde bataryanın anlık sıcaklık bilgisi elde edilecektir. Olası bir sorunda batarya batarya yönetim sistemi bize uyarı vermekte olup uzaktan kontrol yardımıyla motora acil stop yaptırabilecek ve aracın elektrik sistemi ile batarya arasındaki güç kesilebilecektir.

8.5. Batarya İçi Güvenlik

Batarya içinde bulunan aşırı akım kesici sigorta herhangi bir kısa devre durumunda veya yüksek akım durumunda devreye girmekte olup bataryanın gücünü kesmektedir. Aşırı sıcaklık durumunda ise sıcaklık sensörü yardımıyla alınan bilgi ile bataryanın fan sistemleri devreye girecektir. Fan çalışmasına rağmen bataryada oluşan sıcaklık normal düzeye düşmediği durumda ise akım yolları açık devre haline getirilecek aynı durumda bataryanın gücü kesilecektir.

8.6. Kablaj

Kabloların taşıyacakları akım miktarları önceden hesaplanarak kablo kalınlıkları hesaplar doğrultusunda belirlenecektir. Kablolama işlemlerinde her kablo alakalı olduğu birimle etiketlenecektir. (Örneğin: Arduino pin 7, Motor sürücü pin 1). Güç kablolarında artı hatlarında kırmızı kablo, eksi hatlarında ise siyah kablo kullanılacaktır. Kablo bağlantılarına konektör bağlanarak olası kısa devreler önlenecektir. Yüksek akım çıkışlarına olası elektrik atlamaları için epoksi yapıştırıcısı sayesinde yalıtkanlık daha güvenli bir şekilde sağlanacaktır. Aracın alt tabanı yalıtkan malzemeler ile kaplanarak şase üzerinden akabilecek kaçak akım önlenecektir.

8.7. Batarya Koruma

Orta bölümde olan bataryalarda koruma kabı kullanılmıştır. Koruma kabı ısı, sıvı geçirmez özelliktedir. Bunun sayesinde bataryalarımız aşırı ısınmadan, sıvı temasından korunur.

9. Referanslar

- [1]. <https://www.google.com/url?q=https://teknocak.com/dunden-bugune-otonom-araclarin-kisa-tarihi/111&sa=D&source=docs&ust=1670238582753180&usg=AOvVaw10vUSygtogPi3o84yT3JEx>
- [2]. <https://tr.wikipedia.org/wiki/Karoser&sa=D&source=docs&ust=1670238582708711&usg=AOvVaw2aesj82VF-UxquGziTm7LX>
- [3]. <https://www.arabam.com/blog/danisman/karoser-nedir-karoser-cesitleri-nelerdir/>
- [4]. <https://www.yolda.com/blog/karoser-nedir-cesitleri-nelerdir/>
- [5]. <https://www.mazdagaraj.com/konular/karoser-nedir-ozellikleri-ve-cesitleri-nelerdir.8134/>
- [6]. <https://tr.wikipedia.org/wiki/Minivan>
- [7]. <https://erlas.com.tr/fiberglass-endustriyel-urun-imalati/neden-fiberglass#:~:text=Cam%20elyaf%C4%B1%20olduk%C3%A7a%20sa%C4%9Flam%2C%20yanmaz,yap%C4%B1s%C4%B1yla%20dayan%C4%B1kl%C4%B1l%C4%B1%C4%9F%C4%B1n%C4%B1%20daha%20da%20geli%C5%9Ftirmektedir>
- [8]. <https://erlas.com.tr/fiberglass-endustriyel-urun-imalati/fiberglass-nedir>
- [9]. <https://egezegen.com/teknoloji/karbon-fiber-nedir-ozellikleri-nedir/>
- [10]. <https://tr.wikipedia.org/wiki/Al%25C3%25BCminyum%23:~:text%3DKolayl%25C4%25B1k%2520d%25C3%25B6v%25C3%25BClebilir%252C%2520makinede%2520i%25C5%259Flenebilir%2520ve,ise%25202519%2520%25C2%25B0C%27dir&sa=D&source=docs&ust=1670238582729968&usg=AOvVaw2JaFU7Dn4EmYq12kNxwsm5>

- [11] <https://www.sistemat.com/aluminyumun-ozellikleri-nelerdir/&sa=D&source=docs&ust=1670238582744535&usg=AOvVaw2rurc5kSA-GkfVJBZm8Zg8>
- [12] <https://www.autonews.com/article/20170626/OEM01/170629864/body-on-frame-vs-unibody-pros-and-cons#:~:text=Throughout%20the%201930s%20and%201940s,among%20its%20truck%20Dbased%20contemporaries>
- [13] <https://tr.wikipedia.org/wiki/%C5%9Easi>
- [14] <https://www.otomobilcim.com/merdiven-tipi-paralel-kollukirisli-sasiler-hangi-araclarda-kullanilir-neden/>
- [15] <https://bilgihanem.com/sasi-nedir/>
- [16] <https://tr.wikipedia.org/wiki/%C5%9Easi#:~:text=Tek%20kollu%20platform%20tipi%20%C5%9Fasi,motor%20elemanlar%C4%B1n%C4%B1%20ta%C5%9F%C4%B1mak%20i%C3%A7in%20tasarlan%C4%B1r>
- [17]. https://www.ntnglobal.com/en/news/new_products/news201100028.html
- [18]. <https://autonom.com.tr/steer-by-wire-nedir-hangi-araclarda-kullanilir/>
- [19]. <https://www.bridlevehicleleasing.co.uk/blog/what-is-steer-by-wire-technology#:~:text=In%20a%20traditional%20steering%20system,to%20the%20car%27s%20steering%20gear>
- [20]. [https://otomobilt teknoloji.blogspot.com/2017/03/direksiyon-disli-kutusu-cesitleri-gorevleri-arizalari.html#:~:text=a\)%20Pinyon%20Kremayer%20Tip%20Direksiyon%20Di%C5%9Fli%20Kutusu&text=G%C3%BCn%C3%BCm%C3%BCzde%20bu%20di%C5%9Fli%20kutusuna%20hidrolik,ve%20miktar%C4%B1%20azalt%C4%B1larak%20tekerleklerle%20iletilir](https://otomobilt teknoloji.blogspot.com/2017/03/direksiyon-disli-kutusu-cesitleri-gorevleri-arizalari.html#:~:text=a)%20Pinyon%20Kremayer%20Tip%20Direksiyon%20Di%C5%9Fli%20Kutusu&text=G%C3%BCn%C3%BCm%C3%BCzde%20bu%20di%C5%9Fli%20kutusuna%20hidrolik,ve%20miktar%C4%B1%20azalt%C4%B1larak%20tekerleklerle%20iletilir)
- [21] Yerlikaya S. A., Kontrol Sistemleri, Gaziantep Üniversitesi Gaziantep
- [22] Gökten A. G., Güney A., Ereke M., 1995. Taşıt Frenleri, İTÜ, İstanbul.
- [23] <https://www.nxp.com/>
- [24] <http://www.basakticaret.com/lastikler-konusunda-teknik-bilgiler/>
- [25] <https://www.incitas.com.tr/bilgi-merkezi/blog/jant-nedir-jant-cesitleri-nelerdir#:~:text=Lasti%C4%9Fin%20i%C3%A7%20taraf%C4%B1na%20yerle%C5%9Ftirilen%20ve,olan%20par%C3%A7aya%20jant%20ad%C4%B1%20verilir>
- [26] <https://akademi.robolinkmarket.com/sensorler-sensor-nedir-sensor-cesitleri/>
- [27] <https://www.stereolabs.com/zed-2/>
- [28] <https://market.samm.com/raspberry-pi-hq-camera-en>
- [29] <https://market.samm.com/arduino-mega-2560-rev3-orijinal>
- [30] <https://www.automate.org/blogs/what-is-a-brushless-dc-motor-and-how-does-it-work>
- [31] <https://devreyakan.com/esp32-gelistirme-kartlari-ve-kiyaslamasi/>
- [32] <https://www.direnc.net/esp-32-lora-gelistirme-karti-wifi-kiti-096-inch-oled-ekranli>
- [33] https://www.direnc.net/arduino-gsm-gps-gprs-modulu?gclid=CjwKCAiAp7GcBhA0EiwA9U0mtklFnUY5wo1iyId4CBO0MN3hlxtO9Q-tiBtIz3lejFAjsnQPfXUMPxoCjqYQAvD_BwE
- [34] <https://www.robocombo.com/blog/icerik/i2c-haberlesme-protokolu-nedir-arduino-ile-nasil-calisir>
- [35] <https://nitroibilisim.com.tr/tr/can-bus-sistemi-nedir>
- [36] <https://devreyakan.com/veri-yolu-bus-nedir/>
- [37] "Autonomous vehicle perception: The technology of today and tomorrow," Transportation Research Part C: Emerging Technologies, vol. 89, pp. 384-406, 2018.
- [39] <https://docs.python.org/3/faq/general.html>
- [40] TOMBAK, Muhammed Emin. Python ve OpenCv ile yüz tanıma ve otomatik Blur uygulaması. 2019. Master's Thesis. Kırıkkale Üniversitesi.

- [41] J. Redmon and A. Farhadi, "YOLO9000: Better, Faster, Stronger," 2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2017, pp. 6517-6525, doi: 10.1109/CVPR.2017.690.
- [42] <https://www.datascienceearth.com/yapay-zeka-makine-ogrenmesi-derin-ogrenme-scikit-learn/>
- [43] <https://teknoloji.org/cnn-convolutional-neural-networks-nedir/>
- [44] Ruihao Wang, Jian Qin, Kaiying Li, Dong Cao, "BEV-LaneDet: Fast Lane Detection on BEV Ground," arXiv:2210.06006 [cs.CV]
- [45] Abadi, Martín & Barham, Paul & Chen, Jianmin & Chen, Zhifeng & Davis, Andy & Dean, Jeffrey & Devin, Matthieu & Ghemawat, Sanjay & Irving, Geoffrey & Isard, Michael & Kudlur, Manjunath & Levenberg, Josh & Monga, Rajat & Moore, Sherry & Murray, Derek & Steiner, Benoit & Tucker, Paul & Vasudevan, Vijay & Warden, Pete & Zhang, Xiaoqiang. (2016). TensorFlow: A system for large-scale machine learning.
- [46] Hwang, K., Jung, I., & Lee, J.M. (2022). Implementation of Autonomous Driving on RC-CAR with Raspberry PI and AI Server. Webology.
- [47] X. Bi, H. Gao, H. Chen, P. Wang and C. Ma, "Evaluating the Robustness of Object Detection in Autonomous Driving System," 2022 9th International Conference on Dependable Systems and Their Applications (DSA), 2022, pp. 645-649, doi: 10.1109/DSA56465.2022.00092.
- [48] N. B. Chetan, J. Gong, H. Zhou, D. Bi, J. Lan and L. Qie, "An Overview of Recent Progress of Lane Detection for Autonomous Driving," 2019 6th International Conference on Dependable Systems and Their Applications (DSA), 2020, pp. 341-346, doi: 10.1109/DSA.2019.00052.
- [49] X. Zhou, J. Zhan and W. Jiang, "Work-in-Progress: Achieving Fast Lane Detection of Autonomous Driving by CNN Based Differentiation," 2021 International Conference on Hardware/Software Codesign and System Synthesis (CODES+ISSS), 2021, pp. 21-22.
- [50] arXiv:2210.06006 [cs.CV]

