

**ÇOKLU OTOMATİK KILAVUZLU ARAÇLAR
İLE ROTA PLANLARININ TASARIMI
VE GELİŞTİRİLMESİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Ercan ŞİMŞİR
DANIŞMAN
Yrd. Doç. Dr. Barış GÖKÇE
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Ocak, 2015

Bu tez çalışması 14.FEN.BİL.36 numaralı proje ile BAPK tarafından desteklenmiştir.

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇOKLU OTOMATİK KILAVUZLU ARAÇLAR İLE ROTA
PLANLARININ TASARIMI VE GELİŞTİRİLMESİ

Ercan ŞİMŞİR

DANIŞMAN

Yrd. Doç. Dr. Barış GÖKÇE

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Ocak, 2015

TEZ ONAY SAYFASI

Ercan ŞİMŞİR tarafından hazırlanan ‘‘Çoklu otomatik kılavuzlu araçlar ile rota planlarının tasarımı ve geliştirilmesi’’ adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 16/01/2015 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliğı/oy çokluğı ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Makine Mühendisliğı Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Barış GÖKÇE

Başkan : Doç. Dr. İbrahim MUTLU İmza
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi

Üye : Yrd. Doç. Dr. İsmail UCUN İmza
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun
...../...../..... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....
Prof. Dr. İbrahim EROL
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI
Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

16/01/2015

Ercan ŞİMŞİR

ÖZET
Yüksek Lisans Tezi

**ÇOKLU OTOMATİK KILAVUZLU ARAÇLAR İLE ROTA PLANLARININ
TASARIMI VE GELİŞTİRİLMESİ**

Ercan ŞİMŞİR
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Yrd. Doç. Dr. Barış GÖKÇE

Endüstrinin gelişmesi ile birlikte üretilen ürünün taşınması, taşındığı kısımdan tekrar geri alınması ve taşınan malın stok takibi büyük önem taşımaktadır. İşletmelerde taşınma yönetiminin etkin bir şekilde uygulanabilmesi için otomatik kılavuzlu araçların akıllı taşıma sistemi ile mümkün olmaktadır.

Bu çalışmada, serbest halde kablosuz kontrol sistemi ile hareket edilebilen rahat değiştirilebilir yol sistemi ile malzemelerin depolanmasını, taşınmasını kapsayan bir model geliştirilmiştir. Malzemenin bulunduğu konumdan, tanımlı konuma taşınması otomatik kılavuzlu araç modeli ile yapılacağı var sayılmıştır. Bununla birlikte, bu sistem kablosuz kontrol sistemleriyle uzaktan bilgisayar ortamından kontrol edilmiştir. Böylelikle sistemi yöneten bir personel dışında, herhangi bir insan kaynağına gereksinim duyulmadan tam otomatik, ihtiyaçlara uygun ve oldukça hızlı bir şekilde hareketlerin gerçekleştiği taşıma ve depolama işlemlerinin yapılması kolaylaştırılmıştır. Prototipi yapılmış olan bu çalışma mekatronik eğitimi için bir model olacak ve daha sonra yapılacak olan çalışmalara üniversitemiz bünyesinde bir basamak oluşturması hedeflenmektedir.

2015, xii + 89 sayfa

Anahtar Kelimeler: Serbest Hareket, Kablosuz Kontrol Sistemi, Taşıma Sistemleri, Mekatronik Tasarım.

ABSTRACT
M.Sc Thesis

DESIGN AND DEVELOPMENT OF MULTIPLE AUTOMATED GUIDED
VEHICLES AND ROUTE PLANS

Ercan ŞİMŞİR

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Asist. Prof. Dr. Barış GÖKÇE

Transfer of the product produced in conjunction with the rapid transportation of the industry taking back from the warehouse on demand and inventory tracking is of great importance. In businesses, effective implementation of the management of transfer and shipping is possible with intelligent portage system or warehouse management system.

In this study, a wireless control system capable of moving freely and easily changeable route system with a flexible material, precise and rapid transportation, storage is planned to design. Transport operations will be performed from the first position of the object to the defined location of the object. On the other hand this system is going to be controlled via wireless control system remotely. Thus, there is no need to personnel resource without a person who manages the system. Storage processes is going to be done by fully automated systems which are pretty rapid and compatible for work and needs. Which will be the prototype of this system will be an exemplary model for the education of mechatronics and robotics projects which will be held later at the universities will create a step.

2015, xii + 89 pages

Key Words: Free Movement, Wireless Control System, Handling Systems, Mechatronic Design

TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın konusu, deneysel çalışmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarında dolay tezdanişmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Barış GÖKÇE 'ye, araştırma ve yazım süresince yardımlarını esirgemeyen Sayın Ahmet GENÇ. Ak robot teknolojileri topluluğu başkanı Ahmet Yasin CİVAN 'a ve emeği geçen tüm arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Bu tez çalışması ‘oklu Otomatik Kılavuzlu Araçlar İle Rota Planlarını Tasarımı Ve Geliştirilmesi’ isimli 14.FEN.BİL.36 numaralı proje ile Afyon Kocatepe Üniversitesi BAPK tarafından desteklenmiştir. Çalışmamı destekleyen kurumlara desteklerinden dolay teşekkür ederim.

Bu araştırma boyunca maddi ve manevi desteklerinden dolay başta amcam Sedat ŞİMŞİR olmak üzere tüm aileme teşekkür ederim.

Ercan ŞİMŞİR

AFYONKARAHİSAR, 2015

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
RESİMLER DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ	4
2.1 Otomatik Kılavuzlu Araçların Tarihçesi ve Tanımı.....	4
2.2 Navigasyon (seyrû- sefer)	6
2.2.1 Tel Kılavuzlu Hareket.....	7
2.2.2 Bant Kılavuzlu Hareket	7
2.2.3 Lazer Hedefli Dolaşım.....	8
2.2.3.1 Modüle edilmiş lazer	8
2.2.3.2 Darbeli lazer	9
2.2.4 Eylemsiz Gezinti (Jiroskop).....	9
2.2.5 Doğal Hedef Belirleme	9
2.2.6 Kontrol	10
2.2.7 Görsel Yönlendirme.....	11
2.2.8 Coğrafi Yönlendirme	11
2.3 Yön Kararı.....	12
2.3.1 Frekans Seçme Modu.....	12
2.3.2 Yol Seçme Modu	12
2.3.3 Manyetik Şerit Modu	13
2.4 Trafik Kontrol	14
2.4.1 Bölge Kontrolü	15
2.4.2 İleri Algılama Kontrolü	15
2.4.3 Kombinasyon Kontrolü.....	16
2.5 Sistem Yönetimi.....	16
2.6 Araç Çeşitleri.....	17
2.7 Genel AGV Uygulamaları.....	20

2.7.1	Hammadde Sevki	20
2.7.2	Yarı Mamül Taşıma	20
2.7.3	Palet Sevki	20
2.7.4	Bitmiş Ürün Sevki	21
2.7.5	Rulo (Silindir) Sevki	21
2.7.6	Konteyner Sevki	22
2.8	Başlıca Uygulama Endüstrileri.....	22
2.8.1	Eczacılık Ürünleri	23
2.8.2	Kimyasallar	23
2.8.3	Üretim (İmalat)	24
2.8.4	Otomotiv	25
2.8.5	Kâğıt ve Baskı.....	25
2.8.6	Yiyecek ve İçecek	26
2.8.7	Hastane.....	27
2.8.8	Depolama	27
2.9	Batarya Değişimi.....	28
2.9.1	Otomatik Şarj Sistemi.....	29
2.9.2	Otomatik Akü Değişimi.....	30
2.10	İnsansız Hareket Edebilen Sistemlerde Dikkat Edilecek Hususlar	30
2.10.1	Çalışma Hacmi.....	30
2.10.2	Tekrarlanabilirlik	31
2.10.3	Yük Taşıma Kabiliyeti ve Hız	31
2.10.4	Kontrol Ünitesi	31
2.11	Önceki Çalışmalar	31
3.	MATERYAL ve METOT	40
3.1	Materyaller	40
3.1.1	Rota planlaması yapan robotun hareket sistemi	40
3.1.2	DC Motorlar.....	42
3.1.3	Enkoderli DC Motor	42
3.1.3.1	Enkoderli DC Motorların Bağlantısı ve Yataklanması.....	43
3.1.4	Hareket sistemi	44
3.1.5	Alt Şase Sistemi	45
3.1.6	DC Motor Sürücü Kartı	48
3.1.7	Sensörler	49
3.1.8	HC-SR04 Ultrasonik Sensör	50
3.1.9	Güç Kaynağı	51

3.1.10 ARM (Advanced RISC Machines) Kontrol Kartı	52
3.1.11 Kablosuz İletişim Modülü	54
3.1.12 XBee USB Bağlantı Arayüzü	55
3.2 Metot	56
3.2.1 Sistemin Çalışma Prensipleri	56
3.2.2 Çizgi Takibi ile Hareket Sistemi	56
3.2.3 PID Kontrolü	57
3.2.3.1 PID kontrolör ayarı için Ziegler-Nichols kuralları	58
4. BULGULAR	61
4.1 Uygulama Adımları	61
4.2 Mekanik Sistemin Kurulması	62
4.3 Hareket Bilgisinin Oluşturulması	63
4.4 Karar Verme Sistemi	64
4.5 Aracın PID kontrolünün Ayarlanması	66
4.6 Araçların İstasyonları Tanınması	67
4.7 Araç Kontrol Arayüzü	67
4.8 Araçların Hareket Akış Diyagramı	69
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	70
6. KAYNAKLAR	72
ÖZGEÇMİŞ	79
EKLER	80

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

Kg	Kilogram
Mm	Milimetre
Km	Kilometre
Tm	Moment
F	Kuvvet
r	Yarıçap
L	Uzunluk
M	Kütle
μ	Kayma yüzeyleri sürtünme katsayısı
η	Verim
Δt	Çözünürlük
S	Pozisyonlama periyodu
Θs	Gerekli çözünürlük
s	Saniye
Hz	Hertz
N	Newton
E	Elastisite Modülü
I	Atalet Momenti
δ	Kesme Gerilmesi
V	Voltamper
mA	Miliamper
NiMH	Nikel Metal Hidrat
Mhz	MegaHertz

Kısaltmalar

PID	Oransal, İntegral, Türevsel
OYA	Otomatik Yönlendirmeli Araç
ISO	Uluslararası Standartlar Örgütü
AGVS	Palet Taşıyıcıları
PWM	Sinyal Genişlik Modülü
GPIO	Genel Amaçlı Giriş / Çıkış
SCARA	Selective Compliant Assembly Robot Arm
NASA	Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi
CAD	Bilgisayar Destekli Tasarım
AS/RS	Otomatik Stoklama ve Geri Alma Sistemleri
S/R	Yükleme/Boşaltma
SCADA	Uzaktan Kontrol ve Gözleme Sistemi
MDF	Orta Yoğunluktaki Fiber (Ahşap) Levha
DR	Değişken Relüktanslı
SM	Sabit Miknatıslı
LED	Işık Yayan Diyot
USB	Evrensel Seri Veriyolu
AGV	Otomatik Kılavuzlu Araç
IDE	Entegre Geliştirme Ortamı
ARM	Gelişmiş RISC Makineleri
DC	Doğru Akım
LGV	Lazer Kılavuzlu Araç
AGC	Otomatik Kılavuzlu Çekçek
FTS	Otomatik Taşıma Sistemi
FMS	Esnek Üretim Sistemi
CRT	Renk Grafik Ekranı
CAT	Damperli Kamyon
OKA	Otomatik Kılavuzlu Araç
Kp	Oransal Etki
Ki	İntegral Etki
Kd	Türev Etki

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Konteynır taşıma sürecinin katman yapısı.....	15
Şekil 2.2 Üç tekerlekli otomatik yönlendirmeli araç sistem.	32
Şekil 2.3 Önerilen Otomatik Taşıma Sisteminin Yerleşimi	34
Şekil 2.4 Otomatik kılavuzlu araç sistemi yerleşim planı	35
Şekil 2.5 Otomatik kılavuzlu araçların olası çarpışma noktası	36
Şekil 2.6 Bölge, Bölüm tasarım planı	37
Şekil 2.7 Bir engele çarpan AGV'nin yeniden düzenlenmesi.....	38
Şekil 2.8 Ağır çelik taşımada kullanılan özerk güdümlü bina dışı araç.	39
Şekil 2.9 Belirsiz şartlar altında konteynır terminal düzenleme içerisinde AGV.....	39
Şekil 3.1 Çoklu otomatik kılavuzlu araçların modeli.....	40
Şekil 3.2 Alt şase kısmını oluşturan pleksiglas plaka modeli.	41
Şekil 3.3 Şematik aktarma gösterimi.....	43
Şekil 3.4 Pololu tekerleklerin alt şaseye bağlantı modeli.....	44
Şekil 3.5 Robotun ileri geri hareketini sağlayan parçaların montajı.	44
Şekil 3.6 Pololu tekerleğin model görünümü.	45
Şekil 3.7 Yol takip sisteminde hareketi sağlayan teker yatak sistemi	45
Şekil 3.8 Alt ve Üst Plakanın Montaj Modeli.	46
Şekil 3.9 Montajı yapılmış tekerleğin Görünüşü.	46
Şekil 3.10 Alt Şase.	47
Şekil 3.11 Otomatik kılavuzlu araç sisteminin tasarımı.....	47
Şekil 3.12 Motor sürücü kartı.....	48
Şekil 3.13 Çizgi sensör CNY 70 bağlantı şeması.....	50
Şekil 3.14 HS-SR04 Ultrasonic Sensörü.....	51
Şekil 3.15 ARM kit kartının donanımı.	54
Şekil 3.16 Kablosuz iletişim modülü.	54
Şekil 3.17 XBee USB bağlantı arayüzü.	55
Şekil 3.18 Araçlar ve hareket sisteminin solidworks tasarımı.	56
Şekil 3.19 Çizgi izleme sisteminin şematik devresi.	57
Şekil 3.20 Bir sistemin PID kontrolü.	58

Şekil 3.21 Basamak cevabı eğrisi, maksimum %25 taşıma	58
Şekil 3.22 Sistemin birim basamak giriş cevabı.....	58
Şekil 3.23 S biçimli cevap eğrisi	59
Şekil 4.1 Aracın kablo bağlantıları.....	62
Şekil 4.2 İnsansız hareket eden otomatik kılavuzlu araç sistemi.	63
Şekil 4.3 Otomatik kılavuzlu araçların pist üzerindeki hareketi.	64
Şekil 4.4 Sensörlerin aldığı durumlar.....	64
Şekil 4.5 Sensörlerin siyah bant algılama sistemi.	65
Şekil 4.6 Robotun ileriye doğru hareketi.....	65
Şekil 4.7 Robotun sağa doğru hareketi.....	66
Şekil 4.8 Robotun sola doğru hareketi.	66
Şekil 4.9 Araçların hareket akış diyagramı.	69

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1 Sensörlerin kombinasyonlarına bağlı olarak ağırlık değerleri.	60
Çizelge 4.1 Çıkış Pinlerinin Gösterimi.	61

RESİMLER DİZİNİ

	Sayfa
Resim 2.1 AGV Treylerli mobil paket taşıyıcı.	6
Resim 2.2 Güvenlikli lazer sensörlü forklift tam otomatik AGV	16
Resim 2.3 Tugger AGV	17
Resim 2.4 Tugger AGV bir depo içerisinde birden çok römorku çekiyor.....	18
Resim 2.5 Birim yükleme AGV.....	18
Resim 2.6 Sabitleyici rampalı forklift AGV.	19
Resim 2.7 Hibrid AGV yükü toplarken.	19
Resim 2.8 Rulo sıkıştırıcı AGV.	21
Resim 2.9 Konteyner terminalinde ; AGV ye konteyner yüklenme süreci.....	22
Resim 2.10 Eczacılık ürünlerinin taşıma görünümü.	23
Resim 2.11 Kimyasal taşıma sistemi.	24
Resim 2.12 Fabrika İmalat Deposu.	24
Resim 2.13 Otomobil gövde parçalarının üzerinde bulunduğu yük araçlarını çeken tekerlekli bir Tugger AGV.....	25
Resim 2.14 Arabaların üzerine parça montajı beslemesinde kullanılan bir AGV.	25
Resim 2.15 Kâğıt ve Baskı Taşıma Sistemi.	26
Resim 2.16 Yemek ve içecekleri ambar içerisine taşıyarak depolama sistemi.....	26
Resim 2.17 Hastane ortamında çalışan AGV.....	27
Resim 2.18 Depolama kullanılan AGV.	28
Resim 2.19 Batarya değiştirme AGV.	29
Resim 2.20 Otomatik şarj sistemi.	29
Resim 2.21 Otomatik batarya değişimi.	30
Resim 3.1 Enkoderli DC motor.....	42
Resim 3.2 Li-Po Batarya.	52
Resim 4.1 Araçların sistem üzerindeki kontrol arayüzü.	68
Resim 4.2 Araçların hareket kontrol arayüzü.	68

1. GİRİŞ

Teknolojideki hızlı gelişime bağlı olarak, insan gücü yerine ve yüksek maliyet amacına uygun akıllı makine tasarımı ve üretimi önem kazanmıştır. Bu alan doğrultusunda çalışmaların büyümesi gelişmiş ülkelerde robot ve otomasyon kullanımının yaygınlaşmasına neden olmuştur (Akpınar 2008).

Gelişen teknolojiye bağlı olarak insanların ihtiyaçlarına yönelik robotlar tasarlanmıştır. En başta yapılan modeller hayali olarak tasarlanmıştır. Daha sonraki yıllarda eğlence amaçlı kullanılan robotlar günümüzde endüstrinin vazgeçilmez temel taşı olmuştur. Günümüzde gelişen bu robotların özellikleri şöyle sıralanabilir;

- Programlanabilmesi,
- Fiziksel çevreyle etkileşime girmesi,
- Çevreyi tanımlama ve algılaması,
- Esnekliği,
- Karar verme yeteneği (Yorulmaz ve Yılmaz 2007).

Üretim sistemlerinde bilgisayar kontrollü makinelerin ve robot kullanımının yaygınlaşması, üretim hızının artmasını sağlamıştır. Artan üretim hızı malzeme taşıma sistemini de doğrudan etkilemiş, iş istasyonlarının talep ettiği malzemelerin doğru zamanda ve doğru miktarda sağlanması işletmeler için önemli hale gelmiştir. İşletmelerin buldukları sektörde rekabet edebilmeleri, zamanı en iyi şekilde değerlendirmeleri ile sağlanabilmektedir. Bu amaca hizmet eden malzeme taşıma sistemlerinin başında otomatik yönlendirmeli araç sistemi gelmektedir. Önceleri sadece depo sistemlerinde kullanılan bu Otomatik Yönlendirmeli Araç Sistemleri zamanla üretim alanına girerek, yarı mamullerin bir istasyondan diğer istasyona taşınmasında, ürünlerin montajlarının hareket eden bu araç üzerinde yapılmasında kullanılır hale gelmişlerdir. Ağır sanayi işletmelerinde (otomotiv, beyaz eşya vb.) malzemelerin bir yerden bir yere taşınmasında getirdiği kolaylıklar ve zaman kazancı ile önemli bir yer edinmiştir (Tuna ve arkadaşları 2004).

Son yıllarda teknoloji ve endüstrinin gelişmesi, robotların da gelişmeye ve gerekli yerlerde kullanılmaya başlamasıyla etkisini gerçek anlamda göstermiştir. Bu robotik çalışmalar ilerledikçe, robotların farklı uygulama alanı için gerekli olduğu anlaşılmıştır. Engellere çarpmadan, koordinatları bilinen hedefe ulaşan robot, haritalaması yapılmış bir alanda, istenen hedefe insan gücü olmadan ulaşmayı amaçlamaktadır. Robot, görevini yaparken, karşılaşılabilecek engelleri algılayıp, hedeften sapmayacak bir şekilde aşarak, yoluna devam edecektir (Yorulmaz ve Yılmaz 2007). Bu sistemle, yüksek ve dar koridorlu depolama alanları oluşturularak kapasitelerin artırılması yönünde etkili olunmuştur. Kapasitenin yükseklikle doğru oranda artmasıyla birlikte standart yüksekliklerin dışında, operatörsüz ve risksiz taşıma yapılabilmiştir. Bu çalışmada, hem depolama sorunlarının çözümüne yönelik, hem de mekatronik eğitime katkı sağlayan bir robot tasarımı yapılmıştır. Ayrıca, depolama sisteminde robotu konumlandıran bir yazılım geliştirilmiştir.

Makinelerin, robotların ve belirli işlevleri yerine getiren tüm mekanizmaların akıllı bir şekilde istenilen işleri yerine getirebilmeleri mekatronik sistem bileşenlerinin oluşturulması ile sağlanabilir (Öztürk 2014).

Mekatronik eğitiminde laboratuvar ve uygulamalı dersler, uygulama olmadan ders konularının anlaşılır olmasını zorlaştırmaktadır. Bu bağlamda gerçeğe yakın eğitim araçlarının laboratuvar ortamında yapılabilmesi ve kullanılabilmesi gerekmektedir. Nihai amacı gerçek olan sistemin portatifi, öğrencilerin eğitimdeki anlayışını da geliştirecektir. Çünkü sistem geliştirilmeye ve genişletilmeye uygun bir yapıdadır. Bu pilot çalışma sadece robot uygulaması olmayıp; mekatronik eğitimde kullanılabilecek bir laboratuvar ortamının oluşmasına da zemin olacaktır.

Bu çalışmada, metot olarak mikro işlemci programlama ile sinyal işleme yapılmıştır. Sinyal işleme yöntemlerinden biride tasarlanan aracın çizilen rotayı takip etmesi için PID (Oransal İntegral Türev) programlama yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemlerle araç hızı artırıldığında çok yalpalama ve genellikle pist dışına çıkma olmamıştır. Dolayısıyla yüksek hızlarda manyetik çizgiyi takip etmeyi sağlayabilmek için PID kontrolü

gereklidir. Tasarlanan model operatör ile haberleşme yapabilmiş ve taşıma için ürünlere yönlendirebilmektedir.

2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

2.1 Otomatik Kılavuzlu Araçların Tarihçesi ve Tanımı

Otomatik kılavuzlu araçlar (AGV, Automated Guided Vehicle), bir üretim tesisinin ya da deponun otomasyonuna makineleşmesine yardım ederek maliyetleri azaltır ve verimliliği artırır. İlk otomatik kılavuzlu araçlar, 1953 yılında Berret Elektronik tarafından icat edilmiştir. Bir AGV, arkasına bağımsız olarak eklenmiş römorklar içerisinde nesnelere çekebilir. Bu römorklar, hammadde ve bitmiş ürünleri taşımada kullanılabilir. AGV' ler aynı zamanda bir zemin üzerine nesnelere depolayabilir ve bu ürünler motorlu silindirler (konveyör) üzerine yerleştirilebilir ve ters çevrilerek itilebilir (İnt.Kyn.3).

AGV' ler; hamur, kağıt, metal, gazete ve genel üretim dahil olmak üzere hemen hemen her endüstride kullanılır. Yiyecek, keten yada ilaçlar gibi taşınabilir maddelerde yapılabilecek işlem türleri içerisinde (İnt.Kyn.3).

Bir AGV ye aynı zamanda 'Lazer Kılavuzlu Araç'ta (LGV) denilebilir. Almanya da bu yönetime 'Fahrerlose Transportsysteme (FTS) (Otomatik Taşıma Sistemi), İsveç te ise 'Förerlosa Truckar (FTS) (Sürücüsüz Kamyon) denilmektedir. AGV' lerin daha düşük maliyetli olanlarına 'Otomatik Kılavuzlu Çekçek' te (AGCs) denir. Genellikle manyetik bir bant aracılığıyla yönlendirilir. AGC lerin bir çok modeli bulunmakta ve montaj hattındaki ürünlerin hareket ettirilmesinden bir atölye veya depodan ürünlerin yüklenmesine ve taşınmasına kadar birçok alanda kullanılmaktadır (İnt.Kyn.3).

İlk AGV, 1950 li yıllarda Berret Elektronik (Northbrook, Illinois) tarafından piyasaya sürülmüştür. O zamanlarda, bir ray üzerinde yerdeki bir teli takip eden basit bir çekici özelliği taşımaktaydı. 1976 yılında, Egemin Otomasyon (Holland MI) bir çok endüstriyel ve ticari uygulamalarda kullanılmak üzere 'Otomatik Sürücüsüz Kontrol Sistemleri' üzerine çalışma başlattı. Bu teknolojiyi takiben, basit bir zincirle çekilenleri yerine zemin üzerinde görülmeyen ultraviyole ışın ile işaretleri takip edebilen yeni tür AGV ler üretildi. Bu yeni sistem ilk olarak Willis Kulesi (Chicago, Illinois)'nde (Sears kulesinden önce) ofisler arasında posta dağıtımında uygulandı (İnt.Kyn.3).

AGV ler, fabrika içi taşımacılıkta, hem üretim ve montaj alanlarında hem de depolarda kullanılan insansız araçlardır. AGV ler çalışma prensibi olarak (Mantel and Landeweerd 1995) ;

- Bağımsız dolaşım yapan ve
- Rota ya bağlı araçlar olarak ikiye ayrılmalıdır.

Birinci tip araçlar, hesaba dayalı sefer konum tahmini ve duvarlar üzerindeki aynalar aracılığıyla yansıtılan ışığı kullanarak konumunu belirleyen lazerli veya kızıl ötesi ışın ekipmanları kullanır. Ayrıca kalibrasyon ayarlama için yere döşenmiş bir iletim şebekesi kullanılabilir. Bu sistem alıcı ve verici görevi taşıyan aparat, miknatis veya optik olarak taranabilen satranç desenli şekil kullanılarak oluşturulabilir (Mantel and Landeweerd 1995).

İkinci tip AGV ler, zemine döşenmiş tel veya optik olarak takip edilebilen zemine yerleştirilmiş boya ya da şerit aracılığıyla kılavuzlanan sabit ağ takip yapısıyla sınırlıdır (Mantel and Landeweerd 1995).

Resim 2.1' deki gösterilen treylerli mobil paket taşıyıcısının yönlendirme esnekliği sayesinde otomatik kılavuzlu araçlar birçok üretim sisteminde, özellikle çeşitli ve karmaşık işlem güzergâhlarına sahip tesislerde uygulanmaktadır. Son yıllarda AGV ler le ilgili birçok problem üzerine çalışmalar yapılmıştır. Bunlardan bir tanesi araç kazalarıdır. Bazı geleneksel araç kazalarını önleyici stratejilerinden bir tanesi; kılavuz yolun, üst üste gelmeyecek şekilde bölgelere ayrılması ve bir bölgede sadece bir aracın çalışmasına izin veren 'tek bölge stratejisi' dir. Geleneksel tek bölge stratejisinin uygulandığı sistemlerde araçların birbirine yardım etme özelliği yoktur ve bu sınırlamadan dolayı farklı bölgelerde çalışılan araçların yük dengesizliği söz konusu olduğunda sabit bölge stratejisi taşıma talebini tam karşılayamamaktadır (Chin Ho and Wei Liao 2009).



Resim 2.1 AGV Treylarli mobil paket taşıyıcı.

Günümüzde AGV'ler, diğer alanlar içerisinde (depolar, konteynır terminalleri ve dış taşıma sistemleri gibi) tekrarlayan taşımacılık görevlerinde de kullanılmaktadır. Üretim, dağıtım, yük aktarımı ve taşımacılık sistemlerindeki AGV sistemlerinin tasarımı ve kontrol konularıyla ilgili bilgi kaynağı ele alınmaktadır. Çoğu modelin, üretim merkezlerindeki tasarım problemleri için uygulanabilir olduğu sonucuna varılmaktadır. Mevcut modellerin ve yeni modellerin bazıları büyük AGV sistemlerinde başarılı olduğunu kanıtlamıştır. Aslında, büyük AGV sistemlerinin, sistem içerisinde; geniş hesaplama süresi, bütünlük, sıkışıklık, çıkmaza girme ve gecikme ve sonlu planlama süresiyle başa çıkması için yeni analitik ve simülasyon modellerinin geliştirilmesi gerekmektedir (Vis 2006).

Yıllar içerisinde teknoloji daha da ilerledi ve bugün otomatik araçların çoğunluğu LGV 'Lazer Kılavuzlu' dur. Otomatik hale getirilmiş bir işlem sürecinde, LGV'ler, ürünlerin, üretim alanından çıkarılması, ya ileriki kullanımlar için depo edilmesi veya direk nakliye alanlarına gönderilmesinin kolayca ve sorunsuzca yapılabilmesi için diğer robotlar ile iletişim halinde olacak şekilde programlanmaktadır. Bugün, AGV'ler, ürünlerin, gönderileceği noktalara güvenli şekilde ulaşması için yeni fabrikaların ve depoların dizaynında önemli bir rol oynamaktadır (İnt.Kyn.3).

2.2 Navigasyon (seyrü- sefer)

Otomatik kılavuzlu araçlar, (seyrü) seferin (navigasyon) yapılandırılmış çevrede uygulanabilir olduğu üretim alanlarında bir yaşam biçimidir. İnşaat yapılandırılmamış

bir çevredir ve üç boyutlu kontrol ve engebeli yapısıyla başa çıkabilmek için farklı türde sefere gereksinim duyar. Bu çalışma, yol gösterme bazlı sistem, görsel ve harita bazlı sistem gibi mutlak referans sistemleriyle birlikte konum tahmini yönteminden faydalanan navigasyon sistemlerine bir inceleme sağlamaktadır (Beliveau et. al. 1996).

2.2.1 Tel Kılavuzlu Hareket

Yerde, dar ve uzun bir hat açılarak yüzeyin yaklaşık 1 inç (25,4 mm) altına tel yerleştirilir ve bu dar ve uzun kanal AGV'lerin takip edeceği yol boyunca düzenlenir. Bu tel bir radyo sinyali iletmesi için kullanılır. AGV'lerinde yere yakın bir bölümüne bu radyo sinyali algılayacak bir sensör yerleştirilir. Bu sensör aracılığıyla, AGV bulunması istenen yeri algılar ve radyo sinyali aracılığıyla almış olduğu bu bilgi kumanda devresini düzenlemede kullanılır (İnt.Kyn.3).

En yaygın AGV kılavuzluk tekniği olan tel uygulaması deneysel vinç araçlarında da uygulanmış fakat sanayide kullanılan AGV kılavuzluk sisteminde yaşanan esnek uygulama problemi bahçe arazilerinde de ortaya çıkmıştır. Buna ilaveten, hasat döneminde herhangi bir problemle karşılaşılması için tel'in yeteri kadar derine gömülmesi gerekirken, kemirgen saldırılarına dayalı yaşanan problemlerde uygulamanın eksik yönlerini göstermektedir (Hague and Tillett 1995).

2.2.2 Bant Kılavuzlu Hareket

Birçoğunun 'Otomatik Kılavuzlu Çekici Araç' olarak ta bildiği bu tip AGC'lerin istenen yolda ilerlemesi için bir şerit ya da bant kullanılır. Şeritler, mıknatıslı veya renklendirilmiş olmak üzere iki tip olabilir. Bu tip AGC'lere, şerit'in geçtiği yolu takip edebilmesi için uygun bir sensör yerleştirilir. Şerit aracılığıyla hareket eden araçların, tel kılavuzlu olanlarına sağladığı üstünlüklerden en önemlisi, kullanılan şerit in yerinin değiştirilebilmesi ve yeniden düzenlenebilmesinin çok daha kolay yapılabilmesidir (İnt. Kyn.4).

Renklendirilmiş bant sistemi başlangıçta daha ucuz maliyet sunsa da, yoğun çalışma trafiğinin yaşandığı ortamlarda kullanılan renkli bantların kirlenmesi ve deforme olmasına dayalı birtakım sıkıntıları da beraberinde getirmektedir (İnt.Kyn.4).

Esnek manyetik bir çubuk da aynı tel de olduğu gibi yere döşenebilir fakat aynı çalışma ortamlarında manyetik bir bant görevi yapacağından renklendirilmiş şerit sistemindeki sıkıntılar yaşanmayacaktır. Manyetik kılavuzlu bant'ın diğer bir avantajı da çift kutupsallıktır. Kutupsallığa ve etiketlerin sırasına dayalı olarak AGC'lerin durumlarını değiştirmek için küçük manyetik bant parçaları yerleştirilebilir (İnt.Kyn.5).

2.2.3 Lazer Hedefli Dolaşım

Bu sistemde dolaşım, duvara direklere ya da sabit makinalara yansıtıcı bantların monte edilmesiyle sağlanır. AGV bir tane lazer verici ve döner başlıklı kule üzerine monte edilmiş bir alıcı taşır. Lazer aynı sensör tarafından iletilir ve alınır. Görüş mesafesindeki ve algılama sınırları içerisindeki reflektörlere olan uzaklık ve açı otomatik olarak hesaplanır. Bu bilgi AGV'nin hafızasındaki reflektör hareket deposundaki haritayla karşılaştırılır ve eşleştirme gerçekleştirilir. Bu durum, gezinti sisteminin AGV'nin hali hazırdaki pozisyonunu üçgenlere bölerek nirengi yapmasına izin verir. Mevcut pozisyon, reflektördeki vaziyet haritası içerisine programlanmış yol bilgisiyle karşılaştırılır. Yönlendirme, AGV nin programlanan rotada uygun şekilde devam etmesi için ayarlanır. Bu şekilde sürekli pozisyon güncellemesi yapılarak istenen hedefe doğru AGV'nin ilerlemesi mümkün olabilmektedir (İnt.Kyn.6).

AGV'lerin kılavuz sistemi olarak ya mıknatıs sistemini ya da tümevarımsal yöntemi kullanmaktadır. Fakat bu yöntemler başlangıçta düşük maliyet sunsalar da çevresel değişimlere bağlı olarak sistemlerin sürdürülebilirliği zora girmektedir ve sadece üzerlerine takılan sensörler aracılığıyla önceden programlanmış rotada hareket edebilirler (Jung et. al. 2014).

2.2.3.1 Modüle edilmiş lazer

Modüle edilmiş lazer ışığı kullanılması, Darbeli Lazer Sistemleri (Pulse Lazer System) üzerinde daha geniş bir kullanım alanı ve doğruluk değeri vermektedir. Modüle edilmiş lazer ışığının sürekli bir pervane aracılığıyla yayınlanmasıyla, bir sistem, tarayıcının, bir reflektör ile görüş hattının kabiliyetini elde etmesiyle kesintisiz bir etki kazanabilir.

Etki, her taramada, her bir yansıtıcının sürekli ve doğru bir ölçüm elde etmesini sağlayan reflektörlerin arka kenarında durur. Modüle edilmiş lazer kullanılarak bir sistem, saniyede 8 tarayıcı devrinde, $\sim 0.1\text{mrad}$ (0.006°) lik bir açısal çözünürlüğü başarabilir (İnt.Kyn.7).

2.2.3.2 Darbeli lazer

Tipik bir darbeli lazer tarayıcısı, her bir saniyede, 8 tarayıcı devrinde $\sim 3.5\text{ mrad}$ ($0,2^\circ$) lik maksimum çözünebilirliği veren 14,400 Hz lik bir oranda darbeli lazer ışığı yayar. Çalışır bir gezinti başarmak için, yansıtıcının merkezini tanımlamada, yansıtılan lazer ışığının yoğunluğuna dayalı okumaların ara değerleri hesaplanmalıdır (İnt.Kyn.3).

2.2.4 Eylemsiz Gezinti (Jiroskop)

AGV kılavuz sisteminin diğer bir şeklide Eylemsiz Gezinti (Inertial Navigation) dir. Eylemsiz kılavuz sisteminde, bilgisayar kontrol sistemi, araçların görevlerini atar ve yönetir (Seelinger and Yoder 2005). Aktarıcılar, çalışılan mekânın zeminine yerleştirilir. AGV' ler bu aktarıcılarını araçların doğru rotada olup olmadıklarını doğrulamak için kullanır. Bir jiroskop, araçların yönlerinde meydana gelebilecek en ufak değişiklikleri algılayabilir ve AGV lerin kendi rotalarında ilerlemesi için bu hataları düzeltir. Bu atalet (jiroskop) metodunun hata payı ± 1 inç tir (Seelinger and Yoder 2005).

Jiroskoplar dar koridor veya aşırı sıcaklar gibi değişkenlik gösteren ortamlarda çalışabilir (İnt.Kyn.9). Eylemsiz dolaşım, araçların okuyup takip edebileceği, tesis içerisinde zemine yerleştirilmiş mıknatıs kullanımını da içerebilir (İnt.Kyn.10).

2.2.5 Doğal Hedef Belirleme

Çalışma ortamında düzenleme yapmaksızın gerçekleştirilen dolanımın Doğal-Özellikler ya da Doğal-Hedefleme Dolanımı (Gezinti) denir. Bu metot; jiroskop veya aracın, tam olarak nerde olduğunu ve hedefe giden izin verilmiş en kısa yolu dinamik şekilde planlama gibi eylemleri anlamada kullanılan 'Monte Carlo/Markov yerini belirleme

teknikleri ile “atalet ölçüm ünitesi” ve “bir lazer mesafe bulucu” gibi bir veya birden fazla ‘mesafe ölçüm sensörlerini’ kullanır. Bu tip sistemleri kullanmanın faydası, herhangi bir yöne talep üzeri sevkiyat yapmada yüksek esneklik sunmasıdır. Bu yöntem de, AGV lerin bozulan aletlerin çevresinde olası rotalarını belirleyebilmesinden dolayı, üretim faaliyeti tamamen durmadan aksaklıklarla başa çıkılabilmektedir. Fabrikalar için arıza süresinin kısalığıyla birlikte, bu aletler hızlı bir şekilde kurulabilmektedir (İnt.Kyn.11).

2.2.6 Kontrol

Bir AGV, gezinti yardımı için, üç farklı türde kumanda kontrol sistemi kullanabilir (İnt.Kyn.12). Diferansiyel hız kontrolü’ en yaygın olanıdır. Bu metot da, iki bağımsız hareket çeker tekerlek bulunmaktadır. Her bir teker, AGV’ nin dönebilmesi için farklı hızda, ileri ve geri gidebilmesi içinde aynı hızda çalışacak şekilde hareket ettirilir. AGV bir nevi tankın çalışma prensiplerini kullanır. Bu kumanda metodu, ekstra kumanda motoru veya mekanizması gerektirmediğinden en basitidir. Bu metot, çoğunlukla, taşımacılık yapan, dar alanlardaki çalışmalarda kullanılan veya herhangi başka bir makineye yakın çalışan AGV lerin üzerinde görülür. Bu tip tekerlek uygulaması, AGV’ nin arkasına takılan römorkun ikiye katlanmasına sebep olduğundan çekme uygulamalarında kullanılmaz.

İkinci tip kumanda ise ‘kumanda edilebilir kontrol sistemi’ dir. Bu tip kumanda, araçların kumandasına yakındır fakat AGV’ nin manevra kabiliyetini kısıtlar. Üç tekerlekli araç kullanımı geleneksel üç tekerlek forkliftlerle benzerlik gösterir. Kumanda tekeri, dönen tekerlektir. Diferansiyel metotla kıyaslandığında bu metot, programlanmış rotayı takip etmede daha hassastır. Bu tip bir AGV’ nin dönüşleri daha yumuşaktır. Kumanda edilebilir kontrol sistemine sahip AGV ler, diferansiyelle kontrol edilenlerin aksine, bütün uygulamalarda kullanılabilir (İnt.Kyn.8). Bu tip AGV’ ler bir operatör tarafından kullanılabilirdiği gibi çekici olarak ta kullanılabilir.

Üçüncü tip kumanda ise diferansiyel ve kumanda edilebilir olma özelliklerinin kombinasyonu şeklindedir. İki bağımsız kumanda edilebilir motor AGV nin çapraz köşelerine ve döner tekerleklerde diğer köşelere monte edilir. Bu metot da AGV, bir yay

üzerinde veya herhangi bir yönde aynı arabalar gibi hareket edebilir ve bir yengeç gibi yan olarak gidebildiği gibi diferansiyel modda da herhangi bir yönde hareket edebilir (İnt.Kyn.8).

2.2.7 Görsel Yönlendirme

Görsel yönlendirmeye sahip AGV'ler, altyapıda herhangi bir değişikliğe gidilmeden veya çevrede bir düzenleme yapılmaya gerek duyulmadan rahatça kurulabilir. Bu tip AGV'ler kameraları aracılığıyla rota boyunca çevresel özellikleri kaydeder ve bu kayıt altına almış olduğu bilgi, gezintisini yapmasına olanak sağlar (İnt.Kyn.3).

Sistem, yüksek seviyede hassas pozisyonlandırmayı başarıma kapasitesine sahip ve kamera kalibrasyonuna ihtiyaç duymadan mobil idareci robotları konumlandırabilen mobil kamera-alan manipülasyonunun görsel kılavuz yöntemini kullanarak kontrol edilmektedir (Seelinger and Yoder 2005).

Görsel-Yönlendirmeye sahip AGV'ler, Carnegie Mellon Üniversitesinden Doktor Moravec tarafından ilk olarak icat edilmiş ve geliştirilmiş bir 'olasılıklı hacimsel algılama' uygulaması olan Kanıta Dayalı Teknoloji'yi kullanır. Kanıta dayalı Teknoloji, sensörlerin kesinlik arz etmeyen performanslarını telafi etmek için, alandaki her bir noktanın varlık ve yerleşim olasılığını kullanır. İlk gezinti sensörleri üç boyutlu kameralar için dizayn edilmiştir. Görsel Yönlendirmeye sahip AGV'ler 360 derecelik resimleri kullanarak, insanların yardımına ihtiyaç duymadan veya ekstra özel donanım, herhangi bir simge veya işaret sistemi kullanılmadan önceden belirlenmiş rota üzerinde hareket etmesini sağlayan üç boyutlu bir harita inşa eder (İnt.Kyn.3).

2.2.8 Coğrafi Yönlendirme

Bir Geo-AGV, kendi rotasyonunu oluşturmak için çevresini tanır ve ayırt eder. Coğrafi-yönlendirme teknolojisiyle donatılmış bir forklift, üç boyutlu olarak depo içerisinde bulunan kolon raf ve duvarları algılayarak belirler ve tanımlar. Edindiği bu referansları kullanarak kendini konumlandırır ve yöneticiden aldığı yönergeleri kullanarak rotasına karar verir (İnt.Kyn.3).

AGV'lerin, kinematik sınırlamaları ve hareketleri sürecince çevrenin geometrisini hesaba katarak tüm çalışma istasyonlarında iki boyutlu bir ortamda çalışması istenir. Tüm AGV ler için tam zamanında ve kaza riski olmayan rotalara anında karar verme vardır (Xidias and Azariadis 2011).

Otomatikleştirilmiş bu tip forkliftler manuel olanların çalıştığı aynı şartlar altında çalışabilirler (örn; değişken hava sıcaklıkları, toz, ışık veya zemin durumu). Yükleme ve boşaltma yeri sayısı veya gidilecek mesafe konusunda herhangi bir sınırlama yoktur rotalar sayısız oranda değiştirilebilir (İnt.Kyn.3).

2.3 Yön Kararı

AGV'ler yön seçimi konusunda bir karar vermek zorundadır. Bu farklı metotlarla gerçekleştirilir: Frekans seçme modu (sadece telli gezintiler için), yol seçme modu kablosuz gezinti için ve sadece AGV'yi yönlendirme değil aynı zamanda sürüş komutlarını ve hız komutlarını uygulaması için zemine yerleştirilmiş manyetik bir şerit aracılığıyla yön kararı vermektedir (İnt.Kyn.3).

2.3.1 Frekans Seçme Modu

Frekans seçme modunda, kararlar, zeminden yayınlanan frekansların elde edilmesi temeline dayanır. AGV, iki frekansı saptama ayırımını yapacağı tel üzerinde bir noktaya yaklaştığında, hafızasında depolu bir tablo aracılığıyla en iyi yola karar verir. Farklı frekanslar, AGV'nin sadece karar verme noktasında gereklidir. Bu noktadan sonra frekanslar bir dizi sinyale geri değişebilir. Bu metot kolayca genişletilebilir değildir ve daha fazla harcamayı gerektirir (İnt.Kyn.3).

2.3.2 Yol Seçme Modu

Bir AGV, programlanmış yönlerden yol seçme modu'nu kullanarak yolunu tayin eder. AGV sensörlerden elde ettiği ölçümleri kullanır ve programcılar tarafından yüklenen değerlerle karşılaştırır. AGV karar verme noktasına ulaştığında, 1-2-3 vs. gibi yollardan hangisini takip edeceğine karar vermek zorundadır. Hafızasındaki programlanmış hali

hazırdaki yol bilgisinden dolayı AGV'nin vereceği karar gayet basittir. Doğru yolların programlanmasında ve ihtiyaç halinde yolların değiştirilmesinde bir grup programcıya ihtiyaç duyulduğundan, bu metot AGV'nin maliyetlerini arttırabilir. Bu metot kolayca değiştirilebilir ve kurulabilir (İnt.Kyn.3).

Değişimlere uygun karar alma sürecinde çok miktarda bilginin gerekli olduğu Esnek Üretim Sistemlerinde (FMS), malzeme taşımanın etkili yürütülebilmesi ve genel üretim programı için entegre kontrol gereklidir. Yapılan çalışmada, içerisinde, dinamik koşula uygun araç rota saptama ve çakışmasız yönlendirme gibi gerekli özellikleri olan entegre bir otomatik kılavuzlu araç kontrol modeli geliştirmektedir. Çalışmalarında, nesne yönelimli bir AGV model uygulaması önerilmekte ve bu çalışma, MRP gibi bir üretim planlama modülüyle sistem entegrasyonunun temelini oluşturmaktadır. Durağan ve dinamik bilgilendirici ve fonksiyonel AGV modelleri geliştirmişlerdir sistem: çakışmadan en kısa yola yönlendirme prosedürü ve araç görevlendirme kuralları veya zaman programlamayı içermektedir. Nesneye dayalı nesne yönelimli bu modelleme yöntemi, hızlı gelişim ve değişim kapasitesi sağlamaktadır (Shah et. al. 1997).

2.3.3 Manyetik Şerit Modu

Manyetik şerit, yüzeyin üzerine veya zeminin 10 mm altında bir kanalın içerisine döşenir. Bu kanal sadece AGV'nin takip edeceği yolu sağlamakla kalmaz aynı zamanda çizgi boyunca uzanan farklı kutup, ardışık sıra ve mesafe bileşenleri içerisinde olan bantların şeritleri, AGV'ye, yol şeridini hızlanmasını, yavaşlamasını veya durmasını söyler (İnt.Kyn.3).

Kapalı mekan AGV seferine bir kılavuz sistem geliştirmek için, endüstriyel AGV'ler de yaygın şekilde kullanılan silindirik bir mıknatıs noktası kullanılmıştır. Yaptığımız çalışmada, çeşitli kumanda imkanı sunan manyetik nokta ve bölge kılavuzluğu aracılığıyla bir AGV'nin sefer ve kontrol sistemlerini incelenmektedir. Bununla birlikte, kesintisiz kılavuzluk ve kontrolü başarmada, aralık etki sensörü kodlayıcı ve sayaçlar kullanılmaktadır. Var olan kılavuz metotları, dönüş açısı hatalarına karşı kalibrasyonun sağlanması için kodlayıcılarla birlikte etki sensörü ve konum tahmin tekniğini kullanılmaktadır. Burada, aralık etki sensörü aracılığıyla elde edilen mıknatıs noktanın

maksimum manyetik akı yoğunluğu değeri, dönüş açısı hatalarına karşı kalibrasyonda ve AGV için sefer kılavuzu olarak kullanılmaktadır. Böylelikle yüksek hızda istikrarlı ve tatmin edici sefer, yüksek hassasiyetli kesintisiz kılavuzlukla başarılmıştır (Lee and Yang 2012).

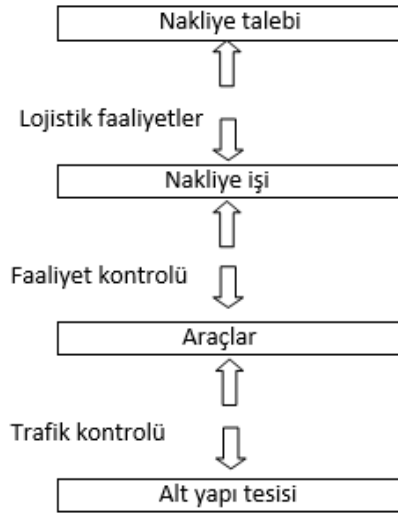
2.4 Trafik Kontrol

Birden fazla AGV içeren esnek üretim sistemleri, AGV'lerin birbirleriyle çarpışmaması için trafik kontrolünü gerektirebilir. Trafik kontrolü yerel olarak yapılabileceği gibi tesis içerisinde sabit bir bilgisayarda çalışan bir yazılım tarafından da gerçekleştirilebilir. Yerel metotlar; bölge kontrolü, ileri algılama kontrolü ve kombinasyon kontrolünü içerir (İnt. Kyn.13).

Birçok AGV'nin aynı zamanda kritik alana ulaşmasıyla hiçbir AGV'nin çarpışmamasının temini için 'dâhili alan kontrolü' üzerine bir yapı tanımlanmaktadır. ECT'nin DELTA/SEA LAND terminalinde de görüleceği gibi otonom konteyner terminali olarak 50 tane AGV, CT kontrol sistemi ile başarılı şekilde kontrol edilebilmektedir. Fakat kablosuz iletişim ve tüm trafik kontrolü göz önüne alındığında kritik sınırlara çoktan ulaşıldığı görülmektedir (Evers and Koppers 1995).

Bu trafik kontrolün çalışma amacı;

- Yaygın trafik kontrolü açısından trafik altyapısını (yollar, kavşaklar, ara birimlerin kontrolü vb.) tanımlayıcı genel olarak uygulanabilen şekilsel aparatlar geliştirmek.
- Temel bazı yaygın kontrol konseptleri formüle etmek.
- Bu aparatları basit bir terminal kurulum simülasyonu yardımıyla değerlendirmek dir. Konteynır taşıma sürecinin katman yapısı da Şekil 2.1' de gösterilmiştir (Evers and Koppers1995).



Şekil 2.1 Konteynır taşıma sürecinin katman yapısı (Evers and Koppers 1995).

2.4.1 Bölge Kontrolü

Bölge kontrolü, basit kurulumu ve kolayca genişletilebilmesinden dolayı birçok çevre için en çok tercih edilenidir (Seelinger and Yoder 2005). Bölge kontrolü, sabit bir alan içerisinde sinyali iletmek için kablosuz bir verici kullanır. Her bir AGV bu sinyali alarak vericiye geri iletecek şekilde bir algılayıcı alet içerir. Eğer alan temiz ise, sinyal ‘Temiz’ olarak ayarlanır ve bu AGV’nin alana girmesine ve alanı geçmesine izin verir. Eğer alanda bir AGV varsa, sinyal ‘dur’ şeklinde gönderilir ve bu sinyali alan diğer AGV ler, alanda bulunurlar alanı terk edinceye kadar hareket etmezler ve diğerlerinin dönüşünü beklerler. Bölgede bulunan AGV’lerden biri bölge dışına çıktığında, bekleyen AGV’lerden birine ‘Temiz’ komutu gönderilir. Diğer bir bölge kontrol yönetimi şekli ise her bir AGV ye kendi alıcı ve vericisini monte etmektir. O zaman bir AGV, alan içerisinde kendi bölgesine girmek üzere olan diğerlerine ‘Giriş yasak’ mesajı yollar. Bu metodun bir problemi de eğer bölgede arıza olursa bütün AGV’ler birbirleriyle çarpışma riski altındadır. Bölge kontrolü, bir alandaki AGV’yi kontrol etmenin maliyetli bir yoludur (İnt. Kyn.8).

2.4.2 İleri Algılama Kontrolü

İleri algılama kontrolü, alandaki diğer bir AGV ile çarpışmadan kaçınması için, çarpışmadan kaçınma sensörlerini kullanır. Bu sensörler; radar gibi çalışan ses, kızıl ötesi

sensör kullanan optik ve fiziksel temas için bir tamponu içerir. Ses sensörleri, bir 'cırıltı' veya yüksek frekanslı sinyal gönderir ve AGV' nin önünde bir nesne olup olmadığına karar verebilmesi ve şayet varsa kazadan kaçınmak için gerekli tedbirleri alabilmesi için sinyalin geri yansımalarını bekler. Lazer sensörlü forklift Resim 2.2' de gösterilmiştir. (İnt.Kyn.14).



Resim 2.2 Güvenlikli lazer sensörlü forklift tam otomatik AGV (İnt.Kyn.14).

2.4.3 Kombinasyon Kontrolü

Kombinasyon kontrol algılama, bölge kontrol sensörlerinde olduğu gibi çarpışmadan kaçınma sensörlerini kullanır. Bu ikilinin birleşimi, herhangi bir durumda oluşacak kazaları önlemeye yardım eder. Normal bir çalışmada, 'bölge kontrol sistemi', arızaya karşı emniyet arıza güvenliği olarak 'çarpışmadan kaçınma' ile birlikte kullanılır. Örneğin; eğer bölge kontrol sistemi çökerse, çarpışmadan kaçınma sistemi AGV' yi olası bir kazadan kurtaracaktır (İnt.Kyn.3).

2.5 Sistem Yönetimi

AGV'li sanayilerin, AGV'ler üzerinde bir takım kontrollere sahip olmaya ihtiyaçları vardır. Bir AGV'yi kontrol etmenin üç ana yolu vardır; yer belirleyici panel, CRT renk grafik ekranı ve merkezi kayıt ve rapor (İnt.Kyn.8).

Bir yer belirleyici panel, AGV'nin nerde olduğunu görmede kullanılan basit bir paneldir. Eğer bir AGV bir alanda fazla süre kalırsa, bu, AGV'nin ya takılmış ya da

bozulmuş olduğu anlamına gelir. CRT renk grafik ekranı, gerçek zamanda her bir aracın nerde olduğunu gösterir. Bu ekran aynı zamanda AGV'nin durumunu, ak voltajını, benzersiz tanımlayıcısını ve bloke olmuş noktaları gösterir. Merkezi kayıt, sistemdeki bütün AGV'lerin kayıt geçmişlerini tutmak için kullanılır. Merkezi kayıt, bu araçlardan önceki kayıtları ve bütün dataları depolar ve bu kayıtlar teknik destek ve çalışma sürelerinin kontrol kayıtları için çıktı olarak alınabilir (İnt.Kyn.3).

AGV, nakliyyeyi ayakta tutma ve küçük alt sistemleri bir büyük üretim ünitesinde birleştirmek için FSM içerisinde kullanılan bir sistemdir. AGV'ler, birbirlerine arpmamayı sağlamada ve istenen rotada ilerlemelerini garanti etmede çok miktarda teknolojiyi kullanırlar. Malzemelerin yüklenmesi ve bir alandan başka bir alana nakliyesi AGV'lerin en önemli görevidir. AGV'ler başlangıç aşamasında çok miktarda para gerektirir fakat işlerini yüksek verimlilikle yaparlar. Japonya gibi ülkeler de otomasyon yıllar içerisinde artmıştır ve günümüzde Amerika da ki fabrikalardan iki kat daha verimli çalıştığı düşünülmektedir. Başlangıçta yüksek maliyeti olsa da zaman içerisinde toplam maliyeti azalmaktadır (İnt.Kyn.3).

2.6 Araç eşitleri

Resim 2.3' de gösterilen Tugger AGV çekicileri tanıtılan ilk araçlardır ve bugün bile hala popüler bir modeldir. ekici araçlar, çok sayıda römork çeşitlerini çekebilir ve yaklaşık 3 tondan 27 ton' a kadar taşıma kapasitesine sahiptir (İnt.Kyn.15).



Resim 2.3 Tugger AGV (İnt.Kyn.15).

Tugger AGV'ler, manuel olarak işletilen tugger ekilerden, römorkları ve römork dizilerini daha güvenli taşıyabilir. Depo içerisinde birden fazla remorku çeken AGV Resim 2.4' de gösterilmiştir.



Resim 2.4 Tugger AGV bir depo içerisinde birden çok römorku çekiyor.

Resim 2.5’ deki Ünite Yükleme Araçları, birim yük nakliyesine izin veren ve geneli otomatik yük aktarımı olan tabliye döşemelerle donatılmıştır. Döşemeler ya asansör olabilir ya da düşük tip, motorlu-motorsuz makara, zincir veya çoklu bölümü olan kayış döşeme veya özel döşeme olabilir.



Resim 2.5 Birim yükleme AGV.

AGVS Palet Taşıyıcıları paletlenmiş yükleri nakliye etme ve sabit yük garaj ihtiyacının tasfiyesi için yüklerin zemin seviyesinden taşınması ve yer değişikliği amaçlı dizayn edilmiştir. AGVS İstifleme Aracının Resim 2.6’ daki gibi yükleri hem zemin seviyesine hem de stantlara servis etme kabiliyeti vardır. Bazı durumlarda bu araçlar yükleri raflara da istifleyebilir (İnt.Kyn.3).



Resim 2.6 Sabitleyici rampalı forklift AGV.

Resim 2.7' de gösterilen hibrid araçlar, standart bir damperli kamyon aracından uyarlanmıştır ve bu şekliyle tam otomatik çalışabilir veya bir forklift sürücüsü tarafından kullanılabilir. Bunlar, depo içerisinde malzemelerin taşınması kadar römork yüklemeye de kullanılabilirler. Sıklıkla çatal ile donatılırlar fakat sık kullanılan yükleme tipi ihtiyacına göre yeniden düzenlenebilirler (İnt.Kyn.16).



Resim 2.7 Hibrid AGV yükü toplarken.

- Hafif Yük AGV' leri yaklaşık 500 pound ya da aşağısı ağırlığındaki yükleri kaldırmak için üretilen araçtır ve küçük parçaları, kutuları veya diğer hafif yükleri nakliye etmede kullanılır. Dar ve sınırlı alanlarda çalışması için dizayn edilmiştir.

- AGVS Montaj Hattı Araçları seri montaj işlemlerini içeren uygulamalar için hafif yük AGVS'lerinin bir uyarlamasıdır (İnt.Kyn.3).

2.7 Genel AGV Uygulamaları

Otomatik Kılavuzlu Araçlar (AGV); palet, rulo (silindir), raf, araç ve konteynır gibi birçok farklı türde malzemenin nakliyesi gibi çok çeşitli uygulamalarda kullanılabilir.

AGV' ler aşağıdaki özellikleriyle ön plana çıkmaktadır;

- Belirli bir mesafede malzemelerin hareketi tekrarlanmalı
- Sabit yükün düzenli dağıtımı
- Ortalama iş çıkarma yeteneği/hacmi
- Vaktinde teslimatın önemli olduğu ve geç dağıtımın verimsizliğe sebep olduğu zamanlarda
- En az iki vardiyalı işletmelerde
- Malzeme takibinin önemli olduğu süreçlerde

2.7.1 Hammadde Sevki

AGV' ler genellikle kâğıt, çelik, kauçuk, metal ve plastik gibi hammaddelerin nakliyesinde kullanılır. Bu işlem, hammaddelerin depolardan alınarak direk olarak imalat hattına taşınmasını kapsar (İnt.Kyn.17).

2.7.2 Yarı Mamül Taşıma

Yarı mamül taşıma, Otomatik Kılavuzlu Araçların ilk olarak kullanıldığı uygulamalardan biriydi ve bu uygulama, üretim süreci boyunca malzemelerin tekrarlamalı hareketlerini içeren bir işlevi kapsamaktadır (İnt.Kyn.18).

2.7.3 Palet Sevki

Palet sevki, üretim ve dağıtım tesislerinde paletlerin tekrarlamalı olarak hareket ettirilme yoğunluğundan dolayı AGV' ler bu tip uygulamalar için oldukça popülerdir.

AGV' ler, palet makinasından paletlerin alınması işleminden, streç kaplama ünitesine, ambara depolama işleminden liman sevkiyatına kadar birçok işlem için paletleri taşıyabilir (İnt.Kyn.19).

2.7.4 Bitmiş Ürün Sevki

Bitmiş ürünlerin üretim aşamasından depoya veya sevkiyat alanına taşınması, ürünlerin müşteriye ulaşmasından önceki son eylemdir. Bu eylemler genellikle en nazik ürün taşıma işlemidir çünkü ürünler artık tamamlanmıştır ve özensiz taşıma ürünlere zarar verebilir. Römorklara otomatik yükleme işlemi, otomatik kılavuzlu araçlar için nispeten yeni bir uygulamadır ve bu uygulama gittikçe popüler hale gelmektedir. AGV' ler bitmiş ürün paletlerinin nakliyesi ve direk olarak standart ve sevkiyata hazır römorklara herhangi özel bir iskele ekipmanı olmaksızın yüklenmesinde kullanılır. AGV'ler paletleri konveyöre, raflara veya depolama alanına taşıyabilir ve paletleri belirlenmiş yükleme işlemine göre treyler içine yerleştirebilir (İnt.Kyn.20). Bazı otomatik römork yükleme AGV'leri, gezinti için römork duvarlarını görüntüleme Doğal Hedefleme özelliğinden faydalanır. Bu tip Otomatik treyler yükleme AGV'leri ya tamamen sürücüsüz ya da hybrid temelli araçlar olabilir (İnt.Kyn.21).

2.7.5 Rulo (Silindir) Sevki

AGV'ler, kâğıt fabrikaları, dönüştürücüler, basım, gazeteler, çelik ve plastik üreticileri gibi birçok türde tesis için rulo (silindir) taşımada kullanılır. Resim 2.8' de gösterilen AGV ruloları silindir depolayabilir zemine istif yapabilir ve hatta otomatik olarak matbaa makinelerine kağıt rulolarını yükleyebilir (İnt.Kyn.22).



Resim 2.8 Rulo sıkıştırıcı AGV.

2.7.6 Konteyner Sevki

AGV'ler, bazı deniz konteyner terminallerinde, konteynerlerin taşınmasında kullanılır. Sağladığı temel faydalar iş gücü maliyetlerini azaltması ve daha güvenli bir performans sunmasıdır. Artan otomatik kılavuzlu araç filolarının büyüklüğüne alternatif olarak ürün taşıma taleplerini karşılamak için araç kullanılabilirliğini arttırmada, birden fazla yük taşıma kapasitesine sahip araçlar önerilebilir. İletişim ve trafik sıkışıklığı problemlerinin hafifletilmesi dışında birden fazla yük taşıyıcıların kullanımı potansiyel olarak araçların boşa geçen veya verimsiz zamanını azaltabilir. İnsansız AGV' ye konteynıra yüklemesini Resim 2.9' da gösterilmiştir (Bilge and Tanchoco 1997).



Resim 2.9 Konteyner terminalinde ; AGV ye konteyner yüklenme süreci.

2.8 Başlıca Uygulama Endüstrileri

Birçok üretim tesisi ve depo için ürünlerin etkili ve uygun maliyetli taşınması önemlidir ve işleyişin işletmenin faaliyetleri gelişmesi için ortak bir unsur teşkil etmektedir. AGV'lerin ürünlerin taşınmasında etkili oluşu, uygun maliyet sağlamasından dolayı birçok endüstri alanında o endüstri alanın ihtiyaçlarına en iyi uyacak şekilde standart veya isteğe dayalı dizayn edilerek uygulanabilir. AGV'lerden faydalanan endüstri alanları sadece bunlarla sınırlı değildir aşağıda sırasıyla belirtilmiştir (İnt.Kyn.3):

- ✓ Eczacılık ürünleri,
- ✓ Kimyasallar,

- ✓ Üretim,
- ✓ Otomotiv,
- ✓ Kâğıt ve Baskı,
- ✓ Yiyecek ve İçecek,
- ✓ Batarya(Akü) Şarj Etme,
- ✓ Depolama,
- ✓ Hastane;

AGV'ler birçok farklı türde akü şarj etme seçeneğinden faydalanır. Her bir seçenek kullanıcısının tercihine bağlıdır. En yaygın akü şarj etme teknolojileri; Akü batarya değişimi, Otomatik/Elverişli durum Şarjı ve Otomatik batarya değişimi (İnt.Kyn.3).

2.8.1 Eczacılık Ürünleri

Eczacılık sanayi içinde ürünlerin taşınmasında AGV'ler tercih edilen bir metot dur. Bir AGV sistemi, AGV'ler tarafından gerçekleştirilen tüm hareketleri takip ettiğinden dolayı, işlem geçerlemeyi onaylamayı ve mevcut iyi üretim uygulamasını (cGMP) destekler. Eczacılık ürünlerin taşınmasında kullanılan AGV' ler Resim 2.10' da gösterilmiştir (İnt.Kyn.23).



Resim 2.10 Eczacılık ürünlerinin taşıma görünümü.

2.8.2 Kimyasallar

AGV'ler hammaddeyi dağıtır, malzemeleri kür depolama ambarlarına taşır ve diğer işleme üniteleri ve istasyonlarına ulaşımını sağlar. Yaygın sanayi ürünleri; kauçuk,

plastik ve özel kimyasallardır. Kimyasal taşıma sisteminde kullanılan AGV Resim 2.11’ de gösterilmiştir (İnt.Kyn.24).



Resim 2.11 Kimyasal taşıma sistemi.

2.8.3 Üretim (İmalat)

AGV’ler genel anlamda hammadde dağıtımı, imalat aşamasındaki yarı mamül’ün taşınması, bitmiş ürünlerin taşınması, ıskarta ürünlerin kaldırılması ve ürün paketlenme beslemesi gibi genel ürün imalatında kullanılır. Fabrika imalat deposunda kullanılan AGV Resim 2.12’ de gösterilmiştir (İnt.Kyn.25).



Resim 2.12 Fabrika İmalat Deposu.

2.8.4 Otomotiv

Resim 2.13’ de gösterilen otomobil gövde parçalarını taşıyan AGV’ ler otomotiv sanayinde uygulamaları; baskı fabrikaları, güç aktarma motor ve şanzıman fabrikaları ve montaj fabrikalarında, hammaddenin dağıtılması, yarı-mamullerin ve bitmiş ürünlerin taşınmasında kullanılır. AGV’ ler ayrıca değiştirilmesi gereken özel işleme teçhizinde de kullanılır. Arabaların üzerine parça montajı beslemesinde kullanılan AGV Resim 2.14’ de gösterilmiştir (İnt.Kyn.26).



Resim 2.13 Otomobil gövde parçalarının üzerinde bulunduğu yük araçlarını çeken tekerlekli bir Tugger AGV.



Resim 2.14 Arabaların üzerine parça montajı beslemesinde kullanılan bir AGV.

2.8.5 Kâğıt ve Baskı

AGV’ler; kâğıt, gazete, baskı, oluklama, dönüştürme ve plastik film gibi bütün sıradan ürünlerin imalatı, depolanması ve geri dönüşümündeki hareketliliği sağlamada, kâğıt

ruloları, paletleri ve çöp kutularını taşıyabilir. Kâğıt ve baskı taşıma sistemi Resim 2.15’ de gösterilmiştir (İnt.Kyn.27).



Resim 2.15 Kâğıt ve Baskı Taşıma Sistemi.

2.8.6 Yiyecek ve İçecek

AGV’ler, yiyecek işleme sürecinde Örneğin; Yiyeceğin veya tepsilerin sterilzör içerisine yüklenmesi ve üretim sonunda ürünlerin taşınması, paletlerin birleştirilmesi, ürünün ambalajlanması ve ürünlerin depolanması gibi süreçlerde uygulanabilir. Resim 2.16’ da gösterilen AGV’ ler standart taşıma amaçlı treylerlere bitmiş ürünleri yükleyebilir, hammadde beslemesi için treylerden ürün boşaltabilir ya da paketli ürünleri fabrikaya taşıyabilir ve aynı zamanda paletleri tekrardan ambar içerisine taşıyarak depolayabilir (İnt.Kyn.28).



Resim 2.16 Yemek ve içecekleri ambar içerisine taşıyarak depolama sistemi.

2.8.7 Hastane

AGV'ler sağlık hizmetleri sekt6r6nde etkili ve verimli 6r6n taşınması konusunda gittik6e pop6ler hale gelmektedir ve otomatik a6ılır kapılara, asans6r, ara6 yıkama ve 66p kutularına tam entegre olması i6in programlanır. Resim 2.17' de g6sterilen AGV'ler hastane uygulamalarında; 6arşafların, 66plerin, ayarlanmış tıbbı atıkların hasta yiyeceklerinin, kirlenmiş yiyecek tepsilerinin ve cerrahi vaka ara6larının taşınmasında kullanılır (İnt.Kyn.29).



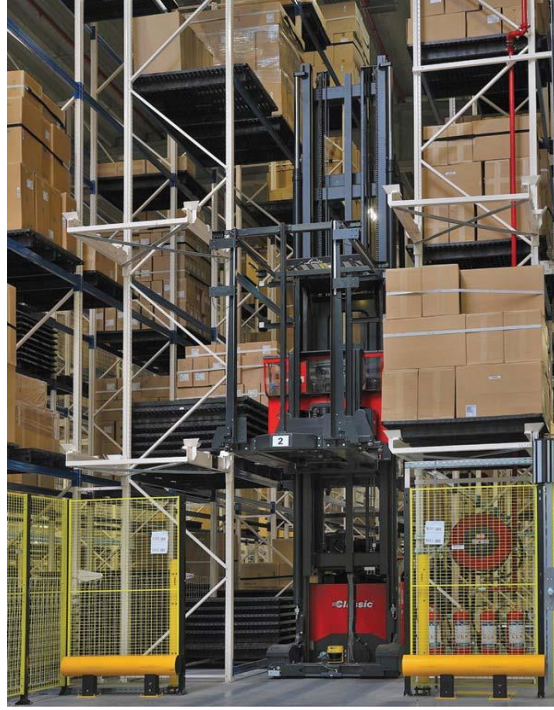
Resim 2.17 Hastane ortamında 6alışan AGV.

2.8.8 Depolama

AGV'ler, ambar veya dağıtım tesisleri i6erisinde y6klerin uygun bir şekilde taşınmasında, 6r6nleri nakliye veya y6kleme işlemine hazırlamada ya da malzemelerin taşıma konvey6rlerinden ambar i6erisinde uygun bir yere depolanmasında kullanılır. AGV' ler bu tarz uygulamalarda genellikle 6zel depo y6netim yazılımlarıyla beraber kullanılır.

Otomatik kılavuzlu ara6lar, malzemelerin 6r6nlerin i6 ve dış taşımacılığında kullanılır. Geleneksel olarak AGV'ler ağırlıklı olarak 6retim sistemlerinde kullanılırdı. G6n6m6zde ise AGV'ler, diğer alanlar i6erisinde depolar, konteyner terminalleri ve dış taşıma alt-ulaşım sistemleri gibi tekrarlayan taşımacılık g6revlerinde de kullanılmaktadır (Vis 2004).

Artan otomatik kılavuzlu araç filolarının büyüklüğüne alternatif olarak ürün taşıma taleplerini karşılamak için araç kullanılabilirliğini arttırmada, birden fazla yük taşıma kapasitesine sahip araçlar önerilebilir. İletişim ve trafik sıkışıklığı problemlerinin hafifletilmesi dışında birden fazla yük taşıyıcıların kullanımı potansiyel olarak araçların boşa geçen veya verimsiz zamanını azaltabilir. Depolama da kullanılan AGV Resim 2.18’ de gösterilmiştir (Bilge and Tanchoco 1997).



Resim 2.18 Depolama kullanılan AGV.

2.9 Batarya Değişimi

Batarya değişimi teknolojisi, manuel olarak bir operatör aracılığıyla AGV den alınmasını gerektirir ve yerine tam şarj olmuş bataryanın, AGV'nin yaklaşık 8-12 saatlik çalışmasından sonra yaklaşık bir vardiya yerleştirilmesi işlemidir. Bu işlem filodaki her bir AGV için 5 ila 10 dakika arasında bir sürede gerçekleşmektedir. Batarya değiştirme işlemini Resim 2.19’ da gösterilmiştir (İnt.Kyn.30).



Resim 2.19 Batarya değiştirme AGV.

2.9.1 Otomatik şarj Sistemi

Resim 2.20' de gösterilen Otomatik/elverişli durum şarjı devamlı bir işleme olarak sağlar. Ortalama olarak bir AGV her saat yaklaşık 12 dakikalık otomatik şarj olur ve bu işlem için manuel bir desteğe ihtiyaç yoktur. Eğer elverişli bir durum oluşursa AGV bu durumun ortaya çıktığı herhangi bir zamanda şarj edilebilir. Batarya kutusu önceden belirlenmiş seviyeye ulaştığı zaman, AGV, hali hazırda yapıyor olduğu daha önceden programlanmış olan içi durduracak ve şarj istasyonuna gidecektir (İnt.Kyn.31).



Resim 2.20 Otomatik şarj sistemi.

2.9.2 Otomatik Akü Değişimi

Otomatik batarya değişimi, manuel akü değişiminin bir alternatifidir. Bu işlem, tüm AGV sistemi için otomatik bir akü şarj aleti olan ek bir otomasyon düzeneği parçasına gereksinim duyar. AGV' ler, akü değişim istasyonuna gelerek otomatik olarak akülerinin tam dolu olanlarıyla değişimini bu parça aracılığıyla sağlarlar. Otomatik akü değiştiricisi daha sonra çıkardığı boş aküleri otomatik şarj olması için şarj yuvasına yerleştirir. Resim 2.21' de gösterilen otomatik batarya değiştiricisi sistem içerisinde bataryaları takip eder ve sadece tam şarj olduklarında aküleri şarjdan çeker. Akü değişim sistemi, akülerin değişiminde insan gücüne olan gereksinimi azaltırken, akü şarj teknolojisindeki son dönemde gerçekleşen gelişmeler, akülerin daha hızlı ve etkili şarj edilebilmesine imkân sağlayarak akü değişim ihtiyacını da ortadan kaldırmaktadır (İnt.Kyn.31).



Resim 2.21 Otomatik batarya değişimi.

2.10 İnsansız Hareket Edebilen Sistemlerde Dikkat Edilecek Hususlar

2.10.1 Çalışma Hacmi

Robotun her türlü duruş şekline göre ulaşabileceği konum, robotun uzaysal hacmidir. Bir robotun mümkün olduğunca büyük çalışma alanına sahip olması, robotun enerji tüketim miktarı, motor gücü ve robot uzuv boyutlarının artması dolayısıyla robot fiyatlarının artmasına neden olmaktadır. Robot da önemli olan kollarının uzun olması değil işlevselliği önemlidir (Ersöz 2007).

2.10.2 Tekrarlanabilirlik

Robottan öğretilen işleme göre hareketlerini tekrarlaması sonucunda, robotun öğretilen nokta ile uç noktası arasında oluşabilecek maksimum hata miktarıdır. Genel amaçlı robotlarda tekrarlanabilirlik değerleri; 0,1mm ile 0,2mm olması yeterli olabilmektedir (Ersöz 2007).

2.10.3 Yük Taşıma Kabiliyeti ve Hız

Maksimum yük taşıma kapasitesi değerleri, taşınan malzemenin şekline ve boyutuna göre farklılık göstermektedir. Maksimum yük değeri tekrarlanabilirlik değerini koruyarak minimum bir hızla taşıyabileceği yük dır (Ersöz 2007).

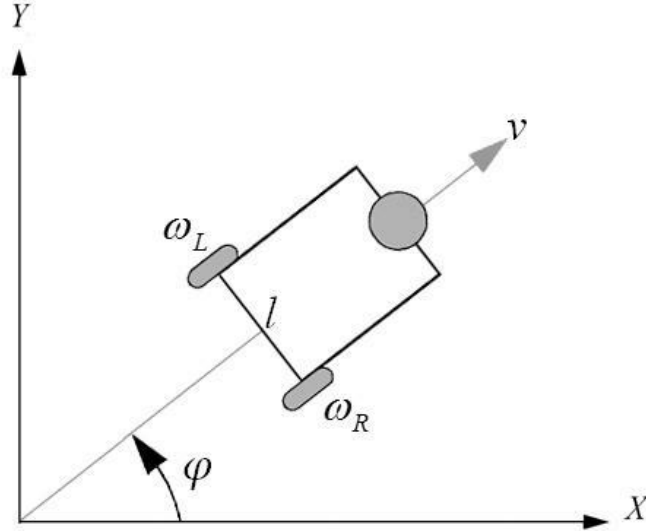
2.10.4 Kontrol Ünitesi

Kullanıcı açısından kontrol ünitesi kullanım esnekliğine göre farklılaşma göstermektedir. Kontrol ünitesi oluşturulan robot sistemine ilave edilen farklı bir konuşturucuya eklenen eksen kartı ihtiyaçları karşılayacak yapıda olmalıdır. İlk olarak robot üretim aşamalarında takip edilmesi gereken yol, programlanmaktadır. Robot' da bulunan mevcut programın komutlarıyla izlenecek olan yörüngedeki referans noktaları belirlenmektedir. Kontrol ünitesi de aldığı bu değerlere göre robotun izlemesi gereken yolu ve yapılacak işlem basamakları öğrenilmiştir. Elde edilen verilere ve algılayıcılardan gelen geri besleme sinyallerine göre, robot motorlarına uygulanması gereken moment, dönme miktarı ve hız değerleri robot kontrol ünitesi tarafından belirlenmiştir (Ersöz 2007).

2.11 Önceki Çalışmalar

Aydın (2012) "Otomatik Yönlendirmeli Araçlarda Yörünge Kontrolü" adlı Yüksek Lisans tezinin, kinematik modellemesinde Araştırması yapılan tekerlekli robotlarda arkadaki iki tekerlek, birbirinden bağımsız olarak kontrol edilebilen doğru akım motorlarına bağlıdır. Dolayısıyla tekerleklerin hareketleri birbirlerini etkilemezler. Farklı devirlerde hatta ters yönde dönebilirler. Fakat bu tekerleklerin sağa veya sola

dönmesi söz konusu değildir. Ön tekerlek ise, serbest hareket ile her yöne dönebilmektedir. Arka tekerlekler, aracı ileri ve geri hareket ettirirken aynı zamanda farklı devirlerde dönerek aracın yön değiştirmesini de sağlamaktadırlar. Şekil 2.2’ de üç tekerlekli otomatik yönlendirmeli araç sistem modeli verilmiştir (Aydın 2012).



Şekil 2.2 Üç tekerlekli otomatik yönlendirmeli araç sistem.

R tekerlek yarıçapını, l tekerlekler arasındaki uzaklığı ve sırasıyla sağ ve sol tekerleklerin açısal hızlarını, v aracın hızını ve araç ekseninin x eksenine yaptığı açiyı göstermek üzere, Şekil 2.1’deki aracın kinematik denklemleri aşağıdaki gibi yazılabilir (Ertuğrul ve arkadaşları 1995);

Sağ tekerleğin doğrusal hızı:

$$V_R = r \cdot \omega_R \quad (2.1)$$

Sol tekerleğin doğrusal hızı:

$$V_L = r \cdot \omega_L \quad (2.2)$$

Aracın doğrusal hızı:

$$v = \frac{V_R + V_L}{2} = \frac{r}{2} (\omega_R + \omega_L) \quad (2.3)$$

Otomatik yönlendirme araçlarının hareket denklemlerinden aşağıdaki diferansiyel denklem çıkarılabilir;

Aracın açısındaki değişim:

$$\frac{d\varphi}{dt} = \frac{r}{l} (\omega_R - \omega_L) \quad (2.4)$$

x doğrultusundaki hız:

$$\frac{dx}{dt} = v_x = v \cdot \cos(\varphi) = \frac{r}{2} (\omega_R + \omega_L) \cos(\varphi) \quad (2.5)$$

y doğrultusundaki hız:

$$\frac{dy}{dt} = v_y = v \cdot \sin(\varphi) = \frac{r}{2} (\omega_R + \omega_L) \sin(\varphi) \quad (2.6)$$

İle gösterilebilir.

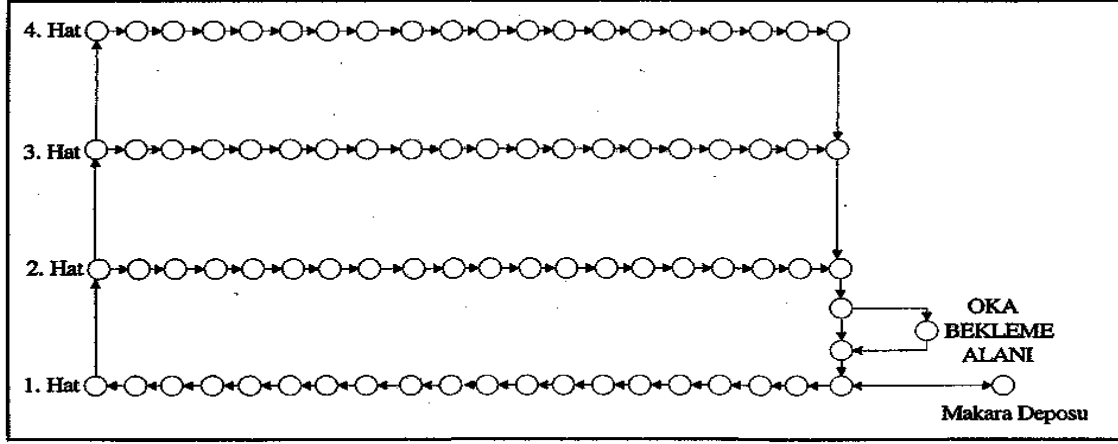
Yıldız ve Tunalı (2001) “ Bir İmalat Firmasında Otomatik Kılavuzlu Araç Kullanımına İlişkin Benzetim Modelleme ” adlı çalışmalarında makarna deposundaki imalat sistemin benzetim modellenmesinin amacı; farklı üretim hedefleri göz önüne alındığında, önerilen Otomatik Taşıma Sisteminin, sistem performansı üzerindeki etkilerini araştırmak ve ortaya çıkan farkları mevcut sistemle karşılaştırmalı olarak göstermiştir. Bu benzetim sistemin geliştirilmesi için yazılım olarak ARENA 2.2 kullanılmıştır. Modele ilişkin varsayımlar aşağıda özetlenmiştir:

- Model kayıtları sisteme birer birer girmektedir.
- Model kayıtların birinci konveyöre beslenmesi işleminin süresi sabit alınmıştır.

Makara deposuna sürekli olarak makara girişi olduğu için, makara deposu sonsuz kapasiteli olarak düşünülmüştür.

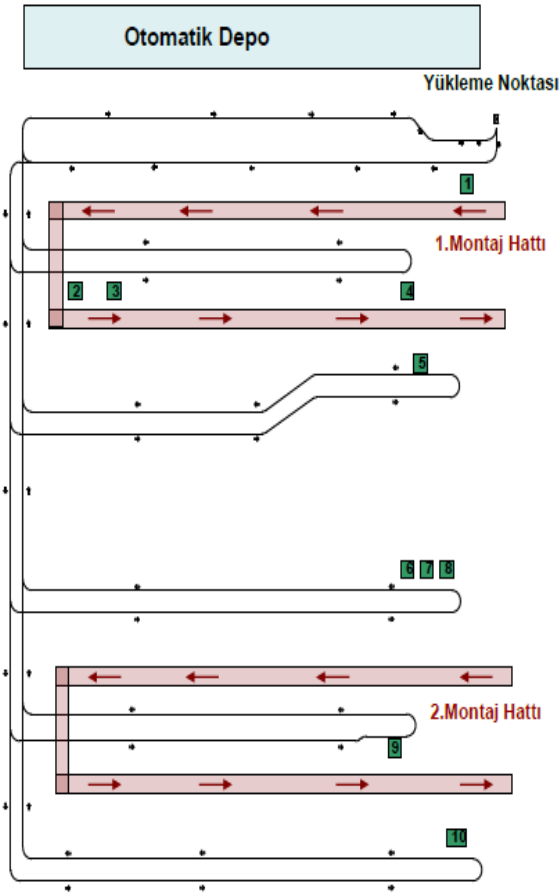
- Otomatik Kılavuzlu Araçlar mevcut sistem için besleme operatörleri her seferde sadece tek bir makara taşıyabilmektedirler.
- Tüm sarım makinaların birbirinden bağımsız olarak çalıştığı için herhangi birindeki bozulma tüm hattı etkilememektedir. Bu nedenle bozulmalar göz önüne alınmamıştır.

- Tüm hatlar sadece tek bir tip model için ayarlanmışlardır. Otomatik taşıma sisteminin yerleşim sistemi Şekil 2.3’ de gösterilmiştir.



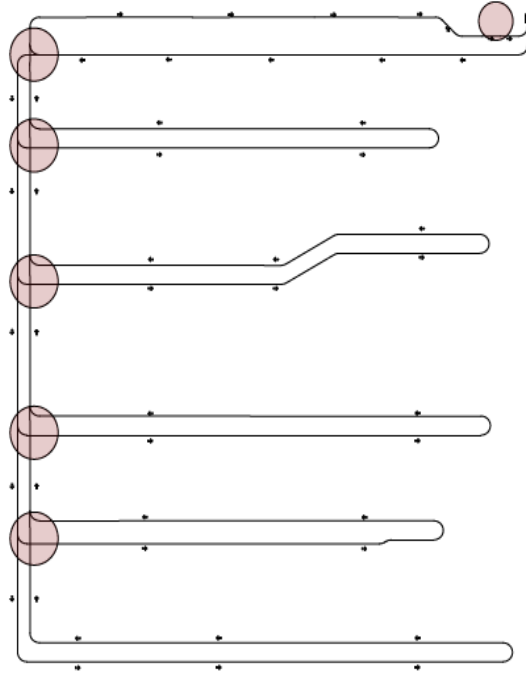
Şekil 2.3 Önerilen Otomatik Taşıma Sisteminin Yerleşimi (Yıldız ve Tunalı 2001).

Korçak (2010) “Otomatik Malzeme Taşıma Sistemi Tasarımı İçin Hibrid Yaklaşım” adlı Yüksek Lisans tezindeki Sistemin yükleme, boşaltma noktalarını ve kılavuz yollarını gösteren yerleşim planı Şekil 2.4’de verilmiştir. Sistemin yükleme noktası, malzemelerin stoklandığı AS/RS sisteminin çıkış noktasıdır. Boşaltma noktaları ise, beslenen iki montaj hattının muhtelif bölgelerinde bulunmaktadır. Sistemde her iki montaj hattına 5’er farklı tipte malzeme taşınması yapılmaktadır. Bundan dolayı her montaj hattı için 5 adet olmak üzere toplamda 10 adet boşaltma noktası bulunmaktadır. Boşaltma noktalarının yerleri, taşınan malzemenin montaj hattında kullanıldığı istasyonların pozisyonları dikkate alınarak belirlenmiştir. Sistemin kılavuz yolları ise kapalı döngü olarak fabrika yerleşimi göz önünde bulundurularak tasarlanmıştır. Tasarımda fabrikanın fiziksel kısıtları belirleyici rol oynamıştır. Bu sistemde kullanılan kılavuz yol sistemi tek döngü kılavuz yol sistemidir. Sistemdeki tüm yollar tek yönlüdür, kestirme yollar ve alternatif rotalar söz konusu değildir.



Şekil 2.4 Otomatik kılavuzlu araç sistemi yerleşim planı (Korçak 2010).

Korçak (2010) Otomatik kılavuzlu araçların kılavuz yolu Şekil 2.5’ de gösterilen yapıyı oluşturacak şekilde Flexsim’in “Network Node” modülü kullanılarak hazırlanmıştır. Bunun için öncelikle her dönüş noktasına, her kavşağa ve her yükleme boşaltma noktasına birer Network Node yerleştirilmiş sonra bu noktalar birbirlerine bağlanmıştır. Daha sonra yolların yönleri belirlenmiştir. Tasarlanan sistemin tüm yolları tek yönlü olarak belirlenmiş bu şekilde çakışmaların en aza indirilmesi planlanmıştır. Otomatik kılavuzlu araçları aynı yol üzerinde birbirlerine doğru gidip çarpışmaları imkânsız olsa da Şekil 2.5’ de gösterilen, bir yolun diğerinin üstünden geçtiği noktalarda ve yükleme bölgesine giriş çıkışta bu tip çarpışmalar mümkündür. Bu çarpışmalar kılavuz yolun modellenmesinde kullanılan özel kodlar ile engellenmiştir.



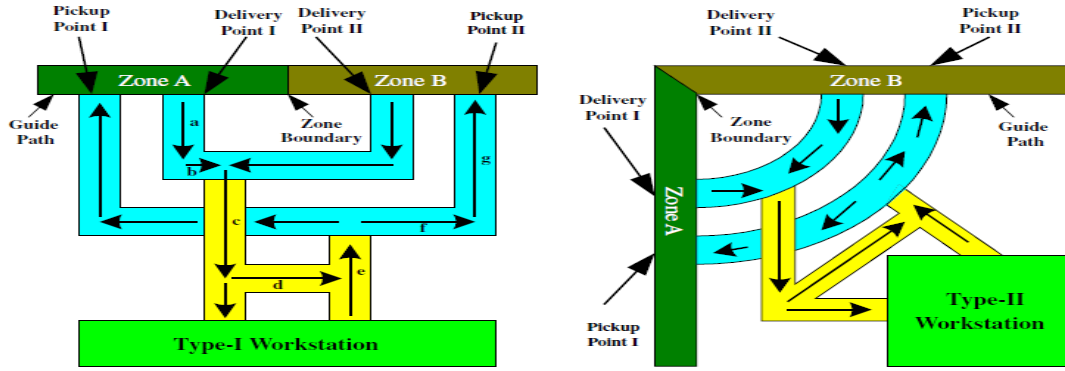
Şekil 2.5 Otomatik kılavuzlu araçların olası çarpışma noktası (Korçak 2010).

Ho and Liao (2009) Çalışmaların; Ağ kılavuz yolu ile çalışan bölge kontrol otomatik kılavuzlu araç sistemleri için dinamik bir bölge stratejisi önerilmektedir. Önerilen bu metodun sabit alan sistemlerinden farkı; sistemin iki temel üzerine inşa edilmiş olmasıdır. Bunlardan birincisi; alan bölge ve bölme bölümlere ayırma tasarımı ikincisi ise; araç kazalarını önleyici ve farklı bölge araçları arasındaki yük dengesini sağlayıcı ‘dinamik alan kontrolü’dür.

Alan bölme tasarımı hem mesafe ilişkisini hem de çalışma bölgesindeki hareketlilik ilişkisini hesaplayan ilişki katsayısını tanımlamaktadır ve bu katsayıyı ilk alan bölme tasarımı için kullanmaktadır. Biz daha sonra başlangıç tasarımı, bir SA (Temsili tavlama-simulated annealing) tabanlı gelişim işlemi, daha iyi yük denge sonucunu başarmak için geliştirmektedirler. Dinamik bölge kontrolü sistemi, araç kazalarının önlenmesini temin ve sistem çalışır durumdayken sistemin yük dengesinin korunmasını sağlamada iki metodu kullanmaktadır. Bunlardan birincisi; Bölgeyi bölümlere ayırma ikincisi; Yük paylaşımıdır.

Önerilen stratejinin performansını anlamada simülasyon deneyleri yapılmıştır. Bu yapılan simülasyon çalışmalarının sonuçları göstermektedir ki önerilen strateji

verimlilik, yarı mamul stoku ve akış süresi konularında sabit bölge stratejisine karşı üstün gelmektedir. Sonuçlar aynı zamanda önerilen stratejinin, bölgeler arasındaki yük dengesizliğine sebep olan herhangi bir değişkenin, sistem içerisinde istenilen herhangi bir değişime adapte edilebilir olduğunu göstermektedir. Bölge ve bölüm tasarım planı Şekil 2.6' da gösterilmiştir.

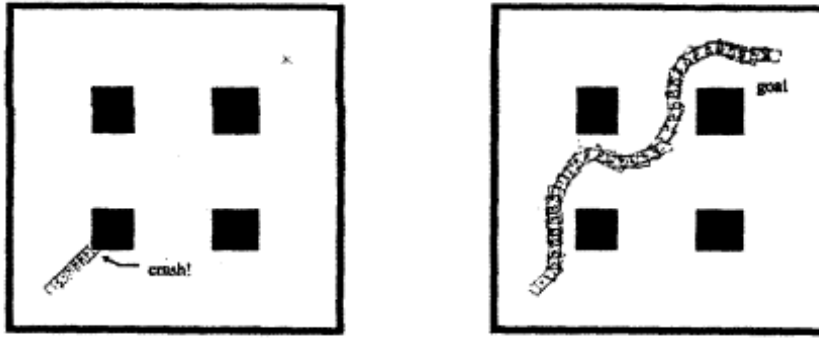


Şekil 2.6 Bölge, Bölüm tasarım planı (Ho and Liao 2009).

Barbera and Perez (2010) Çalışmada, endüstriyel ortamlarda kullanılan otomatik kılavuzlu araçların navigasyon konusu ele alınmıştır. Bu çalışma, kısmen yapılandırılmış depolarda kullanım için tasarlanmış esnek bir AGV' nin navigasyon sistemini ve tesis zemininde sıkça değiştirilen tasarım konusunu izah etmektedir. Bu, araca yüksek dereceli özerklik monte edilerek ve çevreyle ilgili muhtemel bilgisini oluştururken operatörün ihtiyaç duyduğu el ile iş miktarını azaltarak başarılmıştır. AGV' nin otonomisi, planlayıcı, algılama, rota planlama ve rotayı takip etme gibi bir dizi otomatik görevleri içermektedir ve bu araçtan, bir operatörden nasıl bir başarı isteniyorsa aynı şekilde başarıyı gerçekleştirilmesi beklenir. Bu tekniklerin entegrasyonu endüstriyel bir depo ortamında çalışan gerçek bir AGV üzerinde test edilmiştir.

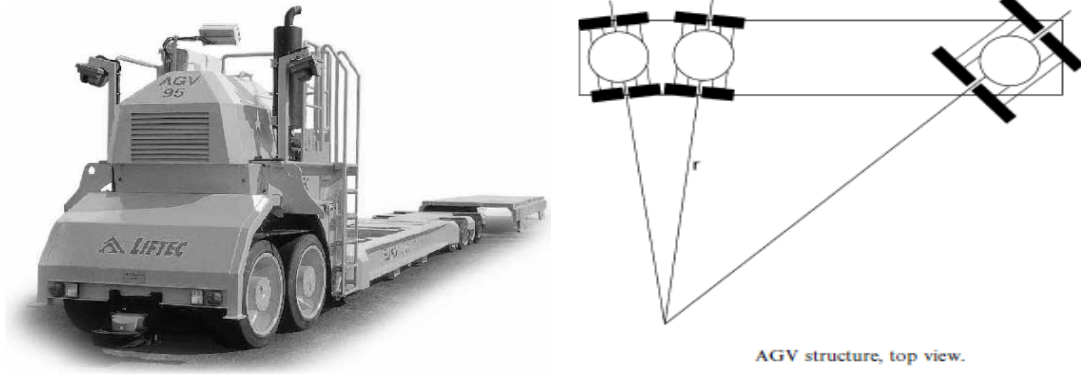
Hsiang Wu et. al. (1999) Bu çalışmalarında, otomatik kılavuzlu araçlar (AGV) için, potansiyel alan ve bulanık zekâ kontrolü kullanılarak bir rota planlama metodu önerilmektedir. Aynı zamanda bir AGV prototipinin tasarımı ve uygulaması sunulacaktır. Bir alana yüksek bir noktadan bakıldığında, ihtiyaç duyulan suni potansiyel alan inşası için oluk mesafe dönüşümü kullanılır. Potansiyel alan metodu, araç ile en yakın engel arasında itme kuvvetini ve hedef tarafından üretilen çekim kuvvetini hesaplamada kullanılır. Daha sonra bileşke kuvvet, aracın gideceği yönü

belirlemede kılavuzluk eder. Engel durumu oluştuğunda ve AGV hedefine ulaşamaz veya herhangi bir engele çarparsa, bulanık zekâ deneticisi, AGV' nin güzergâhını yeniden düzenlemesini önerir Şekil 2.7' de gösterilmiştir. Hedef ile engel arasındaki açıya ve AGV' nin pozisyonuna bağlı olarak basit bulanık kurallar tarafından bir düzeltme açısı oluşturulur. İnsan düşünce simüle özelliği ile bulanık mantık kontrolü AGV yolunu daha güvenli ve düzgün hale getirmektedir. Deneysel bir AGV prototipi, bir tüketici model arabanın modifiye edilmesiyle inşa edilmiştir. Yapılan mobil araç, önerdiğimiz rota planlama algoritmasına göre başarılı bir şekilde istenilen rotada hareket ettiği gözlemlenmiştir. Geometrik engellerle düzenlenmiş çerçeve tipi ortama dayalı bir dizi simülasyon, bulanık mantık kontrolünün, AGV'yi engel teşkil eden durumlardan kurtardığı ve daha güvenli ve düzgün rota oluşturarak aracı istenilen hedefe ulaştırdığını göstermiştir.



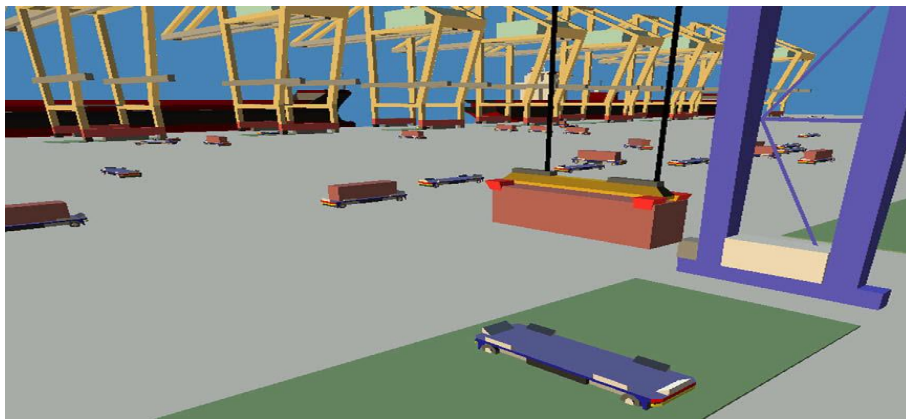
Şekil 2.7 Bir engele çarpan AGV'nin yeniden düzenlenmesi (Hsiang Wu et. al. 1999).

Makela and Numers (2001) Bu çalışmalarında, bir çelik fabrikası alanı içinde ağır çelik levha taşımada kullanılan bir özerk güdümlü bina dışı araç (AGV) için navigasyon ve denetim sistemini tanımlar. Aracın sıradan olmayan kinematikleri hareketi vardır. Araç altı dingile sahiptir ve her dingil çifti üç boji iskeleti aracılığıyla döndürülebilir. Şekil 2.8' deki makinanın ağırlığı 17,000 kg dır ve yükü 95,000 kg a çıkabilir. Hareketi hesaba dayalı ve aktarıcı konumlandırma sistemlerinin bileşimine dayalıdır. Aktarıcılar pasiftir ve AGV' nin güzergâhı boyunca her 5 ile 10 metre arasında yere gömülmektedir. Kablosuz bir iletişim, uzaktan kontrol istasyonu ile araç kontrol sistemi arasında bağlantıyı sağlamak için inşa edilmiştir. Bu makale esas olarak, kinematik ve konum kontrol sistemleri kadar güvenlik sistemleri ve uzaktan kontrol sistemlerinde içeren navigasyon sistemlerinin tanımı üzerine yoğunlaşmaktadır.



Şekil 2.8 Ağır çelik taşımada kullanılan özerk güdümlü bina dışı araç (Makela and Numers 2001).

Angeloudis and Bell (2010) Bu çalışmalarında, belirsiz çeşitli şartlar altında, konteynır terminal düzenlemesi içerisinde otomatik kılavuzlu araçlar için iş tayini konusunu ele alınmaktadır. Faaliyetlerine, gerçek zamanlı AGV kontrolüne uygun esnek bir sevkiyat algoritmasıyla birlikte bir başlangıç sunulmaktadır. Bu düşünceler kullanılarak, ayrıntılı bir konteynır terminali içerisinde, belirsiz şartlar altında faaliyetlerini sürdürebilen yeni bir AGV sevkiyat yaklaşımı geliştirilip Şekil 2.9’ da gösterilmiştir. Çeşitli performans göstergeleri sunulmuş, araç faaliyetlerinin genel özellikleri kadar terminal içerisinde belirsizlik seviye ölçümleri üzerinde de durulmuştur. Simülasyon deneyleri sonucunda, önerilen tekniğin, iyi bilinen buluşsal ve alternatif algoritmalara üstün geldiği sonucuna ulaşılmıştır.

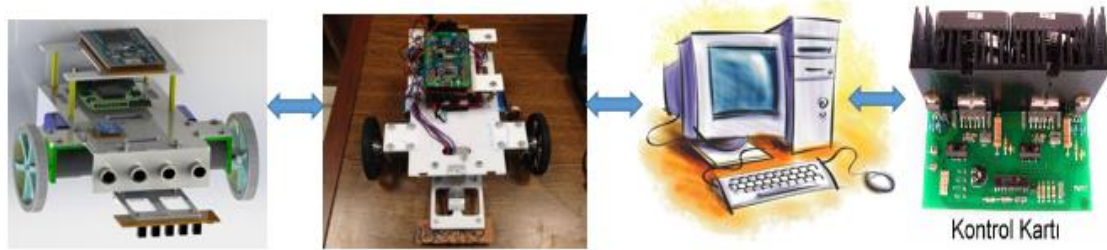


Şekil 2.9 Belirsiz şartlar altında konteynır terminal düzenleme içerisinde AGV (Angeloudis and Bell 2010).

3. MATERYAL ve METOT

3.1 Materyaller

İnsansız hareket eden çoklu otomatik kılavuzlu araçların rota planlama sisteminin eğitim seti; imalatı, bilgisayar yazılımı ve tasarımı olmak üzere Şekil 3.1' de olduğu gibi dört ana bölgeden oluşmaktadır. Bu bölgeler; bilgisayar destekli katı model çizimi, prototip olarak üretimi, bilgisayar kontrolü ve elektronik kontrol kartıdır. Her bölge kendi içerisinde incelenmiş ve uygulamada alternatifleri ile birlikte ele alınarak özellikle ekonomik olması nedeniyle fiyat, performans oranı ön plana çıkmıştır



Şekil 3.1 Çoklu otomatik kılavuzlu araçların modeli.

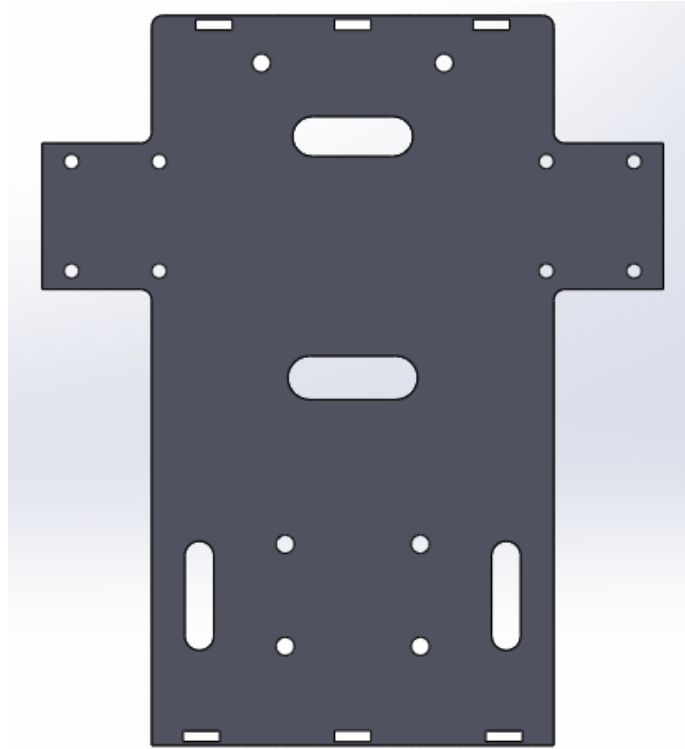
3.1.1 Rota planlaması yapan robotun hareket sistemi

Bu tez çalışmasında rota planlaması yapan robotun hareket sistemi için aşağıda belirtilen materyaller kullanılmıştır;

1. 2 Adet Pleksiglas Malzeme 200x110x4 mm T Plaka
2. 2 Adet 110x40x4 mm Pleksiglas plaka
3. 2 Adet 80x64x4 mm Pleksiglas plaka
4. 2 Adet Al Malzeme 170x15x2 mm Mukavemet sağlayan Dikdörtgen Plaka
5. 4 Adet Pleksiglas Malzeme 55x40 mm Üçgen Yan Plaka
6. 2 Adet Plastik Malzeme 110x85 mm Üst U Plaka
7. 4 Adet 60x40x4 mm destek Pleksiglas plaka
8. 4 Adet Encoderli Redüktörlü DC Motor
9. 4 Adet 40x36x7 mm “ L” Alüminyum tutacak
10. 4 Adet $\Phi 25 \times 14$ mm Şaft Kaplini

11. 8 Adet 6 mm M3 Sabitleme vida delikli motor bağlantı elamanı
12. 4 Adet Al Malzeme $\Phi 12$ İç çap 40x36x7 mm L tipi Motor yuvası
13. 8 Adet Alüminyum Malzeme M5x50 mm Üst Plaka Destek ayaklar
14. 2 Adet Rover 5 Motor Sürücü Kartı
15. 2 Adet $\Phi 38$ mm hareketli Sarhoş Tekerlek
16. 4 Adet 80x100 mm Pololu Tekerlek Çifti

Şekil 3.2' de görüldüğü gibi 200x110x4 mm boyutlarında tasarlanmış olan plaka pleksiglas malzemeden oluşturulmuştur. Tekerleklerin montajı edilecek olan alt şase solidworks programında tasarlanıp lazer kesimi yapılmıştır. Motor delikleri önden iç kısmına doğru 35 mm, sağ ve sol taraftan iç kısma doğru 30 mm ve iki delik arası ise 30 mm olarak belirlenip 3 mm çapında delikler delinmiştir. Alt şase kısmına montajı edilecek olan sarhoş teker delikleri için: arkadan ön kısma doğru 30 mm, sağ ve sol taraftan iç kısma doğru 36,5 mm ve delikler arası mesafe ise 37 mm olarak belirlenip 5 mm çapında delikler delinmiştir.



Şekil 3.2 Alt şase kısmını oluşturan pleksiglas plaka modeli.

24x6x4 mm boyutlarındaki kanallardan ARM, DC motor, devre kartlara ve yol takip sisteminde bulunan sensör bağlantılarında kullanılan kablo geçişini sağlamak için alt şase üzerine elips şeklinde kanallar lazer kesme ile açılmıştır.

3.1.2 DC Motorlar

Doğru akım motorları, doğru akım elektrik enerjisini dairesel mekanik enerjiye dönüştüren elektrik makineleridir (İnt.Kyn.32). Doğru akım motorları üç çeşitten oluşmaktadır, fırçalı, step motor, fırçasızdır. DC motorları tanıtmadan önce tezimde farklı bölümlerde kullanılan motor terimlerini ve tüm motorlarda bulunan motor parçalarını açıklayıcı bir biçimde resimli olarak tanımak faydalı olacaktır.

3.1.3 Enkoderli DC Motor

Bu çalışmada 4 adet Encoderli DC motor kullanılmıştır. Encoderli DC motorlar milin dönme açısına göre seri çıkış darbeleri üretir. Mil dönmüyorken çıkış darbesi vermez. Çıkış darbeleri sayısını saymak için ayrı bir sayıcı gerekir. Encoder, sayılan darbe sayısı ile dönme pozisyonu algılar (Vatansever ve Arkadaşları 2007).

Bu çalışmada Resim 3.1' de gösterilen 172:1 Metal Gearmotor 25Dx54L mm HP with 48 CPR Encoder DC motor modülü kullanılmıştır.

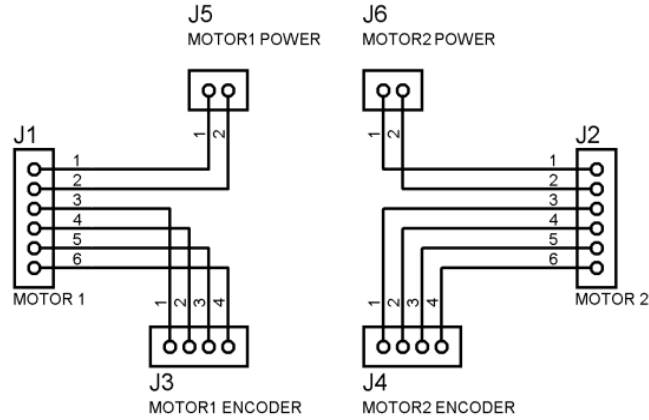


Resim 3.1 Enkoderli DC motor.

Özellikleri;

- Çapı 4mm ve boyutları 66.5x25x25 mm ve silindirik yapıdadır
- Sarı kablo Hall sensor A output
- Beyaz kablo Hall sensör B output
- Mavi kablo Hall sensör VCC (3,5-20V)
- Yeşil kablo Hall sensör (GND)
- Siyah ve kırmızı kablo motor power (İnt.Kyn.36).

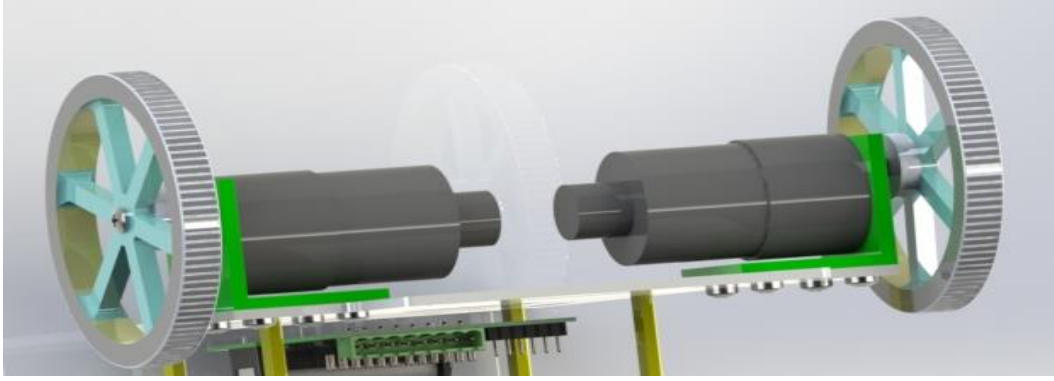
Doğru akım motorlarından gelen renkli kabloları kullanılabilmesi için motor güç ve enkoder iki kısma ayrılmıştır Şekil 3.3' de gösterilmiştir.



Şekil 3.3 Şematik aktarma gösterimi.

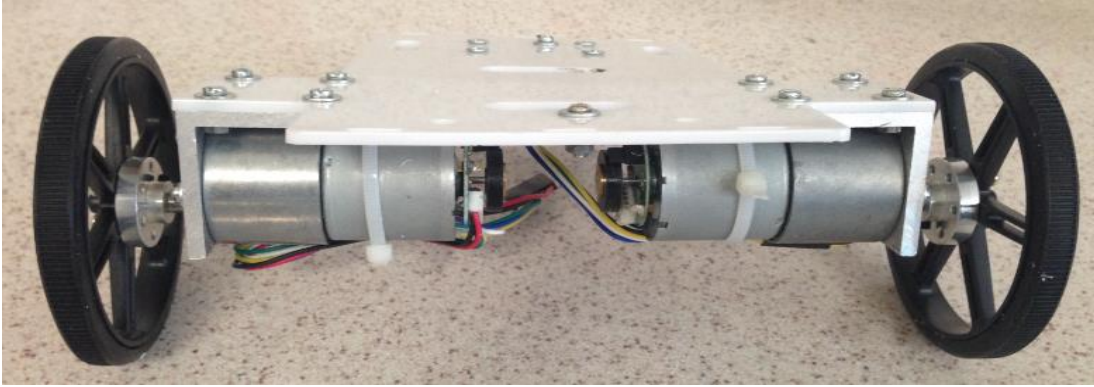
3.1.3.1 Enkoderli DC Motorların Bağlantısı ve Yataklanması

Dört adet M3 vida ile L tipi alüminyum plaka alt şaseye sabitlenmiştir. Altı tane M3 yıldız başlı vida ile enkoderli DC motor L tipi alüminyum plaka ya sabitlenmiştir. Dc motor alyan başlı setskur ile kapline bağlanmıştır. Kaplin altı adet yıldız başlı M2 vida ile 90x10mm pololu tekerleğe bağlanmıştır. Pololu tekerin alt şaseye bağlantı modeli Şekil 3.4' de gösterilmiştir.



Şekil 3.4 Pololu tekerleklerin alt şaseye bağlantı modeli.

Alt şase pleksiglas plaka üzerine Şekil 3.5 'de gösterilen encoderli DC motorların montajı yapılmıştır. Pleksiglas plakanın her iki yönüne, eşit yerleştirilecek şekilde otomatik kılavuzlu aracın hareketini sağlayan alt şase plaka üzerine 35 mm çapında motorlar monte edilmiştir. Robotun ileri geri hareketinde bu motorlar sayesinde olacaktır. DC motoru sabitlemek için tasarımı yapılan DC motor yatağı şasenin alt tarafına yaltaklanmıştır. Yataklanan alüminyum malzeme delinerek daha sonrada bükme işlemi yapılarak 80x40x4 mm boyutlarında alüminyum plaka oluşturulmuştur.

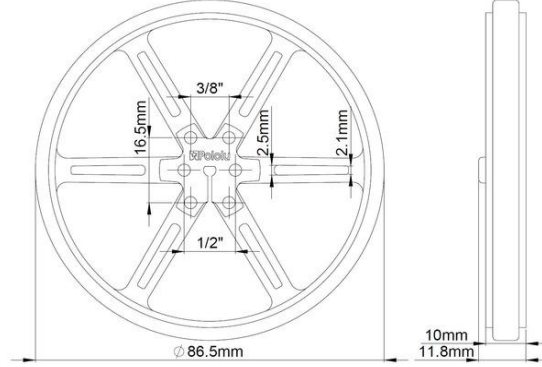


Şekil 3.5 Robotun ileri geri hareketini sağlayan parçaların montajı.

3.1.4 Hareket sistemi

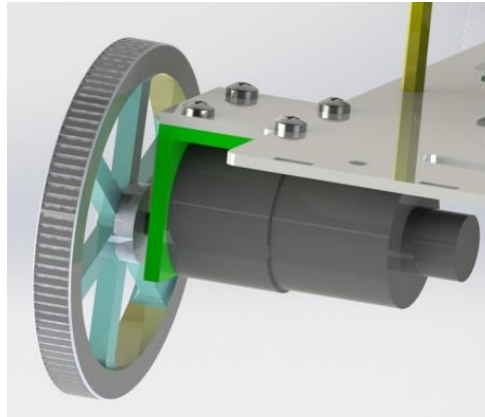
Sistemin hareketini sağlayacak olan pololu teker Şekil 3.6' da belirtildiği gibi çapı 90x10 mm ve tekerleğin genişliği 10 mm boyutlarında tasarlanmıştır. Hareket sistemini oluşturulan pololu tekerlek plastik malzemedden ve tekerleklerin etrafında siyah renkli silikon malzemedden oluşturulmuştur. Encoderli DC motora destek kaplin yardımıyla bağlantı yapılmıştır. Alt şase altına 40x36x7 mm boyutlarında L tipi alüminyum civata

yardımı ile monte edilmiştir. Böylelikle L tipi alüminyum plaka motor için tutacak vazifesi görecektir. Otomatik kılavuzlu aracın bir yerden başka bir yere hareketi gerçekleştirilecektir.



Şekil 3.6 Pololu tekerleğin model görünümü.

İleri geri hareketini yapmasını sağlayacak olan bu sistem şekil 3.7' de görüldüğü gibi modellenmiştir. Otomatik kılavuzlu araçların ileri geri hareketinde istenilen giriş istasyonlarına ve aynı şekilde de çıkış istasyonlarına da varılması öngörülür.



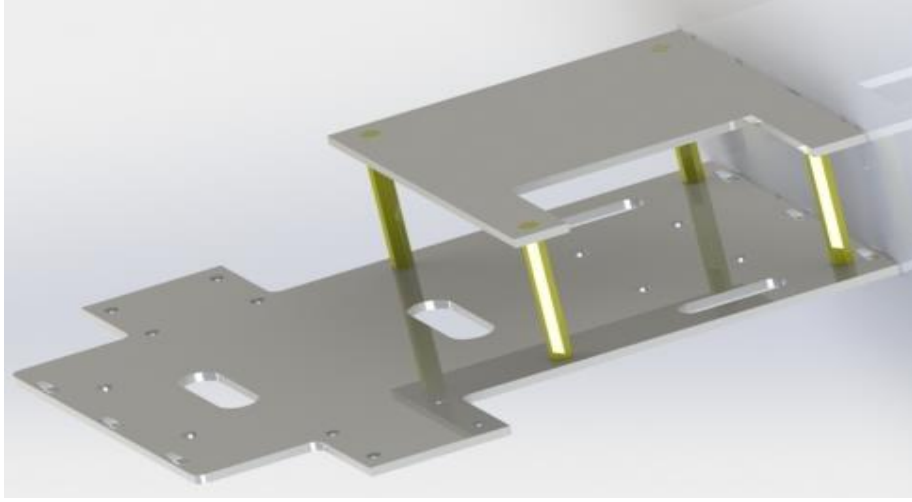
Şekil 3.7 Yol takip sisteminde hareketi sağlayan teker yatak sistemi.

3.1.5 Alt Şase Sistemi

Tez çalışmasında alt gövde yapımı için kullanılan materyaller robot hareket sisteminde bahsedilmiştir. Bununla birlikte alt şase için üç adet materyal aşağıda belirtilmiştir;

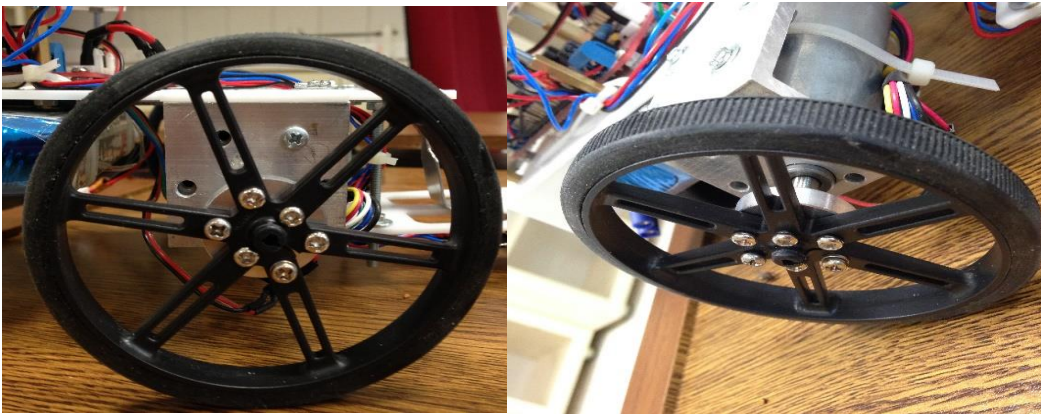
1. 2 Adet Sensör Kiti
2. 2 Adet Al Malzeme 80x65x4 mm Alt Sensör Tutucu Plaka
3. 4 Adet Al Malzeme M4x70 mm Alt Plaka Destek Ayaklar

Birbiriyle paralel hizalanan 110x95x3 mm boyutundaki 1 adet U plaka, arasına M4x40 mm desteklerde konumlanarak 200x110x4 mm boyutlarındaki alt T plakayla sabitlenmiştir. Şekil 3.8’ de görüldüğü gibi birbirine paralel sabitlenen pleksiglas plakalar arasına 4 tane destek ayaklar konularak alt şase plakası montajlanmıştır. Alt şase plaka üzerine açılan yuva kanalları ve delikler kablo geçişini sağlaması ve montajda pratik sağlaması düşüncesiyle yuva kanalları ve delikler bulunmaktadır.



Şekil 3.8 Alt ve Üst Plakanın Montaj Modeli.

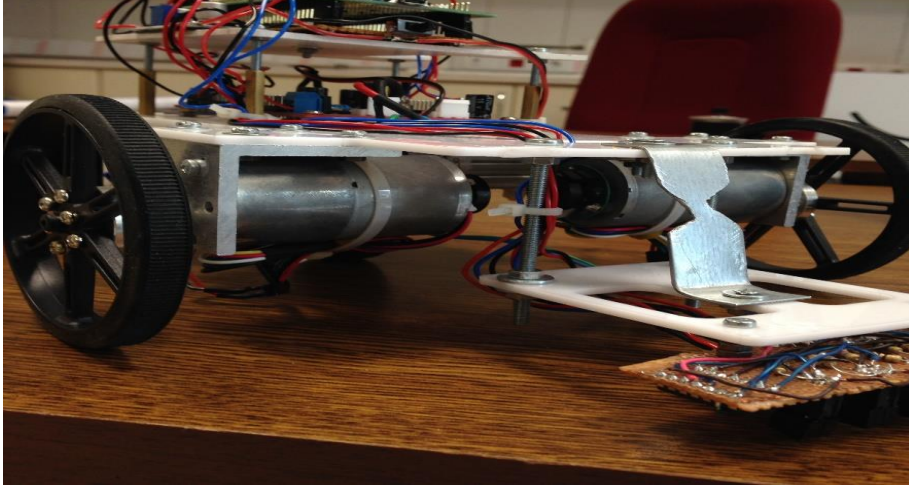
$\Phi 90 \times 10$ mm boyutlarındaki pololu tekerleğe sıkı geçme ile monte edilen şaft kaplini motor mili ile sabitlenmiştir. Montajı yapılan tekerlek Şekil 3.9’da gösterilmiştir.



Şekil 3.9 Montajı yapılmış tekerleğin Görünüşü.

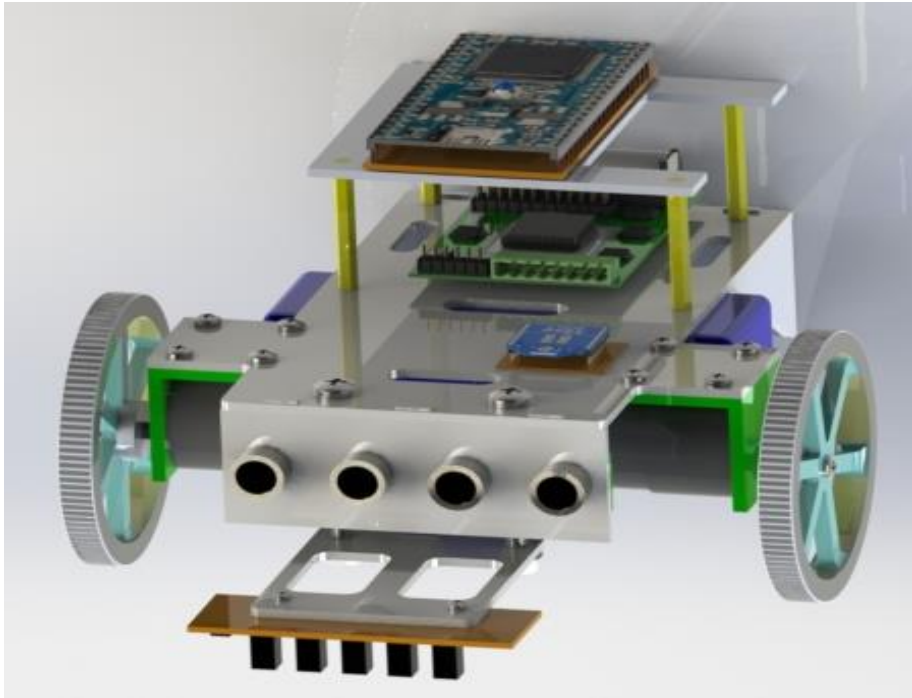
36 mm ve 35 mm çapında 76 mm boyutlarındaki L şeklindeki motor yuvasına gayet sıkı geçerek cıvata yardımıyla motor montajlanmıştır. Şekil 3.10’ da gözüktüğü gibi tasarımı

yapılan tekerlek tertibatı alt şaseye T pleksiglas plakaya merkezlenmiştir. Böylece encoderli DC motordan sağlanan güç ile pololu tekerleklere doğrudan tahrik sağlanır. Tahrik olan tekerlekler sayesinde siyah bant üzerinde ileri ve geri hareket sağlaması elde edilmiştir.



Şekil 3.10 Alt Şase.

Alt şasenin üzerine siyah bant üzerinde hareketi sağlayacak sistem 90x55x3 mm boyutundaki ARM kartı kanal kısmından konumlandırılacak Şekil 3.11’ de modellendiği gibi montajı hazırlanmıştır.



Şekil 3.11 Otomatik kılavuzlu araç sisteminin tasarımı.

3.1.6 DC Motor Sürücü Kartı

Bu çalışmada 2 adet DC sürücü kartı kullanılmıştır. Bu motor sürücüsü ile motorların yönü için lojik 0 ya da lojik 1 ve PWM sinyali için hız pini ile kontrolü yapılabilmektedir. Bu yol ile dört motorun ayrı bir şekilde kontrolü 8 genel amaçlı giriş/çıkış (GPIO) pin bağlantısı ile sağlanabilmektedir Şekil 3.12' de gösterilmiştir. Sadece bir kesme pininden özel veya (XOR) kapısı kullanarak tüm enkoderlerin bilgisi okunabilmektedir. Kartta iki güç bağlantı ucu bulunmaktadır (İnt.Kyn.37).

Özellikleri;

- 4 x Düşük Direnç FET "H" Köprüleri,
- Her kanal 4A Stallakım,
- Kullanımı kolay kontrol Lojik,
- Her Kanal için akım izleme,
- Encoder sinyal birleştirici devresi (İnt.Kyn.36).



Şekil 3.12 Motor sürücü kartı.

Otomatik kılavuzlu araç üzerine monte edilen sürücü kartından 2 adet kullanılmıştır. Pil'den alınan 14 volt gerilimi, mikro denetleyici ile kontrol edilip kullanılan motorları yüksek akımda sürmek için kullanılmıştır. Ön iki tekerlekleri sürmede kullanılan doğru akım (DC) motorlardan sağında bulunan motor, Motor 2 çıkışına; solunda bulunan

motor, Motor 4 çıkışına bağlanmıştır. Sistemdeki yön girişleri ARM (Advanced RISC Machines) kontrol kartı yazılımında çıkış olarak tespit edilen pinlere bağlanmıştır. Yön pinlerinde 1 bilgisi verildiğinde geriye doğru dönme gerçekleşmektedir. Bu sistemdeki motorların hız kontrol işlemini yapmak için solunda bulunan motor kanal 4 PWM (Darbe Genişlik Modülü) girişine, sağında bulunan motor ise kanal 2 PWM girişine bağlanmıştır.

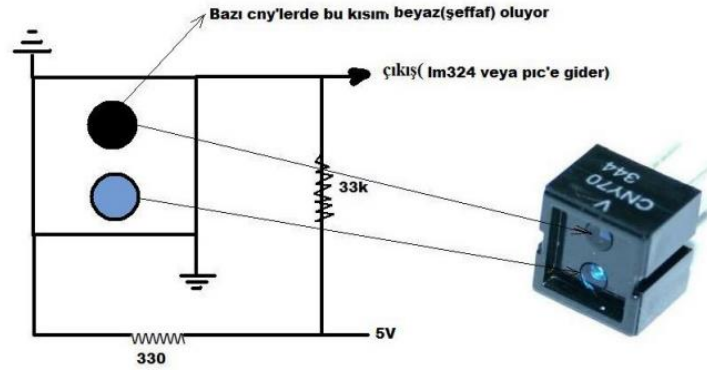
3.1.7 Sensörler

Sensörler; insan duyu ve algılarını makine uygulamalarında taklit etme yeteneğine sahip araçlardır. Fiziksel bir büyüklüğün algılanması veya ölçülmesi amacı ile bir sinyal üretmektedir. Fiziksel büyüklükler: konum, hız, ivme, kuvvet, tork, sıcaklık, uzama olabilir. Algılayıcılar makina ve süreç denetiminde sıkça kullanılmaktadır. Sayısal veya analog olarak çalıştırılmaktadır. Sayısal algılayıcılar; bilgisayarda kullanıma hazır sinyaller üretmektedir. Analog algılayıcılar ise; A/D dönüştürücü yardımıyla bilgisayarla iletişim kurulmaktadır.

Algılayıcıları değerlendirmek için şu kriterler mevcuttur;

- Doğruluk: Ölçülen büyüklük ile algılayıcı çıkışı arasındaki uyumdur.
- Çözünürlük: Ölçülen büyüklükteki en küçük değişim miktarına algılayıcının verebileceği değer olarak tarif edilir. Denetim açısından önemlidir.
- Tekrar Edilebilirlik: Tekrar eden ölçümler halinde değerden sapmalar ortaya çıkar.
- Menzil (Range): Ölçülebilen büyüklüğün alt ve üst sınırıdır.
- Dinamik Cevap: Ölçülen değişkenin sahip olduğu dinamik davranışa algılayıcının gösterdiği reaksiyondur. Dinamik cevap algılayıcının elektrik ve mekanik özellikleri ile sınırlıdır (Ersöz 2007).

Bu çalışmada Şekil 3.13' de gösterilen 10 adet CNY 70 sensör modülü kullanılmıştır.



Şekil 3.13 Çizgi sensör CNY 70 bağlantı şeması (İnt.Kyn.38).

CNY 70 sensörü yaydığı kızılötesi ışığını geri alıp alamamasına göre çıkış veren sensör modülüdür. Bu sensör algılayıcısı ile önündeki beyaz yansıtıcı zeminlerinin denetimi yapılmaktadır. Sensörden çıkan kızılötesi ışınları zemine temas ederek, bu ışınların transistor üzerine gelmesiyle transistor enerjilenerek anahtar işlevi görmesi sağlanmaktadır. Dolayısıyla transistor anahtar işlevini yaparak pini sıfıra çekmiştir. Sensörler Siyah gördüğünde gelen kızılötesi ışığını emerek yansıma gerçekleşmez ve pin her vakit 5 voltu göstermektedir. Sensörler beyaz gördüğünde ise kızılötesi ışığını yansıtarak sensör pini çeker ve tetikleme işlemi gerçekleşir (İnt.Kyn.38).

3.1.8 HC-SR04 Ultrasonik Sensör

Ultrasonik ses dalgaları 20 kHz ile 500 kHz arasında frekanslara sahip ses dalgalarıdır. Bizim duyabildiğimiz 300 Hz-1400 Hz bandının üzerindedirler. Ultrasonik sensörler ultrasonik ses dalgaları yayan ve bunları engellere çarpıp geri dönmesine kadar geçen süreyi hesaplayarak aradaki uzaklığı belirleyebilen sensörlerdir. Bu sensörlerde bu kadar yüksek frekanslarda ses dalgalarının yayılmasının nedeni; bu frekanslardaki dalgaların düzgün doğrusal şekilde ilerlemeleri, enerjilerinin yüksek olması ve sert yüzeylerden kolayca yansmasıdır.

Bu çalışmadaki ultrasonik mesafe sensöründe VCC pinine +5 volt besleme gerilimi, GND topraklama pini ise şase görevini görmektedir. Bununla birlikte echo pini de, robot üzerindeki ultrasonik sensörün ön tarafta ilerleyen diğer robota çarpar ve geri sensöre yansır robotun sensörden uzaklığı ile doğru orantılı olarak echo pini bir süre lojik 1 olarak kalır tekrardan lojik 0 olur. Bu çalışmadaki iki robot arasındaki mesafeyi ölçmek

için echo pininin lojik 1 seviyede kalma süresi ile bulunmuş olur.

Bu çalışmada Şekil 3.14 'de gösterilen 2 adet HS-SR04 Ultrasonic Sensör kullanılmıştır.



Şekil 3.14 HS-SR04 Ultrasonic Sensörü (İnt.Kyn.41).

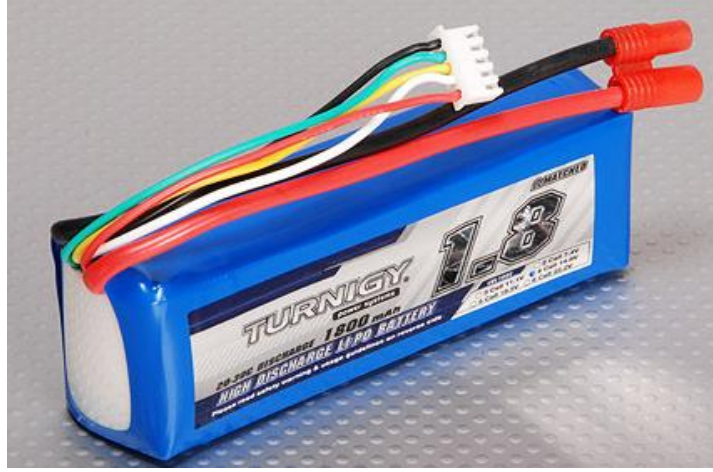
Çalışmada kullanılan ultrasonik sensör, 2cm'den 400cm'ye kadar 3mm hassasiyetle ölçüm yapabilen uzaklıkları okuyabilmektedir (İnt.Kyn.41).

HS-SR04 Ultrasonic Sensörün özellikleri;

- Çalışma Voltajı DC 5V,
- Çektiği Akım 15 mA,
- Çalışma Frekansı 40 Hz,
- Maksimum Görme Menzili 4m,
- Minimum Görme Menzili 2cm,
- Görme Açısı 15°,
- Tetik Bacağı Giriş Sinyali 10 us TTL Darbesi,
- Echo Çıkış Sinyali Giriş TTL sinyali ve Mesafe Oranı,
- Boyutları 45mm x 20mm x 15mm (İnt.Kyn.41).

3.1.9 Güç Kaynağı (Batarya)

Bu otomatik kılavuzlu araçlarda Resim 3.2' de görülen; kapasitesi 14,8 Volt ve 1800 mAh olan şarj edilebilir dört hücreli 2 adet Li-Po batarya kullanılmıştır.



Resim 3.2 Li-Po Batarya.

3.1.10 ARM (Advanced RISC Machines) Kontrol Kartı

Bu sistemde Şekil 3.15' de gösterilen ARM (Advanced RISC Machines) MB1034B kullanılmıştır. ARM yazılım kartı, İşleme/Kablolama dilini kullanır ve basit I/O yazılım kartı, açık kaynaklı bir fiziksel hesaplama alanıdır. ARM mikro denetleyiciler için C programları yazmak, derlemek, hata ayıklama ve yükleme yapmak için kullanılan bir IDE (Entegre Geliştirme Ortamı) dır. Bünyesinde derleyici, hata ayıklama ve kod yazmak için editörü ve yükleme için arabirimi mevcuttur (KOÇ ve DAL 2013).

ARM kitin üzerindeki donanım özellikleri;

- ARM 32 bit Cortex-M0 CPU işlemci
- 16-64 Kb Flash program hafızası
- CRC hesaplama birimi
- 4-8 KB RAM Bellek
- Reset ve Güç Yönetimi
 - Gerilim Aralığı 2-6 Volt
 - Gelişmiş zamanlayıcı birimleri
 - Programlanabilir gerilim detektörü (PVD).
 - Düşük güç modları: Uyku, Durdur, Bekleme
- Zamanlayıcı yönetimi

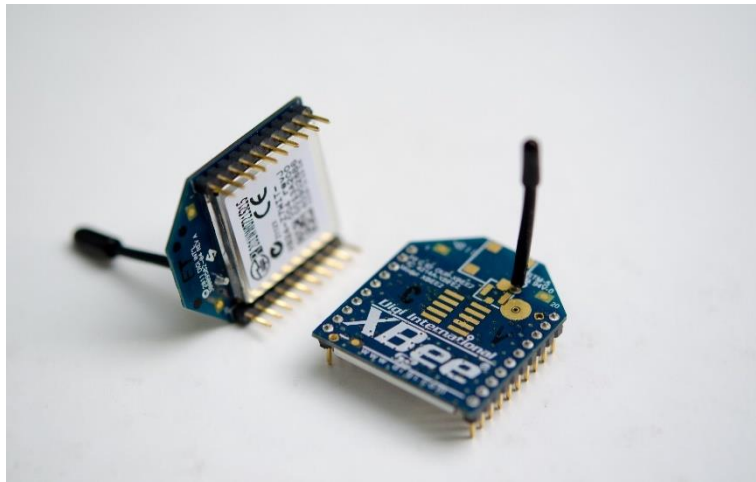
- 4 ile 32 MHz kristal osilatör
- 32 KHz Osilatör ile kalibrasyon
- 55 MHz hızında I/O.
 - Harici kesme vektörleri bulunur.
 - 5 Volt toleranslı I/O pinleri
 - 39 Dijital I/O pinleri.
- 5 kanallı Doğrudan Bellek Erişimi (DMA)
- 12 bit 1.0us Analog / Dijital çevirici (ADC)
- 1 Kanal 12 bit D/A çevirici
- Programlanabilir giriş ve çıkış pinleri ve düşük güçte analog karşılaştırıcı bulunur.
- On bir adet Zamanlayıcı:
 - 6 adet PWM çıkışı için 16-bit 8 adet ileri kontrol zamanlayıcısı bulunur.
 - IR kontrol kod çözme için bir 32-bit ve 4 adet IC / OC ile 16-bit zamanlayıcı bulunur.
 - Acil durdurma için 2 IC / OC, 1 OCN ile 16-bit zamanlayıcı bulunur
 - Acil durdurma ve modülatör kapısı ile IR kontrolü için IC / OC ve OCN. 2 adet 16-bit zamanlayıcı bulunur.
 - 1 IC / OC için bir adet 16-bit zamanlayıcı bulunur.
 - Sinyal bekleme sistemi bulunur.
 - Systick zamanlayıcı bulunur.
- Gelen sinyalleri periyodik olarak Durdur / Bekleme işlemlerini yapar.
- HDMI ve CEC ara yüzü bulunur.
- Seri port iletişimde hata ayıklaması bulunur.
- 96-bit kullanıcı ID belirler İnt.Kyn.42).



Şekil 3.15 ARM kit kartının donanımı.

3.1.11 Kablosuz İletişim Modülü

XBee XB24-Z7CIT-004 kablosuz iletişim modülüdür. Güç çıkışını ve seri 2 data protokolünü düzeltmektedir. Bu çalışmada Şekil 3.16 'da gösterilen 2 adet XBee kablosuz (wireless) kullanılmıştır.



Şekil 3.16 Kablosuz iletişim modülü.

XBee mikro işlemciler, bilgisayarlar, sistemler ve hatta seri portu olan her şey ile oldukça güvenilir ve kolay bir haberleşmeyi sağlamaktadır. Noktadan noktaya

(point to point) ve çoklu-nokta ağları (multi point) desteklenmektedir. XBee ler ile sadece seri iletişim protokolünü kullanarak point to point ve multi point kablosuz ağlar kurulabilmektedir (İnt.Kyn.39).

Kablosuz (wireless) iletişim modülünün özellikleri;

- 3.3V - 40mA
- AT or API komut seti
- FCC Sertifikası
- 128-bit şifreleme
- Dahili PCB Anten
- 400ft (120m) aralık
- 6 10-bit ADC giriş pinleri
- 250kbps Maksimum data oranı
- 2mW Çıkış (+3dBm)
- 8 dijital I/O pinleri (İnt.Kyn.39)

3.1.12 XBee USB Bağlantı Arayüzü

Otomatik kılavuzlu araçlar çalışmasında XBee modülleri ile birlikte kullanımı oldukça kolay bir USB' den seriye gövde birimi kullanılmıştır. Bu birim Seri 2 ve Seri 1, Pro versiyonları ve standartları da dahil bütün XBee modül çeşitleriyle çalışmaktadır (İnt.Kyn.40).

Bu çalışmada Şekil 3.17' de gösterilen 2 adet XBee Explorer USB kullanılmıştır.

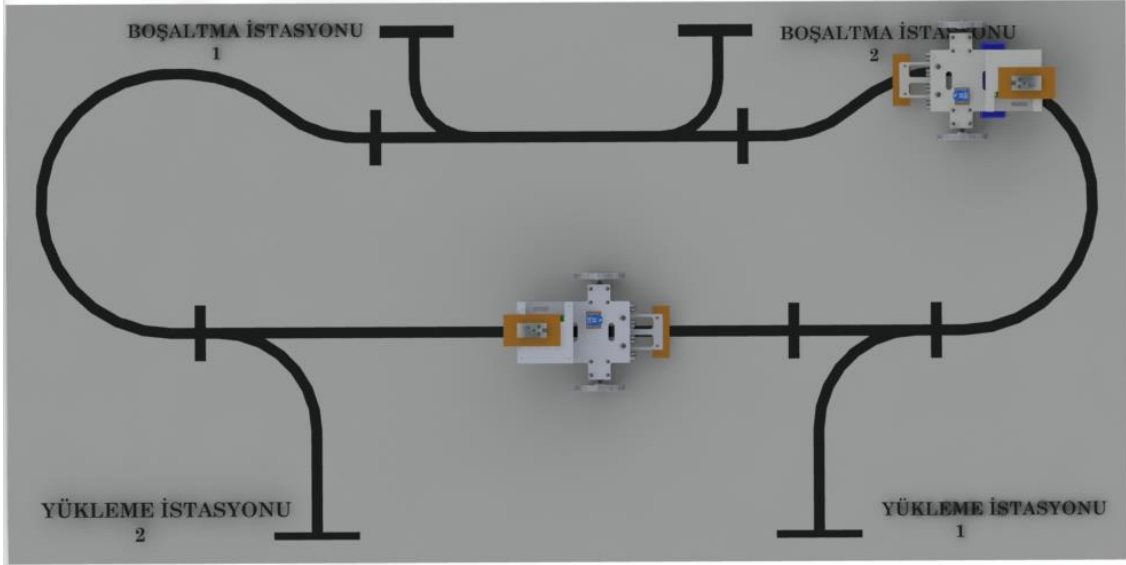


Şekil 3.17 XBee USB bağlantı arayüzü.

3.2 Metot

3.2.1 Sistemin Çalışma Prensibi

Bu çalışmadaki amaç iki robotun kendi aralarındaki mesafeyi koruyarak birbirine çarpmadan hareket etmesi ve belirlenen istasyonlardan belirlenen yükü alarak hareket etmesidir. Bununla birlikte robotların dönme ve öteleme hareketleri yaparak istenilen konuma geri gelmesidir. İki robot arasındaki mesafe ve giriş-çıkış istasyonları tanımlandıktan sonra tanımlanan robotun hangi istasyona gideceği yer veri tabanından sorgulanmaktadır. Daha sonra otomatik kılavuzlu araçlar belirlenen koordinata gidebilmek için sinyalleri sürücü kartların anlayacağı dile dönüştürmüştür. Dönüştürme işlemi ile enkorderli DC motorun hareket ettirilmesi amaçlanmıştır. Oluşturulan bilgi, enkorderli DC motor kontrolörüne iletilmiştir. Böylelikle oluşturulan sistem hareket etmektedir. Sistemin hareketiyle motorların aradaki mesafeyi koruyarak çarpmadan hareket etmesi sağlanmaktadır. Şekil 3.18’ de araçlar ve hareket pisti gösterilmiştir.

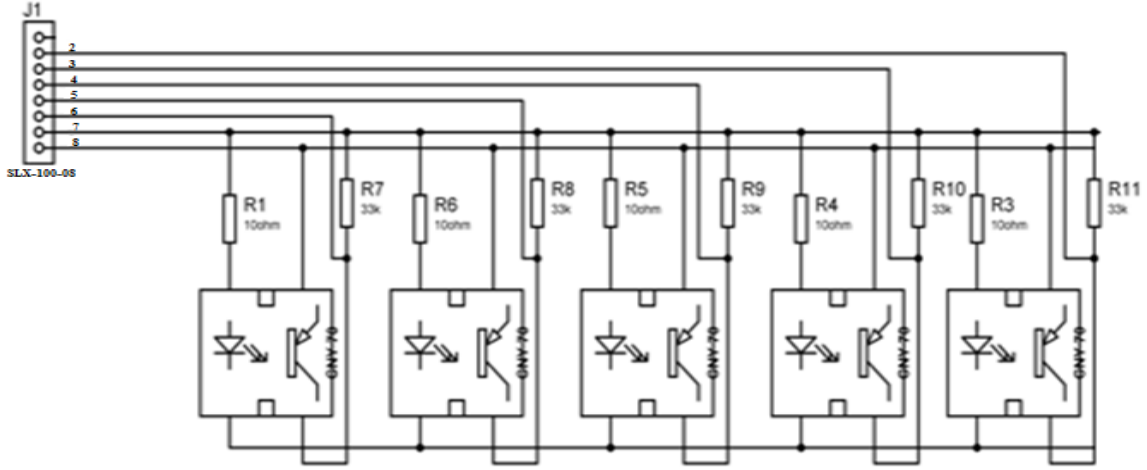


Şekil 3.18 Araçlar ve hareket sisteminin solidworks tasarımı.

3.2.2 Çizgi Takibi ile Hareket Sistemi

Otomatik kılavuzlu araçlar için tasarlanan takip ve çizgi izleme sistemini gösteren şematik devre Şekil 3.19’ da gösterilmiştir. 8 girişli olan dişli sokette; 8 numaralı GND topraklama pini ve 7 numaralı pinde ise +5 voltluk besleme gerilimi bulunur. Sensörlerden gelen

değerleri okumak için 6.5.4.3.2 numaralı pinler kullanılır ve 1 numaralı pin boş bırakılmıştır. Şekil 3.19’ da görülen şematik devre ile çizgi takip ettirilmesi sağlanır, iki robotunda beyaz zemin üzerine siyah bant çekili pistte hareket etmesi sağlanmıştır.



Şekil 3.19 Çizgi izleme sisteminin şematik devresi.

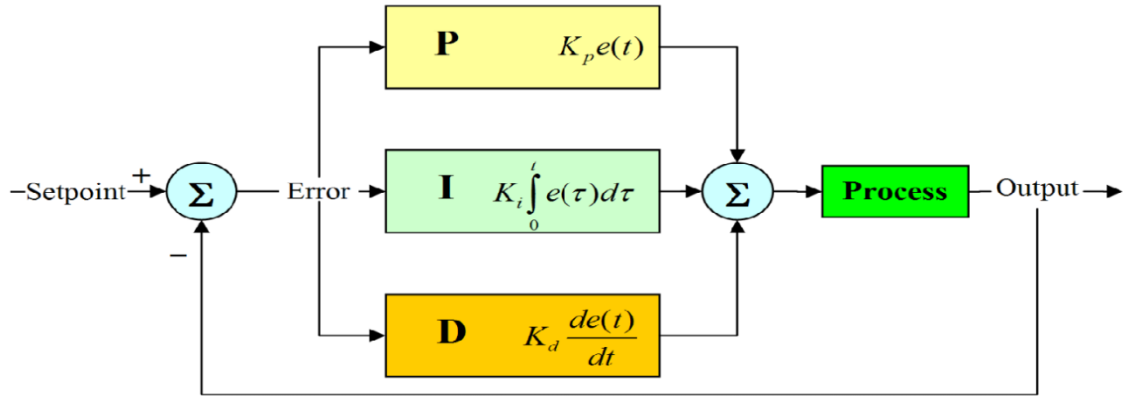
3.2.3 PID Kontrolü

Bu çalışmada PID Oransal İntegral Türev yazılımını kullanılmıştır. Bu terimler hataya uygulanan üç temel oransal, integral ve türev matematiksel fonksiyonları açıklamaktır. PID kontrolü kullanılarak aracın çizgi üzerinden yalpalama yapmadan doğru bir şekilde gitmesi sağlanır. Sensörlerden alınan siyah yada beyaz renk bilgisi alıp, amaçlanan davranış sapmasını hesaplar ve amaçlanan davranışı sapmanın minimize ve daha yüksek doğruluk elde edilir ki buna göre çıkışını ayarlanmıştır.

Çalışmada PID uygulanmadığımızda çizgi izleyen robot düşük hızlarda dışarı çıkmadan gidebiliyor. Robot hızı arttırılmaya başlandığında, yalpalama ve genellikle pist dışına çıkmalar olmaktadır. Dolayısıyla yüksek hızlarda robotun çizgiyi takip etmeyi sağlayabilmek için PID kontrolünü kullanılmıştır.

Şekil 3.20’ de gösterilen bir sistemin PID kontrolü gösterilmiştir. Bir sisteme ait matematiksel şablon geliştirilebilirse, şekildeki kapalı çevrim sisteminin sürekli ve geçici durum özellikleri tanımlayacak kontrolörün değişkenlerini hesaplamak için bir çok model tasarım teknikleri uygulamak mümkün olur. Böylelikle, eğer sistemin

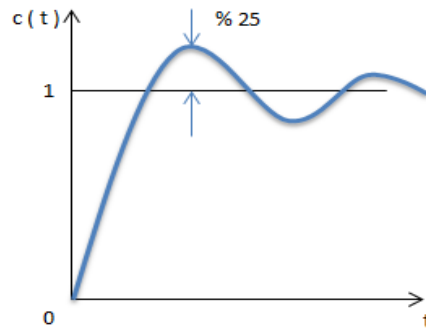
matematiksel modeli kolaylıkla çıkartılamıyor ve sistem karmaşıksa, PID kontrolörünün modellenmesinde analitik yaklaşım mümkün değildir (Soygüder 2004).



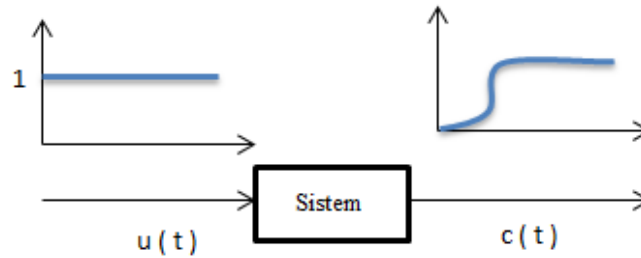
Şekil 3.20 Bir sistemin PID kontrolü.

3.2.3.1 PID kontrolör ayarı için Ziegler-Nichols kuralları

Ziegler-Nichols verilen sistemin geçici cevap karakteristiklerini baz alarak, T_d türev zamanı, T_i integral zamanı, K_p oransal kazanç değerlerinin hesaplanması için kurallar önerirler. PID kontrolör parametrelerinin bu şekilde hesaplanması sistem üzerindeki ölçümler dikkate alınır. Ziegler-Nichols ayar kuralları için iki yöntem kullanılır. Her iki yöntemde de, basamak yanıtında %25 maksimum taşıma hedeflenir. Bu hedef Şekil 3.21’ de gösterilmiştir (Soygüder 2004).

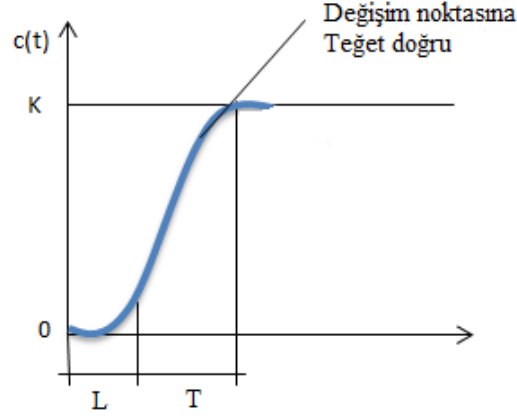


Şekil 3.21 Basamak cevabı eğrisi, maksimum %25 taşıma (Soygüder 2004).



Şekil 3.22 Sistemin birim basamak giriş cevabı (Soygüder 2004).

İlk yöntemde Şekil 3.22’ de gösterildiği gibi sistemin birim basamak girişine cevabı deneysel olarak elde edilir. Sistem ne karmaşık konjuge kökler ne de integratör içermiyorsa, basamak- birim eğrisi Şekil 3.23’ de gösterildiği gibi S biçiminde bir eğriye benzeyecektir (Soygüder 2004).



Şekil 3.23 S biçimli cevap eğrisi (Soygüder 2004).

Ziegler-Nichols kurallarının ilk yöntemiyle ayarlanan PID kontrolör (Soygüder 2004).

$$G_c(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right) \quad (3.1)$$

$$G_c(s) = 1,2 \frac{T}{L} \left(1 + \frac{1}{2Ls} + 0,5Ls \right) \quad (3.2)$$

$$G_c(s) = 0,6T \left(\frac{s + \frac{1}{L}}{s} \right) \quad (3.3)$$

Bu çalışmadaki PID’i için temel terminoloji şunlardır;

- Hata - Hata bir referans değerinde sapmadır. Örneğin, kullanılan bu beş sensörden orta sensör okuması gerekirken en soldaki sensör okuyorsa hata 2 dir.
- Orantılı (P) - orantılı terimi şu andaki hata ile doğru orantılıdır.
- Entegre (I) - tamamlayıcı terimi süresi (t) boyunca yapılan toplam hatadır.
- Türev (D) - Türev terimi hata değişim oranı

P Faktörü (K_p), oransal etkisini artırmada veya azaltmada kullanılan bir sabit değerimiz
I Faktörü (K_i), integral etkisini artırmada veya azaltmada kullanılan bir sabit değerimiz
D Faktörü (K_d), türev etkisini artırmada veya azaltmada kullanılan bir sabit değerimizdir. Robot konumunu algılamak için kullandığımız bu 5 sensör elde edilen girdinin olası kombinasyonlara bağlı olarak ağırlıklar oluşturmuştur. Bu ağırlıklar ;

Çizelge 3.1 Sensörlerin kombinasyonlarına bağlı olarak ağırlık değerleri.

İkilik değer	Ağırlıklı değer
00001	5
00010	4
00100	3
01000	2
10000	1

Ölçülmüş olan bu olası değerler aralığı 1 ile 5'tir. Robotun çizgi üzerindeki yatay konumunu ölçmek ve Oransal, İntegral ve Türev değerlerini belirleyebilmek için bu değerler kullanılmıştır.

4. BULGULAR

4.1 Uygulama Adımları

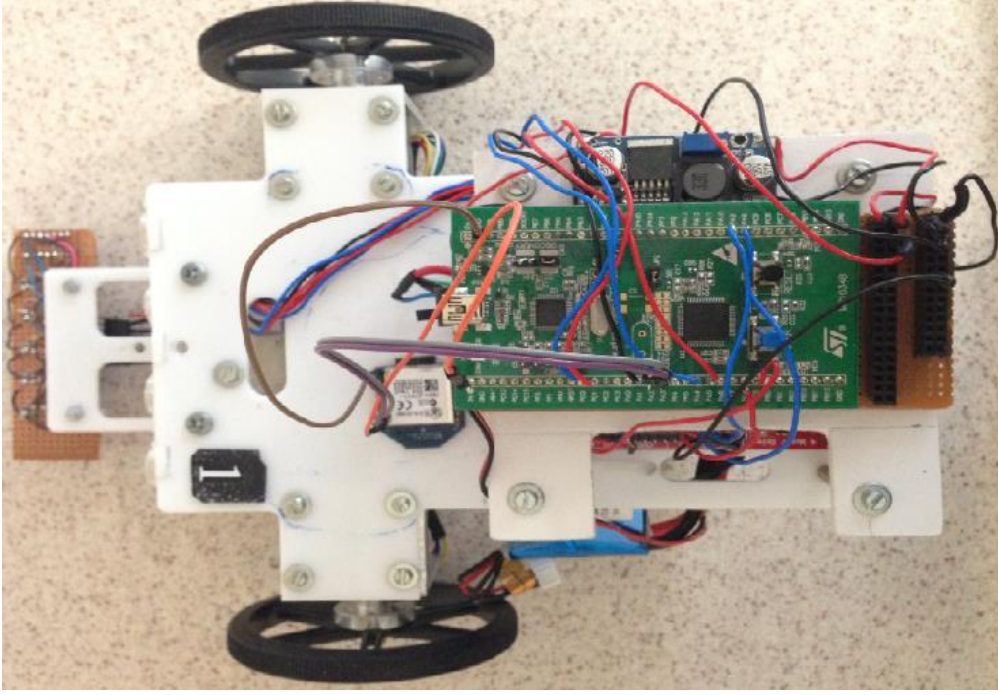
DC motorları sürebilmek için motor sürücüyü ARM (Gelişmiş Risk Makine) kartdaki PWM (Sinyal Genişlik Modülü) sinyal pini ve yön pinleri çıkış olarak ayarlanmıştır. PA8 pini ve PC4 pini sağ motor için, PA9 ve PC5 pinleri ise sol motorları sürebilmek için kullanılmıştır. ARM programındaki uygulama adımlarının tamamı EK-1' de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Çıkış Pinlerinin Gösterimi.

Çıkış Pinleri	Açıklama
PA8 numaralı pin	Sol DC motor yönü
PC4 numaralı pin	Sol DC motor yönü
PA9 numaralı pin	Sağ DC motor yönü
PC5 numaralı pin	Sağ DC motor yönü

Değişken ve gecikme miktarı tanımlanıp değerleri sıfır olarak atanmıştır. Tanımlanan PWM frekans hız miktar değeri 1500 metre/saniye olarak belirlenmiştir. ARM' den motor sürücüyü giden PWM pinleri olarak belirlendi.

Kırmızı kablo ile bağlanan sensör kartındaki 5. Sensör A5 pinine, mavi kablo ile bağlanan sensör kartındaki 4. Sensör A4 pinine, Kırmızı kablo ile bağlanan sensör kartındaki 3. Sensör C1 pinine, mavi kablo ile bağlanan sensör kartındaki 2. Sensör pinine C0, siyah kablo ile bağlanan sensör kartındaki 1. Sensör A1 pinine bağlanmıştır. Şekil 4.1' de kablo bağlantıları gösterilmiştir.



Şekil 4.1 Aracın kablo bağlantıları.

Bu çalışma PID kontrollü olduğundan araçlarımızda beş adet sensör kullanılmıştır. Bu sensörlerin siyah çizgiyi görmesi halinde PID kontrolünde meydana gelen değişimler;

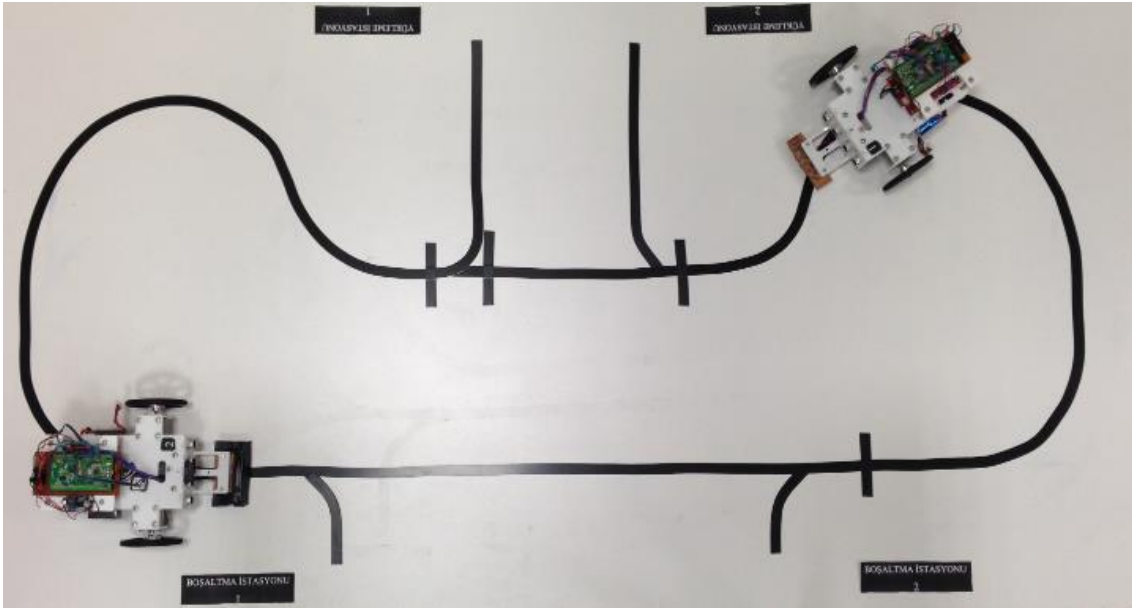
- Birinci sol sensör çizgiyi algırsa robot sola doğru keskin dönüş yapar,
- İkinci sol sensör çizgiyi algırsa robotu sola döndürür,
- Üçüncü merkez sensör çizgiyi algırsa robot ileriye doğru hareket eder,
- Dördüncü Sağ sensör çizgiyi algırsa sağa doğru dönüş yapar,
- Beşinci sensör çizgiyi algırsa robot sağa doğru keskin dönüş yapar.

Siyah çizginin kalınlığına ve sensörler arası mesafeye göre sensörlerin karar vermesi 00010 ve 00001 gibi olası kombinasyonları olmuştur. Robot çizgiden çıktığında hızlı bir şekilde merkeze gelmesini istiyorsak bunu PID kontrol verilerini kullanarak sağlanmıştır. Robotun hareketi sensörlerden gelen bilgi ile yüksek hızlarda çok daha düzgün, daha hızlı ve verimli olmuştur.

4.2 Mekanik Sistemin Kurulması

Mekanik sistemin kurulmasında kullanılan parçaların sürtünme, ağırlık gibi etkenlerin

sistem kurulmadan önce hesap edilerek tasarıma dahil edilmemiştir. Bunların dahil edilmesi durumunda mekanik sistemin hızında veya siyah çizgiyi takip etmede aksaklıklar meydana geleceği düşünülmüştür. Bu etkenlerin sistem kurulduktan sonra birkaç müdahalelerle minimuma indirilmeye çalışılmıştır. Yapılan müdahaleler sürtünme olan yerlerin yağlanması ya da sürtünmenin en aza indirilmesi için tekerlekli bir mekanizmanın sağlanması gibi işlemler olmuştur. İnsansız hareket eden otomatik kılavuzlu araçlar ve hareket pisti imalatı Şekil 4.2’ de görüldüğü gibi oluşturulmuştur.

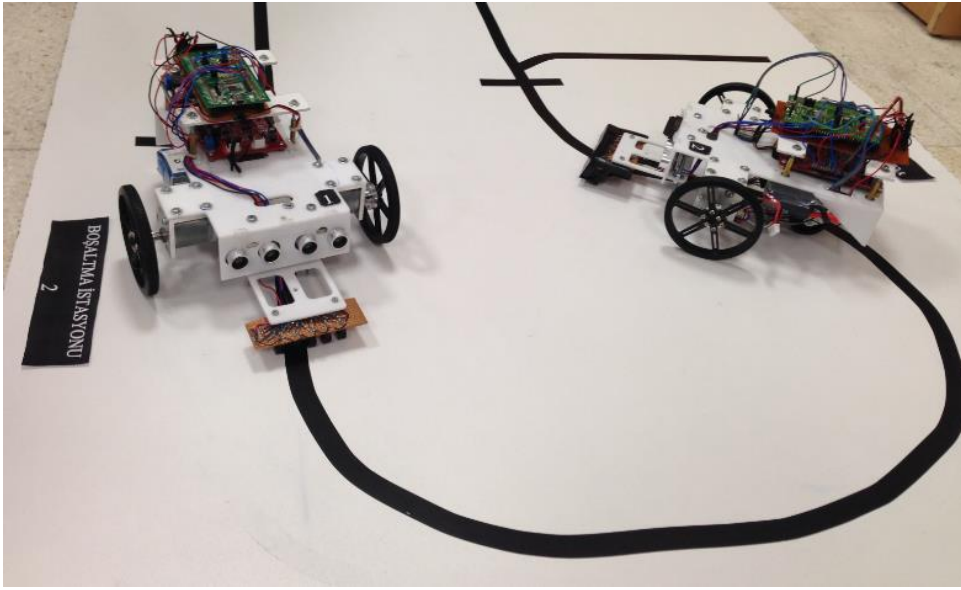


Şekil 4.2 İnsansız hareket eden otomatik kılavuzlu araç sistemi.

4.3 Hareket Bilgisinin Oluşturulması

Robotlar tanımlandıktan sonra tanımlanan robotun hangi giriş-çıkış ünitesi alanına götürüleceği bilgisayar ortamında kablosuz olarak belirlenmektedir. Daha sonra o koordinata ulaşabilmek için gerekli olan hareketler hesaplanmıştır. Hesaplanan hareketler sürücülerin anlayacağı türden sinyal bilgisine dönüştürülmüştür. Dönüştürme işlemi ile enkoder DC motorun hareket ettirilmesi amaçlanmıştır. Oluşturulan bu bilgi enkoderli hassas bir DC motor kontrolörüne gönderilmiştir. Bu kontrolör gayet hassastır. Daha önceden hesaplanmış olan koordinat bilgileri ilgili enkoderli DC motora gönderilir. Bu sayede robotun hareket yapması sağlanmıştır.

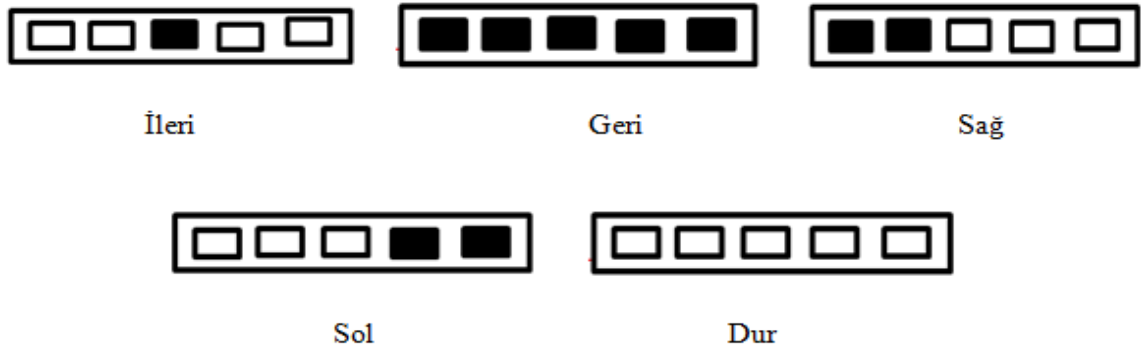
Yapılan çalışmada Şekil 4.3’ de gösterilen 2 adet otomatik kılavuzlu araç için pist üzerinde ürün doldurma ve boşaltma istasyonları belirlenmiştir. Bu sistemde 1 numaralı araç bir nolu yükleme istasyondan ürünü alır ve herhangi insan müdahalesi olmadan birinci boşaltma istasyonuna hareket eder. Bu arada iki nolu araç ile aynı güzergahı kullanır. Hareket sırasında 2 nolu araç yol üzerinde denk gelirse öndeki araçla çarpmadan belirli mesafede durur veya diğer aracı takip eder. Bu sırada 2 nolu araçta iki nolu yükleme istasyonundan ürünü alır ve 2 nolu boşaltma istasyonuna hareket eder.



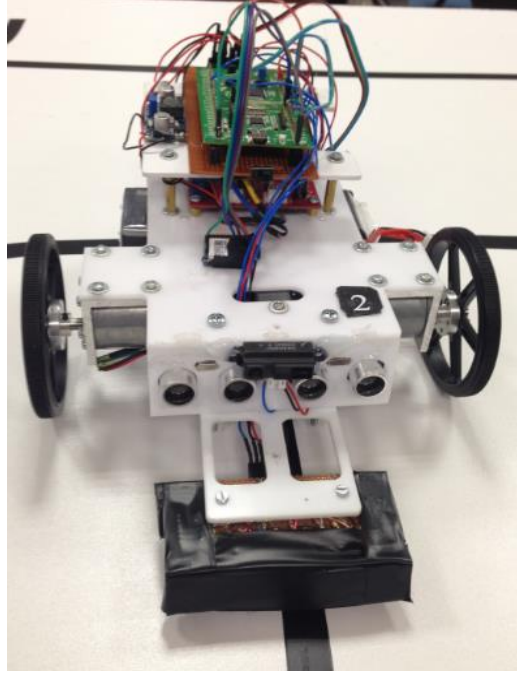
Şekil 4.3 Otomatik kılavuzlu araçların pist üzerindeki hareketi.

4.4 Karar Verme Sistemi

Araçlarımıza yerleştirilen CNY 70 sensörlerin alabileceği durumlar aşağıdaki Şekil 4.4’ de gösterilmiştir. Aracın yatay beyaz zemin üzerinde sensörlerin siyah çizgiyi takip etmesi Şekil 4.5’ de gösterilen prototip olarak tasarlanmıştır.

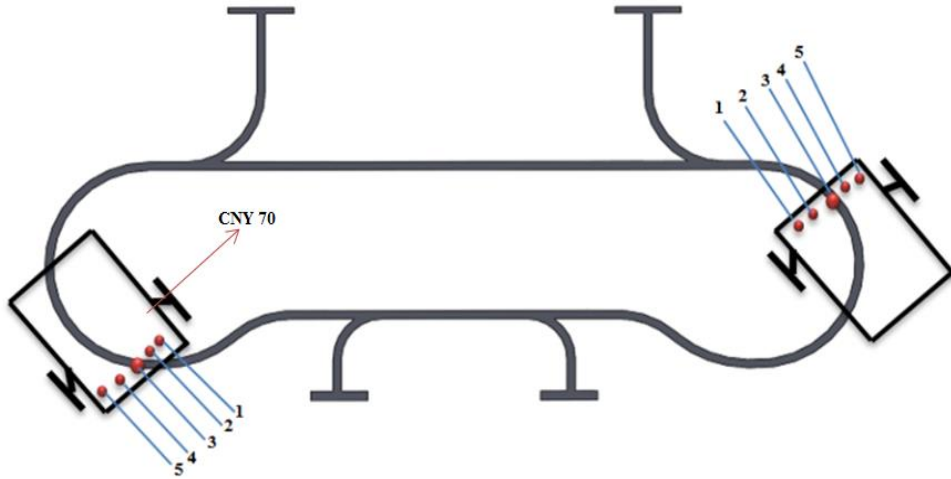


Şekil 4.4 Sensörlerin aldığı durumlar.



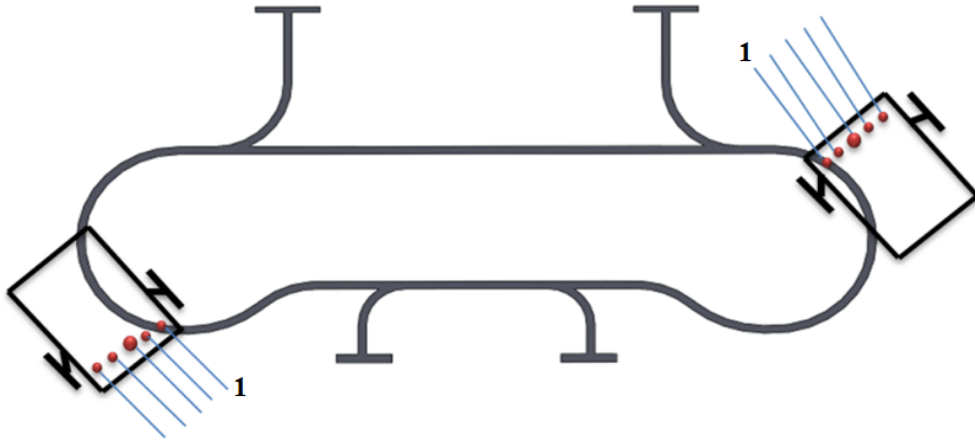
Şekil 4.5 Sensörlerin siyah bant algılama sistemi.

Yapılan robotun çalışma prensibi, çizgiyi ortadaki sensörde tutarak ilerlenmesine dayanır. Robot çok kısa aralıklarla sensörlerin durumunu denetleyerek siyah çizgiye göre pozisyonunu belirler. Şekil 4.6' da gösterilmiştir.



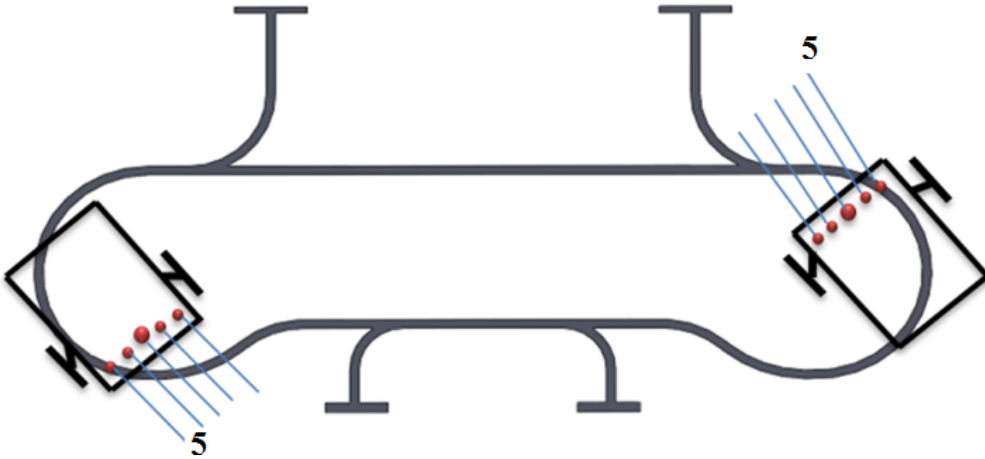
Şekil 4.6 Robotun ileriye doğru hareketi.

Robot ileriye doğru hareket yaparken siyah çizgi robotun sağ yanına gelirse, 1 nolu sensör çizgiyi algılayacaktır. Böylelikle robot siyah çizginin sağ tarafında olduğunu anlayacak ve yazılan program içerisinde belirtilen sağ dönüş komutunu gerçekleştirecektir. Şekil 4.7' de gösterilmiştir.



Şekil 4.7 Robotun sağa doğru hareketi.

Eğer, siyah çizgi robotun sol yanına gelirse 5 nolu sensör çizgiyi algılayacaktır. Böylelikle aynı işlemler bu sefer bu taraf için tekrarlanır ve siyah izleme işlemi yerine getirilmiş olur. Şekil 4.8’ de gösterilmiştir.



Şekil 4.8 Robotun sola doğru hareketi.

4.5 Aracın PID kontrolünün Ayarlaması

PID uygulaması sabit değerleri robot üzerinde çalışılarak bulunur. Robot denemeleri ile fiziksel çevrenin önemli ölçüde değişebilir argümanları olan zemin sürtünmesi, motor endüktansı, ağırlık merkezi, vb olaylara göre sabitler bulunur. Bu nedenle, sabitler sadece deneme yanılma ile elde edilir. Onların en uygun değeri robot için ayarlanır. Ayarlama dikkat edilecek bazı temel kurallar vardır.

Oransal, integral ve türev eşit 0 ve önce oransal ile çalışmaya başlayıp. 1 değerine oransal etkisini ayarlamayı deneyip ve robotu gözlemlenmiştir. Robot çizgiyi kaybederse, oransal değerini azaltılmıştır. Robot salınım yapmayı ve yavaşlaması halinde, oransal değerini artırılmıştır. Robot' un çizgiyi takip etmesi durumunda türev etkisine 1 değeri verilmiştir. Eğer salınım az miktarda gelene kadar bu değeri artırmayı denemiştir. Robot' un çizgiyi kararlı bir şekilde takip etmesi halinde ise, integral etkisi 1,0-0,5 arasında bir değer atanmıştır. İntegral değeri çok yüksekte olması halinde, robot çok hızlı sağa sola salınım yapmıştır. Çok düşük olması halinde, herhangi bir hissedilir bir fark görülmemiştir. İntegral kümülatif olduğundan, Ki integral değeri önemli bir etkisi vardır. Sayı az az arttırılmalıdır.

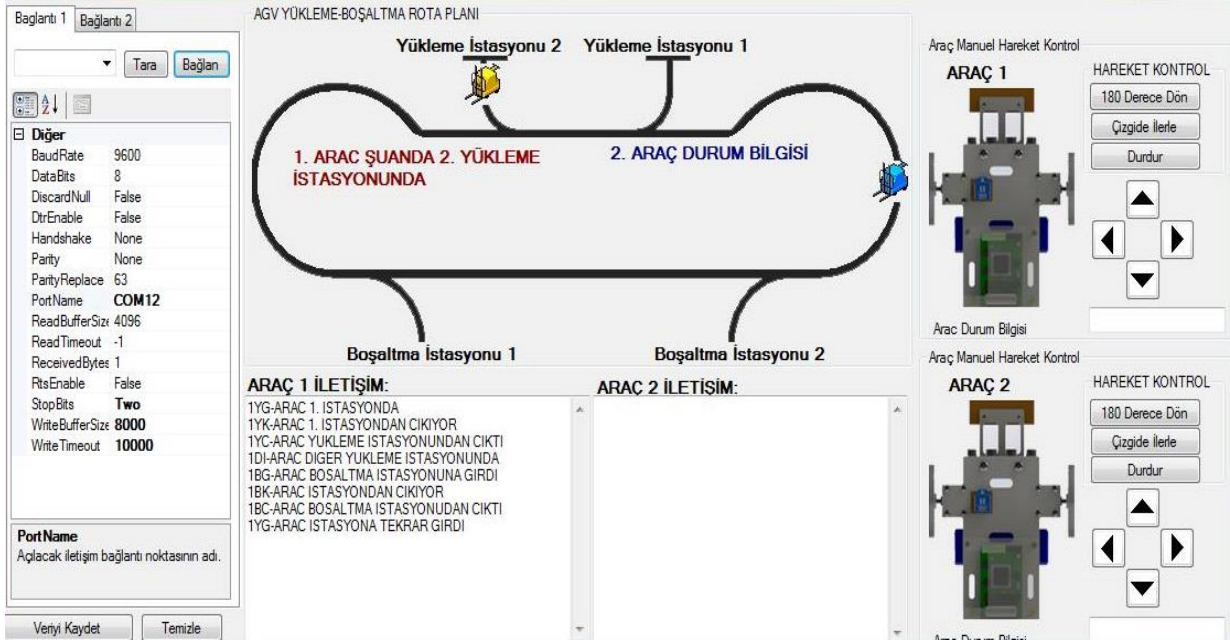
Robot iyi doğruluk ile çizgiyi takip ettikten sonra, hızını artırarak hala çizgi takip edip etmediğini gözlemlenmiştir. Hız PID kontrolörü etkilemiş ve hız değişiklikleri gibi tekrar ayar yapılmıştır.

4.6 Araçların İstasyonları Tanıması

Bu çalışmada iki robot da bağlı olan beş sensörün aynı anda siyah bant'ı görmesi durumunda enkoderli DC motorların belirli açısal hareketleriyle giriş ve çıkış istasyonlarına doğru robot hareket etmektedir.

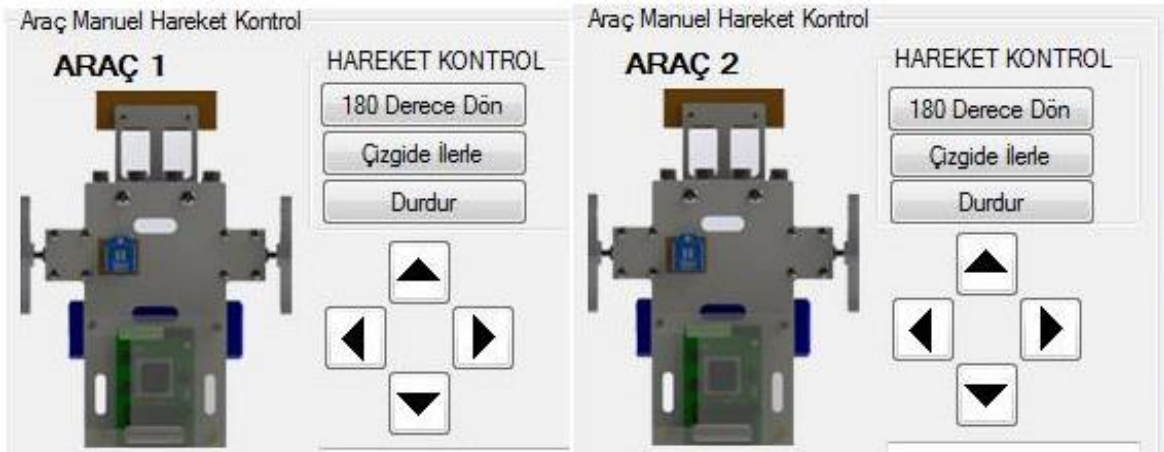
4.7 Araç Kontrol Arayüzü

Yapılan çalışmada bilgisayar arayüzü olarak C# programlama dili kullanılmıştır. Resim 4.1' de gösterildiği gibi 1 nolu araç ikinci yükleme istasyonundan ürünü alıp herhangi insan müdahalesi olmadan ürünü ikinci boşaltma istasyonuna doğru hareket eder. Kontrol arayüzünde araçların hangi istasyonunda olduğu bilgisi aktarılmaktadır. Bununla birlikte 2 nolu araç da yükleme istasyonundan ürünü alıp herhangi bir müdahale olmadan ürünü birinci boşaltma istasyonuna doğru hareket eder. Bu iki aracın hangi istasyonda olduğunu dair bilgiyi arayüz programında “Araç 1 İletişim” veya “Araç 2 İletişim” komut satırlarında görebiliriz.



Resim 4.1 Araçların sistem üzerindeki kontrol arayüzü.

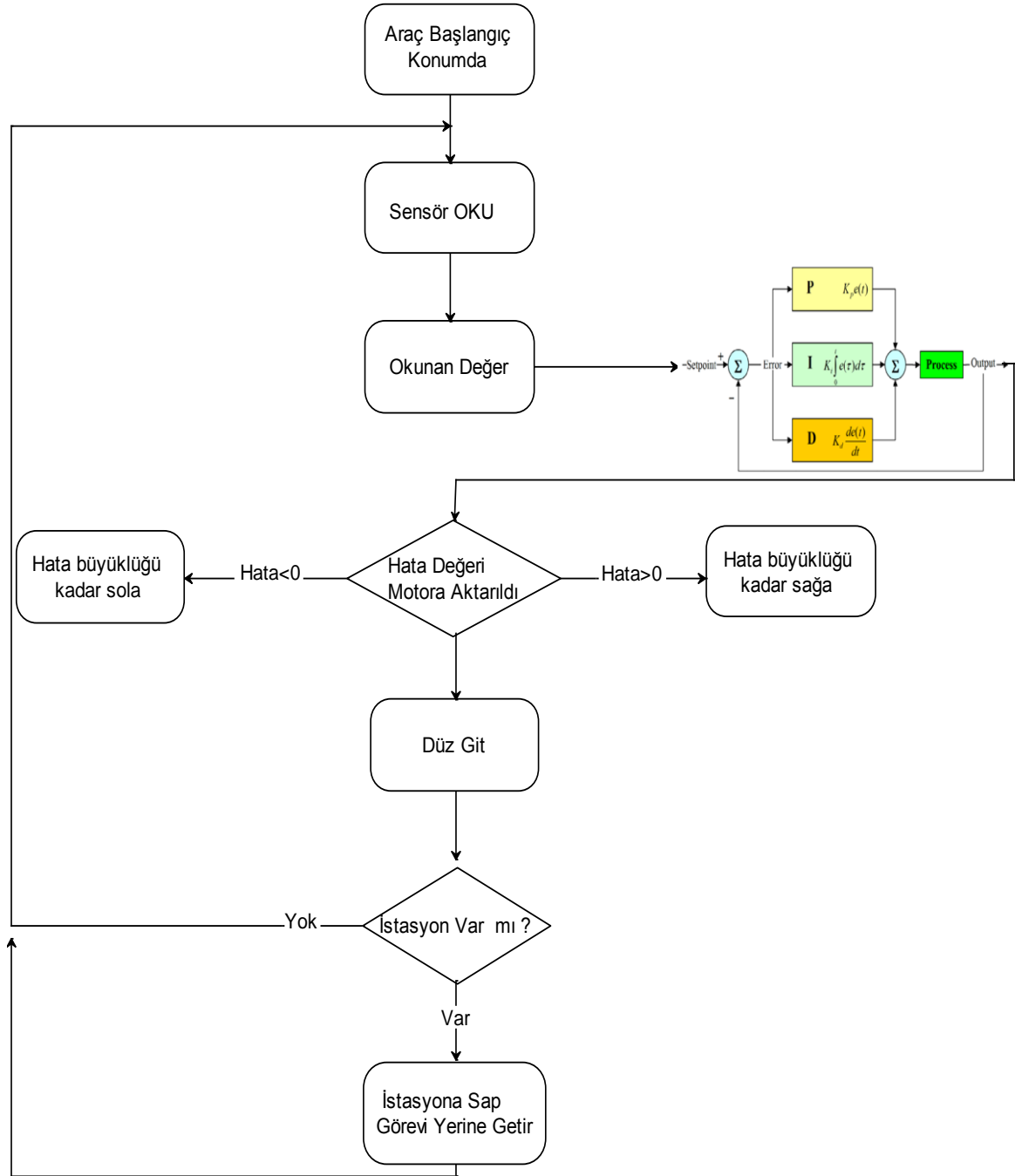
Araçların manuel hareket kontrol arayüzünde robotların çizgi üzerinde ilerleme, 180 derece dönme ve durdur işlem butonları ile uzaktan bilgisayardan kontrolü Resim 4.8’deki gibi sağlanmaktadır.



Resim 4.2 Araçların hareket kontrol arayüzü.

4.8 Araçların Hareket Akış Diyagramı

Otomatik kılavuzlu araçların sistem üzerinde bulunan sensörlerin siyah bant'ı algılayarak alınan değerleri kendi içerisinde algoritmaya çevrilerek ve bu değerler ile robotların siyah çizgiyi takip etmesi ve istasyon yakalama durum hareketini anlatan akış diyagramı Şekil 4.9' da gösterilmiştir.



Şekil 4.9 Araçların hareket akış diyagramı.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Birden fazla uygulama ortamında bulunan hareketli robot sistemlerinde mevcut teknolojiyi kullanmak, kullanılan alanda araştırmacı yetiştirip ve gelişimini sağlamak önemlidir. Hareketli robotlarda kullanılan yöntemler ve çalışma alanların gelişmesiyle uygulanan bir biçimde güncellenmektedir. Günlük hayat da kullanılan robotlarla, mevcut yapıyı gerçekleştirmek robotların kurulumu esnasında oluşan zaman kaybına, maddi sıkıntılara, zaman geçtikçe robotların yıpranması ve enerji kaybına sebep olmaktadır. Bu sebep ile portatif olarak üretilen robotların kullanımı bu olumsuzluğu meydana getirecek faktörlerin giderilmesini sağlamıştır. Bununla birlikte, portatif robotlar gerçeğe yakın veriler ve sunmuş oldukları görsellik ile eğitim amacıyla da kullanılmaktadır. Bu üretilen portatif robotlar eğitimde, her hangi bir laboratuvar ortamına gerçek robot sistemlerine gerek duyulmadan öğrenilen metotları uygulayabilmeyi, sonuçlarını gözlemlemeyi ve analizlerin gerçekleştirmesini sağlamaktadır.

Çoklu otomatik kılavuzlu araçlar ile rota planlarının tasarımı ve geliştirilmesi sisteminde sürüş denemelerinde hazırlanmış olan siyah çizgiden oluşan yolu sağa ve sola yalpalama yapmadan sorunsuz istikrarlı bir şekilde takip etmesi sağlanılmıştır. Robot sisteminde birden fazla farklı besleme gerilimleri uygulanmış olup değişik hızlarda çalıştırılması sağlanmıştır. DC motorlara uygulanan 12 Volt' luk besleme gerilimi motorların çalışma performansları düştüğü görülmüştür. İstediuimiz en iyi hız değerine 15,7 Volt' luk bir besleme gerilimi uygulandığında varılmıştır.

Çoklu otomatik kılavuzlu araçların sorunsuz bir şekilde çalışması için bir mekanizma kurulmuştur. Beyaz tahta zeminin üzerine çekilen siyah bantlar üzerinden araçların karşılıklı olarak hareket ettirilmesi sağlanmıştır. Araçların hareket ettiği beyaz zeminin ve siyah bantların temiz olması dikkat edilecek bir husustur. Kullanılan CNY 70 sensörlerin beyaz zemin üzerinde siyah bantları algılayarak araçları hareket ettirdiğinden, bant üzerindeki kirlilik miktarının araçların doğrusal harekette ilerlemesinde sorunlar meydana getirdiği görülmüştür.

İki aracın belirlenen güzergâh üzerinde birbirine çarpmadan sorunsuz bir şekilde hareket etmesi gerekmektedir. Giriş istasyonundan malzemeyi alıp hareket eden robot çıkış istasyonunda malzemeyi koyup görevini tamamlar. Çıkış istasyonundan geriye doğru hareket ederek ve 180° 'lik dönüş ile tekrar siyah bant takip yolunu yakalaması için, istasyon ile ana yolu arasındaki mesafe doğru bir şekilde ayarlanmalıdır.

Otomatik kılavuzlu araçların hareketi esnasında araçların üzerinde bulunan enkoderli DC motorların bir miktar ısındığı gözlemlenmiştir. Bu ısınmadan dolayı araçlar üzerine röle devresi yerleştirilerek anahtar görevi görmesi ön görülmektedir. Böylelikle enkoderli DC motorların çalışılmadığı durumlarda enerji kesimi yapılarak meydana gelen ısınmanın önüne geçilmiş olacaktır.

Bu yapılan çalışmada; proses iyileştirme ve ürün geliştirme çalışmaları olmayıp aynı zamanda malzemenin aktarma-taşıma, rota planlarının yapılması geliştirilmesi sistemlerinin modellenmesinde de otomasyon teknolojilerinin faal bir şekilde kullanıldığı gösterilmiştir. Otomasyonlu araçların rota planlaması ve malzeme taşıma sistemlerinde maliyeti ve iş gücünü azaltmak, dar bir alanda yüksek performans sağlamak mümkündür.

Bu yapılan çalışma ile modellenen robot uygulaması mekatronik mühendisliği, makine mühendisliği ve elektrik ve elektronik mühendisliği öğrencilerine örnek bir eğitim materyali olacaktır. Mekatronik mühendisliği eğitiminde uygulamalı dersler ve laboratuvar uygulama olmadan konuların anlaşılır hale gelmesi zorlaşmaktadır. Bununla birlikte laboratuvar ortamlarında gerçeğe yakın araçların yapılabilmesi ve kullanılabilmesi gerekmektedir. Sonunda amacı gerçek olan araçların portatifi, eğitimde ki öğrencilerin anlayışını da geliştirecektir. Bu nedenle yapılan sistem genişletilmeye ve geliştirilmeye uygun bir yapıdadır. Yapılan bu çalışma başlı başına robot uygulaması olmayıp; mekatronik mühendisliği eğitiminde kullanılacak laboratuvar merkezinin oluşturulmasına zemin hazırlayacaktır.

6. KAYNAKLAR

- Akpınar, Ö. (2008). Depolama Amaçlı Görüntü İşleme Tabanlı Bir Kartezyen Robot Tasarımı. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Aydın, Ö. (2012). Otomatik Yönlendirmeli Araçlarda Yörünge Kontrolü. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Aangeloudis, P. and Bell, M.G.H. (2010). An Uncertainty-Aware AGV Assignment Algorithm For Automated Container Terminals. *Transportation Research*, **46**: 9, 354–366.
- Bal, G. (2004). Adım Motorları, Özel Elektrik Makineleri. *Aydın Kitapevi*, Ankara.197.
- Barbera, H.M. and Perez, D.H. (2010). Autonomous Navigation of an Automated Guided Vehicle in Industrial environments. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, **26**: 11, 296–311.
- Beliveau, Y.J., Fithian J. E. and Deisenroth M. P. (1996). Autonomous Vehicle Navigation With Real-Time 3D Lazer Based Positioning For Construction. *Automation in Construction*, **5**: 4, 261–272.
- Bilge, U. and Tanchoco, J.M.A. (1997). AGV Systems With Multi-Load Carriers: Basic Issues And Potential Benefits. *Journal of Manufacturing Systems*, **16**: 3, 159–174.
- Chin HO,Y. and We Liao T. (2009). Zone Design and Control For Vehicle Collision Prevention and Load Balancing in a Zone Control AGV System. *Computers & Industrial Engineering*, **56**: 1-7, 257-266.
- Evers, J. J.M. and Koppers S. A.J. (1995). Automated Guided Vehicle Traffic Control at a Container Terminal. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, **30**: 1, 21–34.

- Ertuğrul, M., Şabanoviç, A. ve Kaynak, O. (1995). “Various VSS Techniques on the Control of Automated Guided Vehicles and Autonomous Mobile Robot”, *Project report of 50 CAD/CAM Robotics Dept. TUBİTAK Marmara Research Center, Gebze-Kocaeli, Turkey, (1995).*
- Ersöz, H. (2007). Endüstriyel Robotlar ve Uygulama Alanları. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Hague, T. and Tillett N. D. (1995). Navigation and Control of an Autonomous Horticultural Robot. An Autonomous Robot for Weed Control, **23**: 3, 12-13.
- Ho, Y.C. and Liao, T.W. (2009). Zone Design and Control For Vehicle Collision Prevention and Load Balancing in a Zone Control AGV System. *Computers & Industrial Engineering*, **56**: 8, 417–432.
- Hsiang Wu, K., Chien, C.H. and KO, J.M. (1999). Path Planning and Prototype Design of an AGV. *Mathematical and Computer Modelling* **30**: 12, 147-167.
- Jung, K., Kim J., Kim J., Jung E. and Kim S., (2014). Positioning Accuracy Improvement of Laser Navigation Using UKF and FIS. *Robotics and Autonomous Systems*, In Press.
- Korçak, E.B. (2010). Otomatik Malzeme Taşıma Sistemi Tasarımı İçin Hibrid Yaklaşım. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Koç, S. and Dal, M.A. (2013). MikroC ile ARM Programlama. İstanbul, 41-82.
- Lee, S.Y. and Yang, H.W. (2012). Navigation of Automated Guided Vehicles Using Magnet Spot Guidance Method. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, **28**: 1, 425–436.
- Makela, H. and Numers, T. (2001). Development of a Navigation and Control System For an Autonomous Outdoor Vehicle in a Steel Plant. *Control Engineering Practice*, **9**: 11, 573-583.
- Mantel, R. J. and Landeweerd H. R. A. (1995). Design and Operational Control of an AGV System. *International Journal of Production Economics*, **41**: 1–3, 257–266.

- Morse, M.J. (1994). Adım Motorlar, 8. Mikroişlemci-Tabanlı Sistemler. (Editör Prof.Dr. ALSAN, S.) Everen Ofset, Ankara. 338.
- Özyalçın, İ. (2006). Kartezyen Robot Tasarımı. Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antakya.
- Öztürk, F.Ş. (2014). İnsansız Hareket Edebilen Otomatik Depolama ve Boşaltma Sistemi Eğitim Seti Tasarımı ve İmalatı. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar.
- Soygüder, S. (2004). Programlanabilir Lojik Kontrolör Kullanarak PID Yönetimi ile Bir Scara Robotun Kontrolü. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Elazığ.
- Seelinger, M. and Yoder J.D. (2005). Automatic Visual Guidance of a Forklift Engaging a Pallet. *Robotics and Autonomous Systems*, **54**: 12, 1026–1038.
- Shah, M., Lin, L. and Nagl, R. (1997). Production Order-Driven AGV Control Model With Object-Oriented Implementation. *Computer Integrated Manuturing Systems* **10**: 1, 35-48.
- Tuna, Y., Doruk, A., Güner, E. and EREN, T. (2004). Otomatik Yönlendirmeli Araç Sistemlerinde Akış Yol Tasarımı. Gazi Üniversitesi, Kırıkkale Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Ankara, Kırıkkale. **7**:1, 95-103.
- Topalak, M. (2012). Tabakalı Kompozit Levhalarda Cıvata ve Kör Perçinlerin Birleşmeye Olan Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar.
- Vatansever, S., Karabayır, O. ve Öztemur, M. (2007). Konveyör Bant Üzerinde Sıvı Dolumu ve Karışımı Yapan Otomasyon Sistemi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü.(Proje Yöneticisi Prof.Dr. Yıldırım T.), İstanbul.
- Vis, I.F.A. (2006). Survey of Research in the Design and Control of Automated Guided Vehicle Systems. *European Journal of Operational Research* **170**: 9, 677–709.
- Xidias, E. K. and Azariadis P. N., (2011). Mission Design For a Group of Autonomous Guided Vehicles. *Robotics and Autonomous Systems*, **59**: 1, 34–43.

- Yılmaz, M. (2007). Step Motor İle İki Eksenli Robot Kol Tasarımı. Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Yıldız, G. ve Tunalı, S. (2001). Bir İmalat Firmasında Otomatik Kılavuzlu Araç Kullanımına İlişkin Benzetim Modelleme. Dokuz Eylül Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İzmir.
- Yılmaz, S. (2006). Bir Robot Kolu Mekanizmasında Adım Motorları Vasıtasıyla Verilen Koordinatlara Hareketin Gerçekleştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Yorulmaz, S. ve Yılmaz, A. (2007). Hedef Bulan Robot Projesi. Elektrik Mühendisleri Odası 3. Proje Yarışması, İstanbul.

İnternet Kaynakları

1. <http://robotbilim.org.tripod.com/tarihce.html>, (11.04.2014)
2. <http://www.lojisturk.net/haber.php?hid=1296659445>, (12.04.2014)
3. <http://www.vijayseals.com/guide-tape>, (12.03.2014)
4. <http://www.uline.com/TapeGuides.htm>, (10.02.2014)
5. <http://www.aimagv.com/laser-target.html>, (22.06.2014)
6. <http://www.omicron-laser.de/english/lasers/diode-lasers/modulated-lasers.html>,(18.04.2014)
7. <http://www.agvsystems.com/>, (28.07.2014)
8. http://www.daifukuwebb.com/Products/guidance_options, (26.06.2014)
9. http://www.egeminusa.com/pages/software/agvs_ensor.html, (07.07.2014)
10. <http://www.jbtc-agv.com/en/Solutions/Applications/Raw-Material-Handling>,(07.07.2014)
11. <http://www.transbotics.com/learning-center/drive-steering/>, (10.06.2014)
12. <http://eprints.unife.it/404/>, (15.06.2014)
13. http://www.egeminusa.com/pages/agvs/agvs_battery_charging.html, (05.08.2014)
14. <http://www.hitechroboticsystemz.com/agv.html>, (12.06.2014)
15. http://www.egeminusa.com/pages/agvs/agvs_hybrid.html, (13.07.2014)
16. <http://www.jbtc-agv.com/en/Solutions/Applications/Roll-Handling>,(16.06.2014)
17. <http://www.jbtc-agv.com/en/Solutions/Applications/Work-in-Process-Movement>, (16.06.2014)
18. <http://www.jbtc-agv.com/en/Solutions/Applications/Automatic-Trailer-Loading-AGVs>, (05.06.2014)
19. <http://www.jbtc-agv.com/en/Solutions/Applications/Automatic-Trailer-Loading-AGVs>, (04.05.2014)
20. http://www.egeminusa.com/pages/solutions/agv_solutions_atl.html,(06.02.201)
21. <http://www.jbtc-agv.com/en/Solutions/Applications/Roll-Handling>,(06.04.2014)

22. http://www.egemin-automation.com/en/automation/material-handling-automation_ha-solutions_agv-systems_agv-industries/pharmaceuticals-agv, (08.05.2014)
23. <http://www.jbtc-agv.com/en/Solutions/Industries/Chemical-AGVs>, (05.06.2014)
24. http://www.egeminusa.com/pages/industries/general_manufacturing.html, (11.04.2014)
25. <http://www.jbtc-agv.com/en/Solutions/Industries/Automotive-AGVs>, (19.04.2014)
26. <http://www.egemin-automation.com/>, (05.04.2014)
27. <http://www.jbtc-agv.com/en/Solutions/Industries/Food-and-Beverage>, (12.05.2014)
28. http://www.egemin-automation.com/en/automation/material-handling-automation_ha-solutions_agv-systems_agv-industries/hospitals-agv, (07.05.2014)
29. http://www.egeminusa.com/pages/battery_charging/agvs_battery_charging_autoswap.html, (13.05.2014)
30. http://www.egeminusa.com/pages/agvs/agvs_battery_charging.html, (29.04.2014)
31. http://www.egeminusa.com/pages/agvs/agvs_battery_charging.html, (29.04.2014)
32. <http://www.butunsinavlar.com/dc-motorlar-ve-cesitleri.html>, (04.09.2014)
33. http://www.robotiksistem.com/motorlar_motor_cesitleri.html, (04.09.2014)
34. MEB, “Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi”, http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/modul_pdf/523EO0190.pdf, (04.09.2014)
35. <http://www.elektrikrehberiniz.com/elektrik-motorlari/dc-motor-nedir-454/>, (04.09.2014)
36. <http://www.elektrikrehberiniz.com/elektrik-motorlari/dc-motor-calisma-prensibi-472/>, (04.09.2014)
37. <http://www.robitshop.com/Rover-5-Motor-Surucu-Karti-Rover-5-Motor-Driver-Board,PR-2828.html>, (04.09.2014)

38. <http://robot.ee.hacettepe.edu.tr/Dosyalar/makaleler/CNY70.pdf>, (09.09.2014)
39. <http://www.robishop.com/XBee-2mW-PCB-Antenna-Series-2-ZigBee-Mesh,PR-2301.html>, (10.09.2014)
40. <http://www.robishop.com/XBee-Explorer-USB,PR-420.html>, (10.09.2014)
41. <http://www.robotistan.com/HC-SR04-Ultrasonik-Mesafe-Sensoru,PR-1473.html>, (12.09.2014)
42. <http://www.st.com/web/catalog/mmc/FM141/SC1169/SS1574/LN7/PF251901?sc=internet/mcu/product/251901.jsp>, (25.09.2014)
43. <http://www.robishop.com/Shield-Wireless-Shield-Arduino-XBee-Shield,PR-1752.html>, (25.09.2014)

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ercan ŞİMŞİR
Doğum Yeri ve Tarihi : KARAMAN 01/05/1989
Yabancı Dili : İngilizce
İletişim (Telefon/e-posta) : 0546 970 22 61 / ercansimsir@hotmail.com

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Temizel – Ünlü Bilgisayar Anadolu Lisesi 2003-2008
Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi Makine Resmi ve
Konstrüksiyon Öğretmenliği 2008-2012
Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı 2013-2015

EKLER

EK-1

ARM Programı

```
#define sag_motor_pin1 GPIOc_oDR.B4
#define sol_motor_pin1 GPIOc_ODR.B5
#define sn1 GPIOa_IDR.B1
#define sn2 GPIOc_IDR.B0
#define sn3 GPIOc_IDR.B1
#define sn5 GPIOa_IDR.B5
#define led_1 GPIOc_oDR.B8
#define led_2 GPIOc_oDR.B9
#define Sag_motorA GPIOF_IDR.B0
#define Sag_motorB GPIOF_IDR.B1
#define Sol_motorA GPIOF_IDR.B6
#define Sol_motorA GPIOF_IDR.B7
```

```
/*////////// Yazılılm Araç 2 //////////*/
```

```
//// Değişken tiplerinin belirlenmesi////
```

```
float hata = 0, hata_gecmis = 0, hata_fark = 0, hata_toplam = 0 ;
```

```
char a;
```

```
unsigned gelen;
```

```
int ist=0;
```

```
unsigned engel[5];
```

```
int art=0;
```

```
float const p_k = 2;
```

```
float const i_k = 10;
```

```
float const d_k = 13;
```



```

float hiz_max = 1500;
float p = 0, i = 0, d = 0 ;
float t = 0;
float toplam = 0, sayac = 0 ;
float pozisyon = 30, pozisyon_son = 30;

int x = 0 ;

void motor_pwm (int solmotor, int sagmotor){ // motor_pwm parametresine verilen
değerlerin 0'dan küçük olup
// olmadığının karşılaştırılması yapılarak
// motorların ileri veya geri yönde
// gideceği
if (sagmotor < 0){ // belirlenmektedir.
sag_motor_pin1 = 0 ;
}
else {
sag_motor_pin1 = 1 ;
}
if (solmotor < 0){
sol_motor_pin1 = 1 ;
}
else {
sol_motor_pin1 = 0 ;
}
// eğer hiçbir veri yoksa motor pwm değeri ne ise aynısı aktarır

PWM_TIM1_Set_Duty(abs(sagmotor), _PWM_NON_INVERTED,
_PWM_CHANNEL1);
PWM_TIM1_Set_Duty(abs(solmotor), _PWM_NON_INVERTED,
_PWM_CHANNEL2);
}

```

```

void sensor_oku () { // sensörlerin okunup son pozisyona aktarılacağı değişken

toplamlam = 0;
sayac = 0;

if (sn1 == 0 && sn2 == 0 && sn3==0 && sn4==0 && sn5==0)
{
    ist=1+ist;
    led_2=1;
    led_1=1;
    if (ist==3) {
        led_2=1;
        motor_pwm(500,500);
        delay_ms(10);
    }
}
else {
    if (sn1 == 1) {toplamlam=toplamlam+10;sayac=sayac+1; } // soldaki sensör
    if (sn2 == 1) {toplamlam=toplamlam+20;sayac=sayac+1; }
    if (sn2==1 && sn3==1) {toplamlam=toplamlam+25;sayac=sayac+1;}
    if (sn3 == 1) {toplamlam=toplamlam+30;sayac=sayac+1; } // ortadaki sensör
    if (sn4==1 && sn3==1) {toplamlam=toplamlam+35;sayac=sayac+1;}
    if (sn4 == 1) {toplamlam=toplamlam+40;sayac=sayac+1;}
    if (sn5 == 1) {toplamlam=toplamlam+50;sayac=sayac+1;}
}
sn1=0;
sn2=0;
sn3=0;
sn4=0;
sn5=0;
led_1=0;
led_2=0;

```

```

pozisyon = toplam/sayac;
if(pozisyon==0){pozisyon=pozisyon_son;}
pozisyon_son=pozisyon;

////////////////////////////////////
//////////////////////////////////// PİD değerleri //////////////////////////////////////
////////////////////////////////////

hata = 30 - pozisyon;
hata_fark = hata - hata_gecmis;
hata_toplam = hata + hata_gecmis;
hata_gecmis = hata;

p= p_k*hata;
i=i_k*hata_toplam;
d=d_k*hata_fark;
t=p+i+d;

////////////////////////////////////
//////////////////////////////////// PİD nin Donanıma uygulanması////////////////////////////////////
////////////////////////////////////

if(t>hiz_max) {t=hiz_max-50;}
if(t<-hiz_max){t=-hiz_max+50;}

if (hata>0) { motor_pwm(hiz_max-t,hiz_max);}
if (hata<0) { motor_pwm(hiz_max,hiz_max+t);}
if (hata==0){ i = 0;motor_pwm(hiz_max-100,hiz_max-100);}

}

```

```

void engel_var(){

    gelen = ADC1_Get_Sample(0);
    engel[art] = gelen;
    art++;

    if ( engel[0]>1500 && engel[1] >1500 && engel[2] >1500 && engel[3]
>1500){

        led_1=1 ;
        led_2=1 ;

        motor_pwm(1,1);
        delay_ms(1000);
    }
    if (art ==5) {
        art = 0;
    }
}

////////// İstasyon Yakalama//////////

void istasyon(){

    if (sn1 == 1 && sn2 == 1 && sn3==1 && sn4==1 && sn5==1 )
    {
        x=x+1; // x değişkeni istasyona önündeki çizgi algılandığı zaman 1 olur.
        led_1 =1;
        motor_pwm(1000,1000); // motorları 10000 pwm frekansı ile ileri götürür ve
çizgiden kurtulmasını sağlar
        delay_ms(500); // 250 ms ileri git
        led_1=0;
    }
}

```

```

if(x==1) // 1. çizgide istasyon var ve ileri git.
{
    UART2_Write_Text("Araç 1. İstasyona Saptı"); //ilk olarak gönderilen yazı
    UART2_Write(13); //başlangıç biti
    UART2_Write(10); // bitiş biti

    motor_pwm(1000,1);
    delay_ms(4800);
    motor_pwm(1000,1000);
    delay_ms(2000);
    motor_pwm(1,1);
    delay_ms(2000);

    motor_pwm(-1000,-800);
    delay_ms(5300);

    motor_pwm(1,1000);
    delay_ms(3000);
    motor_pwm(1,1);
    delay_ms(2500);

    UART2_Write_Text("Araç 1. İstasyondan Çıktı"); //ilk olarak gönderilen yazı
    UART2_Write(13); //başlangıç biti
    UART2_Write(10); // bitiş biti

    x=2; // istasyon ile işin bittiği zaman x i 2 ye eşitle
}

else if (x==3){
    UART2_Write_Text("Araç İstasyon girişinde ");
    UART2_Write(13); //başlangıç biti
    UART2_Write(10); // bitiş biti
}

```

```
led_1 =1;
motor_pwm(1000,1000); // motorları 10000 pwm frekansı ile ileri götürür ve
çizgiden kurtulmasını sağlar
delay_ms(2000); // 250 ms ileri git
led_1=0;

UART2_Write_Text("Araç İstasyon girişinden Ayrıldı ");
UART2_Write(13); //başlangıç biti
UART2_Write(10); // bitiş biti

x=4;
}

else if (x==5){

UART2_Write_Text("Araç 2. İstasyonda");
UART2_Write(13); //başlangıç biti
UART2_Write(10); // bitiş biti

motor_pwm(1000,1000);
delay_ms(3000);

motor_pwm(500,-500);
delay_ms(3700);

motor_pwm(1,1);
delay_ms(3000);

motor_pwm(-500,500);
delay_ms(4000);
```

```

    motor_pwm(1,1);
    delay_ms(2000);
    UART2_Write_Text("Araç 2. İstasyondan Çıktı");
    UART2_Write(13); //başlangıç biti
    UART2_Write(10); // bitiş biti

    // 4. istasyonda sensörleri 0 lar ve bir sonraki 4. istastonda tekrar sapar

    x=8;
}

else if (x==9){

    motor_pwm(1000,1000);
    delay_ms(200);

    x=10;
}

else if (x==11){

    UART2_Write_Text("Sensörler Sıfırlandı");
    UART2_Write(13); //başlangıç biti
    UART2_Write(10); // bitiş biti
    led_2 =1;
    delay_ms(100);

    x=0; // 4. istasyonda sensörleri 0 lar ve bir sonraki 4. istastonda tekrar sapar
}
}

```

```

void encoder_veri() {

    if (Sag_motorA == 1) {
        UART2_Write_Text("Motor Dönüyor"); //ilk olarak gönderilen yazı
        UART2_Write(13); //başlangıç biti
        UART2_Write(10); // bitiş biti
    }
}

void Timer2_interrupt() iv IVT_INT_TIM2 {
    TIM2_SR.UIF = 0; // Kesme Bayrağı
    engel_var();
}

void main ()
{

    GPIO_Digital_Output(&GPIOc_ODR, _GPIO_PINMASK_8| _GPIO_PINMASK_9|
    _GPIO_PINMASK_4| _GPIO_PINMASK_5);

    GPIO_Digital_Input (&GPIOc_IDR, _GPIO_PINMASK_0| _GPIO_PINMASK_1 );
    GPIO_Digital_Input (&GPIOF_IDR, _GPIO_PINMASK_0| _GPIO_PINMASK_1 |
    _GPIO_PINMASK_6 | _GPIO_PINMASK_7 );
    GPIO_Digital_Input (&GPIOa_IDR, _GPIO_PINMASK_1| _GPIO_PINMASK_4|
    _GPIO_PINMASK_5 );

    PWM_TIM1_Init(10000); // Pwm Freqansı belirleniyor

    PWM_TIM1_Start(_PWM_CHANNEL1,
    &_GPIO_MODULE_TIM1_CH1_PA8); // 1. Kanaldaki pwm TIM1 frekansı ile
    kullanılacağını ve a8 bacağından alınacağını tanımlı

    PWM_TIM1_Start(_PWM_CHANNEL2,
    &_GPIO_MODULE_TIM1_CH2_PA9); // 2. Kanaldaki pwm TIM1 frekansı ile
    kullanılacağını ve a9 bacağından alınacağını tanımlı

```



```

        ADC_Set_Input_Channel(_ADC_CHANNEL_0); // Port a3
        ADC1_Init();
RCC_APB1ENR.TIM2EN = 1; // Kesme Modülü etkinleştirildi
TIM2_CR1.CEN = 0; // Zamanlayıcı devre dışı
TIM2_PSC = 0; // Zamanlayıcı ön derleyici
TIM2_ARR = 23999;
NVIC_IntEnable(IVT_INT_TIM2); // Tanımlanan kesme tipine izin verir.
TIM2_DIER.UIE = 1; // Kesme Güncellemesi yüklendi
TIM2_CR1.CEN = 1; // Kesme Etkinleşti

        NVIC_IntEnable(IVT_INT_EXTI0_1);

UART2_Init(9600); // initialize UART2 module
Delay_ms(100);

UART_Set_Active(&UART2_Read, &UART2_Write, &UART2_Data_Ready,
&UART2_Tx_Idle ); // Uart modüllerini aktive ediyor...

        UART2_Write_Text("Bismillah"); //ilk olarak gönderilen yazı
        delay_ms(100);
        UART2_Write(13); //başlangıç biti
        UART2_Write(10); // bitiş biti

        do {

                istasyon();
                sensor_oku();

                led_1=0;
                led_2=0;
        }while(1);
}

```