

T.C.
ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



İNSANSIZ KARA ARACI KONTROL SİSTEMİNİN
TASARIMI VE İMALATI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

NURULLAH COŞKUN

BOLU, AĞUSTOS - 2016

T.C.
ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI



İNSANSIZ KARA ARACI KONTROL SİSTEMİNİN
TASARIMI VE İMALATI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

NURULLAH COŞKUN

BOLU, AĞUSTOS - 2016

KABUL VE ONAY SAYFASI

Nurullah Coşkun tarafından hazırlanan “İnsansız Kara Aracının Kontrol Sisteminin Tasarımı ve İmalatı” adlı tez çalışması 08.08.2016 tarihinde Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Danışman
Prof. Dr. Ali Naci ÇELİK

İkinci Danışman
Yrd. Doç. Dr. Seyit Rıza TİĞREK

Üye
Doç. Dr. Yahya ATUNPAK

Üye
Doç. Dr. Gürcan YILDIRIM

Üye
Yrd. Doç. Dr. Turan ŞİŞMAN

İmza



Prof. Dr. Duran KARAKAŞ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



Aileme,

ETİK BEYAN

Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.



Nurullah COŞKUN

ÖZET

**İNSANSIZ KARA ARACI KONTROL SİSTEMİNİN TASARIMI VE
İMALATI
YÜKSEK LİSANS TEZİ
NURULLAH COŞKUN
ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. ALİ NACİ ÇELİK)
(İKİNCİ DANIŞMAN: YRD. DOÇ. DR. SEYİT RIZA TİĞREK)
BOLU, AĞUSTOS - 2016**

İnsansız kara araçları (İKA) otonom ya da yarı otonom şekilde uzaktan kontrol edilebilir şekilde tasarlanan kara araçlarıdır. İKA'lar askeri ve sivil görevleri yerine getirmek için tasarlanmaktadır. İKA'ların savunma, istihbarat, keşif, gözetleme gibi askeri amaçlar; maden tarama, arama kurtarma, lojistik taşıma gibi sivil anlamda kullanımı mevcuttur.

İnsansız kara araçları konusunda araştırmaların yoğunlaşmasındaki amaç insan kaynaklı hataları önlemek ya da insan kayıplarını azaltmaktır. Bu tez kapsamında ATV (All Terrain Vehicle) kontrol sistemi parametreleri olan direksiyon, fren, vites ve gaz sistemi üzerinde modifiye yapılarak, RF sinyalleri ile uzaktan kumanda edilebilir hale getirilmiştir. Kontrol sisteminde aracın üzerine Raspberry Pi kullanılmıştır. Kumanda sinyalleri ve araç üzerindeki sensörlerden gelen datalar ile algoritma dâhilinde araç Raspberry Pi tarafından kontrol edilebilir hale getirilmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: İnsansız Kara Aracı, Uzaktan Kontrol, İnsansız Kara Aracı Kontrol Sistemi Tasarımı, Raspberry Pi.

ABSTRACT

DESING AND MANUFACTURING OF CONTROL SYSTEM FOR UNMANNED GROUND VEHICLE

MSC THESIS

NURULLAH COŞKUN

**ABANT IZZET BAYSAL UNIVERSITY GRADUATE SCHOOL OF
NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING

(SUPERVISOR: PROF. DR. ALİ NACİ ÇELİK)

(CO-SUPERVISOR: YRD. DOÇ. DR. SEYİT RIZA TİĞREK)

BOLU, AUGUST 2016

Unmanned Ground Vehicles (UGVs) are defined as the ground vehicles which are remotely RF controlled, either by human or autonomously. UGVs are designed to accomplish military or civilian missions. UGVs are used in military missions such as observation, defense, intelligence, reconnaissance, etc. and in civilian missions such as logistics, search and rescue, civilian oversight and mineral exploration.

The aim of UGVs is to accomplish the given job without harming people. This thesis presents the modification of an RF controlled All Terrain Vehicle (ATV) in terms of its control systems and mechanisms. The Steering wheel, brakes, gear and gas are all modified to control the direction, speed and torque of the vehicle. For the purpose of aforementioned control, there placed a Raspberry Pi on the ATV. ATV control through Raspberry Pi is designed to accomplish the given job sent by operator while taking into account the impact data coming from the surrounding area.

KEYWORDS: Unmanned Ground Vehicles, Modelling Unmanned Ground Vehicles Control System, Remote Control, Raspberry Pi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ	xii
TEŞEKKÜR	xiii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Robotik Tarihi	3
1.2 Robotların Sivil ve Askeri Kullanımı.....	3
1.3 Tez Kapsamı	4
1.4 Tez Düzeni	5
2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI.....	6
2.1 İnsansız Kara Aracı Tasarımı	6
2.1.1 İnsansız Kara Araçları	6
3. İNSANSIZ KARA ARACININ MODELLENMESİ VE	
GELİŞTİRİLMESİ.....	20
3.1 Giriş	20
3.2 Araç Özellikleri ve Gövde Dizaynı	20
3.2.1 Araç Motor Matematiksel Modellemesi	24
3.3 Direksiyon Sistemi Tasarımı	28
3.3.1 Direksiyon Kinematiği.....	31
3.4 Direksiyon Kontrol Sistemi.....	32
3.5 Fren Sistemi.....	34
3.6 Fren Sistemi Kontrolü	38
3.7 Vites Sistemi.....	40
3.8 Vites Sisteminin Kontrolü	43
3.8.1 Diferansiyel.....	47
3.8.2 Tekerlekler	48
3.9 Gaz Sistemi.....	49

3.9.1	Araç Hız Denetim Sistemi ve Elemanlarının Yapısı	49
3.9.2	Karbüratör Prensibi	51
3.10	Gaz Sistemi Kontrolü	54
3.10.1	Araç Hız Denetim ve Kontrol Sisteminin Modellenmesi	54
3.11	Güç Sistemi	60
3.12	Kontrol Elemanı (Mikroişlemci)	64
3.13	Kontrol (Denetleme) Yöntemleri	68
3.13.1	Açık Döngü Kontrol (Denetim) Yöntemi	68
3.13.2	Kapalı Döngü Kontrol (Denetleme) Yöntemi	69
3.13.3	Gerilim Düzenleyici – Bölücü	71
3.14	Çevre Algılama Sensör	72
3.14.1	Pasif Algılama Sensörü	73
3.14.2	Aktif Algılama Sensörü	73
3.14.2.1	Euler Açıları	76
4.	İNSANSIZ KARA ARACI UZAKTAN KONTROLÜ	78
4.1	Otonom İnsansız Kara Aracı	78
4.2	Uzaktan Kontrollü İnsansız Kara Aracı	79
4.2.1	Kablosuz Haberleşme Protokolleri	79
4.2.1.1	Kablosuz İletişim Teknolojileri	79
4.2.1.1.1	WIFI (Wireless Fidelity) / IEEE 802.11 Teknolojisi	79
4.2.1.1.2	IrDA (IrDA (Infrared Data Association) teknolojisi	80
4.2.1.1.3	Bluetooth (WPAN) (Wireless Personel Area Network) Teknolojisi	80
4.2.1.1.4	Home RF Teknolojisi	81
4.2.1.1.5	DECT (Digital European Cordless Telecommunication) Teknolojisi	82
4.2.1.1.6	WIMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access)	82
4.2.1.2	Kablosuz İletişim ve RF Kontrolü	83
5.	TASARLANAN MEKANİZMALARIN DENEYSEL DOĞRULANMASI. 92	
6.	SONUÇ	101
7.	KAYNAKLAR	103
8.	EKLER	106
9.	ÖZGEÇMİŞ	108

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1. CyberScout Tasarlanmış İnsansız Kara Aracı	7
Şekil 2.2. CyberScout, orjinal ATV aracı	8
Şekil 2.3. AMOR, İnsansız kara aracı.....	9
Şekil 2.4. AMOR, orijinal ATV aracı	10
Şekil 2.5. DARPA, Volkswagen Touareg R5 (İKA).....	10
Şekil 2.6. DARPA, Jeep Grand Cherokee (İKA).....	11
Şekil 2.7. “Spirit” İnsansız Kara Aracı	12
Şekil 2.8. JackBot İKA aracı (Yeager, 2005).....	13
Şekil 2.9. JackBot Kawasaki Orijinal araç (Kawasaki KFX700)	13
Şekil 2.10. USAF, İnsansız Kara Aracı (Caroll vd., 2004).....	14
Şekil 2.11. USAF, İKA operatör kontrol odası (ROCC).	15
Şekil 2.12. İZCİ, Aselsan tarafından geliştirilen İKA.....	16
Şekil 2.13. NREC ürettiği ilk jenerasyon İKA.....	17
Şekil 2.14. NREC ürettiği ikinci jenerasyon İKA.....	17
Şekil 3.1. Projede kullanılan orijinal ATV	21
Şekil 3.2. Modifiye edilerek kontrol edilebilir hale getirilmiş İKA.....	23
Şekil 3.3. Direksiyon kayar mekanizması vidalı mil	28
Şekil 3.4. Araç Direksiyon hareket mekanizması	29
Şekil 3.5. Direksiyon dönüş yarıçapı ve açısı	31
Şekil 3.6. İnsansız kara aracı direksiyon açısının kontrol diyagramı.....	33
Şekil 3.7. İnsansız kara aracı hidrolik fren sisteminin kısımları.....	35
Şekil 3.8. Fren mekanizması 3D üretim için Solidworks çizimi.....	36
Şekil 3.9. İnsansız kara aracında kullanılan 3D Printer da üretilmiş fren mek.....	38
Şekil 3.10. İnsansız Kara Aracı frenleme blok diyagramı	39
Şekil 3.11. İnsansız Kara Aracı vites konumları gösterimi.....	42
Şekil 3.12. İnsansız Kara Aracı vites geçişini sağlayan mekanizma tasarımı.....	44
Şekil 3.13. İnsansız Kara Aracı vites sistemi blok diyagramı.....	45
Şekil 3.14. Araç vitesleri arasındaki açısal bağıntı	46
Şekil 3.15. Gücün tekerleklerle aktarımını sağlayan zincir sistemi.	48
Şekil 3.16. Güç aktarma sistemleri (motor-vites-diferansiyel) ve tekerlek	48
Şekil 3.17. İnsansız Kara Aracı hız sistemi blok diyagramı	50
Şekil 3.18. Motor emme kanalı kesit daraltılarak basıncın düşürülmesi	52
Şekil 3.19. ATV aracının hava-yakıt karışımını sağlayan karbüratörü.....	53
Şekil 3.20. Araç hız denetimi blok diyagramı.....	55
Şekil 3.21. İnsansız Kara Aracını gaz sistemi kontrol mekanizması 3D tasarımı	56
Şekil 3.22. İnsansız Kara Aracını gaz mekanizması	56
Şekil 3.23. ATV aracın çalışma sisteminde kullanılan 12V 9Ah kuru akü	61
Şekil 3.24. Kontrol sistemi ve mekanizmaların çalışmasında kullanılan 12V 12Ah kuru akü.....	61
Şekil 3.25. Kontrol sistemi ve mekanizma motorlarının çalışmasında kullanılan akülerin bağlantı şekli.	62
Şekil 3.26. 12V’dan – 24V’a dönüştürücü.....	63
Şekil 3.27. 12V’dan – 5V’a dönüştürücü.....	63
Şekil 3.28. 5V’dan – 3.3V’a dönüştürücü.....	63

Şekil 3.29. Raspberry Pi Model B+ İnsansız Kara Aracımızda kullanılan mini bilgisayar	65
Şekil 3.30. Step motor sürücü devresi bağlantısı	67
Şekil 3.31. Açık döngü kontrol yöntemi blok diyagramı	68
Şekil 3.32. Açık döngü kontrol sistemi motor denetim benzetimi.....	68
Şekil 3.33. Kapalı Döngü Kontrol yöntemi blok diyagramı	69
Şekil 3.34. Kapalı Döngü Kontrol yöntemi motor denetimi benzetimi	69
Şekil 3.35. İndüktif sensör ve bağlantısı	70
Şekil 3.36. Voltaj bölücü devre.....	71
Şekil 3.37. 7805 entegre sabit 5V çıkış devresi	72
Şekil 3.38. Sensör sınıflandırması.....	73
Şekil 3.39. İnsansız Kara Aracında kullanılan ultrasound sensör çalışması.....	75
Şekil 3.40. Euler açılarının kordinant sistemindeki yeri	76
Şekil 4.1. Radyo dalgalarının elektromanyetik spektrumdaki frekans dağılımı....	83
Şekil 4.2. İnsansız Kara Aracı uzaktan kontrol ünitesi operatör kontrol kısmı	85
Şekil 4.3. İnsansız Kara Aracı uzaktan kontrol ünitesi alıcı kısmı	85
Şekil 4.4. PWM kavramlarından olan Duty Cycle dalga üzerinde gösterimi ...	86
Şekil 4.5. PWM kavramlarından aynı duty cycle'a sahip frekans	86
Şekil 4.6. İKA kontrol kumandasının minimum seviyede tutularak oluşturulan kare dalganın duty cycle oranı (Osiloskop görüntüsü).....	87
Şekil 4.7. İKA kontrol kumandasının nötr seviyede tutularak oluşturulan kare dalganın duty cycle oranı (Osiloskop görüntüsü)	88
Şekil 4.8. İKA kontrol kumandasının maksimum seviyede tutularak oluşturulan kare dalganın duty cycle oranı (Osiloskop görüntüsü).....	88
Şekil 4.9. İKA kumanda kanallarının konumları	90
Şekil 4.10. RF kumanda ve alıcı direk çalışan motorlar bağlantı şekli.....	91
Şekil 4.11. RF kumanda ve alıcı uyumsuz yüksek voltaj ve torklu motorlarda mikro kontrollür gerektiren bağlantı şekli.....	91
Şekil 5.1. Gaz teli çekilme uzunluğu – araç motor devri arasındaki ilişkisi.....	92
Şekil 5.2. Gaz teli çekilme uzunluğu – step motor adım ilişkisi.....	93
Şekil 5.3. Araç gaz telinin çekilme durumuna göre artan-azalan konum araç hızı	95
Şekil 5.4. Araç gaz sistemi aralıklı artış %5	96
Şekil 5.5. Araç gaz sistemi aralıklı artış %10	97
Şekil 5.6. Araç gaz sistemi aralıklı artış %20	98
Şekil 5.7. Direksiyon step motor adımı – açılı ilişkisi	99

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1. ATV modifiyesinde, sistemlerde kullanılan motorlar ve kontrol sistemleri. ...	19
Çizelge 3.1. İnsansı Kara Aracı projesinde kullanılan ATV aracının özellikler	22
Çizelge 3.2. 23H276-30-4A tipi servo motor hız-tork grafiği.....	30
Çizelge 3.3. Mekanizmalarda kullanılan 42BYGHM809 step motoru özellikleri	37
Çizelge 3.4. Hız denetim sistemi sıfır konum tekrarlı deney sonucu.....	57
Çizelge 3.5. Hız denetim sistemi mekanizması çalışma hassasiyeti tekrarlı deney sonuçları.....	58
Çizelge 3.6. Hız denetim sistemi mekanizması tepki süresi hassasiyeti ölçümü tekrarlı deney sonuçları.	59
Çizelge 3.7. İnsansız Kara Aracında kullanılan mini bilgisayar	65
Çizelge 3.8. Step motor hassasiyet bilgisi.....	67
Çizelge 4.1. İKA, RF kumanda kol durumlarının EK-A programı üzerinden Raspberry pi aracılığıyla algılanması süreklilik deney sonuçları...	89

KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ

İKA	: İnsansız Kara Aracı
UGV	: Unmanned Ground Vehicle (İnsansız Kara Aracı)
DARPA	: Defense Advanced Research Projects Agency (İleri Savunma Projeleri)
GPS	: Global Positioning System (Küresel Konum Sistemi)
NASA	: Amerikan Ulusal Havacılık Uzay Dairesi
AAAI	: Amerikan Yapay Zekâ Derneği
FCS	: Gelecek Savaş Sistemleri
İHA	: İnsansız Hava Aracı
ATV	: All-Terrain Vehicle
LIDAR	: Light Detection And Ranging (Işıma ile Uzaklık Tespiti)
1D / 2D / 3D	: 1 Dimension (1 Boyutlu) / 2 Dimension (2 Boyutlu) / 3 Dimension (3 Boyutlu)
WIFI	: Wireless Fidelity
IrDA	: Infrared Data Association
WPAN	: Wireless Personal Area Network
DECT	: Digital European Cordless Telecommunication
RF	: Radio Frequency
WIMAX	: Worldwide Interoperability for Microwave Access
PWM	: Pulse Width Modulation

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam sırasında desteklerini esirgemeyen herkese teşekkürü bir borç bilirim.

Tez danışmanım Prof. Dr. Ali Naci ÇELİK'e araştırmam boyunca gösterdikleri anlayışlı tutumundan dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamın her aşamasında emeği olan ikinci tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Seyit Rıza TİĞREK'e her zaman yanımda olması ve desteklerinden dolayı en derin saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışma dönemim boyunca yanımda olan aynı dönemde tez çalışması yürüttüğümüz arkadaşım Ferhat SEZEN'e ve robotik lab.' da çalışan arkadaşlara teşekkür ederim.

Hayatım boyunca her konuda beni destekleyip maddi ve manevi karşılıksız özverilerini sunan babam Hüseyin COŞKUN ve annem Havva COŞKUN'a, bu çalışmanın her aşamasında, uzakta bulunsa da yanımda olan Merve HOTAN'a şükranlarımı sunarım.

Nurullah COŞKUN

1. GİRİŞ

İnsansız araçları, sivil ve askeri uygulamalarda verilen görevi yerine getirmede uzaktan kontrol edilebilen ya da otonom şekilde, görev tanımını aldıktan sonra kendi başına hareket edip görev tamamlayan araçlar olarak tanımlayabiliriz. İnsansız araçlar; kara, hava, su (su altı veya su üstü) şeklinde tüm çevre koşullarında görev yapma alanına göre isimlendirilir. Bu araçlar askeri anlamda; keşif, istihbarat, savunma, gözetleme, çevre ve sınır güvenliği, şüpheli olarak bildirilen cismin tespiti, teşhisi ve imhası sivil anlamda; orman veya mera gibi gözetlenmesi, arama ve kurtarma, afet durumlarında arama ve kurtarma, maden tarama ve bölgelerinin incelenmesi, sivil lojistik, tarım, acil sivil destek gibi görevler de kullanılabilir (Şirin, 2009).

Araçlar, görev esnasında araç üzerinde bulunan algılayıcılar tarafından algılanan bilgilerin komuta merkezine aktararak komuta merkezindeki operatörün insansız araca verdiği görev kapsamında ihtiyaç duyulan; keşif veya gözetleme amacıyla alınan görüntüler, aracın bulunduğu çevredeki engeller, haritalama veya çevrenin fiziki koşulları hakkında bilgiler yarı otonom sistemlerde aracın operatör tarafından kullanılması gelen bu bilgiler dâhilinde yapılmaktadır (Şirin, 2009).

İnsansız araçlar, insanların kullanmasının daha zor olduğu ve tehlike içeren görevlerde insan kaybını minimize etmek amacıyla geliştirilmeye başlanmıştır. Daha zor şartlarda; gece-gündüz, sıcakta ve soğukta insanın rahatlıkla görev yapamayacağı şartlarda ve olumsuz koşullarda görev yapabilmektedirler. Bu özelliklerinden dolayı insansız araçlar yüzyılımız içerisinde gidererek yaygınlaşmaktadır. İnsan kaybını azaltmak ve maliyet etkin çözümünden ötürü askeri ve sivil alanlarda yoğun şekilde kullanılmaya başlanmıştır (Tran, 2007).

İnsansız kara araçları, kara üzerinde hareket eden otonom ya da yarı-otonom olarak kullanılan insansız araçlara verilen özel addır. Bu nedenle insansız kara araçları ufak robot düzeyindeki ölçüler ve kütlelerden, zırhlı askeri ölçülerde ve tonlar mertebesinde üretilebilmektedir. Kullanılacağı görev tanımı göz önünde bulundurularak arazinin yapısı, hareket alanı ve taşıyacağı yük ile orantısal olarak araçlar geliştirilmektedir (Tran, 2007).

İnsansız kara araçları, kara da rahat hareket etmeleri sebebiyle piyasa da bulunan ve insanların kullanımına uygun olarak tasarlanan araçların modifiye edilerek insansız olarak kullanılabilir hale getirilmesiyle elde edilebilmektedir. Temin edilen araç üzerinde gerekli olan bütün sistemler sensörler tarafından ölçülüp bilgi olarak merkeze aktarımı ve aracın durumunun vites, fren, gaz, yön gibi ana elemanlar hakkında bilgiler edinilir. Araç üzerindeki insansız kullanım için yapılan mekanik, elektrik ve elektroniksel değişimler otomatik ya da yarı-otomatik kontrol sistemi oluşturarak aracı kontrol etmeyi sağlamaktadır. Geliştirilen insansız kara aracının görev başarısı araç üzerindeki kontrol algoritmasıyla ve kullanılan mikroişlemci ile doğrudan orantılıdır (Hacınecipoğlu, 2012)

İnsansız kara araçlarındaki son yıllardaki gelişmeler ve yapılan araştırmaların yoğunluğu bu konudaki araştırmaların haklılığını da göz önüne sermektedir. Ayrıca bilgisayarlar, mikroişlemciler, sensörlerin hızla gelişmesi, geliştirilen insansız araçların daha doğru veri toplamasını ve daha doğru şekilde görev yapmasını sağlamakta ve gerçeğe yakın sonuçların elde edilmesine ileri düzeyde hesaplamaların yapılabilmesine imkân sağlamaktadır.

İnsansız kara araçlarının kontrolü, kontrol algoritmaları, kontrol metotları, engelleri algılama ve engellerden kaçma, GPS lokalizasyon ve haritalama gibi konular insansız kara araçlarının araştırma konularındandır. Daha ayrıntılı hale getirmek gerekirse, başarılı bir şekilde kontrol etmenin arkasında oluşturulmuş iyi bir algoritma ve programlama mantığı yatmaktadır. Bunun yanında alınan geri beslemelerin değerlendirilmesi ve algoritma mantığında bunların cevaplandırılmasıdır (Kavak, 2008).

İnsansız kara araçları bu geri beslemeleri kendi alıp değerlendirip ve cevaplayan, otonom; ya da dışardan belirli bir operatör tarafından yönetilen ve çevresindeki duruma da yabancı kalmayan yarı otonom (uzaktan kontrol) şekilde kontrol edilebilmektedirler. Uzaktan kontrollü insansız kara araçlarında bir iletişimi bazı bağlantı protokolleri üzerinden (radyo frekansı vb.) operatör tarafından kontrol edilebilme yeteneğine sahip araçlardır. Tüm sistemlerden ve sensörlerden gelen bilgiler operatör tarafından değerlendirilip tepkilendirilir. Otonom kontrollü insansız kara araçlarında yapay olarak oluşturulan algoritmalar üzerinden araç görevini yerine getirmeye çalışırken çevredeki değişikliklere ve engellere de kendi cevap verir.

Çevresi hakkında bilgi edinir ve tanır. Bir operatör müdahalesi olmadan çalışabilir. Yapay oluşturulan zekâ sayesinde bilgi edinir ve öğrenir (Mithileysh, 2011).

1.1 Robotik Tarihi

Robotik gelişmeler, fabrikaların üretimde seri imalata geçmesi benzer hareketlilik durumunun başlamasıyla 1970’li yılların başında kendini göstermeye başlamıştır. İnsanları seri üretimde tek harekete hapsetmek yerine aynı hareketi sürekli yapan robotlar düşünülmüştür. Çünkü bu durum hem insan psikoloji ve yapısına aykırıydı hem de bu durumda insana gerek kalmadan kolayca halledilecekti.

Robotik sistemlere duyulan ihtiyaç son yıllarda büyüdü. Daha karmaşık işlerde insan elinin ulaşamayacağı klasik montaj sisteminden, uzaktan kontrol edilebilen ya da otonom robotların kullanımı başladı. 1990’lı yıllardan sonra ise robotik sistemler daha bağımsız kontrol edilebilmeye ya da otonom olarak verilen görevleri yapma üzerine yoğunlaştı. Dinamik olarak gelişen robotik sistemlerle robotların çevrelerine olan etkileşimlerine izin verildi. Böylelikle yapay zekâ uygulamalarına giden yolun önü açılmış oldu. Üzerindeki sensörler sayesinde çevresini tanıyan bilgi edinen, öğrenen robotik sistemler ortaya çıkmaya başladı. Robotik sistemler, kontrol mühendisliği, makine mühendisliği, bilgisayar mühendisliği, elektrik-elektronik mühendisliği ve sosyal mühendisliklerin toplu olarak bulunduğu multi-disiplin çalışmaların ürünüdür (Hacınecipoğlu, 2012).

1.2 Robotların Sivil ve Askeri Kullanımı

Robotlar sivil ve askeri uygulamalarda insanın yapmasının zor olduğu birçok yerde kullanılmaktadır. Özellikle Amerikan Ulusal Havacılık Uzay Dairesi (NASA) uzay araştırmalarında robotik sistemlerin en üst düzeydeki robotlarını kullanmaktadır. Yakın zamanda NASA Mars yüzeyine iki insansız robot gönderdi. Bunlar “Opportunity” ve “Spirit” isimli iki robot otonom ve uzaktan kontrollü olan bu robotlardan birisiyle 2004 yılında bağlantı kaybedilmişken, diğer robot hala görevini yerine getirmeyi sürdürmektedir. Robotik sistemlerin sivil kullanımlarından bir başkası ise United Savunma İleri Araştırma Projeleri Ajansı (DARPA) tarafından 2005

yılında düzenlenen uluslararası yarışlardır. Mojave çölünde düzenlenen 150 mil rotalı ‘Büyük Mücadele’ (Grand Challenge) yarışı olmuştur. İnsansız araçlar tarafından otonom olarak gerçekleştirilen bu yarış robotik sistemlerin ilerleyişini devam ettirdiğini göstermektedir. 2007 yılınca ‘urban’ adıyla yapılan yarışlarda insansız araçlar yine yarışmış ve insansız araçlar adına büyük ses getiren bir organizasyona dönüşmüştür. Robotlar arama ve kurtarma gibi sivil müdahalelerde de kullanılmaktadır. İnsanların aniden ulaşmasının zor olduğu doğal afet durumlarında kurtarma faaliyetleri robotlar tarafından yürütölmektedir. Ayrıca Amerikan Yapay Zekâ Derneğı (AAAI)’nın ev sahipliğı yaptığı RoboCup gibi uluslararası yarışmalarda Robot Kurtarma Ekipleri yarışmaktadırlar. Önemli bir araştırma alanı olan robotik araştırmalar sivil anlamda eğlenceye dönüştürölerek daha fazla ilginin olması sağlanmaktadır. Buna benzer olarak Sony firması tarafından geliştirilen AİBO köpek benzeri robot veya Honda tarafından geliştirilen insansı robot ASİMO gelişmişliğıin eğlence ile bileşimidir (National Aeronautics and Space Administration)

Askeri taraf da ise ordularda insan kayıplarını azaltmak ve insandan kaynaklanan hataları minimize etmek üzere geliştirmelere önem vermiştir. Amerika Birleşik Devletleri Ordusunun Gelecek Savaş Sistemleri (FCS) departmanın da insansız sistemler geleceğın savaş sistemleri olacağı düşünölmekte ve geliştirilmesi konusunda ABD Ordusu Araştırma Laboratuvarı tarafından desteklenmektedir. Askerlerin fiziksel güvenlikleri, keşif ve hedefleme ve operasyonların başarısı konusunda robotlardan, insansız araçlardan yardım alınmaktadır.

FCS ve DARPA ile birlikte gerçekleştirilen programlar dâhilinde insansız kara araçları ve kontrolö (İKA), insansız hava araçları ve kontrolö (İHA) gibi robotik yapılar geliştirilerek ordunun yararlanabileceğı hale getirilmiştir. Bu tür robotik uygulamalar askeri sahada savaşların kazanılmasına büyük oranda katkıda bulunmaktadır (Robotics Collaborative Technology Alliances, 2004).

1.3 Tez Kapsamı

Bu tezde, insansız kara aracının elektrik, mekanik ve kontrol sistemleri üzerinde çalışılmıştır. Bu amaçla arazide kullanıma uygun ATV aracı satın alınarak, ATV aracının şasi ve hareket sistemlerinden yararlanılmıştır. Araç üzerinde insan

tarafından kontrol edilmesini sağlayan direksiyon, fren, gaz ve vites sistemi üzerinde insansız kontrolü sağlayacak kontrol mekanizmaları, bu mekanizmaların kontrolünü sağlayan elektriksel sistem ve mekanik sistem ayrıca uzaktan operatör tarafından kontrol edilmeyi sağlayan kontrol sistemi bu tez kapsamındadır. İKA aracının kontrol tasarımı, minimum düzeyde hareket yazılım ve algoritması ve bu bağlamda yapılan gerçek kontrol testleri bu tez içeriğine dâhildir. Aracın tüm sistem optimizasyon yazılım çalışmaları daha sonraki çalışmalarda yapılmak üzere bırakılmıştır.

1.4 Tez Düzeni

Bu tez içeriğinde ilk bölümde robotik anlamda ve insansız araçlar konusuna değinilmiştir. Ayrıca tezin kapsamı bu kısımda belirtilmiştir. İkinci bölümde tez içeriğine dair insansız kara araçları konusunda literatür çalışması incelenmiştir. Üçüncü bölümde aracın kontrol sistem mekanizmalarının tasarlanması anlatılmıştır. Aracın uzaktan kontrol kısmı ve tüm sistemleri kontrol eden beyin olan Raspberry Pi kısmı dördüncü bölümde anlatılmıştır. Beşinci bölümde tasarlanan kontrol mekanizmaların testleri üzerine yapılan testler ve sonuçları anlatılmıştır.

2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI

Bu bölümde araştırmamıza benzer insansız kara araçları (İKA) konusunda yapılan son araştırmalar incelenecektir. Literatür çalışması iki bölümde incelenecektir. İlk bölümde insansız kara araçlarının tasarımı, tasarım kriterleri, üretim ve alt sistemleri; ikinci bölümde ise insansız kara araçlarının kontrol mantık ve mekanizmaları uzaktan kontrol veya otonom kontrol sistemleri incelenecektir.

2.1 İnsansız Kara Aracı Tasarımı

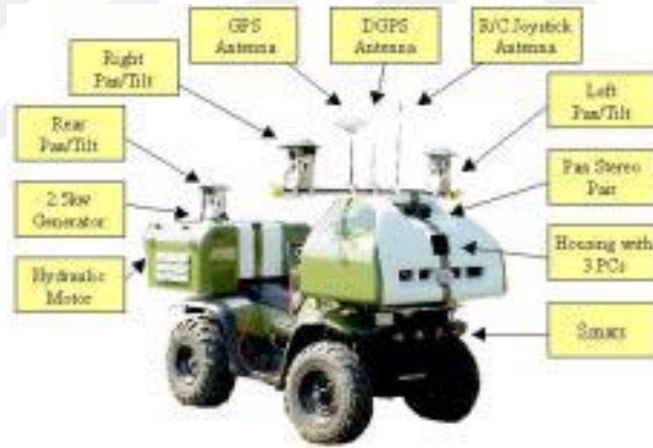
Üniversite laboratuvarlarında ve araştırma şirketlerinde son dönemlerde insansız kara araçlarına dair yürütülen çalışmalarda aracın tasarımı ve dış mekâna uyumluluğu üzerine de yoğunlaşmaktadır. Ancak var olan araç üzerinde değişikliğe giderek arazideki verimliliği bilenen araçtan yenisinin oluşturulması çoğunlukla yapılan ve tercih edilen bir yöntemdir (Appellqvist, Knuuttila ve. Ahtiainen, 2010). Bu nedenle ATV (All-Terrain Vehicle) araçları ya da arazi uyumlu araçlar üzerinde yapılan değişikliklerle çözümler üretilmekte ve aracın yürüyen aksamının yeniden tasarımından çok enerji, kontrol sistemlerinin geliştirilmesi için harcanmaktadır.

2.1.1 İnsansız Kara Araçları

İnsansız kara araçları oluşturulurken ATV tipi araçlar temel alınarak yapılan araştırmalarda aracın kontrol edilebilir durumunun kolaylığı üzerinden yola çıkılarak gerçekleştirilmektedir. Aracın motor, vites, gaz ve fren sistemlerinin kontrol edilmesi ve kontrol için gerekli olan motor, motor mekanizması, motor sürücüsü, araç kontrol ünitesi ve güç ünitesi aracın tasarımını belirleyen etmenlerdir. ATV tipi araziye uyumlu araçlar kullanılarak oluşturulan insansız kara araçları günümüzde birçok ülke tarafından askeri anlamda araştırmalara konu olmaktadır. Sivil anlamda Amerika Birleşik Devletlerinde gerek askeri anlamda ve gerekse sivil anlamda yarışmalar düzenlenmekte ve bu araştırmalar özendirilmektedir (Murphy ve Legowik, 1996).

Mevcut bir ATV aracı kullanılarak yeniden dizayn edilen araçlardan biri, Carnegie Mellon Üniversitesi tarafından geliştirilen CyberScout aracıdır (Soto,

Ollennu ve Dolan, 1999). Araç ATV'den dönüştürülerek bağımsız bir bilgisayar sistemi, gaz, direksiyon, vites ve fren sistemi ilave edilerek kontrol edilebilir hale getirilmiştir. CyberScout araştırmacıları, aracın dizaynı üzerinde çalışırken multi işbirliği içerisinde aracın bilgisayar tarafından ve ya uzaktan kontrol edilmesini sağlayabilmek için gerekli algoritmayı geliştirmeyi yapmışlardır. Araç üzerindeki sensörlerin verimliliği, algılama yeteneği ve aralığı gibi konularda çalışmalarda yaparak araç üzerinde sensör füzyonu denilen bir sensör ve veri bütünleşmesi yöntemini kullanmışlardır. Sensör füzyonu yönteminde; çoklu sensör mantığıyla çalışan sensörlerden gelen verilerin algoritma tarafından birleştirilerek ilgili durum için tek bir sensör kullanılmasından daha iyi bir analiz yapılmasına ve ilgili konu hakkında daha net, iyi kararların verilmesine olanak sağlamaktadır. Görevlendirilme ve görev ayrıştırması da CyberScout geliştiricilerinin kullandığı ATV den geliştirilen insansız kara aracı özelliklerindendir (Şekil 2.1).



Şekil 2. 1. CyberScout Tasarlanmış İnsansız Kara Aracı (Soto vd., 1999)



Şekil 2. 2. CyberScout, orjinal ATV aracı (Polaris Sportman 500)

Kompleks Mühendislik Enstitüsü, Carnegie Mellon Üniversitesi tarafından geliştirilen CyberScout insansız aracı tasarlanırken Polaris Sportsman 500 tipi ATV aracı kullanılmıştır (Şekil 2.2). Aracın gaz, direksiyon (yön), vites ve fren sistemleri bilgisayar tarafından kontrol edilebilir duruma getirilmiştir. Aracın gaz işlevi servo motor tarafından kontrol edilen sistemle sağlanmaktadır. Gaz kelebeğinin durum açısı servo motor tarafından kontrol edilerek motor içine alınan hava gaz karışım oranı belirlenmektedir. Araç üzerindeki direksiyon ve vites sistemini kontrol edebilmek için hidrolik-piston sistemini kullanarak hidrolik pistonu harekete geçirmek ve yüksek tork oluşturmak suretiyle direksiyonun ve vites sisteminin kontrolünü yapmakta hidrolik sistemi kontrol içinde elektronik yön valfi kullanmaktadır. Araç üzerindeki bu sistemleri kontrol ederken geri besleme alabilmek için, lineer potansiyometre direnç kullanarak ön tekerleklerin duruş açısı hakkında geri bildirim almaktadırlar. Aracın fren sisteminde araçta mevcut olan fren sistemi kullanılmıştır. Fren sistemi için bir yön valfi kullanarak açma / kapama yaparak fren silindirini kontrol etmek için kullanılmıştır. Araştırma ekibi fren sistemi için herhangi bir geri bildiriminde bulunmadan kontrol etmişlerdir. Aracın hızındaki düşme hızı fren sisteminden alınan geri besleme bildirimi olarak kabul edilmiştir. Aracın vites kutusundan geri bildirim alınarak takometre ile hız bilgisi alınmaktadır. Araştırmanın üzerinde uygulandığı insansız araç tasarımının yapıldığı Polaris aracı hareket gücünü 4 zamanlı içten yanmalı motordan sağlamaktadır. Aracın kontrol edilmesini sağlayan kontrol ünitesi bilgisayarı düşük seviye kontrol olarak bir PC/104 tipi 586-133 MHz işlemci tabanlı analog/dijital I/O kanallı sistem tarafından kontrol edilmektedir. Yüksek seviye

kontrol için ise araçta PentiumII – 350 Hz işlemci tabanlı genel amaçlı anakartlı bilgisayarlar kullanılmıştır.

ATV tabanlı olarak geliştirilen bir başka insansız kara araçıda Alman Stegen Üniversitesinde geliştirilen AMOR isimli araçtır (Kuhnert ve Seemann, 2007) (Şekil 2.3). Geliştirilen bu araç Yamaha Kodiak 400, 4x4 tipi arazi aracından dönüştürülerek geliştirilmiştir (Şekil 2.4). ATV aracı insansız hale getirilirken başlıca sistemleri olan direksiyon mekanizmasına hareket yeteneği DC motor tarafından kazandırılmıştır. DC motorların kontrol edilmelerinin yanında geri bildirim kısımları zor olduğundan ayrıca direksiyon mili üzerinden pozisyon geri bildirimi alarak direksiyonun konumu kontrol edilmektedir. Araç üzerinde vites sistemi, gaz sistemi kelebeği ve fren sistemi manyetik valfler tarafından kontrol edilmektedir. İnsansız kara araçlarının çevreyi algılaması üzerlerindeki sensörler tarafından gerçekleştirilmektedir. Tasarlanan bu aracın çevreyle olan ilişkisi ise üzerindeki ultrasonik sensörler sayesinde olmaktadır. Ayrıca gelişmiş bir Doppler radar sistemi ve elektronik pusula sistemi araç üzerindeki diğer çevreyi algılamaya yarayan sensörlerdir, aracın çevresindeki engelleri algılayabilmesi için ön kısmına da lazer tarayıcı monte edilmiştir.



Şekil 2. 3. AMOR, İnsansız kara aracı (Kuhnert ve Seemann, 2007)



Şekil 2. 4. AMOR, orijinal ATV aracı (Yamaha Kodiak 400)

İnsansız kara aracı geliştirmede büyük söz sahibi olan DARPA (The Defense Advanced Research Projects Agency) Defansif İleri Araştırma Projeleri Ajansı tarafından tasarlanmıştır (Şekil 2.5). Volkswagen Touareg R5 dizel bir araç üzerinde yapılan değişiklikle tasarlanan araç DARPA'nın geliştirdiği insansız kara araçlarından sadece biridir (Thrun vd., 2006). Araç gaz ve fren sistemlerine bağlı birer DC motor tarafından kontrol edilmektedir. Direksiyon kolunu ise elektronik hidrolik sistemi tarafından kontrolü sağlanmaktadır. Araç üzerinde çevreyi algılayarak hareket etmesini sağlayan SICK lazer sistemleri bulunmaktadır. Ayrıca GPS (Küresel Konumlandırma Sistemi) sinyal sistemi ve IMU ivmeölçer sistem sayesinde hareketini algılayabilir hale gelmektedir.



Şekil 2. 5. DARPA, Volkswagen Touareg R5 (İKA) (Thrun vd.)

DARPA, arazi araçları üzerinde yeniden tasarıma giderek geliştirilen insansız kara araçları tasarlamaktadır. Bunlardan biride Jeep Grand Cherokee Limited 4x4 tipi araç kullanılarak geliştirilen araçtır (Şekil 2.6). Araç üzerinde değişikliğe gidilerek aracın insansız hale gelmesi sağlanmış ve çevresini algılamasını sağlayan sensörler tarafından da algılayarak hareket etmesi algoritması oluşturulmuştur (Kehaly vd., 2005).



Şekil 2. 6. DARPA, Jeep Grand Cherokee (İKA)

Diğer bir DAPRA projesi olan “Spirit” Las Vegas’ta geliştirilmiştir. 2003 Honda 4x4 ATV aracından geliştirilmiştir (Team Spirit of Las Vegas, 2004) (Şekil 2.7). Bu araç hareket gücünü 649cc’lik 4 zamanlı motordan almaktadır. Aracın kontrol edilmesindeki ana kontrol kısımlarından biri olan direksiyon kısmının kontrolü redüktörlü DC motor kullanılmıştır. Orijinal Honda aracı üzerinde 3-hız değişkenli otomatik şanzıman bulunmaktadır. Araç üzerinde bu viteslerin kontrolünü sağlayabilmek için yüksek torklu bir servo motorla 3 açılı kontrolü yapılarak iler-geri ve nötr durumlar arasında pozisyon geçişi sağlanmaktadır. Araçta kontrolü sağlanan diğer bir sistemde fren sistemidir. Fren sistemi de yüksek torklu servo motorlar kullanılmıştır. Ön ve arka frenler iki ayrı servo motor tarafından ayrı ayrı kontrol edilmektedir. Aracın en önemli ve hassas kontrol edilmesi gereken gaz sisteminde, gaz keleşbeği yüksek tork üreten servo motor tarafından kontrol edilmektedir araçta. Araç kontrol edilebilir hale getirildikten sonra çevresini algılaması ve engelleri görebilmesi

için sensör sistemleri bulunmaktadır bu sensörlerden bazıları GPS sistemi ile aracın hızının yönünün belirlenmesini sağlayan DGPS (Differential Global Positioning System) sistemidir. Ayrıca araç üzerinde 3-eksenli gyroskop ve kamera sistemi ile insansız kullanılabilir hale getirilmiştir. Araç üzerinde, gelen verilerin işlenerek kurulan algoritma dâhilinde cevap oluşturulabilmesi için bilgisayarlar sistemi bulunmaktadır. Bilgisayarlardan biri aracın kontrol sistemlerinin kontrolünden sorumluyken diğer bilgisayar ise araçtaki sensör ve navigasyon sistemleri ve görüntü işleme görevlerinden sorumludur.



Şekil 2. 7. “Spirit” İnsansız Kara Aracı (National Aeronautics and Space Administration)

Amerikan DARPA tarafından tasarlanarak gerçekleştirilen bir insansız kara araçıda JackBot isimli MonsterMoto ekibinin aracıdır (Şekil 2.8). JackBot isimli insansız kara aracı 2004 Kawasaki KFX700 tipi ATV aracından modifiye edilmiştir (Yeager, 2005). Tasarlanan insansız kara aracının üzerinde 697cc, 4 zamanlı ve su soğutmalı motor kullanılarak oluşturulan gücün iletiminde otomatik şanzıman kullanılmıştır. Bu şanzıman aracın dâhili şanzımanıdır. Aracın kontrolü için ilk sistem olan direksiyon tasarımında büyük servo motor kullanılarak direksiyonun hareketi kontrol edilmiştir. Aracın diğer kontrol edilmesi gereken kısımlardan gaz ve fren sistemleri için direksiyon sisteminde kullanılan servo motora oranla daha az tork üreten servo motor kullanılmıştır. Aracın üzerindeki bu sistemler araçta dâhili olan

sistemlere motorların eklenmesiyle oluşturulmuştur (Şekil 2.9). Araç üzerinde hareketi sağlayan sistemler kontrol eden motorlar yerleştirildikten sonra bu motorların kontrolü için Windows XP işletim sisteme sahip 3.2 GHz işlemcili bilgisayar tarafından kontrol edilmektedir. Oluşturulan yazılım C ve C++ dili kullanılarak geliştirilmiştir. Araç çevresini algılamak için araç üzerinde SICK LMS 291 LIDAR sensör sistemi kullanılmıştır böylelikle araç engelleri algılar duruma gelmiştir. Ayrıca araç üzerinde NAHRS (Navigation Attitude Heading Reference System) dayalı navigasyon sistemi bulunmaktadır (Yeager, 2005).



Şekil 2. 8. JackBot İKA aracı (Yeager, 2005)



Şekil 2. 9. JackBot Kawasaki Orijinal araç (Kawasaki KFX700)

Amerika Birleşik Devletleri Hava Kuvvetleri (USAF) tarafından geliştirilen araç ATV'den modifiye edilerek oluşturulmuştur (Şekil 2.10). Araç üzerindeki kontrol üniteleri olan; direksiyon, fren, vites ve gaz sistemleri değiştirilmiştir. İnsansız kara aracı haline getirilerek uzaktan kontrol edilebilir hale getirilmiştir. Uzaktan kumanda sisteminde araç üzerinden operatöre kuvvet geri bildirim göndererek araç ve operatör arasında koordinasyonun daha aktif olmasını sağlamaktadır. Geliştirilen bu aracın diğer insansız kara araçlarından farklı olarak dışarıdan yönetilebildiği için manevra destek sistemiyle desteklenmiştir. Aracın kontrol odasındaki operatörlerin 37-inç monitörlü Hitachi bilgisayarlarla kontrol edilmektedir (Şekil 2.11). İnsansız kara aracının amacına uygun olarak termal kamera sistemleri mevcuttur (Carroll vd., 2004).



Şekil 2. 10. USAF, İnsansız Kara Aracı (Carroll vd., 2004)



Şekil 2. 11. USAF, İKA operatör kontrol odası (ROCC)

Amerika Birleşik Devletleri (DARPA) Defansif İleri Araştırma Projeleri Ajansı her durum ve senaryo için düşünerek geliştirdiği insansız kara araçlarından bazıları (Stentz vd., 2009); Stanford, Red Team, Terramax, CajunBot, CityCar, Axion, Sciautronics, Buckeyes, Caltech, Cornell, VA Tech Rocky, Mojavaton, ENSCO, CIMAR, Golem, Insight Racing, DAD, MonsterMoto, Princeton, Team Jefferson, CajunBot, Austin, Grey Team, UCF, Va Tech GC Team, Banzai, Mitre, AION, Juggernaut, AI Motovators, Blue Team, Indy Robot Racing, Tormenta, CyberRider, Overbot, Terra Engineering, AVS, Autonosys, BJB Engineering, PVHS, Indiana Robotic Nav, Oregon Wave, Underdawg, H1ghlander, Kat-5.

ATV aracından modifiye edilmiş insansız araç projelerinden biride Polaris Sportman-500 modifiye edilerek ASELSAN tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu projede kullanılan araca İZCİ adı verilmiştir (Hacınecipoğlu, 2012). Tasarımı gerçekleştirilmiş olan araç iki farklı şekilde kontrol edilebilmektedir. İnsansız olarak sahada hareket eden araç uzaktan da kullanılabilir. Tasarımdan sonra modifiye işlemi gerçekleştirilen İZCİ insansız aracı üzerinde bulunan sistemler direksiyon-vites değiştirme-fren ve gaz sistemleri değiştirilerek kontrol edilir hale getirilmiştir. Aracın orijinal direksiyon sistemi üzerine DC motor monte edilerek kontrol edilebilmiştir. DC motor çıkışı direksiyon miline bağlanarak aracın direksiyon hareketi buna bağlıda manevra yapması sağlanmıştır. Aracın hızlanmasının kontrolü RC servo motor

tarafından gaz kelebeğinin konum açısı kontrol edilerek aracın gaz sistemi ve motor yüklenme durumu kontrol edilmektedir. Araç üzerinde kontrol edilmeyi gerektiren bir başka sistem vites sistemidir. Vites sistemi mekanizması beş aşamalıdır. Bunlar; park, geri, nötr, düşük hız ve yüksek hız vites konumlarıdır. Vites sisteminin modifiye edilmesi sonucu vites çubuğunun yerine doğrusal hareket eden mekanizma eklenerek aracın motorun dairesel hareketi doğrusal harekete çevrilip aracın vites değiştirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Aracın insansız kara aracı olarak görev yapması için gerekli olan son mekanizması ise fren sistemidir. Fren sistemi ATV aracındaki gibidir ancak sadece DC motor tarafından fren sistemi tahrik edilerek aracın frenleme yapması sağlanmıştır (Şekil 2.12).



Şekil 2. 12. İZCİ, Aselsan tarafından geliştirilen İKA (Aselsan)

ATV'den modifiye yapılarak üretilen insansız kara araçlarından biride Carnegie Mellon Üniversitesinde Honda Rubicon'dan modifiye edilmiş araçtır. NREC (National Robotics Engineering Center) tarafından tasarlanan DARPA PerceptOR programı için üretilmiş bir araçtır. PerceptOR programının amacına uygun olarak insansız kara aracı üretilmiştir. Tamamen insansız olarak hareket eden aracın üzerinde yarı özerk algı sistemi ve navigasyon sistemleri mevcuttur. Üretilen bu insansız kara aracının bir farkı kendisiyle bağlantılı insansız bir hava aracı tarafından da destekleniyor olmasıdır (Şekil 2.13). Üretilen bu araç iki farklı jenerasyon olarak tasarlanmıştır (Şekil 2.14). İkinci jenerasyonda ilk araca oranla, önemli ölçüde araç gövde tasarımında değişikliğe gidilmiş ayrıca çevre algılamada kullanılan

sensörlerinde ve navigasyon sisteminde iyileştirmeler yapılmıştır. Aracın çevre algılamasında SICK tek-eksenli ladar yatay ve dikey olarak tek eksenle tarama yapabilmektedir. 360 derecelik tarama aracın üzerinde sürekli hareketli LADAR sensör kullanarak tarama yapılmıştır. Araç otomatik kontrol yaptığından kendi içerisinde kapalı bir kontrol denetimi uygulanmaktadır (Stentz vd., 2009).



Şekil 2. 13. NREC ürettiği ilk jenerasyon İKA (Stentz vd., 2009)



Şekil 2. 14. NREC ürettiği ikinci jenerasyon İKA (Stentz vd., 2009)

ATV den modifiye edilerek oluşturulan insansız kara araçları literatür taramasında da görüldüğü gibi araçlar üzerinde ihtiyaç durumuna göre kontrol edilmesi gerekli sistemlerin değiştirilmesi ve aracın kullanılacağı amaç dahilinde

üzerine sensör eklemek suretiyle gerçekleştirilen dışardan operatör kontrollü ya da kendinden kontrollü olarak tasarlanmaları araştırmacılar tarafından kullanılan yaygın yöntemlerdendir. Literatür taraması sırasında da gördüğümüz gibi aracın hareketi ve kontrollü şekilde ilerlemesi için gerekli ana sistem diyebileceğimiz gaz, fren, direksiyon ve vites sistem mekanizmalarının ana elemanları sabit tutularak bu sistemlere amaca yönelik mekanizmalar eklemek suretiyle araçlar insansız olarak kontrol edilebilir hale getirilmişlerdir. Bu mekanizmaların misyonlarını gerçekleştirimleri için üzerlerinde farklı yöntemler ve farklı eyleyiciler (motor tipleri) kullanılmıştır.

İnsansız kara araçlarından Cyber, Spirit, Ensco, JackBot, Overboat, Cajunbot ve İzci araçlarının gaz sistemlerinin kontrolünde gaz kelebeği açısının kontrolü için servo motor kullanılırken gaz kelebeği kontrolünde Amor aracında Manyetik valf sistemi kullanılmıştır. Gaz sisteminde gaz kelebeği kontrolü aracın gaz sistemi kontrolünü sağladığından genel olarak servo motorlar kullanılmasının sebebi servo motorun açısal olarak istenilen konuma getirilebilmesi ve orada mümkün olduğunca sabit tutulabilmesindeki başarısıdır. Açısal konum ayarlaması yapan ya da bulunduğu konum açısını geri bildirim olarak veren servo motorlar ile gaz kelebeği açısının kontrol edilmesi başarılı sonuçlar sağlamaktadır.

Cyber Hidrolik, Spirit, Ensco, JackBot, Overboat, Cajunbot ve İzci servo motor Amor ise manyetik valf sistemi kullanarak fren sistemini kontrol etmiştir. Hidrolik ve valf ile kontrol edilen araçlarda aracın hidrolik sistemi üzerinde direk müdahale de bulunularak aracın fren hidrolik yönlendirmeleri sağlanmıştır. Ancak servo motor kontrollü fren sistemi kontrolünde servo motorun 0-180 derece arasındaki açılarda hareketi fren sistemini aç-kapa anlamında kontrol edilmesi sağlanmıştır.

Araçların vites yapılarına göre ve vites çeşitliliğine göre farklı mekanizmalar oluşturulmuştur. Cyber hidrolik, Spirit, Overboat servo motor, Ensco role, Amor manyetik valf, JackBot ve İzci lineer motor ve Cajunbot DC motor kullanılarak kontrol edilmiştir.

Direksiyon sisteminde kullanılacak mekanizmanın duran haldeki araç lastiklerinin sürtünme kuvvetini karşılaması gerekmektedir. Bu durum düşünülerek mekanizmalara tork üretebilecek motorlar seçilmiştir. Cyber için hidrolik; Spirit,

Amor, Cajunbot ve İzci için DC motor; Ensco, JackBot ve Overboat araçları için de servo motorlar seçilerek motorların oluşturacağı torkun direksiyonu açılendirma için kullanılmasını sağlayan mekanizmalar oluşturulmuştur.

Araç	Gaz Sistemi	Fren Sistemi	Vites Sistemi	Direksiyon Sistemi	Kontrol Sistemi
CyberScout	Servo Motor	Hidrolik Sistem	Hidrolik Sistem	Hidrolik Sistem	PC/104 tipi 586-133 MHz Bilgisayar
AMOR	Manyetik Valf Sistemi	Manyetik Valf Sistemi	Manyetik Valf Sistemi	DC Motor	Windows Tabanlı - PC
Volkswagen Touareg R5	DC Motor	Hidrolik Sistem	Hidrolik Sistem	DC Motor	Windows Tabanlı - PC
Spirit	Servo Motor	Servo Motor	Servo Motor	Redüktörlü DC Motor	Windows Tabanlı - PC
JackBot	Servo Motor	Servo Motor	Servo Motor	Servo Motor	Windows XP – PC 3.2 GHz C ve C++ dil
USAF, İKA	Servo Motor	Hidrolik Sistem	Hidrolik Sistem	DC Motor	Uzaktan Kontrol – Hitachi PC
İZCİ	Servo Motor	Servo Motor	Servo Motor	DC Motor	Windows Tabanlı - PC
Overboat	Servo Motor	Servo Motor	Servo Motor	Servo Motor	Windows Tabanlı - PC
Cajunbot	Servo Motor	Servo Motor	DC Motor	DC Motor	Windows Tabanlı - PC
İnsansız Kara Aracımız	Step Motor	Step Motor	Step Motor	Step Motor	Raspberry Pi – Linux Tabanlı Python dil – RF Uzaktan Kumanda

Çizelge 2. 1. ATV modifiyesinde, sistemlerde kullanılan motorlar ve kontrol sistemleri

3. İNSANSIZ KARA ARACININ MODELLENMESİ VE GELİŞTİRİLMESİ

3.1 Giriş

Gün geçtikçe insansız araçların önemi artarken bunların içinde önemli bir yer icra eden insansız kara araçları önemlerini artırarak daha etkin hale gelmektedirler. Özellikle arama ve kurtarma gibi sivil uygulama alanlarında başarılı performans göstermelerinin yanı sıra çeşitli kritik görevlerde insanı dışarıda tutarak hem insan kaybını minimize etmiş hem de insan kaynaklı hataların son bulmasını sağlamıştır. Dünya da birçok Ar-Ge şirketleri, dünyada ki büyük üniversiteler ve askeri teknoloji geliştiren şirketler tarafından ciddi anlamda yapılan araştırmalar ve devam eden projelere, destekler bulunmaktadır. İnsansız kara araçlarının yarı otomatik ya da tam otomatik olarak geliştirilmesi mevcuttur. Bu bölümde geliştirilen bu araçların çoğunun tercih ettiği gibi ATV araçlarının veya benzeri sistemlerin istenilen şekilde modifiye edilerek isteğe cevap verir hale getirme gelişimini inceleyeceğiz. Bizim projemiz dâhilindeki insansız kara aracının ATV'den geliştirilmesini inceleyeceğiz.

3.2 Araç Özellikleri ve Gövde Dizaynı

ATV aracından modifiye edilerek elde edilmiş olan aracımız, literatür çalışmalarında da görüldüğü gibi bu ve benzeri çalışmalarda yaygın olarak ATV cinsi ve benzeri araçlardan modifiye koşuluyla elde edilmiş ya da yine bu tip arazi araçlarına benzer olarak üretimleri gerçekleştirilmiştir. Literatür taramasından elde ettiğimiz bütün doğrultusunda projemizde insansız kara aracı seçiminde, ATV araç tipi tercih edildi, tercih edilen araç şekil 3.1' de gösterilmiştir. Gerek arazi şartlarına uygunluğu gerekse üzerindeki kontrol sistemlerinin karmaşık olmaması aracın tercih edilmesindeki önemli sebeplerdendir. Aracın kontrolünün sağlanabilmesi için araç üzerinde değiştirilmesi gereken sistemler; direksiyon sistemi, gaz sistemi, vites sistemi ve fren sistemidir. Bu sistemler araç üzerinde değiştirilecek olan, kontrolü sağlayan sistemlerdir. Aracın kontrol edilebilmesi için üzerine yerleştirilecek olan kontrol ünitesi ve bu kontrol ünitesinin bilgisayar, motor ve diğer ek aksamalarının

alışabilmesi için gerekli elektrik güç dağıtım sistemi de aracın gövde kısmına bu tez içeriğinde yapılacak ekler arasındadır.



Şekil 3. 1. Projede kullanılan orijinal ATV

Yukarıda bahsedilen mekanizma değişikliğini kolaylıkla yapabileceğimiz ve sistemin tamamını taşıyabilecek ve arazide hareket edebilecek güçte bir araç seçimi gerçekleştirilmiştir. Literatür taramalarında da görüldüğü gibi arazi şartlarında çalışması gereken bu tip araçların güçlü motorlara sahip olması ve mekanizmalarının karmaşık olmadan direk dokunulabilir olması ve yeniden dizayn edilen mekanizmaları kabullenebilir olmaları önemlidir. Bu zellikler dikkate alınarak bu tezde kullanılmak üzere tek silindirli 4 zamanlı hava soğutmalı 150 cc lik motor hacmine sahip araç tercih edilmiştir. Aracın zerindeki motorun ürettiği güç 6.0 KW / 7500 rpm ve bu gcn karşılığı olarak ta 9 Nm / 6000 rpm tork üretmektedir. Üretilen bu g aracın fiziksel olarak hareket edebilmesi için kullanılmaktadır. Hareketin sağlanabilmesi için bu gcn tekerleklerle iletilmesinde zincir şanzıman sistemi kullanılmıştır. ATV den dönüştürülen insansız kara aracımızın diğer özellikleri ise izelge 3.1’ de gösterilmiştir.

1. Motor	149.65cc CVT 4 Zamanlı Hava Soğutmalı Tek Silindirli
2. Maksimum Güç	6.0KW / 7500rpm
3. Maksimum Tork	9 Nm / 6000rpm
4. Bore Vuruş	57.4mm X 57.8mm
5. Wheelbase (mm)	1160mm
6. Seat Yükseklik (mm)	730mm
7. Yerden Yükseklik	240mm
8. Sıkıştırma Oranı	9.5:1
9. Karbüratör	Pluger Tipi
10. Yağlar	Ayrılmış Ve Basınç
11. HAVA Filtre TİPİ	A7rtc
12. Buji	A7rtc
13. Başlangıç	Elektrik Başlangıç Ve Kick Start
14. Başlama İşlemleri	Switch Açık Kontak, Fren, Basın
15. Vites Değiştirme	Elle
16. Şanzıman	Zincir
17. Fren	Disk / Disk
18. Fren Mesafesi	7m / 30km / H
19. En Yüksek Hız	60km / H
20. Ön / Arka Süspansiyon	Çift Wishbone / Tek Wishbone
21. Akü	12v / 9ah
22. Yakıt Kapasitesi	4 Lt
23. Dönme Yarıçapı	2500 Mm
24. Ön / Arka Lastik	19x7-8 / 18x9.5-8
25. Ürün Boyutu	1681x1076x980mm
26. Brüt / Net Ağırlık	170 / 140kg
27. Maks Yük (Kg / lbs)	100kg

Çizelge 3. 1. İnsansı Kara Aracı projesinde kullanılan ATV aracının özellikleri

(Yongkang Haili Industrial Co. Ltd.)

Aracımızın direksiyon, gaz, fren ve vites mekanizmalarını kontrol edebilmek için oluşturulan aksamlar araç üzerine montajlanırken aracın var olan şasisinden yararlanılarak kontrol sistemi mekanizmaları tasarlanmıştır. Gerekli modifiye işlemleri yapıldıktan sonra aracımızın son hali şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3. 2. Modifiye edilerek kontrol edilebilir hale getirilmiş İKA.

ATV aracının modifiye edilmesi sürecinde ana gövde oluşturulurken direksiyon kontrol sistemi, fren kontrol sistemi, gaz ve vites kontrol sistemi, kontrol mikroişlemcisi ve tüm sistemi besleyen güç sisteminin durumları dikkate alınarak aracın şasisine ekler yapılmıştır. Araca uygulanan direksiyon sisteminde, gaz, fren ve vites mekanizmasında aracın var olan sistemine ekleme yapılarak kontrol edilebilir bir şasi haline getirilerek insansız kara aracımızın gövdesi tasarlanmıştır. Sisteme ek olarak üzerindeki güç dağıtım sisteminde oluşabilecek tehlike anında aniden güç kesebilmek için acil (stop) düğmesi ve aracın boyutlarının uzaktan da kestirilebilmesi için dört bir köşesine eklenen 4 adet 12V ile çalışan ledlerden oluşturulan ışık yerleştirilmiştir. Bu ledlerin önemi uzaktan kontrol edilecek olan aracın boyutlarının tam olarak kestirilebilmesini sağlayarak kontrolü sağlayan operatöre perspektiften doğan sıkıntıları minimize etmektir. Aracın ön kısmında gerektiğinde faydalı yük taşımalarını sağlayabilmek amacıyla oluşturulmuştur.

3.2.1 Araç Motor Matematiksel Modellemesi

İçten yanmalı motorlar için motor dönel dinamikleri; (denklem 3.1)

$$J_m \dot{D} = T_a - T_s - T_y \quad (3.1)$$

Yukarıdaki denklem içeriğini açıklarsak.

J_m : Motorun eylemsizlik momenti

D : Motorun dakikadaki devir sayısı (RPM)

T_a : Motor tarafından üretilen dönel kuvvet (tork)

T_s : Sürtünme etkisiyle kaybedilen dönel kuvvet

T_y : Dışarıdaki yüklerden gelen etkiyle kaybedilen dönel kuvvet

Sürtünme kuvvetinin etkisiyle kaybedilen dönel kuvvetin motorun devir sayısı cinsinden ifadesi (denklem 3.2), formüldeki k_1, k_2 motora özgü sabitlerdir.

$$T_s = k_1 D + k_2 \quad (3.2)$$

Dışarıdaki yüklerden gelen etkiyle kaybedilen dönel kuvvetin sabit olduğu ya da diğer kaybedilen kuvvet değişkenlerine göre yavaş değiştiği varsayıldığında zamana göre türevi alınır, denklem 3.3 elde edilir.

$$\dot{T}_y = 0 \quad (3.3)$$

Motor tarafından üretilen dönel kuvvet (tork);

$$T_a = k_m \frac{\dot{m}_o}{D}; \quad k_m = \frac{\eta_m Q_y}{\gamma} \quad (3.4)$$

$\dot{m}_o$: Emme manifoldundan silindire giren havanın akış hızı

η_m : motorun verimliliği

Q_y : Yanma ısısı

γ : silindirdeki hava yakıt karışımının oranı

k_m : Motor verimliliği ve dönel kuvvetin karakteristiğine göre motor parametresi

Emme manifoldundan silindire giren havanın akış hızı $\dot{m}_o$,

$$\dot{m}_o = k_e \eta_h m_a D, \quad k_e = \frac{V_e}{4\pi V_m} \quad (3.5)$$

Burada;

η_h : Motorun hacimsel olarak verimliliği

V_m : Emme manifoldunun hacmi

V_e : Motor deplasmanı

m_a : Emme manifoldunun içerisindeki hava kütlesi

k_e : Araç motoruna özgü fiziksel sabit

Araç motor matematiksel modellemesinde, emme manifoldu içerisine giren havanın akış hızı $\dot{m}_i$, gaz keleşinin açısı α , ve manifoldun basıncı P_m cinsinden yazılırsa;

$$\dot{m}_i = G(P_m)V(\alpha) \quad (3.6)$$

$V(\alpha)$ fonksiyonu α parametresine bağlı olarak yazılırsa,

$$V(\alpha) = d_2\alpha^2 + d_1 + d_0 \quad (3.7)$$

d_2, d_1 ve d_0 katsayıları sistem parametrelerinin katsayılarıdır. $G(P_m)$ manifoldu basıncı cinsinden hava akışının parametreleridir. Manifoldu içerisindeki havanın kütle korunumu;

$$\dot{m}_a = \dot{m}_i - \dot{m}_o \quad (3.8)$$

Denklemler (3.4), (3.2) ve (3.5) ana denklem olan (3.1) de yerine konulur ve $\dot{D}$ 'nün zamana göre türevi alınırsa,

$$\ddot{D} = \frac{-k_1}{J_m}\dot{D} + \frac{k_m k_e \eta_h}{J_m}\dot{m}_a \quad (3.9)$$

Denklemler (3.5), (3.6) ve (3.7), denklem (3.8) de yerine konulur ve $G(P_m)=1$ kabul edilerek işlemler yapılır.

$$m_a = d_2 \alpha^2 + d_1 \dot{\alpha} + d_0 - k_e \eta_h m_a D \quad (3.10)$$

Denklem (3.9) ve (3.10) yerine konulup işlemler yapılırsa, (3.11) elde edilir.

$$\begin{bmatrix} \dot{D} \\ \ddot{D} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{-k_1}{J_m} & 0 \\ \frac{-k_m k_e^2 \eta_h^2 m_a}{J_m} & \frac{-k_1}{J_m} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} D \\ \dot{D} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{k_m k_e \eta_h m_a}{J_m} - \frac{T_y}{J_m} - \frac{k_2}{J_m} \\ \frac{k_m k_e \eta_h}{J_m} (d_2 \alpha^2 + d_1 \alpha + d_0) \end{bmatrix} \quad (3.11)$$

Denklemler düzenlenir ve yüksek dereceli terimler yüke bağlı dönel kuvvetleri C vektörü içinde yazıldığında,

$$\begin{bmatrix} \dot{D} \\ \ddot{D} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{-k_1}{J_m} & 0 \\ \frac{-k_m k_e^2 \eta_h^2 m_a}{J_m} & \frac{-k_1}{J_m} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} D \\ \dot{D} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{k_m k_e \eta_h d_1}{J_m} \end{bmatrix} \alpha + C \quad (3.12)$$

Bu eşitlikten C,

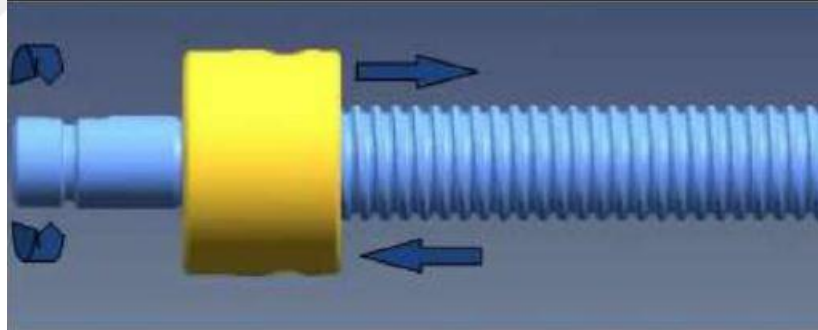
$$C = \begin{bmatrix} \frac{k_m k_e \eta_h m_a}{J_m} - \frac{T_y}{J_m} - \frac{k_2}{J_m} \\ \frac{k_m k_e \eta_h}{J_m} (d_2 \alpha^2 + d_0) \end{bmatrix} \quad (3.13)$$

Denklemlerden de görüldüğü gibi modelin girişi gaz kelebeğinin konum açısidir (3.12). Verilen parametreler motor devrine ve gaz kelebeğinin konumuna bağlı olarak değişmektedir. Denklemlerin yerlerine konularak elde edilen yeni denklemlerin sonucunda oluşan C vektörü, yüke bağlı değişen parametreler ve doğrusal olmayan terimleri de içermektedir. Tüm devirler düşünüldüğünde bu sonuçlar göstermektedir ki motorun modeli doğrusal değildir (Loukianov vd., 1997).

3.3 Direksiyon Sistemi Tasarımı

İnsansız kara aracının direksiyon sistemi tasarlanırken ATV aracının orijinal direksiyon sistemi büyük oranda korunmuştur. Aracın direksiyon sisteminden tekerleklerle giden direksiyon tekerlek bağlantı çubukları, direksiyon kolu kısımları aynen muhafaza edilmiş ve hareketi sağlayabilmek için direksiyon koluna ek olarak, dönme momentini oluşturabilecek mekanizmalar eklenmiştir.

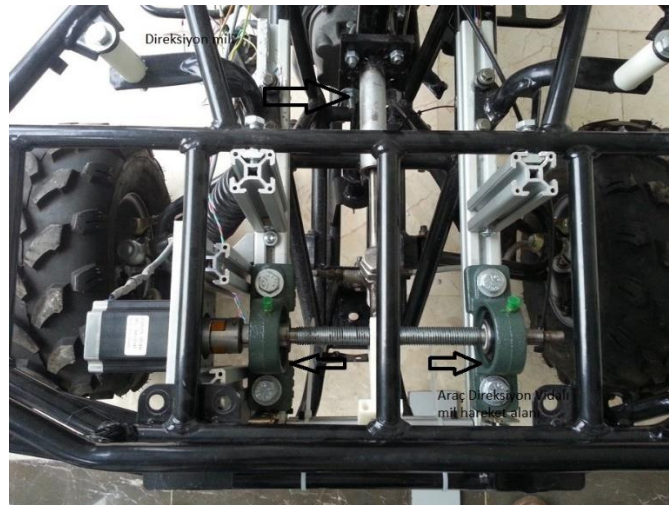
Vidalı mil ve somun prensibine göre tasarlanan sistemde motordan gelen dönme hareketi vidalı mili döndürerek üzerindeki somunun kaymasını sağlamaktadır (Şekil 3.3). Motordan elde edilen dönme hareketi bu sayede lineer harekete çevrilmiş olur. Kayan somun mil üzerinde hareketi sağlar. Ancak somundan gelen kuvvet vidalı mil üzerinden doğrudan aktırılamadığından mekanizmanın motor kısmına herhangi bir kuvvet uygulayamamakta ve zorlanma durumunda mekanizma motoruna zarar oluşturmamaktadır.



Şekil 3. 3. Direksiyon kayar mekanizması vidalı mil (Erdöl, 2014)

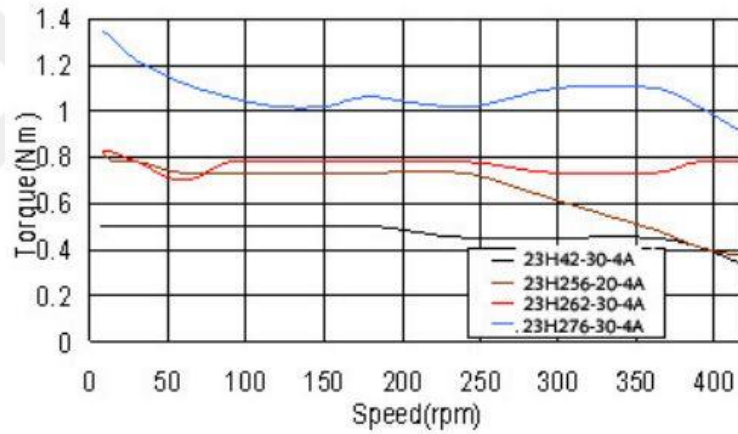
Vidalı mil üzerine gelen kuvvetlere bakıldığında, somunu ilerletmek için gerekli kuvvet motor tarafından milin çevrilmesi ile oluşturulur. Ters yönden gelen somun üzerinden kuvvetler mili çevirme kuvveti oluşturamayacağından motora etki eden kuvvet oluşturamaz. Döndürme etkisi yapamaz. Mekanizma sistemimizin araç tekerleklerine gelecek vurunutuları mekanizma motoruna iletmemesi oluşturulan sistemin güvenliği açısından önemlidir.

Direksiyon mekanizması aracın dâhili direksiyon sistemi üzerinde yapılan ek mekanizma sistemi; tekerleklerden gelen bağlantı çubuklarının bağlandığı direksiyon çubuğuna monte edilmiş ve içinde lineer kayar rulman bulunan ve içerisine girecek olan motor hareket milinin rulmanlar sayesinde rahat hareketini sağlayan kayar sistem lineer hareket ve dairesel hareketten dolayı oluşan kaymayı minimize etmek amacıyla tasarlanmıştır. Motordan gelen dönme hareketi rulmanlar tarafından yataklanan mil üzerinde lineer harekete dönüşür. Üzerindeki somunu lineer şekilde hareket ettirerek aracın direksiyonun hareket etmesini sağlar. Ancak direksiyon mili kendi eksenini etrafında dönme hareketi oluşturarak bağlantı çubukları vasıtasıyla tekerleklerde dönme hareketi oluşturur. Motordan elde edilen lineer hareketle direksiyon milinin ihtiyacı olan dairesel harekete geçiş esnasında ortaya çıkan kayma tasarlanan rulmanlı kayar sistemle kendi içinde hareket sağlanarak mekanizma çalışır duruma getirilmiştir. Araç üzerinde dönme esnasında tekerlekler arasındaki bağıntıyı sağlayacak bir diferansiyel sisteminin olmaması (bölüm 3.9.1’de bahsedilen) aracın yüksek manevra durumlarında devrilmesi gibi durumları ortaya çıkarmaktadır. Bu durumun önüne geçebilmek için manevra kabiliyeti küçük tutulmuştur. Bu durumu aşabilmek için düşünülen durum oluşturulan dönüş optimizasyon yazılımları ile aracın manevra yeteneğini yükseltmektir. Ancak bu tez kapsamında bu yazılımları optimize etme kısmı bulunmadığından sonraki aşamalarda manevra yeteneğini artırıcı yazılım optimizasyonları gerçekleştirilebilir.



Şekil 3. 4. Araç Direksiyon hareket mekanizması

Aracın direksiyon sistemi, mekanizması üzerindeki step motor tarafından kontrol edilmektedir. Step motor 1,8 deg/step hassasiyetle 360 derecelik tam turunu 200 adımda ilerleyerek kontrol etmektedir. Mekanizmada kullanılan step motor 23H276-30-4A tipi olup, 480 g/cm^2 1.7 Nm lik bir kuvvet oluşturmaktadır. Step motorların dönüş yönü, dönüş hassasiyeti ve dönüş hızı mikro işlemci (Raspberry Pi) tarafından gönderilen sinyaller tarafından kontrol edilmektedir. Motorun dönüş hızına göre motordan elde edilen tork değişmektedir. Mekanizmamızın yüksek torka ihtiyaç duymasından ötürü step motorun çalışma aralığını yüksek torkun elde edildiği rpm de çalıştırılmaktadır. Kullanılan step motorumuzun çalışması 1 KHz lik frekansta en iyi performansı vermektedir. Çizelge 3.2’de gösterildiği tork-hız grafiğindeki mavi renkle verilen değerlerde kullanılan motorun hız-tork değişim değerleri görülmektedir.



Çizelge 3. 2. 23H276-30-4A tipi servo motor hız-tork grafiği

(Ms Technology Co. Ltd.)

Direksiyon step motoru 100-300 rpm aralığında çalıştırılmaktadır. Böylelikle step motordan elde edilebilecek maksimum tork elde edilmektedir.

3.3.1 Direksiyon Kinematiki

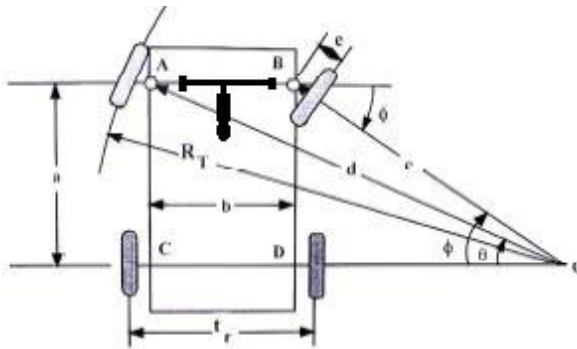
Direksiyonun araç üzerindeki görevi aracın dönüşünü sağlamaktır. Tekerlekler aç vererek aracın dönüşünü sağlamaktır. Aracın bir tam turunu tamamladığı yarıçapa dönüş yarıçapı denilmektedir. Araçların manevra yetenekleri araç tekerleğinin yaptığı maksimum açıyla beraber artarken, dönüş yarıçapı küçülmektedir. Dönüş yarıçapı araç lastiklerinin yaptığı açı küçüldükçe manevra yeteneğ i azalırken dönüş yarıçapı büyüyecektir (Truck And Bus Total Vehicle Steering Committee). ATV araçlarında dönüş yarı çapı ve tekerlek açısı şek il 3.5’de gösterilmiştir. Aracın dönüş yarıçapı;

$$R_T = d + e \quad (3.14)$$

$$d = \left[b^2 + \left(\frac{a}{\sin \theta} \right)^2 + \frac{2ab}{\tan \theta} \right]^{1/2} \quad (3.15)$$

$$R_T = \left[b^2 + \left(\frac{a}{\sin \theta} \right)^2 + \frac{2ab}{\tan \theta} \right]^{1/2} + e \quad (3.16)$$

Aracın dönüş tekerlek açısına göre dönüş yarıçapının hesaplanması için gerekli denklemler yer almıştır. Aracımızın özellikleri kullanılarak denklemlerde yerine konulduğ unda aracın dönme yarı çapı 3.5 metre görünmektedir. Aracımızın büyük yarıçapta dönmesi araç teker açılarının az olmasından kaynaklanmaktadır.



Şek il 3. 5. Direksiyon dönüş yarıçapı ve açısı (Hacınecipoğ lu, 2012)

Direksiyon mekanizmasının aracın tekerleklerine küçük açıda hareket vermesi aracımızın daha büyük çapta dönmesine, manevra yeteneğinin azalmasına sebep olmaktadır. Ancak ATV araç tiplerinde teker dönüşlerini düzenleyici diferansiyel sistemlerinin olmayışı aracımızda dönüş turlarını daha büyük açıyla almayı zorunlu kılmıştır.

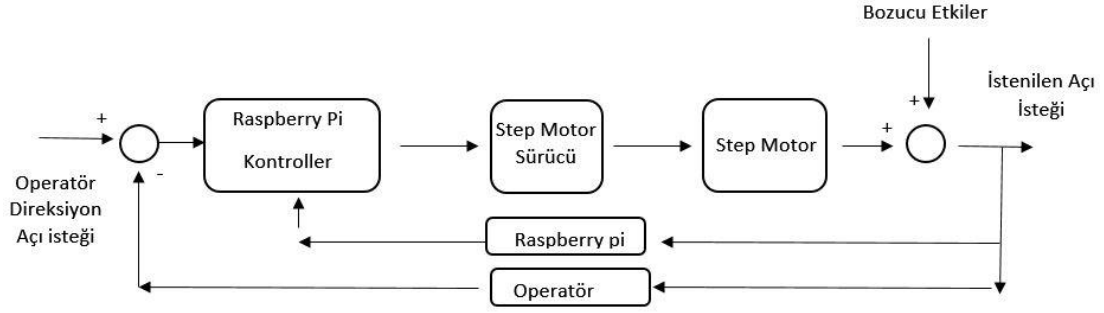
Şekil 3.5 de gösterildiği gibi aracın A ve B tekerleklerine yön verebilmek için oluşturulmuş sistemin hareket alanı vidalı mil aralığı kadardır. Mekanizmada kullanılan M16 vida 2.00 mm vida adımı ile 20 cm lik hareket alanında denklem 3.16'da gösterildiği gibi hesaplanarak elde edilmiştir. Step motor sürücü hassasiyeti 1:1 ayarlanarak motor sürüş hassasiyet durumundan çok hıza odaklanılmıştır. Manevrayı sağlayan hareket alanı olan, 20 cm boyundaki vidalı mil üzerinde 21 000 adım (step) yaparak yönlendirme işlemi sağlanmaktadır. Hesaplanan değer ampirik deney sonucunda da doğrulanmıştır. Aracın tekerleklere açı vererek manevrasını gerçekleştirmesi için mil üzerindeki ilerlemesi 1 cm lik ilerleme için yaklaşık 105 ± 10 adımlık (step) bir ilerleme gerçekleştirmesi gerekmektedir. Araç mekanizmasının 1 cm lik ilerlemesine karşılık olarak tekerleklerde oluşturduğu açı ise $3 \pm 0,5$ derecelik ölçümler yapılmıştır.

$$\frac{\text{Devir Başına Motor Adımı} \times \text{Alınacak Mesafe} \times \text{Motor Hassasiyet Oranı}}{\text{Vida Adımı}} = \text{Adım Sayısı} \quad (3.16)$$

3.4 Direksiyon Kontrol Sistemi

Aracın istenilen yöne yönelmesi için araç direksiyon sisteminin açısının kontrol edilmesi gerekmektedir. Dışarıdan aracın yönünü değiştirmek için verilen komut araç üzerindeki kontrol ünitesi tarafından değerlendirilerek bünyesindeki algoritma çerçevesinde karar alınıp yönlendirilir.

Kontrol ünitesi tarafından algoritma içeriğine göre oluşturulan sinyal motor sürücüsünü tetiklemektedir. Araç üzerinde direksiyon açısının değişmesini sağlayan motor, tutunduğu mekanizma üzerindeki milin hareketiyle tekerlek açısını değiştirir.



Şekil 3. 6. İnsansız kara aracı direksiyon açısının kontrol diyagramı

Açık kontrol sistemi uygulanarak kontrol edilen direksiyon açısı step motorun dönme step sayısı kontrol edilerek belirlenmektedir. Motor açısının kontrolü motor step sayısına göre belirlenirken, dışarıdan kontrol eden operatör tarafından da kontrol edilmektedir. Denetleme olarak operatör kullanılmaktadır. Mekanizmanın sınırlarını belirleyen sıfır ve son nokta switchleri de Raspberry Pi tarafından denetlenerek dönme açılarının maksimum duruma gelme durumu kontrol ünitesi tarafından algılanmaktadır. Bu durum gönderilen sinyallerle motorun mekanizmayı zorlamamasını sağlamaktadır.

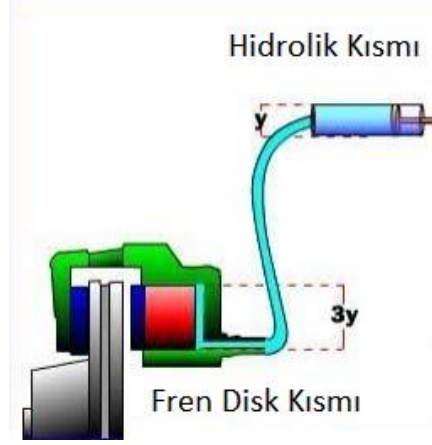
Araç manevrasını kontrol eden motora ilerlemesi gereken adım sayısı dönülecek yönün durumuna göre operatör ve sensörlerden gelen veriler değerlendirilip bilgisayar sayesinde motor sürücüsüne sinyal olarak iletilir. Gelen sinyalin durumuna göre döneceği yönü ve adım sayısını bilen motor sürücüsü tarafından sürülerek istenilen komutu yerine getirmiş olur. Araç üzerindeki manevra sisteminde aktif olarak geri beslemeyi sağlayacak sistemin bulunmaması bu kısımdan geri besleme olarak motorun adım sayısını baz almaktadır. Aracın adım sayısına göre bulunduğu konumu saptamakta ve bir sonraki komutu bu veri üzerinden gerçekleştirmektedir. Direksiyon sistemi kontrol mekanizmasının kontrolü açık kontrol denetim diyagramı şekil 3.6' te gösterilmiştir. Kontrol diyagramında gösterilen geri dönüşler aktif geri besleme olarak tanımlanmamaktadır.

Kontrol denetleyici teorilerinden olan P orantısal denetim, I integral denetim ve D diferansiyel denetim ve türevlerinin parametrelerinin optimizasyonu bu tezin kapsamında bulunmadığında ve açık kontrol sistemi çevrimi uygulandığından

denetleyiciler hakkında bilgi verilmemiştir. Sistemde aktif geri besleme yöntemi olmadığından pratik yöntemlerden yararlanılmış motorun içindeki adım sayma kontrolörü kullanılarak açık kontrol sistem denetimi ile sistem kontrol edilmiştir. Mekanizma dâhilindeki somunun hareket aralığının motor üzerinde kaç adıma denk geldiği bilindiğinden araç her yeniden başlatılması durumunda bilgisayardan aldığı komutla algoritma gereği sıfır noktasını bularak o noktadan sonra kaç adımda hangi açığa geleceği bilindiği için direksiyonun açısal kontrolü sağlanmaktadır.

3.5 Fren Sistemi

Bu bölümde insansız kara aracımızın fren sistemini anlatılacaktır. Araç üzerindeki fren sistemimizin amacı hareket halindeki aracı çabuk ve emniyetli bir şekilde yavaşlatmak veya aracı durdurmaktır. Hidrolik kontrollü fren sistemlerinin kullanılmasının en önemli sebebi; tepki sürelerinin kısa olması, imalatının kolay olması ve sistemin karmaşık olmaması tercih edilme sebebidir. Bu durum göz önünde bulundurularak bizim aracımızda kontrol edilebilirliği kolay olan araç üzerindeki dâhili hidrolik ve diskli fren sistemi muhafaza edilmiştir. Bu sisteme yeni mekanizmalar eklenerek kontrol edilebilir hale getirilmiştir. Aracımızın hızının kontrollü hale gelmesini sağlayan fren sistemi temelde iki alt sistemden oluşmaktadır. Tekerlekleri sıkarak durduran disk sistemi ve fren yapma gücünü yükseltip ileten hidrolik sistemdir. Fren sisteminin çalışma prensibi; iki sistemden biri olan hidrolik kısmın görevi; fren koluna uygulanan küçük giriş kuvvetinin daha büyük bir çıkış kuvvetine çevirmektir. Sıvıların sıkıştırılamazlığından yararlanılarak oluşturulmuştur. Elde edilen bu büyük çıkış kuvveti fren sisteminin ikinci kısmında aracın fren disklerini sıkarak balatalar aracılığıyla aracı yavaşlatıp veya tamamen durdurur.



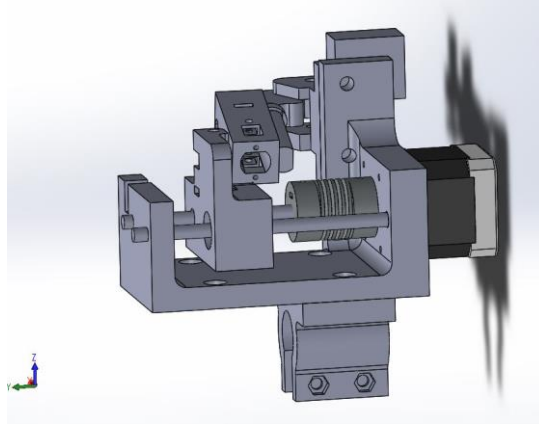
Şekil 3. 7. İnsansız kara aracı hidrolik fren sisteminin kısımları

Literatür taramasında da görüldüğü gibi insansız kara aracı tasarımlarının fren sistemlerinde birkaç farklı yöntem ve bu yöntemlerin içerisinde de birkaç farklı motor tipleri kullanılmıştır. Tasarladığımız insansız kara aracının fren sistemi oluşturulurken literatür taraması yapılmış ve kullanılan sistemlerin yöntemleri incelenmiştir.

İnsansız kara aracımızın fren sistemi tasarlanırken ATV aracının fren sisteminin hidrolik ve disk kısımları korunarak, ATV aracında fren yapmak için gerekli olan fren koluna giriş kuvveti dediğimiz kuvveti uygulayabilme kısmı üzerinde yoğunlaşarak mekanizma tasarımı bu bağlamda düşünülmüştür. Fren yapabilmek için hidrolik kısmın giriş kuvveti, oluşturulan mekanizma tarafından motorun kontrol edilmesiyle vida adımı hassasiyetiyle kontrol edilebilir duruma getirilmiştir. Bu durum bize fren yapma hassasiyeti sağlamış aracı istenilen hıza getirme konusunda geniş bir yelpaze sunmuştur.

Tasarlanan fren mekanizması 3D Printer teknolojisi kullanılarak mekanizmanın yerleştirileceği yere ve mekanizmanın çalışma prensiplerine uygun şekilde tasarlanan mekanizma parçaları teker teker bu teknoloji kullanılarak çıkarılmıştır. Çıkarılan parçalar araç üzerinde sistem elemanlarıyla montaj yapılarak çalışır hale getirilmiştir.

Üç boyutlu bilgisayar tasarım programları kullanılarak tasarlanan cismin katmanlar halinde üst üste biriktirme yaparak üretim yapan Mojo 3D Printer tarafından üretilmesi sağlanmıştır. ABS termoplastik polimeri malzemesinden üretilmiştir.



Şekil 3. 8. Fren mekanizması 3D üretim için Solidworks çizimi

SolidWorks 3D programı üzerinde tasarlanan fren mekanizması program üzerinde montaj edilip çalışıp çalışamayacağı şekil 3.8’ deki gibi denenmiştir. Fren sisteminde de direksiyon sisteminde olduğu gibi vidalı mil somun ikilisi kullanılarak dönel hareket lineer harekete çevrilmiştir. Lineer olarak hareket eden mekanizma üzerindeki kol fren sisteminin fren yağ bölümüne ilk kuvveti uygulamış olmaktadır. Parçanın ileri geri hareketi üzerinde duran parçanın sıkıştırılarak eğilmesine ve kolun uzunluğundan dolayı oluşturulan momentin ATV sistemindeki fren hidrolik kısmına baskıyı uygulamasıyla araç frenleme yapmaktadır. Şekil 3.7’ de oluşturulması gereken kuvvetlerden y uzunluğuna sahip bölgedeki kuvvet uygulanan, bu bası kuvveti tarafından motor aracılığıyla oluşturulur.

Tasarlanıp fren sistem mekanizmasının gelen komutlara cevap vermesini sağlayan eyleyici motor olarak 42BYGHM809 step motoru kullanılmıştır. Daha sonraki sistemlerde de kullanılan motorun teknik özellikleri çizelge 3.3’dedir.

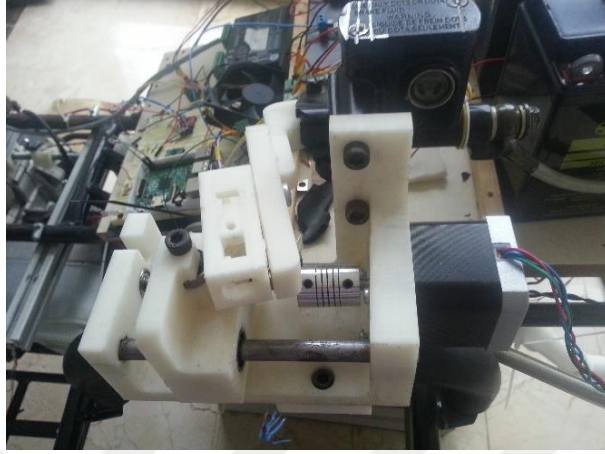
Adım hassasiyeti	$\pm \%5$
Ortam Sıcaklık Aralığı	20 °C -50 °C
İzalasyon Direnci	100 MQ Min. 50V DC
Dielektrik Dayanımı	1 dakika 500V AC
Adım Açısı	0,9 °
Adım Sayısı	400 adım / devir
Gerilim	2.7 V
Akım	1.68 A
Tutma Torku	4200 g.cm
Sürgü Tork	260 g.cm

Çizelge 3. 3. Mekanizmalarda kullanılan 42BYGHM809 step motoru özellikleri

Fren mekanizmasında kullanılan step motor 0,9 deg/step hassasiyetle 360 derecelik tam turunu 400 adımda ilerleyerek kontrol etmektedir. Oluşturulan bu sistem araç mini bilgisayarı olan Raspberry Pi tarafından hareketi sağlanmaktadır. Sistem geri bildirimi olarak motor adım sayısı kullanılmaktadır. Aktif geri besleme sensör bildirimi olmayan frenleme mekanizmasında geri bildirim olarak motorun hareketi sırasında kullandığı adım sayma mantığı kullanılmaktadır. Motorun nerede olduğuna adım sayma mantığı hafızada tutularak geri bildirim olarak kabul edilir. Mekanizmada kullanılan step motor, 4200 g.cm bir tutma torku oluşturabilirken 260 g.cm torluk bir sürme gücüne sahiptir. Vidalı mil somun prensibine göre çalışan bu mekanizmada fren hidrolik sistemine uygulanacak giriş kuvveti motorun uyguladığı 260 g.cm torkla gerçekleştirilebilirken tepki kuvveti olarak gelen kuvvet mekanizmanın vidalı mil kısmı karşılayarak motor üzerine 4200 g.cm den fazla bir kuvvet uygulanmasını engellemektedir.

Fren sistemi mekanizması M5, 6,5 cm'lik vidalı mil uzunluğuna sahiptir ve bu alanda frenleme sisteminin %100 çalışma alanı 4 cm 'lik bir vidalı mil çalışma alanına sahiptir. Tam frenleme yapabilmek için 10500 adım (step) ilerle gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Aracın %10'lık frenleme için gerekli adım sayısı 1050 ± 10 olarak ölçülmüştür. Oluşan hatanın kaynağı olarak mekanizma üzerindeki switchlerin off-set

durumlarından kaynaklandığı belirlenmiştir. Şekil 3.9’da gerçek mekanizma gösterilmiştir.



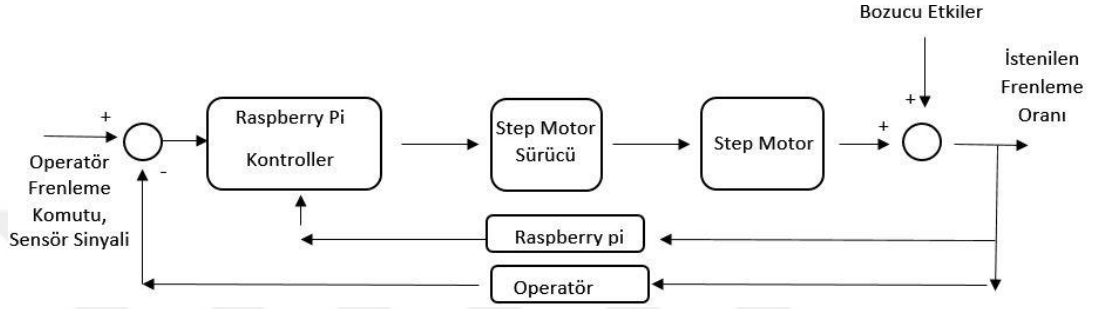
Şekil 3. 9. İnsansız kara aracında kullanılan 3D Printer da üretilmiş mekanizma

Fren mekanizması adımlarının direksiyon mekanizmasına oranla daha hassas hareket etmesi ancak kısa sürede de tepki verebilmesi için, 3.3.1 başlık altında yer verilen denklem 3.16 üzerinden hesaplanan step sayısında motor hassasiyet oranı 1:2 belirlenerek her bir sinyal karşılığı motorun yarım adım atarak ilerlemesi sağlanmıştır.

3.6 Fren Sistemi Kontrolü

İnsansız kara aracının istenilen hıza indirilmesi ya da aracın durdurulması için gerekli olan fren sisteminin kontrol edilmesi araç üzerindeki Raspberry Pi sayesinde gerçekleştirilmektedir. Araç sensörlerinden gelen bir engel verisi ya da uzaktan kontrol eden operatörün aracı yavaşlatmak üzere gönderdiği sinyal gibi durumlar aracın yavaşlatılmasını gerektirmektedir. Bu durumların hepsi araç bilgisayar ve denetleyici sistemi olan Raspberry Pi tarafından gerçekleştirilmektedir. Aktif olarak geri besleme sistemi olmayan ancak yazılımsal olarak aracın sistemini kontrol eden mekanizma motorunun adımlarını sayarak kendisine geri besleme oluşturan bu sistemde fren sistemin kontrolünün sağlanması Raspberry Pi bilgisayarın verimine bağlı olarak

değişim göstermektedir. Tasarlanan bu fren sisteminde araç frenlemesi aracı yavaşlatmak ve durdurmak adına orantısız olarak %0 dan %100 aralığında frenleme yapılarak araç yavaşlatılabilir ya da durdurulabilir. Araç üzerindeki Raspberry Pi mini bilgisayarı sayesinde kontrol edilen fren sistemi üzerindeki step motor tarafından orantısız olarak hidrolik kısma baskı uygulanarak frenleme sağlanır.



Şekil 3. 10. İnsansız Kara Aracı frenleme blok diyagramı

İnsansız kara aracının istenilen hıza düşürülmesi ya da durdurulması için gereken mekanizmanın kontrol edilmesi uzaktan kontrol sistemi tarafından gönderilen sinyal gereği Raspberry Pi mini bilgisayarı tarafından verilen kararlar step motor sürücüsüne sinyal gönderilerek frenleme mekanizmasının step motoru tahrik edilerek fren hidrolik pistonu bastırılır. Step motor, motor sürücüsü tarafından Raspberry Pi mini bilgisayarı algoritması çerçevesinde oluşturulan sinyaller doğrultusunda kontrol edilir. Aracın fren sistemi açık kontrol blok diyagramı şekil 3.10'de verilmiştir.

Açık kontrol denetleme sistemi uygulandığından frenleme mekanizması üzerinden aktif geri besleme alınmamaktadır. Uzaktan kullanıcı operatörün tepkileri ve mekanizma üzerindeki sıfır konum switchleri geri dönüş olarak Raspberry Pi ye ulaşmaktadır. Step motorun adım sayısı bilindiğinden motor üzerindeki dönmeden dolayı sistemin nerede olduğu bilinmektedir. Fren mekanizmasının %0 ile %100 frenleme oranının tümünün step motorda 2625 adım hareketin 1 cm lik ilerlemeye, bu da %25 oranında frenleme yapıldığı anlamına geldiği bilindiğinden motorun step sayısı hesaplanarak frenleme oranı belirlenir. Bu durum geri besleme olarak bilgisayar tarafından saklanır. İnsansız kara aracı her yeniden başlatılması durumunda araç fren mekanizması bilgisayardan aldığı komut doğrultusunda algoritması gereği fren sıfır

noktasını bularak, bu noktadan sonra bilinen motor adım sayısı ile istenilen frenleme oranına ulaşılabilir.

3.7 Vites Sistemi

Kuvvetin döndürme olarak meydana getirdiği etkiye moment denmektedir. Oluşturulan momentin değeri momenti oluşturan kuvvetin büyüklüğü ile kuvvet kolunun uzunluğunun çarpımına eşittir (T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, 2012).

$$M = F \cdot r \quad (3.17)$$

M = Moment, (Nm)
F = Kuvvet, (N)
r = Kuvvet kolu, (m)

Momenti oluşturan etmenlerden kuvvet kolu uzunluğu, döndürme noktasından kuvvetin doğrultusuna inilen dikmenin boyudur. Momentin oluşması gerekli kuvvetin doğrultusu döndürme noktasının dışından geçmelidir. Kuvvetin doğrultusu döndürme noktasından geçmesi durumunda moment oluşmaz.

Bir kuvvetin bir cisim üzerinde oluşturduğu hızla çarpımına eşittir.

$$N = M \cdot \omega \quad (3.18)$$

N = Güç, (Nm/s)
M = Moment, (Nm)
 ω = Açısal hız, (1/s)

Dönmekte olan bir milin dönüş sayısına devir denir. Dişli sistemlerde veya tekerlek ya da millerde döndürülerek hareket oluşturulması durumunda dönme hareketi ile bağlantılı olarak açısal hız ve teğetsel hız meydana gelir.

Birim zamandaki açısal dönme miktarına açısal hız denir.

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{60} \quad (3.19)$$

ω = Açısal hız, (1/s)
 π = Pi sayısı, (3,14)
 n = Devir sayısı, (dev/dak)

1 saniyede yani birim zamandaki dönme sayısına teğetsel hız denir.

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60} \quad (3.20)$$

v = Teğetsel hız, (m/s)
 D = Dişlinin çapı, (m)
 n = Devir sayısı, (dev/dak)

Motorlu araçlarda araç motorundan elde edilen gücün tekerleklerle iletilmesinde taşıtın farklı yük durumlarında farklı moment oluşturmaları ve farklı hız durumlarının sağlanması amacıyla vites sistemi adı verilen dişli grubu kullanılmaktadır.

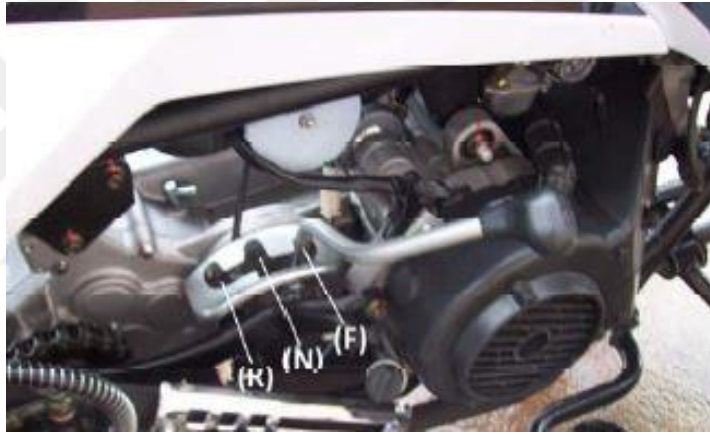
Motorla tekerlekler arasındaki bağlantıyı sağlamak adına motorda oluşturulan güç dişliler üzerinden torku artırılarak daha düşük hızda daha yüksek torka çevirerek tekerleklerle aktarmayı sağlar. Aracın harekete geçmesi hızlanması gibi durumlar vites kutusu sayesinde gerçekleştirilir. Ayrıca motorda üretilen güç kullanılarak aracın ileri veya geri hareket etmesini sağlamaktadır. Günümüzde araçlar üzerinde çoklu vites sistemleri ve otomatik vites çeşitleri bulunmaktadır (T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, 2012).

- Kayıcı dişli tip vites kutuları
- Kayıcı maşonlu (daimi iştirakli tip) vites kutuları
- Senkromençli vites kutuları
- Kilitli senkromençli tip vites kutuları
- Otomatik vites sistemleri

Vites kutuları giriş milleri sayesinde araç krank milinden alınan gücü ve yüksek devirdeki dönüşü vites kutusu içerisindeki dişliler sayesinde daha yüksek torka ve daha

düşük hıza dönüştürerek ya da aracın ileri-geri durum değişikliğine giderek aracın hareketini sağlamaktadır.

ATV aracında oluşturulan mekanizma ile vites değiştirme işlemi gerçekleştirmek için vites mekanizmasını tanımamız gerekmektedir. Aracımızın üzerindeki vites sistemi F/N/R olmak üzere üç adet konumu bulunan ileri – nötr – geri konumları bulunan basit bir vites sistemi bulunmaktadır (Şekil 3.11). Hızlanma vitesinin olmaması aracın vites kontrolünü daha basit kılmaktadır. Hızlanma ve tork, ileri sabit tek vites üzerinden gaz keleşbeği hareketiyle sağlanmaktadır. Basit vites sistemine sahip olduğundan araç üzerinde güç kısmı ile diğer birleşenlerin bağlantısını kesecek bir debriyaj sistemi de bulunmamaktadır.



Şekil 3. 11. İnsansız Kara Aracı vites konumları gösterimi

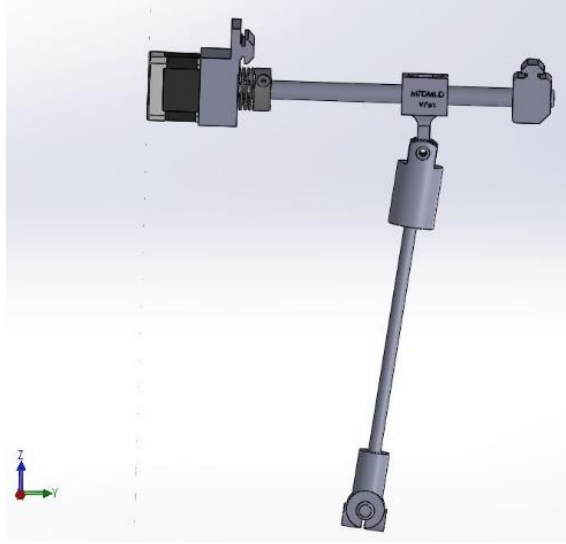
Aracımızın vites değiştirme mekanizması dönme hareketiyle sağlandığından vites değiştirme mekanizma tasarımında kolaylık sağlanmıştır. Vites sistemi insansız kara aracı üzerinde kontrol edilmesi gereken 4 ana parametrelerden biridir. Aracın vites sisteminin sadece 3 konumsal olarak kontrolü karmaşık bir yapı gerektirmemesi kontrolü sağlayacak olan mekanizmanın tasarlanmasında karmaşık bir sistem gerektirmemiştir.

3.8 Vites Sisteminin Kontrolü

ATV aracının üzerinde yer alan şanzımanın yapısından dolayı araçta vites değiştirme işlemi döndürme hareketiyle yapılmaktadır. Vites sisteminin aynı merkez üzerinde sadece döndürme hareketi yapılarak viteslerin R/N/F vites konumlarından birine geçmesi sonucu araçta vites değişme işlemi tamamlanmış olur. Vites değiştirme işlemi şanzıman ünitesinde vites değiştirme kolu kısmında oluşturulan mekanizma tarafından dairesel hareket sağlanarak gerçekleştirilmektedir. Oluşturulan mekanizmada ki asıl amaç kontrol sistemi tarafından kontrol edilebilir yapının oluşması sağlamaktır.

Oluşturulan kontrol sistemi mekanizmasının modellenmesi yapılırken vites geçiş aralıkları göz önünde bulundurularak aracın şanzıman üzerindeki mekanizma 3D modelleme programı SolidWorks üzerinde tasarlanmıştır.

Direksiyon, fren sistemlerine uygulanan mekanizmalarda olduğu gibi vites sisteminde kullanılan mekanizmada da vidalı mil somun ikilisi kullanılarak dönel dairesel hareket lineer harekete çevrilmiştir. Bu lineer hareket vites konumları arasında geçişi sağlamak üzere tekrar dairesel hareket yaptırılmıştır. Bu hareket değişikliklerinin yapılma amacı araç vitesi konumları arasında geçişi sağlayabilmek için şanzıman kısmına vites koluna fazla kuvvet uygulanması gereğidir. Bu hareket değişiklikleri gerçekleştirilerek kullanılan kollar sayesinde moment artırılmış ve gerekli kuvvet oluşturulmuştur.



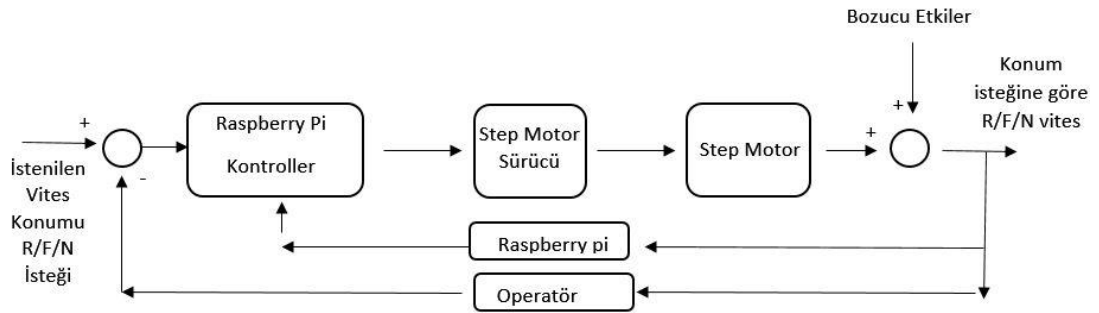
Şekil 3. 12. İnsansız Kara Aracı vites geçişini sağlayan mekanizma tasarımı

Vites mekanizmasında kullanılan motorun fren sistemi anlatılırken teknik özellikleri verilmiştir. Vites mekanizması step motor tarafından oluşturulan dönme hareketiyle kontrol edilir. Vites sisteminin konumları arasında geçişi sağlamak için tasarlanan bu mekanizmanın ileri ve geri hareketi vites geçişi için gerekli olan dairesel hareketin oluşmasını sağlar. Vites mekanizması üzerinde aktif olarak geri besleme yapmayı sağlayan bir sensör bulunmamaktadır. Diğer sistemlerde olduğu gibi bu sistemde de geri besleme işini mekanizmanın motorunun adım sayısına göre yazılımsal olarak sağlanmaktadır. Araç vites sisteminin konum açıları bilindiğinden sistemdeki motorun adımsal olarak saydırılarak vites konumlarının adımsal değerleri belirlenmiştir. Bu durumda aracın ileri vitesi – geri vitesi ve nötr durumlarına karşılık motorun başlangıç noktasından sonra ilerlemesi gereken adım sayıları belirlenmiştir. Aracın adım sayısı hangi vites üzerinde olduğunu bildirmek için yeterlidir. Pasif diyebileceğimiz bir geri besleme olarak kullanılmaktadır.

Aracın tasarlanan mekanizması 3D Printer teknolojisi sayesinde çokça denenerek doğru mekanizmaya ulaşılmıştır. Bu mekanizmadaki hareketli geçişler (daireseel hareketten lineer harekete, lineer hareketten daireseel harekete) doğan yay-lineer çizgi farkı tasarlanan lineer rulmanlar sayesinde kendi içinde absorbe edilmektedir.

Aracın motorunda üretilen gücün ve devirin şanzıman üzerinden vites dişlileri sayesinde tork – hız ve yön ayarlaması gerçekleştirilmektedir. Vites dişlilerinden geçerek aktarılan tork ve devir zincir diferansiyel sistemi sayesinde tekerleklerle aktarılarak hareket elde edilir.

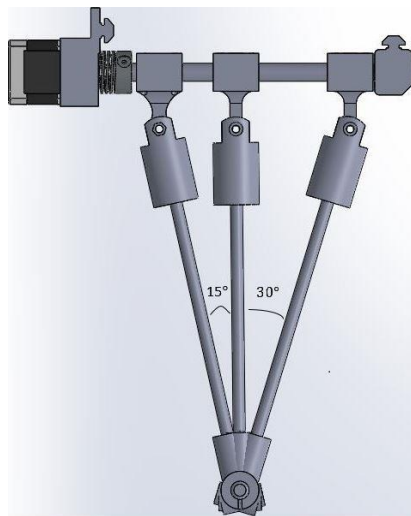
İnsansız kara aracının ileri – geri yönlendirilebilmesi ve durabilmesi için gerekli nötr vitesleri arasındaki geçişlerinin kontrolü yukarıda da belirtildiği gibi mekanizma sayesinde gerçekleştirilmektedir. Uzaktan kontrol ünitesinden gelen radyo frekansı ile gönderilen komut araç kontrol ünitesi olan Raspberry Pi tarafından algılanarak istenilen vites konumuna, vites kutusu kolunu hareket ettirerek vites geçme işlemini sağlamaktadır. Vites kontrol mekanizması açık kontrol denetleme sistemi uygulanmaktadır. Aracın kontrol denetleme blok diyagramı şekil 3.13 'de verilmiştir.



Şekil 3. 13. İnsansız Kara Aracı vites sistemi blok diyagramı

Vites mekanizması üzerindeki ölçümlerde görülmektedir ki aracın vites geçişleri arasındaki konumların mekanizmamıza yansımaları şekil 3.14'de gösterilmiştir. Vites mekanizması 15 cm lik M5 mil uzunluğuna sahiptir. Üzerinde kayan araba sisteminin hareket alanı 13 cm lik alana denk gelmektedir. Aracın ileri vites geçiş açısı nötr duruma 0° baz alınarak 30° dir. Bu açığa gelebilmesi için 8,5 cm'lik ilerlemesine karşılık gelmektedir. Vites değiştirme arabası ile vites kolunun arasındaki uzaklık 14 cm dir. Buda açısal ölçümde 30° bulunduğunda vites mekanizma arabasının 7.78 cm lik ilerlemesine denk gelmektedir. Vites sisteminde istenilen açığa ulaşmak için vites somun kısmının hareketi 34600 adımlık step'e denk gelmektedir.

Step motor adım sayısı 3.3.1 nolu başlık altındaki denklem 3.16 ya göre motor hassasiyet kat sayısı 1:2 alınarak hesaplanmıştır. Tek komut olarak çalıştırılan sistemde 20700 adımlık sayım nötr vites durumundan ileri vites geçiş için gerekli adım sayısıdır. Geri vitesi geçiş açısı nötr durum 0° baz alınarak ölçüldüğünde 15° denk gelmektedir. Bu durum vites mekanizmasının 4,5 cm geri yönde hareket ettirilmesiyle gerçekleştirilmektedir. Bu değere ulaşabilmek için 12000 adımlık ilerleyiş gerekmektedir. Sistem üzerindeki adım sayılarının büyüklüğü gerekli durumlarda daha hassas kontrolü gerçekleştirirken vites sisteminde geçişlerin yavaş olmasına sebep vermektedir. Vites sisteminde step motor kullanılması oluşturduğu torktan dolayı tercih edilmiştir. Verilen açısal ve step durumları hataları beraberinde getirmektedir. Sistem üzerinde hareketli mekanizmaların off-set durumları ve switchlerin algılama aralıklarından dolayı açısal aralıklarda %5'e varan hatalar görülmüştür. İleri vites dişlisinin geri vites dişlisine oranla daha küçük olması geçiş durumunda bu açısal farklılıkları ortaya çıkarmıştır. Geri hareketin daha yavaş olması da bizi doğrular niteliktedir. Mekanizma üzerinde vites geçişlerini operatör tarafından dışarıdan hareket yönüne bakılarak geri besleme yapılırken sıfır konum switchlerinin durumları da Raspberry Pi tarafından algılanmaktadır. Step motor adım sayıları bilgisayar tarafından hafıza da tutularak vites konumunun nerede olduğu bilgisine ulaşılmaktadır.



Şekil 3. 14. Araç vitesleri arasındaki açısal bağıntı

3.8.1 Diferansiyel

Araçtaki motordan oluşturulan güç aktarma organları olan şanzıman, şaft ve akslar sayesinde taşınarak tekerleklerle ulaşır. Güç aktarma organları içerisinde vites kutusu sisteminden sonra diferansiyel sistemi de önemli bir güç aktarma organıdır. Diferansiyel sisteminin görevleri içerisinde güç aktarma organının asıl görevi olan motordan gelen gücü tekerleklerle aktarmak, gelen güç üzerinde vites kutusundan sonra moment artışı gerçekleştirmek ve aracın viraj dengesini sağlamak diferansiyelin görevleri arasındadır.

Motordan çıkan hareket vites kutusundan geçtikten sonra diferansiyele gelir. Diferansiyel içerisindeki dişli grubu sayesinde motordan gelen güç – hız dengesi sağlanarak tork artışı gerçekleştirilirken içerisindeki dişli grubunun başka görevi olarak ta aracın dönüşlerinde sağ ve sol tekerlerden iç taraftaki tekerlek ile dış taraftaki tekerlek arasındaki alınacak olan mesafe farkı dış taraftaki tekerleğin daha fazla dönmesi için zorlanır. Diferansiyelin içerisindeki dişli grubu da tekerleklerin farklı hızlarda dönmesini ve aracın yol tutuşunu sağlayarak devrilmemesini sağlar.

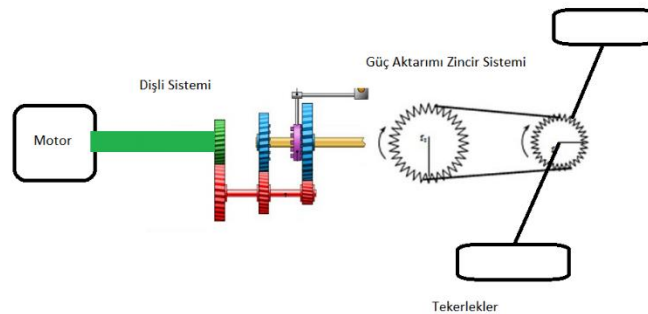
Üzerinde mekanizma değişikliğine giderek uzaktan kontrollü hale getirdiğimiz ATV aracımızda, motordan gelen ve vites kutusundan aktarılan tahrik, zincir sistemiyle tekerleklerle aktarılır (Şekil 3.15). Aracımızın üzerinde dişli grubu olan bir diferansiyel sistemi bulunmamaktadır. Aracımızda diferansiyel sistemi yerinde zincir sistemiyle aktarma yapılmaktadır. Moment artışı zincir üzerindeki aktarma dişlilerinin çapları oranında gerçekleştirilir. Aracın vites kutusu çıkış dişlisi çapı küçük zincir aracılığıyla aktarılan tekerlek bağlantı dişli çapı büyük dişliye aktarılır. Hız ve devir bu dişlilerin oranında değişim göstererek tork artışı ve devir değişikliği gerçekleştirilmiş olur. Ayrıca diferansiyelin diğer bir görevi olan dönüş esnasında tekerlekler arasındaki hız farkını ayarlama görevi aracımız üzerinde gerçekleştiren bir sistem olmadığından dönüş çapı büyümektedir. Bu bilgi bilinerek aracın dönüş manevrası düzenlenmiştir. Aracın bu dönüşler esnasında devrilmemesi için direksiyon manevra açısı belirlenmiş ve aracın küçük çapta dönmesine izin verilmemiştir büyük çapta dönüşü sağlaması ve dönüş esnasında hızın düşürülmesi kontrol ünitesi Raspberry Pi tarafından denetlenerek yüksek hızda ve daha küçük çapta manevra yapma yeteneğini kısıtlamıştır.



Şekil 3. 15. Gücün tekerleklere aktarımını sağlayan zincir sistemi

3.8.2 Tekerlekler

Vites kutusu, zincir diferansiyel sistemi kullanılarak aktarılan gücün yere tutunarak aracın hızlanmasını sağlayan sisteme tekerlek sistemi denir (Şekil.3.16). Aracımız arka iki tekerlekten çekişlidir. Sistemden oluşturulan tork aracın iç dış sürtünmeleri, yuvarlanma direnci, hava direnci, yer çekimi sürtünmesi etkilerini yendikten sonra aracın hareket etmesini sağlar. Aracın hız geri besleme mekanizması direk son kısım olan araç tekerlek sistemi üzerinden alınmaktadır. Böylece aracın devrinden hesaplamaktan ziyade direk tekerlek sistemi üzerinde hesaplanmaktadır (Tran, 2007).



Şekil 3. 16. Güç aktarma sistemleri (motor-vites-diferansiyel) ve tekerlek

3.9 Gaz Sistemi

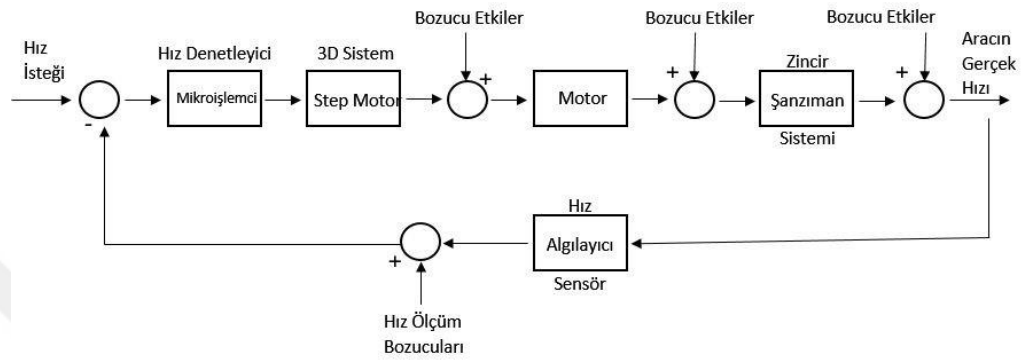
ATV aracının üzerinde yer alan sistem gereği hızlanmayı şanzıman üzerinden dişli değişimiyle sağlamaması, aracın hızı aracın gaz oranına göre belirlenmektedir. Bu durum aracın gaz sistemini kontrol etmeyi zorlaştırmakta ve algoritmasını karmaşık duruma getirmektedir. Bu kontrolü sağlayabilmek için aracın gaz düzeneğine uygun, kontrol sistemi tarafından kontrol edilebilir yapının modellenmesi önceliklidir. Aracın gaz sistemi gaz kelebek telinin kontrol edilmesi demek aracın gazının, direk olarak ta hızın kontrol edilmesi demektir. Gaz kelebek telinin hassas şekilde kontrolünü sağlayacak sistemin modellenmesi hareket halindeki veya hareketlenecek aracın mükemmel kontrolünü sağlamamızdaki ilk adım olacaktır. Bu da öncelikli olarak oluşturulan sisteme ve yapılan kontrol algoritmasına dayanmaktadır.

Bu sistemin modellenmesini anlatmadan önce aracın kontrol edilecek kısmı olan; gaz ve havanın karışarak motor içerisine alınan karbüratör kısmının bilinmesi modelleme kısmı oluşturulurken çözmemiz gereken problemin ne olduğunu anlamamızı sağlayacaktır.

3.9.1 Araç Hız Denetim Sistemi ve Elemanlarının Yapısı

Hız denetiminin ana sistemi ve hızlanmayı sağlayan asıl unsur olarak araçta; tek silindirli, 150 cc lik hacmi olan içten yanmalı hava soğutmalı 4 zamanlı motor kullanılmaktadır. Hız denetimini gerçekleştirmek adına motorun benzin akıtma sistemi ve hava-yakıt karışım sistemi denetlenerek sağlanmaktadır. Aracın hız denetim ünitesi gaz iğnesi konumuna bağlı olarak motora giren yakıt-hava karışım oranını ayarlamakta bunun sonucu olarak ta motor belirli devre ulaşmakta ve aracın hızı denetlenebilmektedir. Gaz telinin çekilme oranına göre aracın gaz iğnesi o kadar açılarak silindir içerisine giren yakıt-hava karışım oranını değiştirmekte ve buna bağlı olarak araçtan daha fazla devir ve güç alınmaktadır. Araçta gaz iğnesinin konumu 3D printer kullanılarak üretilen harici mekanizma sayesinde step motor kullanılarak 360 derecelik tam turu 400 steplik parçalara ayırarak 0.9 derecelik hassasiyette denetim sağlamaktadır. Bu sistem aracın gaz iğnesini istenilen hız doğrultusunda istenilen aralığı yakalamak için gaz telini hareket ettirerek istenilen konuma götürmektedir.

Araç hareket ettikten sonra üzerindeki sensör sayesinde tekerleğin bir tam tur zaman aralığını ölçerek aracın hızını algılamakta ve buradan araç gerçek hız bilgisine ulaşmaktadır. Araç hız denetim ve kontrol sistemine bakıldığında aracın hızının denetlenmesi şekil 3.17’deki gibidir.



Şekil 3. 17. İnsansız Kara Aracı Hız sistemi blok diyagramı

Araç hız denetim ve kontrol sisteminin çalışması şöyledir. Araçtan istenilen hız değeri ile aracın o anki hız değeri sensörlerden algılanarak ölçülür ve ikisi arasındaki fark istenilen hızın durumuna göre azaltma ya da yükseltme, hız isteği olarak gönderilir. Hız denetleyici olarak görev yapan Raspberry Pi aradaki bu farkı yok edebilmek ve istenilen hıza yükselmek ya da düşürebilmek adına hız kontrol sistemimiz olan harici sistemimize konum gönderir. Step motor bu konum doğrultusunda gaz iğnesi telini hareket ettirerek hız isteği motora uygulanmış olur. Step motor hız isteğini yerine getirebilmek için gaz iğnesi telini istenilen konuma getirirken kendi içindeki sistemden kaynaklı ya da araç titreşimlerinden kaynaklı bozucu etkilere maruz kalmakta ve bunlardan etkilenmez. Araç karbüratör ünitesi step motor aracılığıyla denetlenen gaz iğnesinin durumuna göre hava-yakıt oranını ayarlayarak motor içerisine gönderir. Hava-yakıt karışımının durumuna göre araçtan daha fazla devir ya da daha az devir alınarak hız denetimine yollanır. Aracın fiziksel durumu da aracın hızı üzerinde etki yapmaktadır. Aracın bulunduğu yol koşulu –yokuş inmek, yokuş çıkma durumu- ya da aracın taşıdığı yük durumu da aracın hızlanmasını etkilemektedir. Oluşturulan bu motor devri aracımızın zincir şanzıman sistemi tarafından tekerleklere iletilerek araç belirli hıza ulaştırılır. Aracın hız ölçümü arka

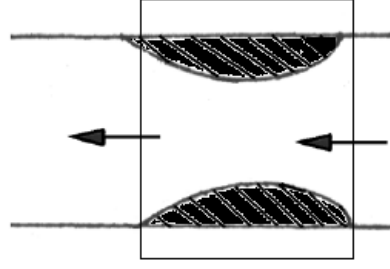
tekerlerde bulunan sensör tarafından yapılmakta böylelikle feedback(geri bildirim) mekanizmasını tamamlamaktadır. Hız kontrol sistemini etkileyen bozucu etmenlere rağmen hız denetim ve kontrol sisteminin istenilen hız değerini sağlaması ve bu aralıkta aracı stabil tutması beklenmektedir.

3.9.2 Karbüratör Prensibi

Otto çevrimine göre çalışan motorlarda, emme strokunda silindire alınan yakıt hava karışımı, sıkıştırma stokunun sonuna doğru bujiden tarafından oluşturulan kıvılcımla ateşlenerek yakılır. Yanma sonucu açığa çıkan enerji pistonu iterek mekanik iş oluşmasını sağlar. Kimyasal enerji mekanik enerjiye çevrilmiş olur. Silindirin dışında yakıtla havanın belirli oranda karıştırılma işlemi karbüratör denilen kısım tarafından halledilir (Motorcycle Carburetors).

Karbüratör içerisinde yakıt-hava (benzin-hava) karışımı durumu ayarlanarak, gelen karışım içerisindeki benzin oranı değiştirilerek piston içine alınan maddenin tutuşma ve yük durumunda daha fazla güç elde etme gibi durumlara göre değişiklik yapılmasına olanak sağlar.

Piston emme strokundan dolayı, silindir içerisinde oluşan düşük basınçtan ötürü, atmosfer şartlarındaki havanın silindire dolması sağlanır. Havanın silindire akış hızı strok hacmi ve piston ortalama hızına bağlıdır. Motorlarda yakıtla havanın karışması bu şekilde olmaktadır. Emme kanalından geçerek silindire dolan havanın, kanalda kesitin daralması sonucu hızı artar hızın artması basıncın bu bölgede düşmesine sebep olur (Şekil 3.18). Kontrol hacmi olarak kare içine alınan bölgenin dışından ve kare içine alınan bölgeden geçmesi gereken havanın eşit olduğu düşünüldüğünde dar alandan havanın daha hızlı akması gerekmektedir. Buda bu alanda hızlı akan hava ile birlikte basıncın düşmesine sebep olur. Basıncın düşmesi sonucu bölgeye ana meme vasıtasıyla bir ucu atmosfere açık olan yakıt deposundan, istenilen oranda karışımı sağlayacak şekilde yakıt püskürtülmüş olur.



Şekil 3. 18. Motor emme kanalı kesit daraltılarak basıncın düşürülmesi

Basit karbüratörlere sahip motorlarda ana memenin görevi, silindire dolan emme havasıyla, istenilen oranda karışımı gerçekleştirebilmek için venturiye (akışın gerçekleştiği bölge) gönderilen yakıt miktarını dengelemektir.

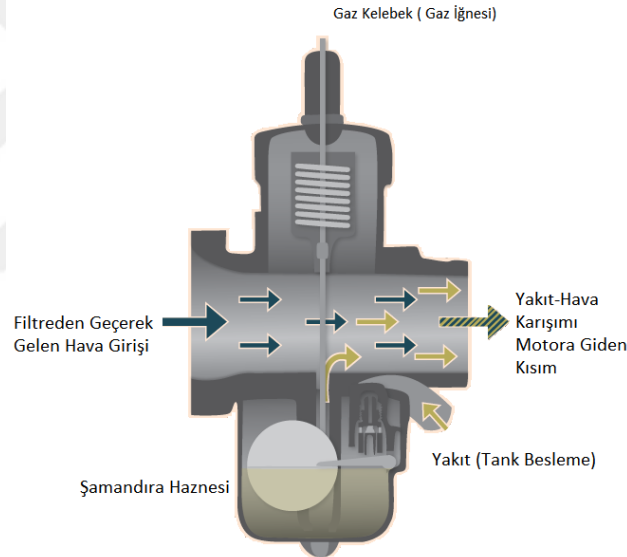
Projemizde üzerinde modifiye işlemi gerçekleştirerek uzaktan kontrol edilebilir hale getirdiğimiz insansız kara aracımızın motor sistemine hava-yakıt karışımını sağlayan karbüratör sistemini optimum düzeyde çalıştırarak aracın ihtiyaç durumuna göre gerekli oranlarda aracın motorunu besleyebilmeyi amaçlamaktayız.

Araçta kullanılan motorun tam performans verilerine bakıldığında aracın teorik olarak yakıt-hava karışım oranı 1 gram yakıt karşılık 15 gram hava karışımı sağlanarak yanma işlemi sağlanmaktadır. Ancak aracın yük durumunda ya da araçtan hızlanma istenmesi durumunda araç karbüratöründe bu oran 1 gram yakıt karşılık 12-13 gram hava karışımı gerçekleştirerek araçtan daha fazla güç elde edilmesi sağlanmaktadır. Ayrıca araçtan yüksek hız ve tam yüklenme durumunda yakıt-hava karışım oranı zengin karışım seviyelerine çekilerek 1 gram yakıt karşılık 10-12 gram hava seviyelerine çekilerek aracın motor performansı üst seviyelere çekilmektedir.

Aracın üzerindeki karbüratör yukarıdaki oranlarda aracın yüklenme durumuna göre yakıt-hava karışımını gerçekleştirebilmek için gaz kelebeğinin (gaz telinin) çekilme durumuyla ilişkili olarak motor içine gönderir, araç üzerindeki karbüratörün çalışması;

Hava karbüratörün hava girişinden hava filtre kısmından geçerek karbüratöre girer, iç duvarların daralmasından dolayı içeri alınan hava hızlanır. Araçtaki karbüratörde gaz kelebeği kablo kontrolü yapılmaktadır. Gaz açıldığında, karbüratör

ana gövdesi içerisindeki gaz iğnesi slaydı yükselir. Slayt arttıkça karbüratör içinde hızla akan hava şamandıra odasındaki ana jet yukarıya yakıt çeker. Yakıt düşük basınçta (karbüratör ana gövdesi) yüksek basınç (şamandıra haznesi) kısmına doğru hareket eder. Şamandıra haznesi içerisindeki yakıt miktarı ve iğne valfinin açıklığı aracın yakıt hava karışımını etkileyen etkenlerdir. Şamandıra odası denilen bölümde ana depodan alınan yakıt belirli oranda bu bölümde tutularak yakıt-hava karışımını iğne valfinin durumuna göre ayarlar. Araç üzerinde tel yardımıyla kontrol edilen ve aracın hızlanma ve yüklenme durumuna göre gaz miktarını ayarlayan kısım iğne valftir. Konik bir biçimde imal edilen iğne valf şamandıranın diğer kısımlarıyla uyum içerisinde çalışarak telin çekilme oranında şamandıra (rezervuar) odasından yakıtın açık olma oranında karbüratör ana gövde içine çekilerek yakıt hava karışımının oluşması oranını düzenler.



Şekil 3. 19. ATV aracının hava-yakıt karışımını sağlayan karbüratörü
(Motorcycle Carburetors)

Araç üzerindeki karbüratörün çalışma verimi değerleri aracın da çalışma verimidir (Şekil 3.29). Dizayn edilen kontrol ünitesi aracın yakıt-hava karışım oranını belirleyeceğinden 3D Printer kullanılarak üretilen kontrol mekanizmasının verim değerleri bizim sistemimizin de değerlerini etkilememektedir.

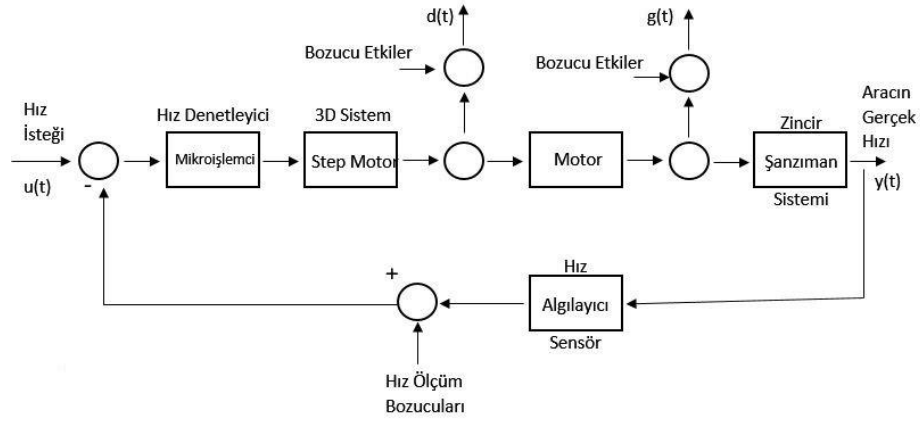
Bu bölümde, bu çalışmada kullanılan gaz mekanizmasına ilişkin çalışmanın değerlerine yer verilecektir. Motor ile 3D Printer üzerinden bastırılan sistemin ilk aşamada verim çalışmaları yapılmıştır. Oluşturulan mekanizma ve sistemin tepkisi ve sistemin verimliliği üzerinde durulmuştur.

3.10 Gaz Sistemi Kontrolü

3.10.1 Araç Hız Denetim ve Kontrol Sisteminin Modellenmesi

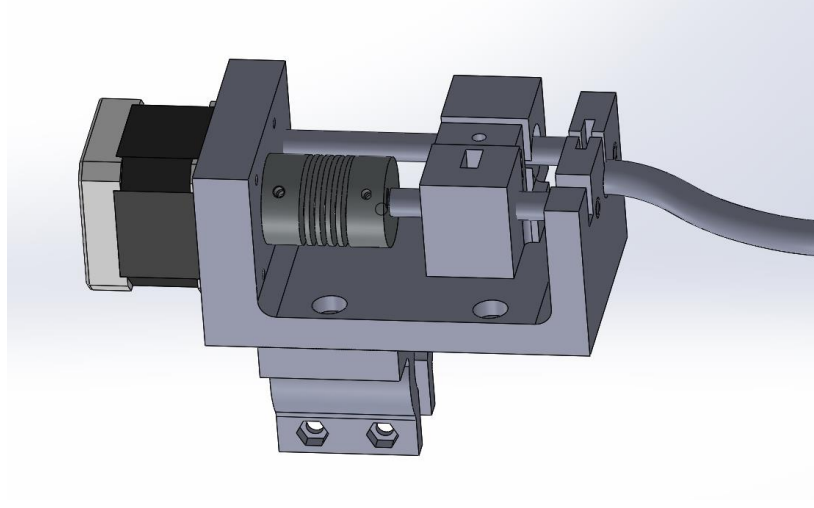
Gaz kelebek iğnesinin konumuna bağlı olarak motora giren yakıt-hava oranı ayarlanmakta ve bunun sonucu olarak ta araç motoru istenilen devre ve istenilen hıza gelmektedir.

Aracın gaz sistemi elemanları olan, gaz iğnesinin kontrol edilmesi oluşturulan mekanizma tarafından denetlenmesi step motor ve bu motor tarafından kontrol edilen mekanizma üzerinden denetlenmektedir. Gaz sisteminin mekanizması step motor ile 0,9 deg/step olarak 360 derecelik tam turu 400 adımda ilerleyerek kontrol edilmektedir. Step motor sisteminde; motor adım sayısı ile ilerleyerek, açısal konumu adımlar haline getirerek çok hassas sinyaller ile sürülen motordur. Step motorlarının dönüş yönü ve dönüş hassasiyeti ve dönüş hızı Raspberry Pi tarafından gönderilen sinyaller ile kontrol edilmektedir. Step motorun açısal konumu $u(t)$ olarak mikroişlemciden step sayısı olarak gönderilir. Step motor bu isteğe göre kendi açısal döngüsünü sağlayarak gerçekleştirir. Step motorun bir adımsal ilerlemesine karşılık aracın karbüratör sistemine, gaz karbüratör iğnesi etkisi $d(t)$ çıktısı, olarak düşünürsek aracımız üzerinde kablonun ne kadar çekildiği olarak izlenebilir. $d(t)$ değeri motor açısal döngüsü ve buna bağlı olarak ta 3D printerden oluşturulan mekanizmadaki ilerlemesi karbüratör iğnesinin konum değişikliğine karşılık gelmektedir. Karbüratördeki konum değişikliğine karşılık motor üzerindeki etkisi $g(t)$, motor devrine etki ederek aracın $y(t)$, hızının değişmesini ve hız değerini göstermektedir. $y(t)$ hız çıktısını hız algılayıcı sensörden algılayan kontrol sistemi feedback(geri besleme) ile geri göndererek istenilen $u(t)$ ile $y(t)$ karşılaştırıp duruma kontrolör tarafından yeni sinyaller oluşturulur. (Şekil 3.20) (Şirin, 2009)



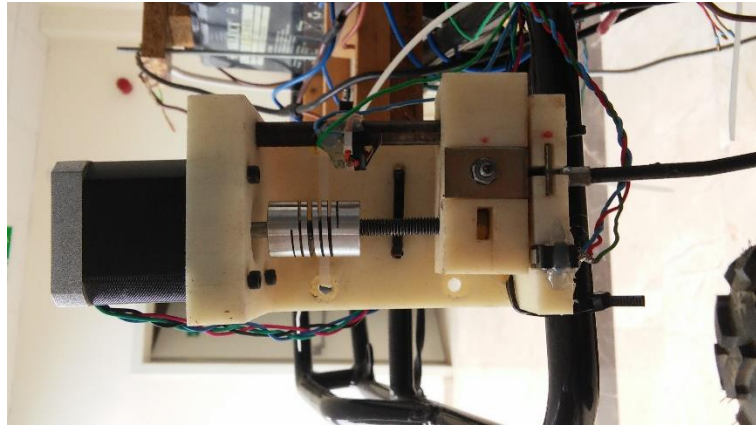
Şekil 3. 20. Araç hız denetimi blok diyagramı

Yukarıda bahsedildiği gibi hız denetim ve kontrol sisteminin araç üzerinde bulunan harici kontrol kısmı şekil 3.21’de görülmektedir. 3D printer teknolojisi kullanılarak üretilen bu harici sistemi incelersek. Araç hız kontrol sisteminde verimli olarak çalışacağını düşündüğümüz sistemin tasarımını 3 boyutlu tasarım programı olan SOLIDCAD’de çizerek parçaları montajlayıp sistemin çalışması sanal ortamda test edilmiştir. Sistem birden fazla parçadan oluştuğundan ve hareket kabiliyeti olması gerektiğinden görevi yerine getirirken araç için gerekli olan gaz iğnesinin telini hareket ettirmek zorunda olması gibi bunları yapabilir olup olmadığını henüz tasarım aşamasındayken tasarım programının montaj kabiliyetini kullanarak test edilmiştir.. Tasarladığımız parçaların üzerine gelecek kuvvetlerin yönleri dikkate alınarak baskı yönü belirlenmiş ve baskı için 3D printer Mojo kullanılmıştır. Mekanizmanın hareketini sağlayacak olan motorun yuvası ve motorun hareket verebilmesi için sisteme bağlanan kısmında kaplinle vidalı mile bağlanmış ve karşılık olarak yataklanarak kendi etrafında dönmeden vidalı mil sayesinde üzerindeki somunun ilerleme hareketiyle somunun gömülü olduğu parçanın hareketlenmesi sağlanmıştır. Somunun gömülü olduğu parçanın hareketi kendisine bağlı olan gaz telini hareketlendirerek araca istenilen gaz durumunu yakalama yelpazesi sağlanmıştır.

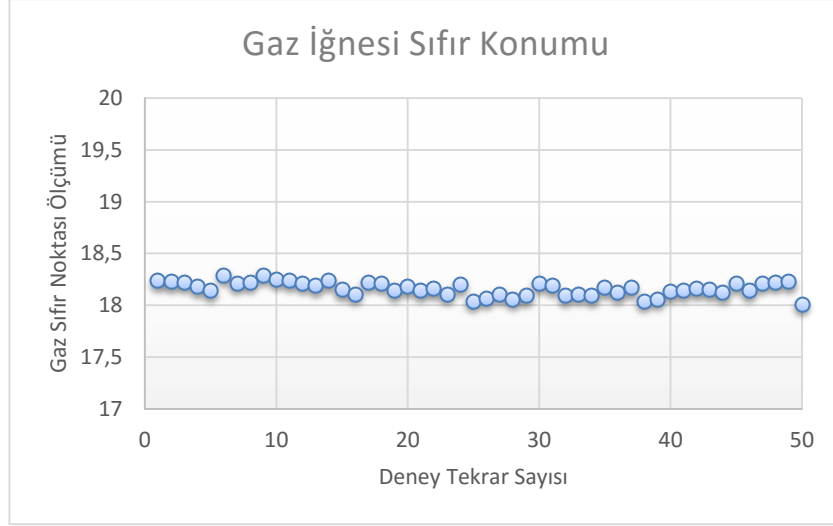


Şekil 3. 21. İnsansız Kara Aracını gaz sistemi kontrol mekanizması 3D tasarımı

Şekil 3.21’ de gösterildiği gibi aracın hız kontrol ve denetimi yapılırken gerek araç motor ve ya karbüratör sisteminden gerekse sistemi kontrol eden step motor ve diğer ekipmanlardan kaynaklanan bozucu etkiler görülmektedir. Bu bozuculardan biri olan harici gaz kontrol sistemimizin bu bozucu etkilerini ve çalışması sırasında stabil davranıp davranmadığını, artan ve azalan konum isteklerine karşı verdiği tepki hızlarını, aracın durgun hızından maksimum hızına ulaşma tepki süresi gibi sistemin çalışma performans değer grafikleri elde edilmiştir.



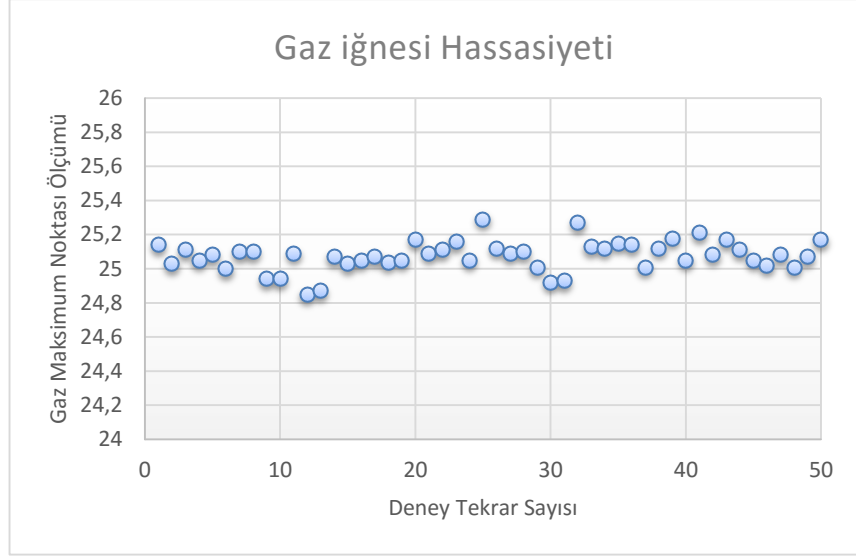
Şekil 3. 22. İnsansız Kara Aracı gaz mekanizması



Çizelge 3. 4. Hız denetim sistemi sıfır konum tekrarlı deney sonucu

Çizelge 3.4, gaz iğnesinin sıfır konumuna gelip gazın kesilmesi durumu ve her defasında mekanizmanın, gazın sıfır konumuna aynı verimle gelerek bunu gerçekleştirmesi tasarlanan ve 3D Printerdan üretilen mekanizmanın gazı sıfırlama konusunda verimini mekanizmanın çalışmasında sorun yaşatmayacağını ve sistemin kontrol edilmesinde bozucu etkiler arasında az bir yer tutacağını göstermektedir.

Gaz mekanizma verimliliğini mekanizma üzerinde tekrarlanan deneylerle ulaşılmıştır. Tekrarlanan deney sonucunda çizelge 3.4’te görülmüştür ki gaz iğnesi için sıfır konumu sinyali Raspberry Pi üzerinden gönderildiğinde mekanizma aynı konuma dönmeyi çizelgedeki gibi başarmıştır.

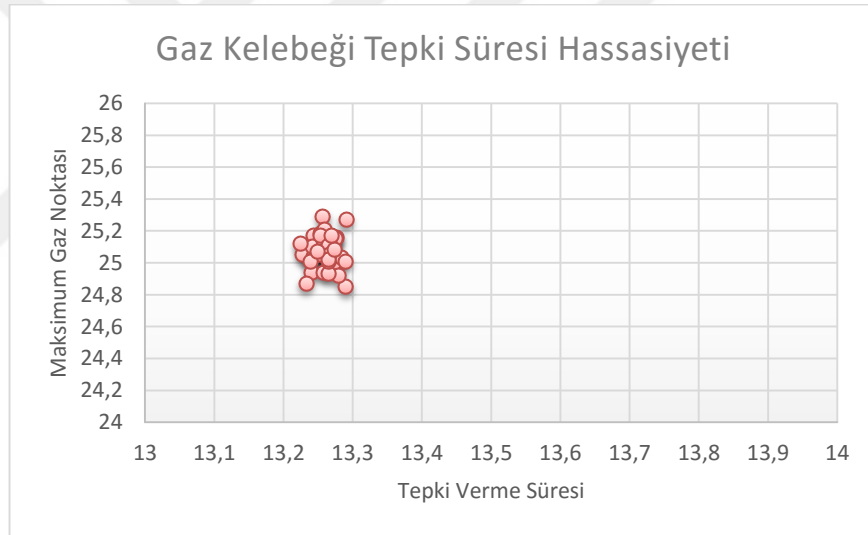


Çizelge 3. 5. Hız denetim sistemi mekanizması çalışma hassasiyeti tekrarlı deney sonucu

Araç üzerindeki kontrolleri yapılan kısımların en önemlisi olan gaz sistemi kontrolü aracın hızının kontrolü aynı zamanda aracın hareketinin kontrolü anlamına gelmektedir. Araç gaz sisteminin kontrol edilmesini sağlayan mekanik sistemin hassasiyetini çizelge 3.5'te görülmektedir. Tekrarlı deneyler sonucunda maksimum noktası ile minimum noktası arasındaki ölçümün sonucunda alınan farkın hassas olarak her seferinde aynı şekilde karşılık veriyor olması tasarlanan mekanizma sisteminin verimini göstermektedir. Çizelge 3.5'te görüldüğü üzere tekrarlı yapılan deneyler sonucunda gaz sisteminin kontrolünü sağlayabilmek için oluşturulan yapının tam gaz ve sıfır gaz durumları arasındaki süreklilik hassasiyeti belirli bir aralıkta sabit kalmaktadır. Bu da sistemin çalışma performansı hakkında bize bilgi vermektedir. Raspberry Pi kontrolöründen gönderilen sıfır konum ve maksimum gaz konumlarına mekanizmanın vermiş olduğu tepkinin tekrarlı sonucu görülmektedir.

ATV gaz sisteminin mekanizma eklenerek çok daha hassas şekilde kullanılabilir hale getirdiğimiz insansız kara aracımızda gaz mekanizmasının minimum gazdan maksimum gaza ulaşması aralığındaki durumda ne kadar zamanda tepki verdiği bizim aracımızı uzaktan kontrol etme durumunda operatörün araca gaz verme işlemini uyguladığında bunu ne kadar süre içerisinde göreceği ve mikroişlemciden gelen komutun gaz sisteminde ne kadar zaman da gerçek fiziki

duruma yansıtılacağı araç üzerindeki gaz mekanizma sisteminin tepki süresiyle alakalı olarak değişmektedir. Bu süre aracın gaz teli uzunluğunun maksimum ve minimum aralığına, sistemde kullanılan eyleyici step motorun rotor hızına ve tasarımdaki vidalı mil sisteminin her birinin verimine ayrı ayrı bağlıdır. Mekanizmanın tepki süresi ve bu tepki süresine her defasında aynısını yansıtabilmesi durumu yapılan tekrarlı deneylerle bulunmuş ve mekanizma verimliliği göstermektedir ki oluşturulan mekanizma ile aracın minimum gazdan maksimum gaz aralığı arasında 13,2 saniye ile 13,3 saniye arasında bir hassasiyette sürekli verimle tepki verebildiği gözlenmiştir. Raspberry Pi kontrolörü üzerinden gönderilen minimum gaz durumundan maksimum gaz durumuna geç sinyali sonucunda mekanizmanın maksimum gaz durumuna gelene kadar ki zaman aracın 0 km/s hızdan maksimum hızı olan 60 km/s hıza çıkışı arasındaki süredir.



Çizelge 3. 6. Hız denetim sistemi mekanizması tepki süresi hassasiyeti ölçümü tekrarlı deney sonuçları

Aracın en hassas kontrol edilmesi gereken kısmı olan gaz sisteminin kontrolünde kullanılan mekanizmanın kinematik olarak baktığımızda; mekanizma vidalı mil somun (araba) sistemiyle çalıştığından vidalı milin dönme hareketi araba üzerinde lineer hareketine çevrilerek araç gaz teline hareket vermektedir. Bu işlemler gerçekleştirilirken M6 vidalı mil üzerindeki arabanın hareket alanı için 6 cm uzunluğunda vidalı mil üzerinde hareket etmektedir. Arabaya bu vidalı mil üzerinde

2,5 cm lik hareket alanı verilmiştir. Gaz telinin uzunluğu ve maksimum gaz, minimum gaz arasındaki tel uzunluğu 2,5 cm olarak ölçülmüştür. Mekanizmanın 2,5 cm ilerlemesi için 9500 adımlık (step) motor dönüşüne ihtiyaç duyulmaktadır. Aracın %100 hız durumuna karşılık 9500 steplik ilerleyişe denk geldiğinin bilindiğinden kontrol bu dönüş sayısı üzerinden oranlanarak gerçekleştirilmektedir. 3.3.1. nolu başlık altındaki denklem 3.16, kullanılarak motor hassasiyeti 1:1 alınarak step sayısı belirlenmiştir. Hassasiyet arttıkça hız yavaşladığından gazı tek adımla kontrol ederken tepki verme süresinden de ödün verilmemeye çalışılmıştır.

Gaz telinin kontrolü kontrol mekanizmasının en önemli kısmı olduğundan dinamik olarak telin uzaması için gerekli minimum kuvvet, (2 kg ağırlık) yaklaşık 19,62N luk bir kuvvet uygulayarak gaz telinin ilk aşamada çekilmesi sağlanarak, dinamik olarak ilk hareket kuvveti bulunmuştur. Ve gaz telinin çekilmesi için gerekli kuvvet devamlı lineer olarak artış göstererek %100 gaza ulaşmak için 50N'luk kuvvet gerekmektedir.

3.11 Güç Sistemi

Orijinal ATV aracında içten yanmalı motor bulunduğu motorun ilk hareketini sağlayabilmek için araç üzerinde SELECT SB9A-DS, 12V 9Ah kapasiteli kuru akü bulunmaktadır. Kuru akü; asit ve akü suyu ilavesi gerektirmeyen akü tipleridir. Ancak bu güç kaynağı aracın motoruna çalışması için gerekli ilk hareketi sağlamaktadır. Araç üzerindeki diğer mekanizmaların çalışmasını sağlayan step motorların ve kontrolü sağlayan Raspberry Pi mini bilgisayarın çalışması için gerekli enerji araç üzerindeki bu aküden sağlanmamaktadır. Çünkü hem şarj dinamosu tarafından bu akünün devamlı şarja tutulması hem de akünün gücünün tüm sistemi taşımaya yetmemesi araç kontrol sistemi ile aracın kendi çalışması için gerekli sistemi birbirinden ayırmak zorunda bırakmıştır. Aracın aküyü şarj etmesi durumunda şarj dinamosundan oluşan ani voltaj yükselmeleri ve ya dalgalanmalar araç üzerinde bulunan ve +5V ile çalışan hassas bir mikro denetleyiciye sahip Raspberry Pi kontrolöre zarar vermektedir.



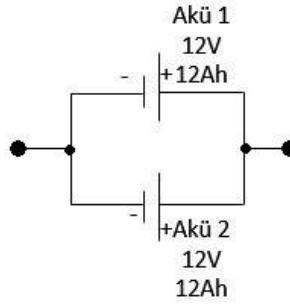
Şekil 3. 23. ATV aracın çalışma sisteminde kullanılan 12V 9Ah kuru akü



Şekil 3. 24. Kontrol sistemi ve mekanizmaların çalışmasında kullanılan 12V 12Ah kuru akü

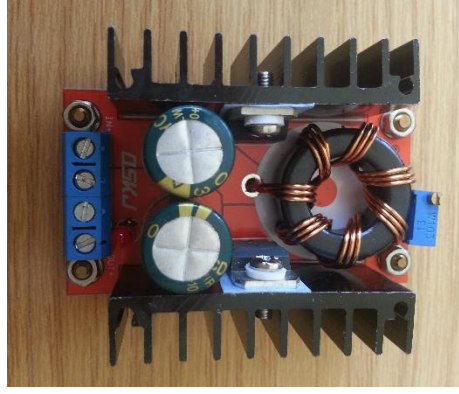
Aracın direksiyon, fren, vites ve gaz sistem mekanizmalarının kontrolünü sağlayan step motor ve bilgisayar kısmını beslemesi için araç üzerine 2 adet 12V 12Ah akü kullanılmıştır. Araç üzerindeki sistemlerin kontrolünde kullanılan step motorların ve diğer kontrol organlarının çalışma voltajları farklılık gösterdiğinden araçta bu farklı voltajlara dönüşümü sağlayan dönüştürücüler bulunmaktadır. Direksiyon sisteminin çalışmasını sağlayan step motor 24 volta ihtiyaç duyarken, araçtaki vites, fren ve gaz sisteminin kontrolünü sağlayan step motorlar 12 volta ihtiyaç duymaktadır. Mini bilgisayar Raspberry Pi çalışma voltajı olarak 5 volt kullanırken araç üzerindeki mekanizmalardaki sıfır noktalarını algılayarak geri besleme sağlayan switchler Raspberry Pi' ye geri beslemelerde 3.3 voltu kullanmaktadır. Direksiyon step motoru 3A vites, fren ve gaz step motorları 1,7A güç çektikleri ve diğer sistemlerinde

çektikleri amper düşünüldüğünde 60 dk. lık bir çalışma ömrü bulunmaktadır aracın üzerindeki güç kaynaklarıyla. Bu sistemlerin çalıştırılması gerekli güç iki aküden sağlanırken bu aküler birbirine paralel bağlanarak çalışma ömrü uzatılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda teorik olarak beklenen 60 dk. ya ulaşmadan paralel bağlanan akülerinin 40-45 dk arasında bir sürede tüketildiği görülmüştür.



Şekil 3. 25. Kontrol sistemi ve mekanizma motorlarının çalışmasında kullanılan akülerin bağlantı şekli

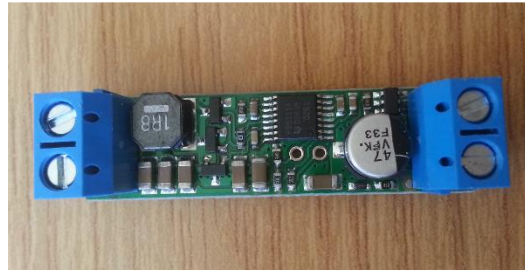
Mekanizmaların kontrolünde farklı motor tiplerinin farklı çalışma voltajı bulunduğundan voltaj dönüştürücüler kullanılmıştır. Direksiyon milinin hareketini sağlayan 23H276-30-4A tip step motorun çalışması için gerekli 24V voltaj şekil 3.25'deki dönüştürücü kullanılarak akü çıkışı olan 12V'ı, 24V'ye yükseltilmiştir. Vites, fren ve gaz mekanizmalarının çalışması için gerekli olan 12V akülerden direk alınarak motorlar çalıştırılmıştır. Aracın kontrolünü sağlayan mini bilgisayar Raspberry Pi 5V ile çalıştığından bu sistemin çalışması için gerekli enerji aküden 12V çıkış alınarak şekil 3.26'deki dönüştürücü sayesinde 5V'ye düşürülmüştür. Raspberry Pi kontrolörü sensörlerden ve geri bildirim switchlerinden aldığı voltaj 3,3V olmalıdır bundan dolayı sistem için gereken 3,3V şekil 3.27'deki dönüştürücü kullanılarak elde edilmiştir.



Şekil 3. 26. 12V'dan – 24V'a dönüştürücü



Şekil 3. 27. 12V'dan – 5V'a dönüştürücü



Şekil 3. 28. 5V'dan – 3.3V'a dönüştürücü

İnsansız kara aracının çalışması için gerekli olan tüm enerji bu sistemler kullanılarak sağlanmıştır.

3.12 Kontrol Elemanı (Mikroişlemci)

İnsansız kara araçları otonom kontrol ya da yarı otonom kontrol olarak dışarıdan kontrol edildiklerinden üzerinde sistemleri denetleyen karar veren ya da üzerindeki sistemleri denetleyip operatör arasında bağlantı kuran bir bilgisayara ihtiyaç duymaktadır. Bu bilgisayar aracın tüm kısımlarını kendi algoritması ve verilen görev doğrultusunda kontrol ederken; yarı otonom sistemlerde uzaktan verilen görev sinyalinin araç üzerindeki bilgisayar tarafından algılanıp kendi algoritma filtresinden geçirilerek karar verip kontrol etme işini gerçekleştirmektedir. Araç üzerindeki sensörler çevreyi algılayarak çevrenin durumuna göre kontrol ünitesinin karar vermesini sağlamaktadır.

Tasarladığımız insansız kara aracı üzerinde yarı otonom sistem uygulanmaktadır. Bu kontrolün uygulanabilmesi için aracın üzerinde gelen sinyali algılamak ve algoritması dâhilinde cevap verebilmek için bilgisayar bulunmaktadır. Kullanılan bilgisayar Raspberry Pi mini bilgisayarıdır.

Raspberry Pi, Raspberry Pi Foundation şirketi tarafından geliştirilen 2009 yılında başlamış olan kredi kartı büyüklüğünde tek board'dan oluşmuş tam donanımlı mini bir bilgisayardır (Raspberry Pi teknik). Aracımız üzerinde Raspberry Pi model B+ kullanılmıştır.

Araç üzerinde kullanılan Raspberry Pi algoritma dâhilinde oluşturulan tüm yazılımsal işlemleri gerçekleştiren kısımdır. Aracın tüm sensörlerinden gelen operatörden gelen sinyaller data girişini oluştururken step motorları sürmek için göndereceği sinyaller çıkış olarak fiziksel etki yapmaktadır.



Şekil 3. 29. Raspberry Pi Model B+ İnsansız Kara Aracımızda kullanılan mini bilgisayar

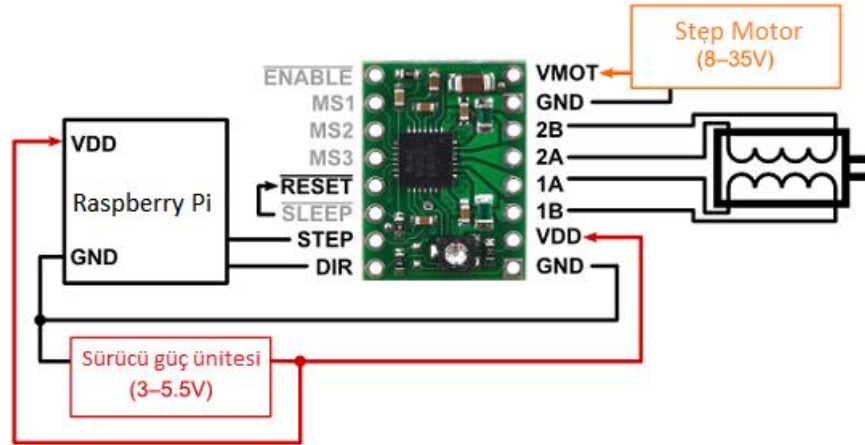
Raspberry Pi Model B+ Teknik Özellikleri
İşlemci: Broadcom BCM2835 (700MHz, ARM1176JZF-S tabanlı)
Grafik İşlemcisi: Broadcom VideoCore IV (OpenGL ES 2.0, 1080p)
512 MB RAM
2 adet USB 2.0
HDMI yuvası
SD Kart Okuyucu
3.5 mm ses jakı
RCA Video Çıkışı
CSI Bağlantısı
Ethernet
İşletim Sistemi: Debian GNU/Linux
40 adet GPIO Çıkışları, UART, I ² C, +3.3V, +5V ve Ground

Çizelge 3. 7. İnsansız Kara Aracında kullanılan mini bilgisayar
(Raspberry Pi) özellikleri

Araç üzerindeki Raspberry Pi ye ilişkilendirilmiş Radyo Frekansı alıcı devresi sayesinde dışarıdan verilen komut tarafından kontrol edilmektedir. Dışarıdan gönderilen komut mini bilgisayar içerisindeki algoritma tarafından karar verilerek gönderilen komut doğrultusunda bilgisayar tarafından kontrol gerçekleştirilir. Raspberry Pi mini bilgisayar içerisinde Linux tabanlı Debian işletim sistemi bulunmaktadır. Oluşturulan algoritmanın işletim sistemi tarafından aracın kontrol edilebilmesi için Python dili ile yazılan yazılım sayesinde aracın kontrolünü gerçekleştirmektedir.

Klasik bilgisayarın serial çıkışlarının yerine Raspberry Pi üzerinde bulunan pin çıkışları bulunmaktadır. Üzerindeki bu pin çıkışları dışarıdan gelen uyarıları +2.5V - +3.3V aralığını algılayabilirken, içerisindeki algoritma tarafından verilen cevabın çıktısı olarak ta dışarıya çıkış +3.3V verebilmektedir. Pinlerden gelen cevap +3.3V olarak çıkış vermektedir. Çıkış verilen bu sinyal doğrultusunda motorların hareket etmesi için motor sürücüleri tetiklenmektedir. Araç kontrolü sağlanması için motorların motor sürücülerinin Raspberry Pi sinyalleri tarafından tetiklenmesi gerekmektedir. Ayrıca araç üzerindeki motorların konum geri beslemeleri ve hız geri beslemesi Raspberry Pi pinlerinin algılama özelliği kullanılarak gelen sinyal doğrultusunda yazılımın karar vermesini sağlamaktadır. Raspberry Pi pinlerinin alıcı ve çıkış özelliği kullanılarak algoritmanın kararları doğrultusunda aracımızı kontrol etmekteyiz.

Raspberry Pi kontrolörünün gönderdiği sinyaller her bir motor için kendi sürücüsüne gönderilen sinyaller üzerinden kontrol edilir. Araç üzerinde A4988 tipi step motor sürücüsü kullanılmıştır.



Şekil 3. 30. Step motor sürücü devresi bağlantısı (Pololu Corporation)

MS1	MS2	MS3	Motor Hassasiyet
0	0	0	Tam Adım
1	0	0	Yarım Adım
0	1	0	Çeyrek Adım
1	1	0	Sekizde bir Adım
1	1	1	Onaltıda bir Adım

Çizelge 3. 8. Step motor hassasiyet bilgisi (Pololu Corporation)

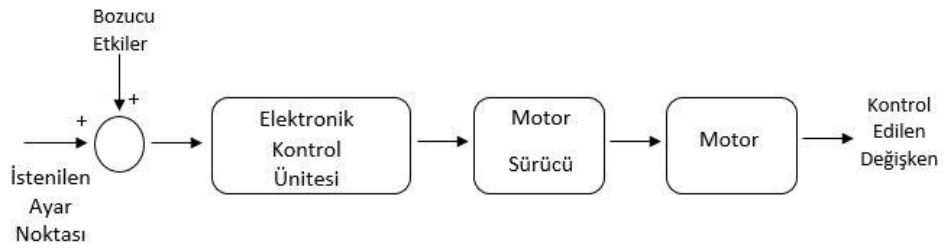
Step motor hassasiyetini ayarlamak için sürücü devresinde MS1, MS2, MS3 uçlarına uygulanan 0 – 1 durumlarına göre verdiği bir adımlık bölünmüşlüğü çizelge 3.8’de görülmektedir. Vites ve fren sistemlerinde 1-0-0 durumu uygulanarak yarım adım hassasiyet uygulanırken, 0-0-0 durumu gaz ve direksiyon sistemi için uygulanmıştır.

3.13 Kontrol (Denetleme) Yöntemleri

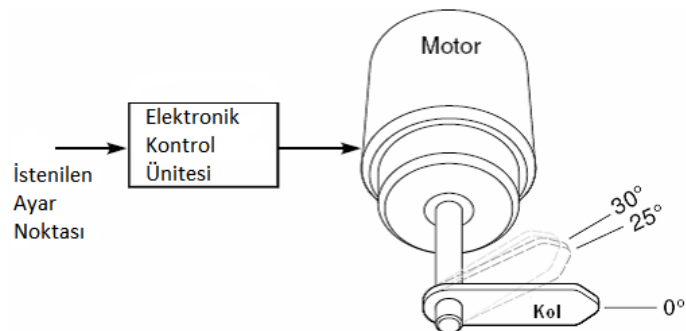
3.13.1 Açık Döngü Kontrol (Denetim) Yöntemi

Açık döngü kontrol yönteminde bilgisayar kontrol birimi, eyleyici eleman olan motorun çıktısını hiçbir şekilde denetleyemez (Daşdemir, 2009). Çünkü motorun çıktısının konumunu bildirecek herhangi bir geri besleme bu sistemde mevcut değildir. Denetim faaliyetleri çıkıştan bağımsız olarak yapılmaktadır. Şekil 3.29’de bu sistemin blok diyagramda gösterilmiş ve şekil 3.30’de motor sistemi üzerinde basit örnekleme gösterilmiştir.

Bu tez çalışmasında direksiyon, vites, fren ve gaz mekanizmalarında aktif geri beslemenin olmadığı yerlerde Açık-Döngü Kontrol yöntemi kullanılmıştır.



Şekil 3. 31. Açık döngü kontrol yöntemi blok diyagramı

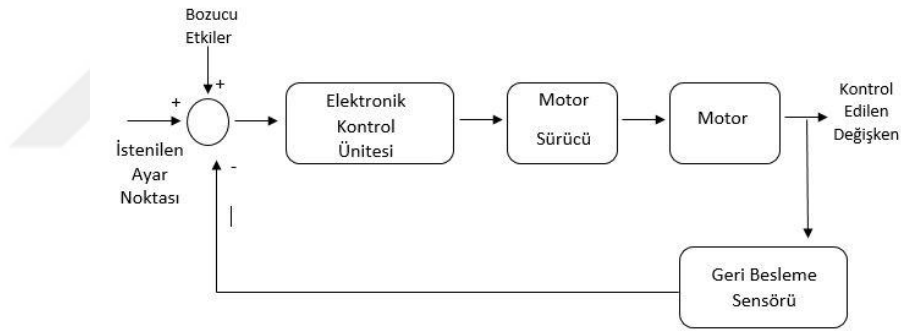


Şekil 3. 32. Açık döngü kontrol sistemi motor denetim benzetimi

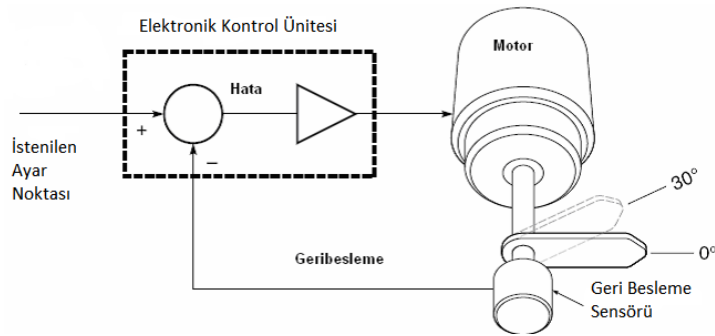
3.13.2 Kapalı Döngü Kontrol (Denetleme) Yöntemi

Kapalı-Döngü Kontrol yönteminde kontrol edilen değişken sürekli olarak geri besleme sensörü ile izlemeye tabi tutulur (Daşdemir, 2009). Sistemin çıkışı, istenilen çıkış noktası değerini sağlamak üzere giriş (P, PI ya da PID vb.) denetleyicilerince yeniden düzenlenir. Kapalı-döngü kontrol yöntemi blok diyagramı 3.31’da gösterilmiştir.

Şekil 3.32’da görüldüğü gibi kontrol edilen eyleyici çıktısı üzerindeki sensör sayesinde devamlı kontrol edilir. Sensör çıktısından alınan ölçümler, elektrik sinyaline çevrilerek giriş sinyalini değiştirmek üzere Elektronik kontrol ünitesine geri besleme yapılır. Bu tez kapsamında geri besleme kontrol sistemi hız ve gaz sistemi ayarlamasında kullanılmıştır.



Şekil 3. 33. Kapalı Döngü Kontrol yöntemi blok diyagramı



Şekil 3. 34. Kapalı Döngü Kontrol yöntemi motor denetimi benzetimi

Bu tez kapsamında yer alan kapalı döngü kontrol sistemi aracın hız kontrolünün yapılabilmesi için kullanılmıştır. Gaz telinin çekilmesi sonucu hızlanan aracın istenilen hıza gelene kadar gaz telinin giriş değeri yenilenip tekrar gönderilmesi için geri besleme sistemi olarak aracın arka tekerlek kısmına yerleştirilmiş ve tur sayısını algılayan indüktif sensör tarafından algılanarak geri besleme olarak elektronik kontrol ünitesi kısmına Raspberry Pi mini bilgisayarına sinyal olarak gönderilir. İndüktif sensörün önünden her turda bir kere geçen sinyal sağlayıcı indüktif sensörü tetikleyerek tur sayısını saymakta ve belirli zaman içerisinde geçen tur sayısına göre araç tekerleklerinin çapı dikkate alınarak aracın hızı hesaplanır.

$$k = p \times D_w \quad (3.21)$$

$$v = k/t \quad (3.22)$$

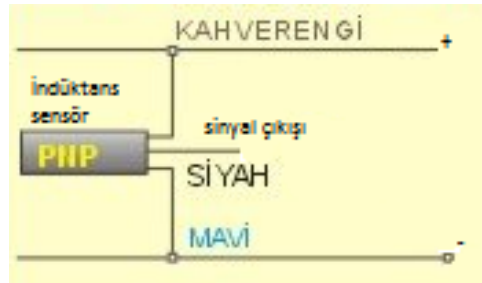
D_w = Teker çevre uzunluğu(m)

p = indüktif sensörün bir zamandaki(t) tur sayısı

t = birim zaman

v = aracın hızı

k = birim zamanda alınan mesafe

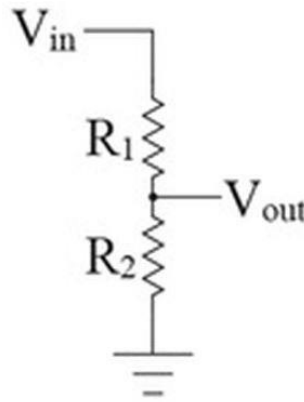


Şekil 3. 35. İndüktif sensör ve bağlantısı

İndüktif sensör çalışmak için 12V giriş gerilimine ihtiyaç duymaktadır, algılama yapıldıktan sonra çıkış sinyali olarak 12V çıkış vermektedir. Bu sinyali gerilim düzenleyici kullanılarak düşürülmektedir. Aynı şekilde ultrasound sensör çalışma gerilimi 5V olduğundan, sinyal çıkışı da 5V tur. Gerilim düzenleyici devre kullanılarak bu sensörlerin sinyal çıkış gerilimleri düzenlenmektedir. Bu bölücü devrelerin çıkışı Raspberry Pi giriş sinyali olarak kullanılmaktadır.

3.13.3 Gerilim Düzenleyici – Bölücü

Transistor, diyot, direnç, kapasitans gibi devre elemanları kullanılarak gerilim düzenleyici devreler üretilmiştir. Üretilen bu gerilim düzenleyici devreler sabit veya ayarlanabilir gerilim veren devreler yapılmıştır. Gerilim düzenleyici devrelerin oluşturulmasında kullanılan entegre çeşitleri olarak 78XX, 79XX, LM117, LM217, LM317 gibi entegreler mevcuttur (Daşdemir, 2009). 78XX serisi entegreler 3 pinli pozitif gerilim düzeyicidirler. Bu tez kapsamında yer alan indüktif sensör çıkış gerilimini düzenlemek için 7805 gerilim düzenleyicisi kullanılmıştır. 7-35V arası girişe karşılık çıkışta sabit 5V gerilim alınır. İndüktif sensör çıkışı 7805 entegresi regüle edilmiştir. Regüle devresi şekil 3.35’ de görülmektedir. Ultrasonik sensör çıkışında da alınan 5V çıkışı gerilim bölücü devre kullanılarak Raspberry Pi giriş sinyali olarak kullanılabilmek için 3.3V olarak bölünmüştür. Voltaj bölücü devre dirençler kullanılarak, kullanılan direncin değerine göre çıkış gerilimi değiştirmektedir. Voltaj bölücü devresi şekil 3.34’de gösterilmektedir.



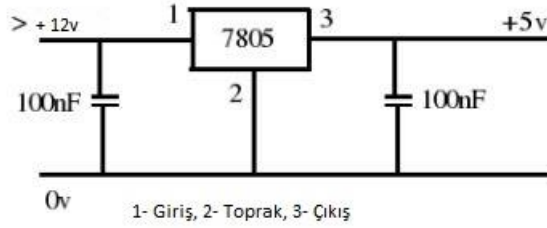
Şekil 3. 36. Voltaj bölücü devre

Şekil 3.34’ da gösterilen voltaj bölücü devre şemasında da görüldüğü gibi çıkış gerilimi R1 ve R2 dirençlerinin oranlarına (denklem 3.23) bağlı olarak değişmektedir.

$$V_{out} = V_{in} \times \frac{R2}{R1+R2} \quad (3.23)$$

V_{out} = çıkış gerilimi

V_{in} = giriş gerilimi

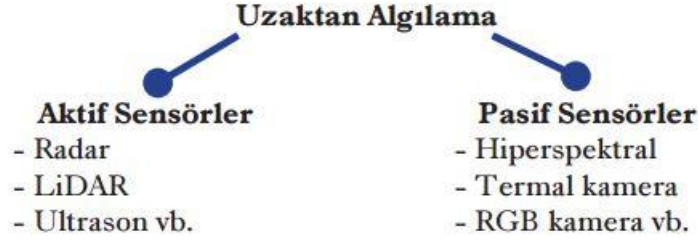


Şekil 3. 37. 7805 entegre sabit 5V çıkış devresi

3.14 Çevre Algılama Sensör

İnsansız kara araçlarının çevresini algılayarak engelleri tespit edip bunlardan sakınarak hareket etmesi için çeşitli sensörlere ihtiyacı vardır. Literatür kısmında da gördüğümüz gibi araçların çevre algılamada kullandıkları birçok sensör çeşidi kullanılmıştır. Kullanılan bu sensörler çevreyi tarayarak oluşturdukları veriyi kontrol ünitesi ile paylaşarak aracın engeli algılamasını ve engeli göz önünde bulundurarak hareket etmesini sağlamaktadır.

Sensörlerin algılama yöntemleri ve çalışmaları farklılık göstermektedir. İnsansız kara araçlarında kullanılan sensörler pasif algılama sensörü ve aktif algılama sensörü olmak üzere iki farklı sensör tipi kullanılmaktadır.



Şekil 3. 38. Sensör sınıflandırması (Yüksel ve Küçük, 2015)

3.14.1 Pasif Algılama Sensörü

Pasif sensörler nesnelerden yansıyan termal enerji, elektromanyetik dalga boyu ve güneş ışığından doğan ışının algılanmasını sağlayan sensör tipleridir. Güneş ışığının nesnelerden yansımalarıyla ışığın kamera lensine ulaşması ve bu ışık şiddetinin durumuna göre, kamera tarafından öndeki nesnenin algılanmasını sağlayan sensör tipleridir. İnsansız kara araçlarında kameralar ve lazer sensörler çevredeki engelleri algılamada kullanılan sensör tiplerindendir. Ayrıca araçlar üzerinde konum belirlemek için kullanılan GPS (Global Positioning System) , aracın eğim ve duruş yönünü belirlemek için kullanılan pusula, gyro, eğimölçer gibi sensörler de insansız kara araçlarında kullanılan pasif sensörlerden bazılarıdır (Ercan, 2011). İnsansız kara araçlarında kullanılan sensörlerin belirlenmesinde aracın yapacağı görev önemli ölçüde belirleyicidir. Kullanılan sensörlerin birbirlerine göre avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır (Yalçın, 2014). Pasif sensörlerden aracımız üzerinde kullanılmamıştır.

3.14.2 Aktif Algılama Sensörü

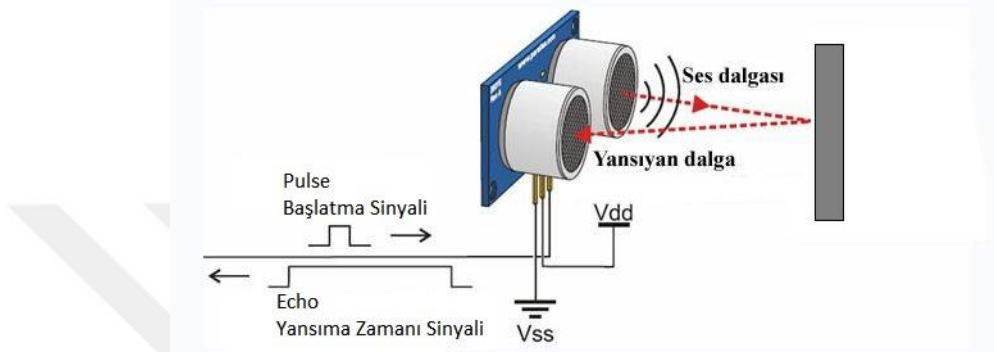
Aktif algılama yapan sensörler hedeflerine gönderdikleri elektromanyetik; radyo, ışın, ses gibi dalgaların engel olan cisimden geri yansımalarına göre cismin uzaklığı, rengi, şekli gibi fiziksel bazı özellikleri anlaşılmaktadır. Radar, LİDAR, Lazer, ultrasonik sensörler aktif sensörlerin insansız kara araçlarında kullanılanların başlıcalarıdır (Ercan, 2015). İnsansız kara araçlarında kullanılan tek bir sensörlerin çoğu zaman başarısız olduğu ve gelen verilerin diğer sensörlerden gelen verilerle bütünleştirilerek kullanılmıştır. Araç üzerinde birden fazla sensör kullanılmasının

sebebi de alınan verilerin doğruluğunu kesinleştirmektir. İnsansız kara araçlarında Lidar sensör ve bizimde insansız kara aracımızda kullandığımız ultrasonik sensörler ön plana çıkmaktadır.

Light Detection And Ranging (LIDAR) sensörler lazer teknolojisini kullanan aktif sensör tipleridir. Lidar sensörü aktif bir sensör olduğu için bünyesinde bulundurduğu lazeri kullanarak ölçüm yapar. Lazer kaynağında oluşturulan ışın karşıdaki cisme çarptıktan sonra geri yansır. Lazer kaynağına geri gelir bu gidip yansıyıp geri dönme süresi ışık hızı dikkate alınarak ikiye bölünerek karşıdaki çarpıp yansıyan cismin ne kadar uzakta olduğu anlaşılır. Lidar sensörlerde lazer teknolojisi kullanılmasından dolayı yağmur, sis, gölge ve aşırı güneş yansımalarında etkilenmeden pasif sensörlere oranla doğruluğu yüksektir. Lidar sensörler pek çok alanda kullanılmaktadır, havadaki partikül yoğunluk ölçümü, 3B topografik haritalama, fay hatları sismik araştırmaları, insansız kara araçları vb. araştırmalarda kullanılmaktadırlar. Lidar sensörle ile düzlem tarama da yapılabilmektedir. Lidar sensörlerin en büyük özelliklerinden biri de; tek boyutlu (1D), iki boyutlu (2D) ve üç boyutlu (3D) olarak ölçüm yapabilmektir. Tek boyutlu (1D) Lidar sensörler ile uzaktaki cismin uzaklığını ölçerek uzaklık bilgisi alınır. 2D Lidar sensörler ile taramalar farklı açılarda tarama yaparak x ve y koordinatlarında düzlemler çıkartılmış olur. 3D Lidar sensörlerde 2D Lidar sensörlerde olduğu gibi z ekseninde de tarama yapılarak x, y, z eksenlerinde de düzlem taraması yapılmış olur.

Aktif sensör olarak sınıflandırdığımız ultrasonik sensörler bizim de insansız kara aracımızda kullandığımız sensörlerdendir. Ultrasonik sensörler 20 KHz ile 500 KHz arasında oluşturulan frekanslardaki ses dalgasının karşıda bulunan engelle gönderip engelden yansıyarak geri gelme süresi dikkate alınarak mesafeyi ve karşıdaki engelin varlığından haberdar eden sensörlerdir. Bu sensörlerin çalışması; sensör üzerindeki elektronik devre üzerinde ultrasonik speaker denilen yüksek frekansta ses dalgası üreten kısım ve ultrasonik mikrofon denilen dönen ses dalgalarını algılayacak kısım bulunmaktadır. ultrasonik speaker'dan gönderilen ses dalgası gönderilir. Bu ses dalgasının menziline bulunan cisme çarpıp yansıması sonucunda geri dönen dalgalar ultrasonik mikrofon tarafından algılanarak arada geçen süre ses hızıyla çarpılarak ikiye bölünmek suretiyle aradaki mesafe algılanır. Ultrasonik sensörlerde yüksek frekanslardaki ses dalgalarının kullanılmasının sebebi yüksek frekanslardaki

dalgaların daha düzgün doğrusal şekilde yayılması, enerjilerinin yüksek olması ve belirli mesafelere ulaşabilmeleri ayrıca yüzeylerden kolayca yansiyarak geri dönecek kadar enerjiyi barındırmalarıdır. Ultrasonik sensörler karmaşık ve kritik veri gerektiren işlemlerde yetersiz kalmaktadır daha çok engel olup olmaması konusunda sıkça kullanılan sensörlerdir.



Şekil 3. 39. İnsansız Kara Aracında kullanılan ultrasound sensör çalışma prensibi

Ultrasonik sensörle mesafe ölçme formülize edilmiştir.

$$c_{hava} = (331.5 + (0.6 \times \theta)) \text{ ms}^{-1} \quad (3.24)$$

$$d = c_{hava} \times T_{gc} / 2 \quad (3.25)$$

c_{hava} : Ses dalgasının havadaki hızı

T_{gc} : Ses dalgasının gidiş geliş süresi

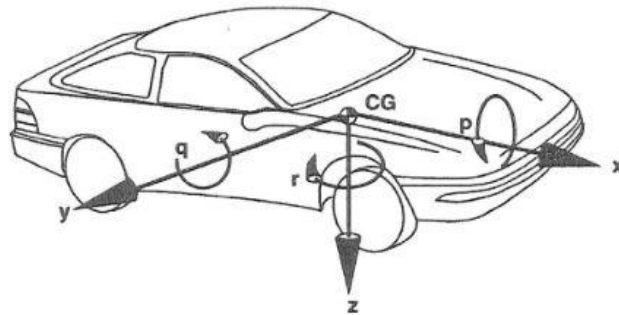
d : Sensörün nesneye olan uzaklığı

θ : Sıcaklık santigrad ($^{\circ}\text{C}$)cinsinden değeri

Tasarladığımız insansız kara aracı yarı otonom kontrol hareket ettiğinden çevresindeki engelleri algılamayı üzerindeki ultrasonik sensörlerin gönderdiği sinyaller ile algılamaktadır. Aracın üzerine yerleştirilen sensörler aracın önündeki engellerin hepsini algılayabilmek adına belirlenen açılarda yerleştirilmiştir. Araç üzerine ön kısımda; ön, ön sağ, ön sol kısımdaki engelleri görebilmesi için; arka kısma arka, arka sol, arka sağ sensörler yerleştirilmiştir. Sensörlerin oluşturduğu sinyaller Raspberry Pi tarafından algılanıp algoritma çerçevesinde ve cismin yakınlığına göre kontrol mekanizma motorlarına sinyal göndererek tepki oluşturur. Frenleme yapar.

3.14.2.1 Euler Açıları

Gerçek dünya koordinat sistemi ile araçların koordinat sistemleri arasındaki bağıntı Euler açıları ile belirlenir. Euler açıları, birbirlerini tamamlayan 3 açısal dönme hareketi ile tanımlanır. Bir nokta etrafında serbestçe hareket edebilen katı cismin konumunun belirlenmesi için gereken açılara euler açısı denir. Katı cismin duruşunu belirleyen x, y, z kartezyen koordinatlarındaki açılar (yaw, pitch, roll) olarak tanımlanır (Şekil 3.39). Euler açıları kullanılarak aracın üzerine yerleştirilen sensörler sayesinde tüm alan taranmış olur. Sensörlerin aracın önünü tamamen tarayabilmesi için sensörler euler açıları kullanılarak yerleştirilmiştir (Güven, 2009).



Şekil 3. 40. Euler açılarının kordinant sistemindeki yeri

Böylelikle araç ön kısmında kör nokta bırakmadan önündeki tüm engelleri algılayarak tepki vermesi sağlanmıştır. Aracımızda şekil 3.38'deki HC – SR04

ultrasonik sensör kullanılmıştır. Kullanılan ultrasonik sensör önündeki 2cm – 400 cm arasındaki engelleri 3 mm doğruluk hassasiyetiyle algılamaktadır. 10 μ s tetikleme sinyali kullanılarak 40 KHz lik dalgalar gönderilerek ölçüm yapılmaktadır. Ancak 5V çalışma sinyali olan ultrasonik sensörün çıkış sinyali de 5V'dur. Raspberry Pi mini bilgisayar kontrolörümüzün sinyal pin giriş voltajı 3.3V olduğundan gelen sinyal voltajına bölücü devre uygulanarak gelen sinyal 3.3V'a düşürülerek Raspberry Pi pin sinyal girişi sağlanmaktadır. Ultrasonik sensörden gelen sinyaller engelin varlığını göstermektedir aracın kontrol edilebilmesi için oluşturulan algoritmada bu engelin yerine göre Raspberry Pi tarafından karar alınarak araç operatör tarafından başka yöne yönlendirilir.



4. İNSANSIZ KARA ARACI UZAKTAN KONTROLÜ

İnsansız kara araçlarının tasarlanma amaçları kritik görevlerde insan kayıplarını azaltmak ya da insanlardan doğan hataları minimize ederek daha güvenilir yüksek oranda görev başarısı sağlamaktır. İnsanların yaptıkları hatalardan kaynaklanan görev kayıplarının önüne geçmek için tasarlanan insansız kara araçları daha çok otonom olarak tasarlanmışlardır. Kritik görevlerde insan kayıplarının azalması için tasarlanan insansız kara araçları ise otonom kontrol yerine yarı otonom denilen operatör tarafından uzaktan kontrol edilen ve araç üzerinde bulunan bilgisayar ve sensörleri sayesinde verilen komutun duruma uygunluğunu kontrol ederek komutu gerçekleştiren insansız kara araçlarıdır (Ebken vd., 2005).

4.1 Otonom İnsansız Kara Aracı

Robotların üretilmesinin en önemli sebeplerinden biri olan otonom hareket, son yılların popüler araştırmalarından insansız kara araçlarının da otonom olarak hareket etmesini sağlamayı amaçlamaktadır. İnsansız kara aracının kendi kendisini kontrol ettiği insan kontrolünden özerk çalışan araçlardır. Otonom hareket eden insansız kara araçlarının avantajları dezavantajlarına oranla fazla olması bu konuda çalışmaların yoğunlaşmasına ve büyük araştırma şirketlerinin ilgisini çekmesine sebep olmuştur. Otonom insansız kara araçlarının tasarlanması hem maliyetli hem de zordur. Tam tanımlanması gerekirse; kendisine verilen belirlenmiş bir görevi – askeri ya da sivil görevler - yoluna çıkacak engellerden sakınarak ve doğru koordinatlarda kalarak etrafındaki araçları, duvarları, insanları doğru tespit ederek yerine getirmesidir. Otonom insansız kara araçlarının kullanılmasındaki en önemli sebep insan kontrolünün zor olduğu zaman ve mekânlarda aracın otonom sistemi sayesinde görevi başarıyla yerine getirebilmesidir. İnsansız kara araçları otonom çalışabilmesi için çevrelerini algılama konusunda mükemmel yakın bir sensör sistemleriyle donatılmışlardır. Sensörlerden gelen her veri bir başka sensör verileriyle karşılaştırılarak araç kontrol bilgisayarı tarafından karar verilir. Aracın bulunduğu konum, etrafındaki nesneler tipleri ve diğer fiziksel özellikleri gibi birçok açıdan sensörler tarafından veri toplanır ve aracın otonom sisteminin karar verebilmesi

sağlanır. İnsansız kara araçlarının temelinde yatan insan unsurunu ortadan kaldırarak daha yüksek oranda görev başarısını artırmaktır (Yalçın, 2014).

4.2 Uzaktan Kontrollü İnsansız Kara Aracı

İnsansız kara araçlarının kontrol edilme şekillerinden biri olan ve bizim tasarladığımız insansız aracımızda da tercih ettiğimiz kontrol tipi uzaktan kontrollü insansız kara aracı tipidir. Uzaktan kontrollü insansız kara aracı araçtan bağımsız olarak aracı kontrol eden bir operatör tarafından kısmi kontrol edilen araç tipidir. Bu kontrolün yapılması için çeşitli kontrol protokoller mevcuttur. Bunlar RF (radyo frekans), wireless vb. İnsansız kara araçlarında en çok tercih edilen kontrol tipi uzaktan kontrol tipidir. Daha çok uzaktan kontrol kumanda RF kontrol haberleşmesi kullanılarak yapılan bu kontrol hem kullanımı basittir. Askeri amaçla kullanılan birçok insansız kara araçları bu tiptedir. Uzaktan kumanda edilerek kısmi olarak kontrol edilen insansız kara araçlarındaki en büyük amaç askeri anlamda insan kayıplarının önüne geçmektir (Kavak, 2008).

4.2.1 Kablosuz Haberleşme Protokolleri

4.2.1.1 Kablosuz İletişim Teknolojileri

Kablosuz (wireless) iletişim için kullanılan çeşitli iletişim protokolleri mevcuttur. Kullanım amacına ve alanına göre farklılık gösteren bu teknolojik iletişim protokolleri birbirinden farklılıklar göstermektedir. Bu iletişim protokolleri hizmet edecek amaç doğrultusunda gelişme göstermiştir (Daşdemir, 2009).

4.2.1.1.1 WIFI (Wireless Fidelity) / IEEE 802.11 Teknolojisi

Kablosuz internet iletimi, telefon ağ - internet iletimi protokolüdür.

Avantajları:

- Çoklu ağ yapıları
- Yaygın kullanım alanı
- Veri aktarımında yüksek hızlara ulaşması

Dezavantajları:

- İletimde sesin aktarılmaması
- Arıza riskinin yüksek olması

4.2.1.1.2 IrDA (IrDA (Infrared Data Association) teknolojisi

Kızıl ötesi iletim teknolojisidir. Cep telefonlarının iletişiminde, uzaktan kumandalarda, dizüstü bilgisayarlarda kullanılan iletişim protokolüdür.

Avantajları:

- Yaygın kullanım alanı
- Farklı hızlarda veri alış verişine olanak sağlar. (SIR (Serial Infrared) 9600 bit/s, 19.2 kbit/s, 38.4 kbit/s, 57.6 kbit/s ve 115.2 kbit/s.
- MIR (Medium Infrared), FIR (Fast Infrared), VFIR (Very Fast Infrared), UFIR (Ultra Fast Infrared). (Vikipedi, IrDA)

Dezavantajları:

- Kısa mesafeli iletişim
- Arıza riskinin yüksek olması
- İletimde sesin aktarılmaması

4.2.1.1.3 Bluetooth (WPAN) (Wireless Personel Area Network) Teknolojisi

Kablosuz bağlantı sağlayan kısa mesafede iletişim gerçekleştiren radyo frekansı teknolojisidir. Bilgisayar ve cep telefonu donanımlarının kablosuz bağlatışı en yaygın kullanım alanıdır.

Avantajları:

- Yaygın kullanım alanı
- Endüstriyel olarak geniş destek
- Cihazlar görüş alanında olmadan iletişim
- 2.4 GHz radyo frekans bandı iletişimi
- Ses ve veri iletişimi

Dezavantajları:

- Kısa mesafeli iletişim (10 – 100m aralığı)
- Aktarım hızının düşük olması

4.2.1.1.4 Home RF Teknolojisi

Kablosuz çözümler oluşturmak adına DECT ve IEEE 802.11 standartlarının birleştirilmesiyle oluşturmuştur. 2.4 GHz frekans bandı üzerinden yayın yapmaktadır. Belirli alanlar için kurulan küçük çaplı ağlar ve mobil internet iletişimi en yaygın kullanım alanıdır.

Avantajları:

- Hızlı veri aktarımı (10 Mbit/sn)
- Cihazlar görüş alanında olmadan iletişim
- 2.4 GHz radyo frekans bandı iletişimi
- Ses ve veri iletişimi

Dezavantajları:

- Destekleyen cihazın az olması
- Endüstriyel olarak kullanımının az olması

4.2.1.1.5 DECT (Digital European Cordless Telecommunication) Teknolojisi

Avrupa Telekomünikasyon Standart Enstitüsü (ETSI) tarafından Digital European Cordless Telecommunication (DECT) için ETS 300 175 standardında hazırlanmıştır. Avrupa içerisinde çalışma bandı 1.880 ile 1.900 MHz frekans aralığındadır. Kapalı alanda DECT sistemin menzili 40m, açık alanlarda 350m menzile sahiptir.

Avantajları:

- Yaygın kullanım alanı
- Arıza oranının az olması
- Çok sayıda iletişim kanalı (120)
- Ses ve veri iletişimi

Dezavantajları:

- Frekans birliğinin olmaması

4.2.1.1.6 WIMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access)

IEEE 802.16 standartlarını kullanan protokoldür. IEEE kablosuz internet erişimi için oluşturulmuştur. Vericiden 50 km mesafe çaplı etki alanına sahiptir ve 75 Mbps hıza sahiptir.

Avantajları:

- Ses ve veri iletişimi
- Menzilin yüksek olması
- İletişim hızının yüksek olması

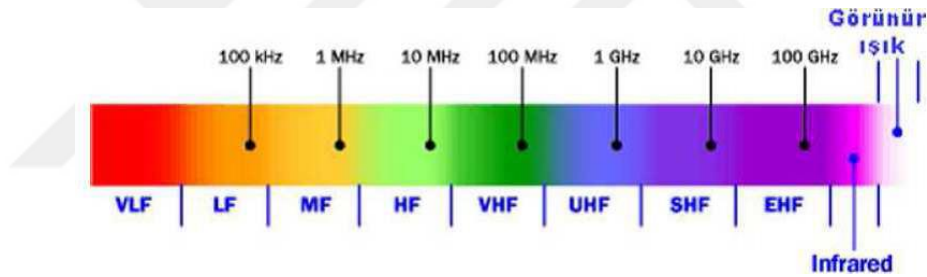
Dezavantajları:

- Kullanım alanı darlığı
- Geliştirilme aşamasında olması

4.2.1.2 Kablosuz İletişim ve RF Kontrolü

Kablosuz iletişim elekroniğin, yaygın alanlarındanr. Bu uygulamalar sayesinde iki nokta arasındaki bilginin kablosuz olarak transfer edilmesi sağlanmış olur. Kablosuz olarak bu transferin sağlanabilmesi için havada ya da boşlukta uzun mesafeler boyunca yol alabilecek taşıyıcı dalgaların kullanılması gerekmektedir. Taşıyıcı dalga olarak dalga spektrumunda geniş bant aralığı kullanılabilir. Ancak en çok tercih edilen ve geniş bir bant aralığına sahip kızıl ötesi (Infrared), lazer ve radyo dalgalarıdır (Daşdemir ve İnanç, 2011).

Kullanılan bu yük taşıyıcı dalgalardan radyo dalgalarının elektromanyetik spektrum üzerindeki frekans aralığı dağılımı ve bu frekans aralıklarının isimlendirilmesi şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4. 1. Radyo dalgalarının elektromanyetik spektrumdaki frekans dağılımı

Radyo dalgaları 3 KHz ile 3000 GHz arasında geniş bant aralığına sahiptir. Bu aralıktaki bütün frekanslar radyo dalgaları olarak adlandırılır. Bu frekans aralığındaki radyo dalgaları VLF, LF, MF, HF, VHF, UHF şeklinde frekans aralıklarına ayrılarak isimlendirilmiştir. Haberleşme alanında bu bant aralıklarının sadece bir kısmı kullanılmaktadır. Bu aralıklardan ISM (Industrial Scientific Medical) bandı telsiz haberleşmelerinde kullanılmaktadır. Ülkemizde ISM bant aralığında kullanılan frekanslar 315 MHz, 418 MHz, 433,92 MHz, 868 MHz, 915 MHz ve 2.4 GHz frekans aralıklarıdır (Daşdemir 2009). Bu çalışma kapsamında kullanılan kablosuz iletişim aracı olarak 2.4 GHz frekanslı radyo frekans aralığını kullanan kumanda ve alıcı

haberleşme cihazı kullanılacaktır. Elektromanyetik spektrum üzerindeki frekans dağılımı ve isimlendirilmiş bant aralıkları belirtilmiştir. Bu bant aralıklarını temsil eden kısaltmalar şu şekildedir:

- VLF (Very Low Frequency)
- LF (Low Frequency)
- MF (Medium Frequency)
- HF (High Frequency)
- VHF (Very High Frequency)
- UHF (Ultra High Frequency)
- SHF (Super High Frequency)
- EHF (Extremely High Frequency)

Tasarladığımız insansız kara aracı uzaktan kumanda ile kontrol edilmek üzere değiştirilmiştir. Kumanda merkezinden verilen komut Raspberry Pi mini bilgisayar bağlantılı RF alıcı tarafından algılanarak Raspberry Pi' ye bildirilir. Bilgisayar gelen komutun ne için olduğunu gelen kanalın ilgili bağlantısından algılayarak gerekli cevabı etrafındaki sensör verilerini de kullanarak yazılımı dâhilinde verir.

Raspberry Pi ve RF kumanda bağlantısı ve RF kumanda da oluşan sinyallerin Raspberry Pi tarafından algılanarak anlamlı hale getirmesi süreci kendi içerisinde yazılım gerektirmektedir. Bu haberleşme yönteminin içeriğine şöyle bakabiliriz. RF kumanda (Şekil 4.2) operatörün komut verdiği kısım, RF alıcı (Şekil 4.3) operatör tarafından gönderilen komutu algılayıp Raspberry Pi bilgisayarına ileten kısımdan oluşmaktadır.



Şekil 4. 2. İnsansız Kara Aracı uzaktan kontrol ünitesi operatör kontrol kısmı



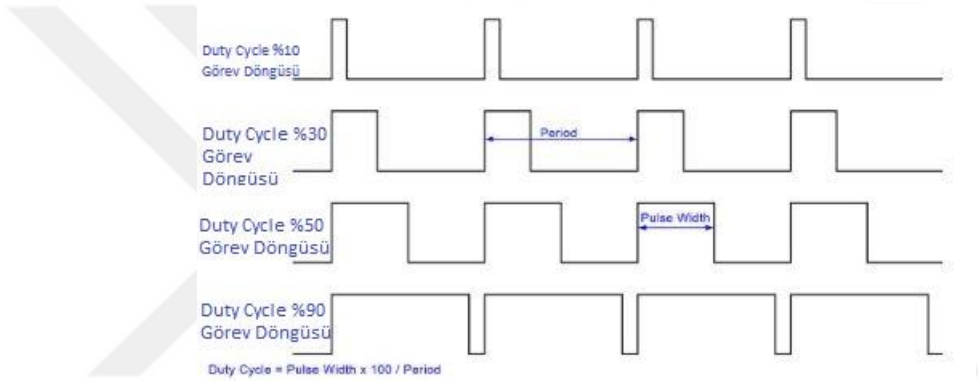
Şekil 4. 3. İnsansız Kara Aracı uzaktan kontrol ünitesi alıcı kısmı

Raspberry Pi ile ilişkilendirilen RF alıcı, RF kumanda tarafından gönderilen komutların kare dalgalarının genişliğini yani kumandadan gönderilen sinyalin değişmesine karşılık genliğin daralması ya da genişlemesi PWM tekniğiyle gelen dalgaların genliklerini değiştirmektedir. Dalgalar üzerindeki bu değişiklikler alıcı tarafından değişik dalga on – off durumlarının genişliği olarak yorumlanıp çıktı oluşturması Raspberry Pi tarafından da algılanmasını gerektirir.

PWM: Darbe genişlik modülasyonu (Pulse Width Modulation) tekniği; iki durumlu dijital sinyalleri kullanarak analog bir ortalama değer elde etmeye yarayan tekniktir. Üretilen kare dalga on-off süreleri ayarlanarak sistemden istenilen çıkış ayarlanır. Haberleşmede taşıyıcı sinyalin darbe genişliği bilgi sinyalin genliğine bağlı

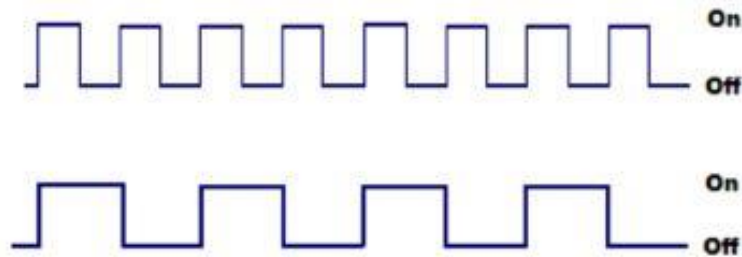
olarak değiştirilmesine darbe genişlik modülasyonu denir. PWM sinyalleri anahtarlama ile elde edilir. Burada önemli olan iki kavram vardır bunlar; frekans ve duty cycle (görev döngüsü) kavramlarıdır.

Duty Cycle: Sinyalin ON (voltajda) olduğu sürenin sabit T periyoduna oranıdır. Yüzde olarak ifade edilebilir ve her daim dijital olduğundan 0-1 arasında değer alır (Şekil 4.4). Duty Cycle bizim kullandığımız teknikte analog sinyale benzeme olarak yararlanılırken diğer önemli olan özellik frekans ise sürülecek elemanlarda yani sürekli tekrar isteyen durumlarda pwm in bir başka özelliği olarak kullanılmaktadır.



Şekil 4. 4. PWM kavramlarından olan Duty Cycle dalga üzerinde gösterimi

Frekans: PWM frekansı sürülecek elemanın özelliklerine göre özenle seçilmelidir. Transformatör, DC motor vb. elemanlarda PWM tekniği kullanılırken frekansın sürülen elemanın teknik özellikleri içerisinde seçilmelidir. Aynı Duty Cycle a sahip frekansları farklı olan şekil 4.5’da gösterilmiştir.

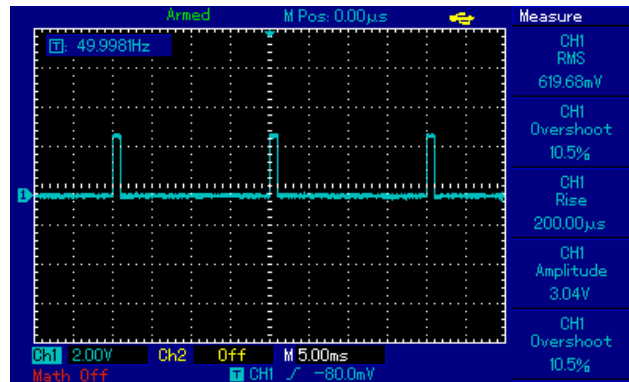


Şekil 4. 5. PWM kavramlarından aynı duty cycle’a sahip frekans

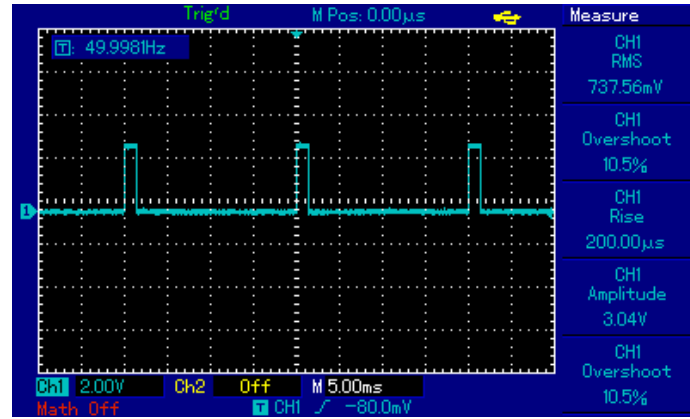
PWM bize güç kontrolü sağlamaktadır. Haberleşme sistemlerinde, güç kaynaklarında, güç aktarım sistemlerinde, sinyal yükseltici devrelerde DC motor vb. motorların sürülmesinde kullanılan bir tekniktir.

Operatör tarafından gönderilen komutun kumanda üzerinde maksimum-minimum – nötr olmak üzere üç farklı konumda belirgin olarak PWM dalga farklarını görebilmekteyiz. Operatörün her farklı konuma geçmesi oluşturulan dalganın duty cycle oranını değiştirmektedir. (Şekil 4.6, Şekil 4.7, Şekil 4.8). Kontrol kumanda ünitesi üzerindeki her bir değişikliğin alıcı tarafından algılanarak dışarıya çıkış olarak genişliği değişen kare dalgalar olarak çıkış yapması kontrol sistemi bilgisayarı üzerinde bu değişimi algılayacak yazılım oluşturmayı zorunlu kılmıştır. RF alıcısı tarafından, kontrol kumanda ünitesinden gönderilen sinyallerin algılanıp, genişlikleri farklı sinyaller oluşturulması ve bu sinyal genişliklerinin farklı anlamlarının araç kontrol ünitesi bilgisayarı Raspberry pi tarafından algılanıp anlamlandırılabilmesi için EK-A’de ki program kullanılmıştır. Dört kanallı alıcı-verici kontrol modülünün her bir kanalı üzerinden gönderilen kumanda kolunun maksimum, minimum ve nötr durumlarına göre test edilmiştir.

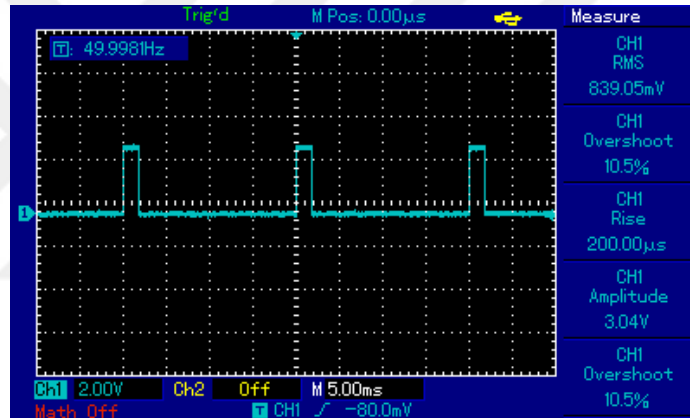
Her bir kanal kendi içindeki durumlarını algılayarak anlamlı hale getiren program sayesinde hangi kanalın hangi komutu gönderdiği anlamlı hale getirilmiştir. Kanallardaki bu değişimler çizelge 4.1’de maks., min., ve nötr durumlarına göre yapılan deneylerden elde edilen sonuçları içermektedir.



Şekil 4. 6. İKA kontrol kumandasının minimum seviyede tutularak oluşturulan kare dalganın duty cycle oranı (Osiloskop görüntüsü)



Şekil 4. 7. İKA kontrol kumandasının nötr seviyede tutularak oluşturulan kare dalgaının duty cycle oranı (Osiloskop görüntüsü)



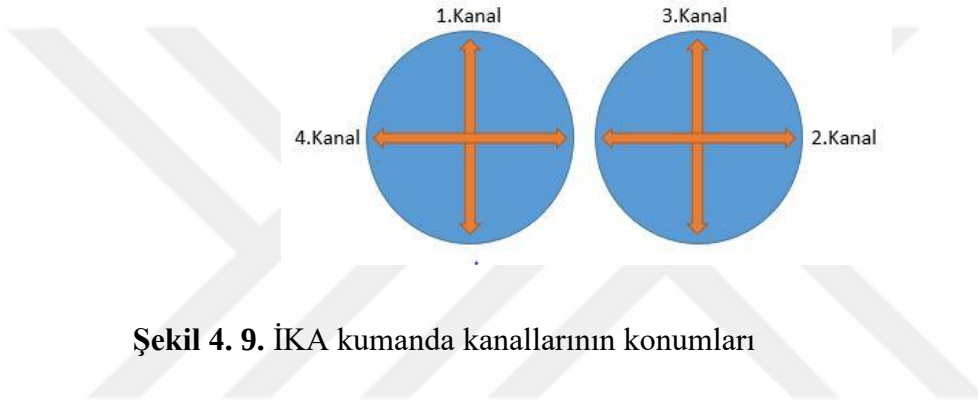
Şekil 4. 8. İKA kontrol kumandasının maksimum seviyede tutularak oluşturulan kare dalgaının duty cycle oranı (Osiloskop görüntüsü)

		Kanal 1			Kanal 2			Kanal 3			Kanal 4		
		Kanal konum maksimum	Kanal konum nötr	Kanal konum minimum	Kanal konum sol	Kanal konum nötr	Kanal konum sağ	Kanal konum maksimum	Kanal konum nötr	Kanal konum minimum	Kanal konum sol	Kanal konum nötr	Kanal konum sağ
Test 1	maksimum değer	264	194	124	283	218	155	292	233	168	153	218	282
	Hata	2,44%	0,72%	0,17%	0,07%	2,94%	0,39%	0,34%	0,61%	0,48%	1,12%	0,10%	0,15%
	minimum değer	124	61	1	48	13	21	125	73	5	27	82	42
	Hata	62,70%	23,48%	80%	3,89%	75,20%	5,00%	54,70%	47,77%	24,24%	% -	50,74%	52,16%
Test 2	maksimum değer	272	194	124	284	227	154	291	232	167	152	218	281
	Hata	0,52%	0,72%	0,17%	0,28%	1,07%	0,26%	0,00%	0,17%	0,12%	0,53%	0,10%	0,21%
	minimum değer	30	60	3	49	103	4	56	11	4	3	74	130
	Hata	60,62%	21,45%	40%	6,06%	96,56%	80%	30,69%	77,73%	39,40%	73,70%	36,02%	48,06%
Test 3	maksimum değer	272	195	124	283	226	154	290	229	167	152	217	282
	Hata	0,52%	0,21%	0,17%	0,07%	0,62%	0,26%	0,34%	1,12%	0,12%	0,53%	0,37%	0,15%
	minimum değer	83	59	3	41	46	6	49	24	6	4	83	41
	Hata	8,92%	19,43%	0%	11,25%	12,21%	70%	39,35%	51,41%	9,10%	64,90%	52,57%	53,30%
Test 4	maksimum değer	273	200	125	283	226	155	291	232	167	146	218	281
	Hata	0,89%	2,35%	0,64	0,07%	0,62%	0,39%	0,00%	0,17%	0,12%	0,44%	0,10%	0,21%
	minimum değer	75	5	2	53	74	4	116	128	4	33	5	172
	Hata	157%	89,87%	60%	14,72%	41,22%	80%	43,56%	% -	39,40%	% -	90,80%	95,90%
Test 5	maksimum değer	272	194	124	283	226	154	291	232	167	153	218	282
	Hata	0,52%	0,72%	0,16%	0,07%	0,62%	0,26%	0,00%	0,17%	0,12%	1,12%	0,10%	0,15%
	minimum değer	69	62	19	40	26	69	58	11	20	23	28	54
	Hata	9,45%	25,50%	% -	13,42%	50,40%	% -	28,22%	77,73%	% -	101%	48,52%	38,50%

Çizelge 4. 1. İKA, RF kumanda kol durumlarının EK-A programı üzerinden Raspberry Pi aracılığıyla algılanması süreklilik deney sonuçları

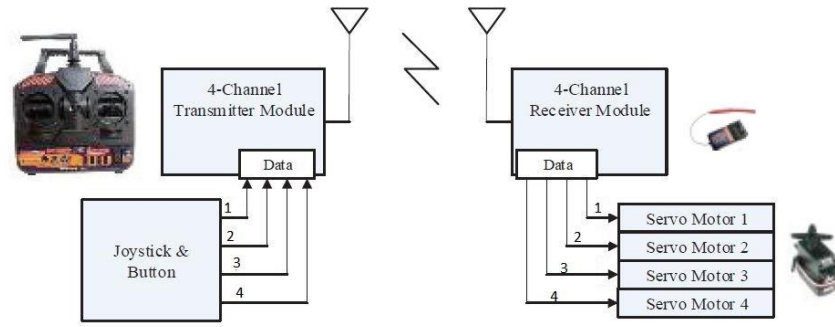
Kumandadan gelen sinyalin Raspberry Pi tarafından algılanıp anlamlı hale getirmesi işlemi sürecinde kullanılan program kare dalgaların genişlik zamanlarını kumanda kolunun konumuna bağlı olarak kendi içerisinde sayıp çıktı olarak minimum ve maksimum değer üretmektedir. Üretilen bu değerler 1. kanalda kumanda kolunun durumlarına göre değişiklik gösterdiğini ve bu değişimin 2. kanal, 3. kanal ve 4. kanal çıkışlarının kumanda kolunun konumuna göre nasıl değiştiğini göstermektedir. Her bir veri her bir kanalın her bir testi için kanal üzerinden gelen verinin 1000 tekrarlı deney olarak, dinlenerek ortalaması olarak alınmıştır. 1. kanalda kolun maksimum konumu için test 1 deneyi yapılırken maksimum ve minimum değerler için 1000 kez dinlenerek gelen verilerin ortalaması alınarak tabloda yerine yazılmıştır. Deneyler sonucunda elde

edilen veriler elde edildikten sonra bağıl hata olarak hatalar hesaplanmıştır. Bu da verilerin kendi içindeki tutarlılığını göstermektedir. Bazı durumlarda meydana gelen yüksek hata oranı gibi görünen durumlar programlama içerisinde deneyler sonucu elde edilen verilerden yararlanılarak kapsam dışı bırakılmış ve araç kontrolünü olumsuz etkilemesine izin verilmemiştir. Yüksek hata oranlarının nedeni hatayı bulurken bağıl hata olarak hesaplamamız kendi içinde parazit ve ya tespit edilememiş bir nedenden dolayı oluşan bozucu verinin varlığıdır. Bağıl hataya bu verinin de etkisi olması hata oranlarını kısmi olarak yükseltmektedir.



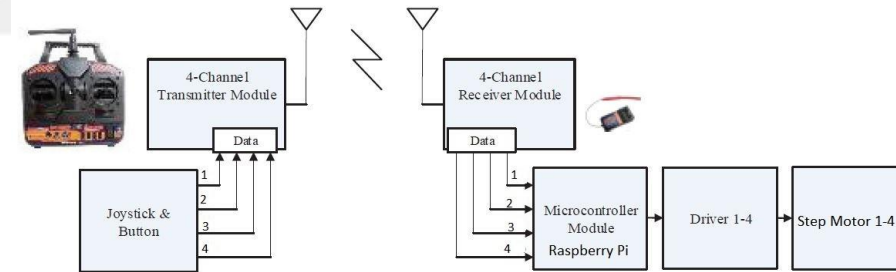
İnsansız kara aracının kontrol edilmesini sağlayan kumanda ile alıcı arasındaki kanal ve kanalların konumları ilişkisi şekil 4.9’da gösterildiği gibidir.

Uzaktan kontrol için kullanılan RF kumanda ve alıcı sistemi sıklıkla kullanılan haberleşme sistemleridir. Genel olarak uzaktan kumanda alıcı sistemine bağlanan motorlar uyumlu olduğundan direk sürülebilmektedir. Bu tip bağlantılar şekil 4.10’ da gösterilmiştir (Saputra ve Mirdanies, 2014).



Şekil 4. 10. RF kumanda ve alıcı direk çalışan motorlar bağlantı şekli

Araçtaki sistemde kullanılan motorların yüksek torka sahip olması ve daha yüksek voltajlarda çalışması kumanda kontrol modülünün direk kullanılmasına engel olmaktadır. Kontrolü sağlayabilmek adına arada kullanılan ek modüller (mikroişlemci gibi) sayesinde bu kontrol işlemini gerçekleştirmektedir (Lee, 2012). Araç üzerindeki kullanılan bağlantı şekil 4.11’de gösterilmiştir.

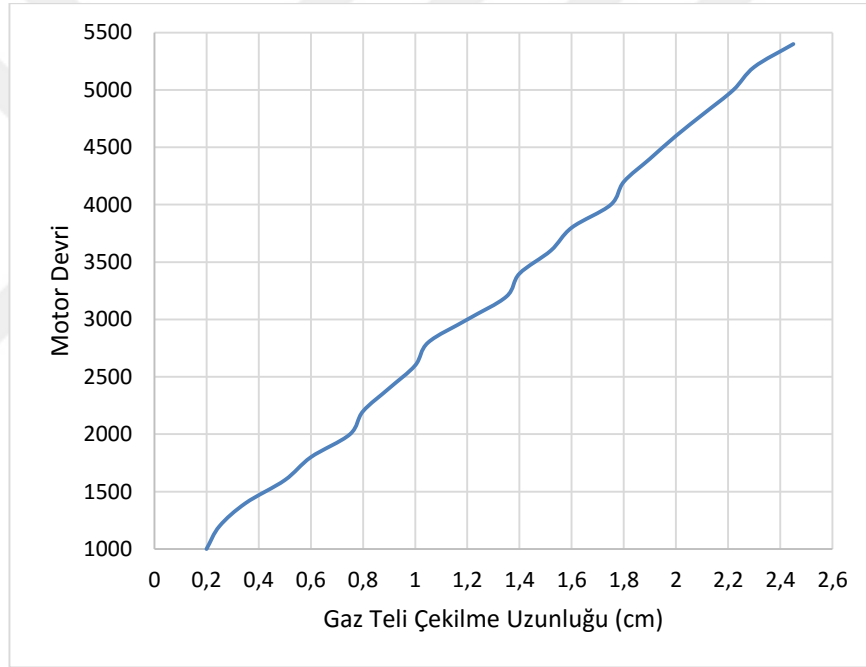


Şekil 4. 11. RF kumanda ve alıcı uyumsuz yüksek voltaj ve torklu motorlarda mikro kontrollör gerektiren bağlantı şekli

Operatör tarafından RF uzaktan kumandadan gönderilen sinyal RF alıcı tarafından algılanıp mikroişlemci için çıkış verir. RF alıcının çıkışı mikroişlemcinin giriş sinyali olarak kullanılır ve mikroişlemci program sayesinde gelen sinyal ve sensör verileriyle birlikte karar verilip motor sürücülerine sinyal gönderir ve sürücüler motorun istenilen yönde ve istenilen miktar kadar hareket etmesini sağlar. Böylece uzaktan haberleşilmiş ve araca komut göndererek araca görev yaptırılmış olur.

5. TASARLANAN MEKANİZMALARIN DENEYSEL DOĞRULANMASI

İçten yanmalı motorun dinamiklerini anlayabilmek için gaz iğnesinin konumunu denetleyen 3D printer kullanılarak üretilen gaz mekanizmasının step motoruna belirli adımlar verilerek mekanizmanın araç gaz telini artan-azalan durumlarda belirli konumlara gelmesi için istekler uygulanmış ve araç motorunun bu adım durumlarına (konumlara) karşılık motorun ulaştığı devir sayıları ölçülmüştür. Devir sayısı ve gaz telinin çekilmesi arasındaki ilişki şekil 5.1 görülmektedir.



Şekil 5. 1. Gaz teli çekilme uzunluğu – araç motor devri arasındaki ilişki

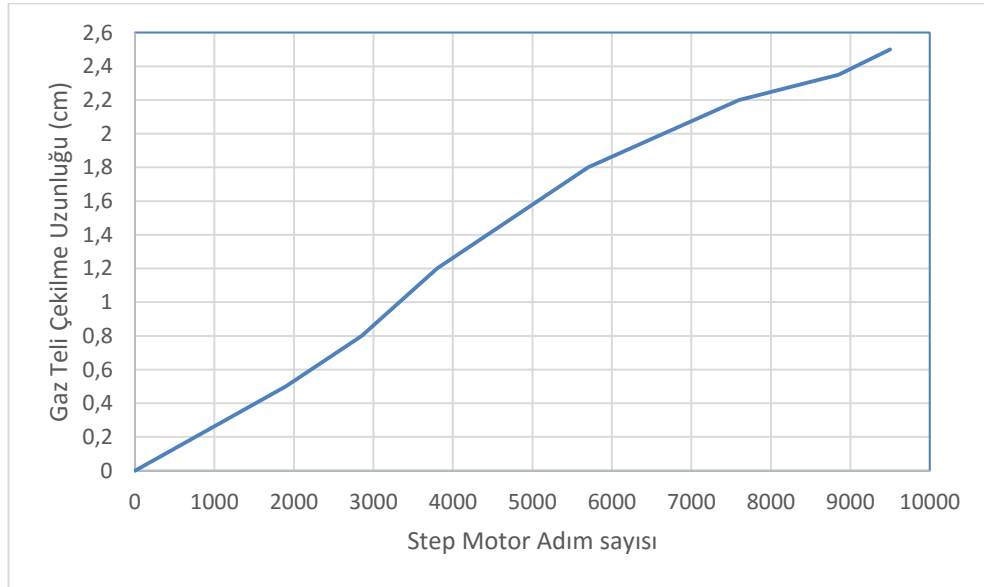
Şekil 5.1'de görüldüğü gibi gaz iğnesinin konumunu belirleyen gaz telinin çekilme oranına göre araçtan okunan motor devri çıktısı görülmektedir. 0 ile 2,5 cm arasında hareket ettirilen gaz telinin maksimum ve minimum aralıklarında ölçümler yapılmıştır. Raspberry Pi tarafından gönderilen sinyallerin gaz mekanizması üzerinden hareket etkisi sonucu gaz teli artan sinyaller sonucu sıfır noktasından başlayıp maksimum noktaya gelene kadar ki süreçte her bir aralık için datalar alınarak

oluşturulmuştur. Gaz iğnesinin konumuna bağlı olarak artış ve azalış gösteren bu sistemde ölçüm hatalarının olabileceği ve mekanizma boşluklarından kaynaklanan hatalar olabileceği düşünüldüğünde araç motorunun o anki konum durumuna karşı hemen tepki oluşturabilmesi araçta histerisizlik olmadığına da göstergesidir.

Araca gönderilen, artan step motor adım isteklerine karşılık araçtan durgun durumda (tekerlekler havada) okunan devir sayısı alınmıştır. Gaz kelebeği iğnesinin konumu ile motor devri arasındaki ilişki düşünüldüğünde yaklaşık olarak aşağıdaki denklem ile ifade edilebilir.

$$d(t) = 2001.137 g(t) + 578.45 \quad (5.1)$$

Araca gönderilen artan azalan step motor adım isteklerinin araç gaz mekanizması ve gaz iğnesi üzerindeki etkileri ve okunan değerler ölçüldüğünde şekil 5.2 elde edilmiştir.



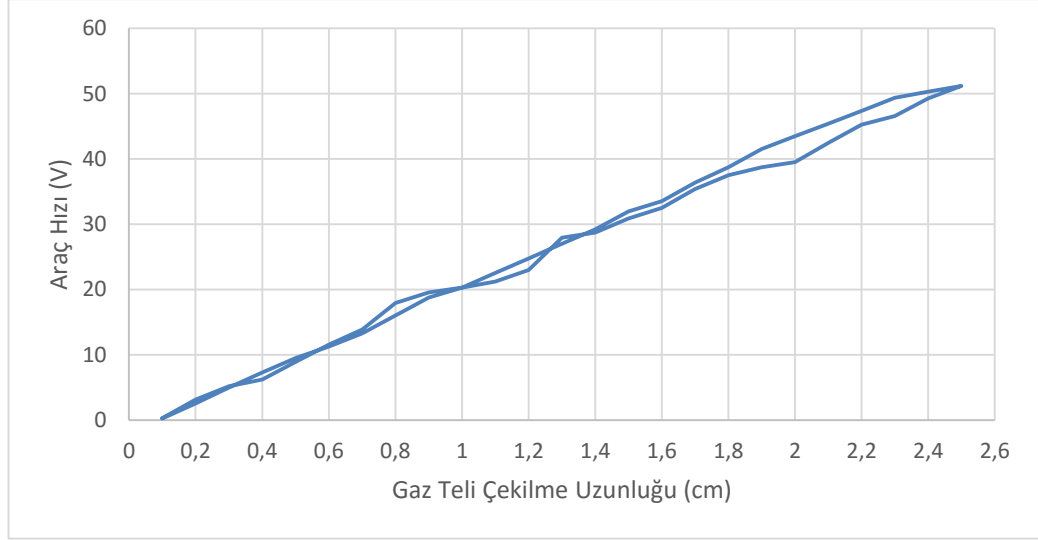
Şekil 5. 2. Gaz teli çekilme uzunluğu – step motor adım ilişkisi

Step motor adımlarına karşılık gaz telinin çekilmesi arasındaki ilişki şekil 5.2 5.2’de görülmektedir. Şekil 5.2 incelendiğinde step motor Raspberry Pi üzerinden gönderilen konum (adım) isteğini gerçekleştirmek için attığı adım sayısı ile gaz iğnesi telinin konum durumu belirli bir eğri etrafında sabit olduğu görülmüştür. Araç gaz kontrolünün step motor adım sayılarına aktif olarak bağlı olması aracın step motor adımlarına ki mekanizma sınırları içerisinde araç gaz telinin maksimum ve minimum çekilme aralığında step motor 9500 adım atarak konum gerçekleştirmektedir, gaz mekanizması gaz teli ise 9500 adım sayısı konum isteğine göre 0 – 2,5 cm hareketlilik göstererek gaz iğnesinin konumunu belirlemektedir. Raspberry Pi adım isteğine karşılık step motorun attığı adım sayısına karşılık gaz iğnesi telinin çekilmesi arasındaki ilişkiyi gözlemleyebilmekteyiz.

Step motora gönderilen konum isteğinin adım ile oranlanması ve buna karşılık gaz telinin çekilme durumu arasındaki ilişki yaklaşık olarak aşağıdaki denklemle ifade edilebilmektedir.

$$U(t) = 3392,85 d(t) + 136,72 \quad (5.2)$$

Aracın gaz mekanizmasının çalışma performansını artan ve azalan konum durumlarına karşı verdiği tepkileri gözlemleyebilmek ve histerisiz olduğuna karar getirdiğimiz araç motor gaz mekanizma sisteminin artan azalan konum isteklerinde aynı değerlerde buluşup buluşmayacağını anlayabilmek için şekil 5.3 oluşturulmuştur.



Şekil 5. 3. Araç gaz telinin çekilme durumuna göre araç hızı

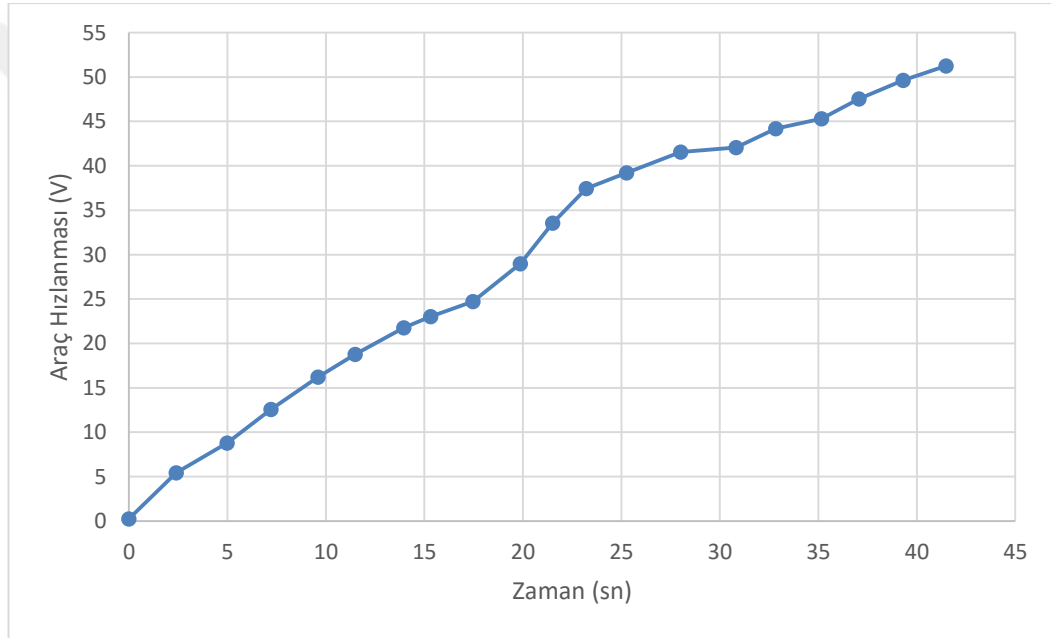
Şekil 5.3'te gaz mekanizmasının gaz telini çekme durumuna göre artarken ve azalırken olmak şartıyla iki eğri elde edilmiştir. Yukarıdaki şekil 5.1'de gaz telinin çekilme durumuna göre ortaya çıkan motor devrinin ortaya çıkmasını sağlayan gaz iğnesi konumu ve aracın gaz iğnesinin konumunu kontrol eden gaz telinin çekilme durumuna göre aracın hızının artan ve azalan konum durumuna göre yaklaşık aynı noktadan geçiyor olması 3D printer kullanılarak oluşturulan gaz mekanizmasının çalışmasındaki verimi ayrıca yapılan değişikliklere karşılık aracın hemen tepki verdiği ve artan-azalan konum durumlarına karşılık yaklaşık olarak aynı noktalardan geçtiği gözlenmiştir. Raspberry Pi kontrolörü tarafından gönderilen artan adım konumu araç üzerinde hızlanmaya sebep olurken maksimum hıza ulaştıktan sonra; gönderilen azalan adım konumlarında aynı adımla orantısal olarak araç hızı yavaşladığı görülmüştür. Şekil 5.3'teki artan-azalan adım konumu durumlarına göre hızlanma ve yavaşlama durumlarında aynı orandaki adımsal değerlere karşılık alınan hız değeri yaklaşık aynı olduğu görülmüştür.

Ölçüm hataları ve mekanizmanın boşluklarından doğan durumlar şekil 5.3'deki oluşan dalgalanmaların sebebi olarak görülmektedir. Gaz iğnesinin konumunu ayarlayan gaz telinin çekilme durumuna göre aracın hızlanması aşağıdaki doğru denklemiyle ifade edilebilir.

$$y(t) = 23,29768 d(t) - 2,767$$

(5.3)

Aracın dinamiklerinin doğrusal olmadığı görülmüştür. Doğrusal modelleri oluşturabilmek ve araç gaz sistemi mekanizmasının hangi durumlarda veriminin daha doğrusal olduğunu anlayabilmek için aracın gaz sistemi üzerinde belirli aralıklarla gaz telinin çekilmesi sağlanarak aracın o nokta da bir saniyelik gecikmeler yapması sağlanıp hızlanma eğrisini doğrusallaştırmaya çalışılmıştır.



Şekil 5. 4. Araç gaz sistemi aralıklı artış %5

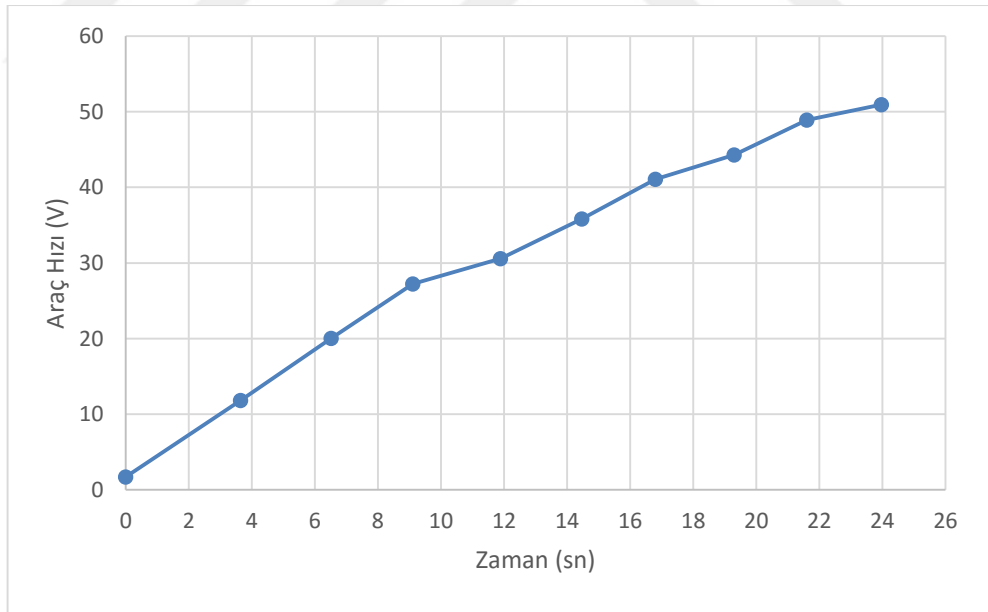
Aracın gaz sistemi hatalarının ve ölçüm hatalarının dışına çıkabilmek ve araca verilen gazın araç tarafından gecikme olmadan ve bir sonraki komutu algılamak için gerekli zaman verilerek aracın en önemli kontrol parametresi olan gaz sisteminde doğrusallaştırmak için çalışılmıştır. Bunu gerçekleştirebilmek için gaz sistemi mekanizmasında %5 lik hareket sağlanarak step motor adım sayısı olarak 475 adımına karşılık her defasında ölçümler yapılmıştır. Bu ölçümler sonucunda şekil 5.4 elde edilmiştir. Araç gaz sistemin en iyi verimle çalışmasını sağlayabilmek ve tahmin edilebilirliğini artırmak için gerçekleştirilen doğrusallaştırma işlemi sonucunda %5

aralıklarla bekleme zamanı verilerek elde edilen grafik sonucunda aşağıdaki denklem elde edilmiştir.

$$V(t) = 1,1221 t + 5,8671 \quad (5.4)$$

En verimli çalışma aralığının arandığı bu çalışmanın sonucunda görülmektedir ki sistem doğrusallaşmaya biraz daha yaklaşmıştır.

Adım aralıklarını daha fazla tutarak aracın gaz sistem mekanizmasını uzaktan kontrol durumunda daha verimli ve tahmin edilebilir duruma getirmek için çalışılmıştır. Şekil 5.4'te %5 lik dilime denk gelen 475 adım yerine, %10 luk dilime denk gelen 950 adım atarak sistemin tepkisi ölçülmüştür.



Şekil 5. 5. Araç gaz sistemi aralıklı artış %10

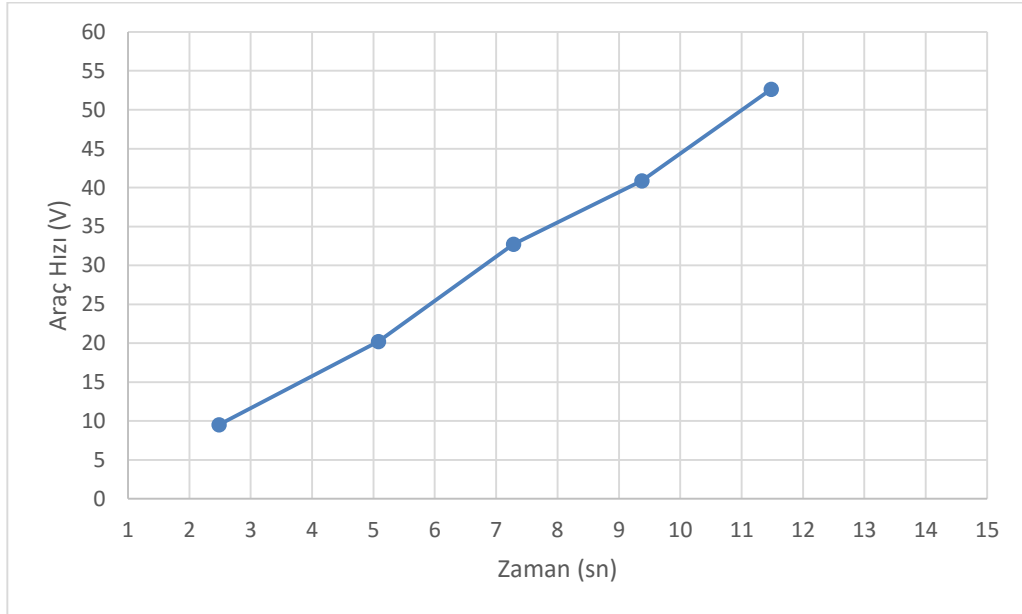
Aracın kontrolünü en verimli şekilde sağlayabilmek için durumunun tahmin edilebilir olması gerekmektedir. Gaz telinin çekilme durumuna göre araçtaki artışın ve

hızlanma durumunun zamanla doğru bir artış gösterebilmesi yani doğrusallaşmayı yakalayabilmek ve ya doğrusala yakınsayabilmek için %10 luk artışlarla ölçüm yapılarak şekil 5.5 elde edilmiştir.

Şekil 5.5 durumunun tahmin edilebilirlik oranının yüksek olması dolayısıyla elde edilen denklem yaklaşık olarak aşağıdaki gibidir.

$$V(t) = 2,076 t + 4,24536 \quad (5.5)$$

Aracın daha hızlı artışlarda daha doğrusal olduğunu görebilmek için adımsal olarak daha fazla adım sayısı verilerek elde edilen ölçümlerde şekil 5.6 elde edilmiştir. Her bir ölçüm değeri için gaz mekanizmasına 1900 adım ilerleme verilerek data alınmıştır. Bu aralık da yaklaşık olarak %20 lik dilime denk gelmektedir. Daha hızlı artış aracın gaz sistemi üzerindeki doğrusallığa daha fazla yakınsamaktadır.

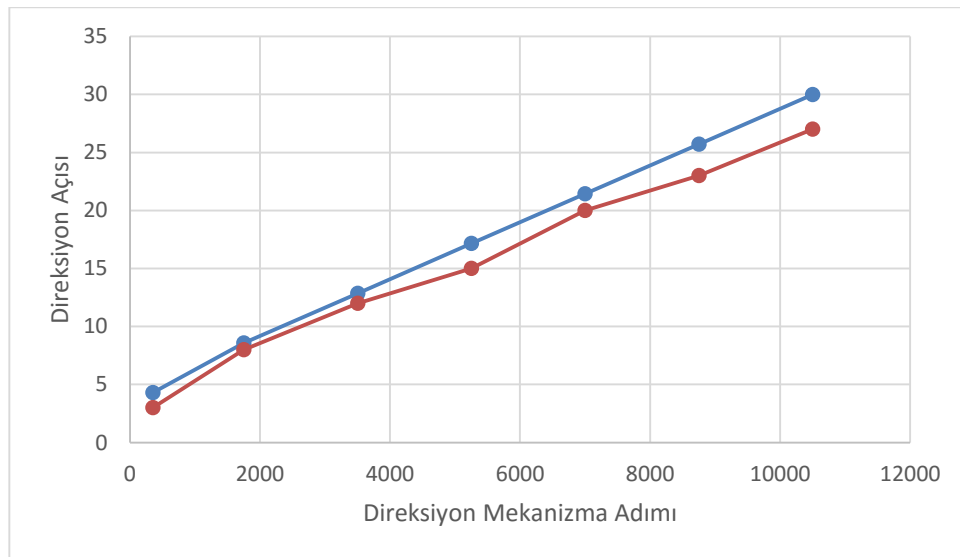


Şekil 5. 6. Araç gaz sistemi aralıklı artış %20

Gör÷lmektedir ki aracın gaz mekanizmasının daha verimli çalışması için gaz adım aralığını daha sıklaştırarak işlem yapmaktır. Doğrusallığa bu durumlarda daha da yakınsanmaktadır. Uzaktan kontrol durumunda aracın hız durumunu daha tahmin edilebilir olmasını sağlamak için bu yöntem kullanılmıştır. Gaz mekanizmasının gaz telini çekerek gaz iğnesini hareket ettirip aracın hızlanmasını sağlayan adımsal değerler buna karşılık elde edilen denklem aşağıdaki gibidir.

$$V(t) = 4,8088 t - 4,1987 \quad (5.6)$$

21000 adımlık hareket alanına sahip direksiyon mekanizmasının tek bir yönde hareketi sağlayan adım sayısı 10500 adıma denk gelmektedir. Teorik olarak 10500 adım içerisinde 30 derecelik tekerlek açısı yapması beklenen sistemden mavi hat ile gösterilen, buna karşılık aracın sağ tarafa yönlendirilmesi sonucunda ölç÷len aç÷ değerlerinin aynı şekil 5.7’de kırmızı hat ile gösterildiğı gibi gerçek ölç÷mler, teorik sonuçların altında kaldığı gör÷lmüştür. Direksiyon sisteminde tekerleklerde aç÷ oluşması için gereken adımlar orantılı olarak verilerek teorik olarak ulaşması gereken aç÷ değeri bilindiğinden gerçek aç÷ değerleri ölç÷lerek grafik oluşturulmuştur.



Şekil 5. 7: Direksiyon step motor adımı – aç÷ ilişkisi

Gerçek ölçümlerle teorik beklenen arasındaki sonuçların bu şekilde olmasının sebebi ölçüm hatalarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Mekanizma içerisindeki kasılmaların sebep olduğunu düşünmekteyiz. Yapılan ölçümlerde tasarlanan sistemin doğru sonuca ulaşması $\pm 5^\circ$ 'lik sapmalarla ölçülmüştür. Hassasiyet olarak aynı adım sayısına denk gelen açı değeriindeki ölçümlerde hassasiyet görülmüştür.

Mekanizma çalışma performansı ve araç üzerindeki fiziksel etkileri deneysel sonuçları olarak; görüldüğü gibi insansız kara aracının kontrol edilmesindeki fonksiyonun 4 parametresinden en önemlisi olan gaz sisteminin kontrol edilmesini sağlayan mekanizmanın hem verimli çalışması hem de tahmin edilebilir çalışmasını sağlayabilmek için sistem üzerinde farklı steplerde datalar alınarak sistem çıktıları doğrusallaştırılıp denklemler elde edilerek uzaktan kontrol sisteminde tahmin edilebilir hale getirilmiştir.

Uzaktan kontrol sisteminde operatör tarafından araca gönderilen hız konumunun Raspberry Pi tarafından değerlendirilip fiziksel olarak sonuç alınmaya başlaması için gerekli bilgi tahmin edilebilir hız datalarının sonucunda yazılımsal olarak elde edilmektedir. İstenilen hıza ulaşma durumu ve buna karşılık gidilmesi gereken adım konumu (sayısı) kestirilebilmesi için aracın hız dinamiklerinin doğrusal olup bir denklem etrafında toplanması gerekmektedir. Deneyler sonucunda aracın hız dinamikleri yapılan ölçümlerden elde edilen datalardan bir denklem etrafına indirgenmeye çalışılmıştır. Operatörün istediği hızı kestirebilmesi ve hız isteğinin karşılığının yazılımsal olarak değerlendirilip mekanizmadaki step adım yansımasına ulaşılma konusunda sonuca varılmıştır.

6. SONUÇ

Üniversitemiz bünyesinde gerçekleştirdiğimiz İnsansız Kara Aracı kontrol sisteminin tasarımı ve imalatı çalışmamızla üniversitemizin bu konuda devam edecek çalışmalarına bir alt yapı oluşturduk.

Çalışmada mevcut bir ATV aracından, insansız kara aracı geliştirilmiştir. Aracın dizaynı ve şasi imalatı tez kapsamına dâhil değildir. Tasarlanan araç kontrol sistemi için bir arazi aracında aracın uzaktan kontrol edilmesi için hangi parametrelerinin kontrolünün gerekliliği belirlenmiştir. Bunlar; direksiyon sistemi yön verebilmek için, fren sistemi aracı durdurmak ya da yavaşlatabilmek için, vites sistemi aracın gideceği yönü belirlemek için ve gaz sistemi aracın hızını ve yük durumunda torkunu ayarlamak için kontrol edilmesi gereken kısımlar olarak belirlenmiştir.

Çalışmanın ilk bölümünde aracın kontrolünü sağlayabilmek için gerekli olan kontrol mekanizmaları, güç sistemi, donanım, çevre algılama sensörleri gibi kısımları geliştirilmiştir. Aracın kontrolünü sağlayan mekanizmalarda step motorlar kullanılarak, aracın kontrolü ve kontrolör arasındaki ilişki step motorların step sayma özellikleri üzerinden yararlanılarak mekanizmalar kontrol edilmiştir. Literatür çalışmalarına bakıldığında step motor kullanımının azlığı ve buna karşılık sistemlerde geri besleme elemanları kullanıldığı görülmüştür. Bu çalışmada step motor kullanılarak harici geri besleme durumu ortadan kaldırılmaya çalışılmıştır. Geri besleme yazılımsal olarak motorun sürülen step sayısı saklanarak bulunduğu konum çözülmüştür.

Uzaktan kontrollü olarak gerçekleştirilen insansız kara aracı kontrol tasarımında araç ve operatör arasındaki iletişimi Radyo Frekansı üzerinden sağlayan 2.4 GHz dalga boyunda RF kumanda ve alıcı modülü kullanılarak araç ile operatörün iletişimi sağlanmıştır.

Literatür çalışmalarında da gözlendiği gibi araçların uzaktan yarı otonom ya da otonom kontrolleri sırasında araçların kontrolünü sağlayan bilgisayarlar sadece ilgili araç için tasarlanmış ya da klasik windows işletim sistemi tabanlı bilgisayarlar kullanılmıştır. Çalışmamızda aracın tüm kontrol mekanizmalarının kontrolünü gerçekleştirmek, sensör verilerini yorumlamak ve operatörden gelen sinyalleri

anlamlandırmak amacıyla Raspberry Pi kullanılmıştır. Günümüzün en önemli ve güçlü mikroişlemcilerinden sayılan açık kaynak kodlu yapısı ile araç üzerindeki tüm sistemlerin kontrolünde Raspberry Pi görev almaktadır. Linux Debian işletim sistemi ile kodlama yaptığımız Raspberry Pi sensörden gelen verileri filtreleyerek cevaplandırmak, operatör sinyali anlamlandırmak bunları algoritma dâhilinde sonuçlandırıp kontrol mekanizma motorlarına sinyal göndermek işlerini üstlenmektedir. Çalışmamız kadar büyük kapsamlı proje de ilk defa kullanılan Raspberry Pi 'den beklenen performans alınmıştır. Tüm mekanizmaların kontrolü için gereken motor sürücü sinyallerini istenilen hızda ve performansta cevaplamıştır. Dışarıdan gelen operatör ve sensör sinyallerini yorumlayarak cevaplamıştır. Yazılımsal olarak iyileştirme gereken mekanizmaların iyileştirilmesinde ve aracın sonraki çalışmalarda otonom hale getirilmesi aşamasında mevcut sistemi ve yapılacak optimizasyon çalışmalarını kaldırabilecek kapasitede olduğu görülmüştür. Literatürdeki araçlarda kullanılan kontrol ünite sistemlerinin, büyük ve hantal olmaları yer işgaline ve büyük çoğunluğu da laboratuvar ortamına uygun olarak tasarlanmışken, Raspberry Pi'nin boyutları ve kullanma kolaylığı sahada daha kolay test etmeyi sağlamaktadır.

Bu çalışmada gerçek bir insansız kara aracının kontrol sisteminin tasarlanması ve aracın uzaktan kontrol edilmesi başarıyla gerçekleştirilmiştir. Aracın kontrolünü sağlayan mekanizmaların çalışma performansları değerlendirilmiş ve denetim hatalarının problemleri saptanmıştır.

Aracın mekanizma denemeleri sonucunda yazılımsal olarak optimizasyon gerekliliği görülmüştür. Yazılımsal optimizasyon bu tez kapsamı dışında kaldığından minimum yazılım çerçevesinde yoğunlaşmıştır. Ayrıca araç üzerinde farklı sensör cinslerinin kullanılmaması aynı cins sensörlerin algılayamadığı nesnelerin varlığını saptamamızı sağlamıştır. Farklı tür sensörler kullanılarak sensör füzyonu şeklindeki çalışmalar ileriye yönelik iyileştirme çalışmaları arasındadır. Çalışmalarımızın devamında amaç; aracın operatör kontrolünün yanında tamamen otonom mod olarak da çalışmasına imkân sağlayacak yazılım ve çevre algılama sensörleri üzerinde yoğunlaşılmasıdır.

7. KAYNAKLAR

Appellqvist P, Knuuttila J, Ahtiainen J (2010) Mechatronics Design of an Unmanned Ground Vehicle for Military Application, Chapter 15, Helsinki University of Technology, Finland.

Aselsan, İzci, <https://2023turkiyesi.wordpress.com/2014/03/06/izci-insansiz-kara-araci-aselsan/>, 15 Mayıs 2016.

Carroll DM, Denewiler T, Mikell K (2004) “Unmanned Ground Vehicles for Integrated Force Protection” Science Applications International Corporation, 1-12.

Daşdemir Y (2009) Bir Aracın Hareketinin Bilgisayar Destekli Olarak Uzaktan Kontrol İle Sağlanması, Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.

Daşdemir Y, İnanç N (2011) “Kablosuz Veri İletişimi İle Sistemlerin Uzaktan Kontrolü Ve Bir Uygulama”, TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası Elektrik Elektronik Ve Bilgisayar Sempozyumu (P. 264-269) Fırat Üniversitesi, Elazığ.

Ebken J, Bruch M, Lum J (2005) “Applying Unmanned Ground Vehicle Technologies to Unmanned Surface Vehicles”, SPAWAR Systems Center, 1-13.

Ercan Z (2011) Multi-Sensör Aided INS/GPS Integration for an UGV, Yüksek Lisans Tezi İstanbul Teknik Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Enstitüsü, İstanbul.

Erdöl M (2014) Bilyalı Vidalı Mil Hareket Sisteminin Matematiksel Modellenmesi Ve Titreşim Analizi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Mühendislik Ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze.

Güven İ (2006) Taşıt Parametrelerinin Üretim Toleranslarının Seyir Dinamiğine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Hacıcecipoğlu A (2012) Development Of Electrical And Control System Of Anunmanned Ground Vehicle For Force Feedback Teleoperation, Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.

Kavak D (2008) İnsansız Kara Araçları Navigasyonunda Genişletilmiş Kalman (GKF) Ve Sıkıştırılmış Genişletilmiş Kalman Filtre (SGKF) Tabanlı Slam Yöntemlerinin Geliştirilmesi Ve Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Kehaly B, Briant J, Jones G (2005) Grand Challenge Technical Paper, DARPA,

Kuhnert K, Kuhnert L, Seemann W (2007) Design and Realisation of the Highly Modular and Robots Autonomous Mobile Outdoor Robot Amor, Proceedings of the 13th, Robotics and Applications and Telematics, 464-469.

Lee JP (2012) “Future Unmanned System Desing for Reliable Military Operations”, International Journal of Control and Automation, 5:173-186.

Loukianov AG, Dodds SJ, Hosny W, Vittek J (1997) “A Robust Automotive Controller Design”, IEEE Int. Conf. On Control Applications, 5-6 Ekim 1997, Hartford.

Mithileysh S (2011) Unmanned Ground Vehicle, Visvesvaraya Technological University, Electronics and Communication Engineering, Belgaum.

Motorcycle Carburetors, Basic Carburetor Components, <https://www.fix.com/blog/motorcycle-carburetor-float-height-adjustment/>, 05 Mayıs 2016.

Ms Technology Co. Ltd., Step Motor Hız-Tork Grafiği, http://www.ms-motor.com/upload/custom_pdf/23H1_8.pdf, 10 Haziran 2016.

Murphy K, Legowik S (1996) “GPS Aided Retrotraverse For Unmanned Ground Vehicles”, Presented at SPIE 10th Annual AeroSense Symposium Conference, National Institute of Standards and Technology, Nisan 1996.

National Aeronautics and Space Administration (NASA), Opportunity and Spirit, <http://mars.nasa.gov/mer/home/resources/MERLithograph.pdf>, 02 Haziran 2016.

Pololu Corporation, A4988 Stepper Motor Driver Carrier, <https://www.pololu.com/product/1182>, 10 Haziran 2016

Raspberry Pi, Teknik Özellikleri, <http://www.raspi.gen.tr/2012/08/01/raspberry-pi-nedir/>, 10 Haziran 2016.

Robotics Collaborative Technology Alliances (2014) Robotics Collaborative Technology Alliances, Proceedings of Collaborative Technology Alliances Conference, Washington DC.

Saputra HM, Mirdanies M (2014) “Controlling Unmanned Ground Vehicle Via 4 Channel Remote Control”, Enery Procedia 68:381-388

Soto A, Ollennu AT, Dolan JM (1999) "Cyber-Atvs: Dynamic And Distributed Reconnaissance And Surveilllance Using All Terrain Ugvs" Robotics Institute, Carnegie University.

Stentz A, Kelly A, Ranger P, Herman H, Amidi O (2009) “Real-Time, Multi-Perspective Perception for Unmanned Ground Vehicles” Robotics Institute, Carnegie Mellon University.

Şirin HO (2009) İnsansız Bir Kara Aracı İçin Hız Denetim Sistemi Tasarımı ve Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

T.C. Milli Eğitim Bakanlığı (2012) Motorlu Araçlar Teknolojisi, Mekanik Vites Kutuları, Ankara.

Team Spirit of Las Vegas (2004) Grand Challenge Technical Paper, DARPA

Thrun S, Montemerio M, Dahlkamp H, Stannis D, (2006) Stanley: The Robot that Won the DARPA Grand Challenge, Stanford Artificial Intelligence Laboratory, Stanford University, California.

Tran TH (2007) Modelling and Control of Unmanned Ground Vehicles, Faculty of Engineering University of Technology, Sydney Australia.

Truck And Bus Total Vehicle Steering Committee (2011) “Turning Ability and Off Tracking--Motor Vehicles”, SAE, J695.

Yalçın Ö (2014) İnsansız Kara Araçlarında 2D Lidar Kullanılarak Yol Sınırları Tespiti, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.

Yeager PA (2005) MonsterMoto JackBot, Grand Challenge Technical Paper, DARPA.

Yongkang Haili Industrial Co. Ltd., Teknik Özellik, <http://haili.company.weiku.com/item/EEC-HL-A150-150CC-CVT-ATV-QUAD-15357181.html>, 10 Mayıs 2016.

Yüksel SE, Küçük S, Güneş E, Boyacı M, Toker KG (2015) “Hacettepe Üniversitesi’nde Uzaktan Algılama Çalışmaları”, TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası, Temmuz 2015.

8. EKLER

EK – A

Çalışma içerisinde RF kumanda kanallarının, araç üzerindeki RF alıcı tarafından algılanan sinyalinin Raspberry Pi tarafından anlamlı hale çevrilerek, gelen sinyalin ne olduğunu anlamaya yönelik örnek program. Çalışma içerisinde yazılan programlar Python dilinde yazılmıştır. Bu programa örnek oluşturmak amacıyla yer verilmiştir.

```
import time
GPIO.setmode (GPIO.BCM)

rf = 22 # input (her bir kanal çıkışı bu pine
takılarak gelen sinyalin Raspberry Pi
tarafından algılandığı aralık görülür.)

GPIO.setup (rf, GPIO.IN)

sinyal=0
def oku():
    global sinyal
    count=0
    s=sinyal
    s=GPIO.input(rf)
    while(s==0):
        s=GPIO.input(rf)
    while(s==1):
        count=count+1
        s=GPIO.input(rf)
    print count
    return count

while True:
    print "RF test"
    sinyal=0
    gas=input("gozlem suresi 1-1000 arasi !!!")
    max=0
    min=10000
    for t in range (0,gas):
        ok=oku()
        if(ok>max):
            max=ok
        if(ok<min):
            min=ok
    print "min ----- max"
```

```
print max  
print min
```

```
GPIO.cleanup ()
```



9. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Nurullah COŞKUN

Doğum Yeri ve Tarihi: İstanbul – 25.07.1990

Lisans Üniversitesi: Abant İzzet Baysal Üniversitesi - Makine Mühendisliği

E-Posta: nurullahcskn@gmail.com / nurullahcskn@hotmail.com

Projeler:

- Ekskavatör Kol Tasarımı Analiz Ve İmalat Malzeme Seçimi
- Labirent Çözen Robot (Bursa Science Fest 2013)
- İnsansız Hava Aracı Tasarımı

Web adresim: www.turanacademy.com