

**EKSKAVATÖR TİPİ İŞ MAKİNASI
SİMULATÖRÜNÜN KONTROL, TASARIM VE
İMALATININ GERÇEKLEŞTİRİLMESİ**

**2012
YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ**

Oğuz ÇEVİK

**EKSKAVATÖR TİPİ İŞ MAKİNASI SİMULATÖRÜNÜN KONTROL,
TASARIM VE İMALATININ GERÇEKLEŞTİRİLMESİ**

Oğuz ÇEVİK

**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK
Nisan 2012**

Oğuz ÇEVİK tarafından hazırlanan “EKSKAVATÖR TİPİ İŞ MAKİNASI SİMULATÖRÜNÜN KONTROL, TASARIM VE İMALATININ GERÇEKLEŞTİRİLMESİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd.Doç.Dr. İbrahim ÇAYIROĞLU
Tez Danışmanı, Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı

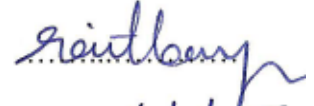


Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 20 / 04 / 2012

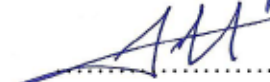
Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Doç.Dr. Raif BAYIR (KBÜ)



Üye : Yrd.Doç.Dr. İbrahim ÇAYIROĞLU (KBÜ)



Üye : Yrd.Doç.Dr. İlhami Muhtarrem ORAK (KBÜ)



04 / 07 / 2012

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Nizamettin KAHRAMAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Oğuz ÇEVİK

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

EKSKAVATÖR TİPİ İŞ MAKİNASI SİMULATÖRÜNÜN KONTROL, TASARIM VE İMALATININ GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Oğuz ÇEVİK

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Yrd. Doç. Dr. İbrahim ÇAYIROĞLU

Nisan 2012, 66 sayfa

Bu çalışmada, ekskavatör tipi iş makinesi sürüş yeteneğinin, gerçek makine kullanımına geçilmeden önce simulatörde kazandırılması amacıyla bir eğitim simülâtörü tasarımı, imalatı ve kontrolü gerçekleştirilmiştir. Böylece gerçek iş makinesi eğitiminden doğacak risk ve maddi kayıplar en az seviyeye indirilmiş olacaktır.

Çalışmada kullanmak amacıyla; bom, stik ve kepçeden oluşan ve bu organları gerçek makinedeki gibi hidrolik akış ile kontrol edebilen, iki palet ile hareket edebilen küçük boyutta ekskavatör robot üretilmiştir. Bu kapsamda hidrolik bileşenlerin gerçek makine hareketlerine benzetimi sağlanmakta ve sistemin RF (Radyo Frekans) kanalı üzerinden kablosuz kontrolü gerçekleştirilmektedir. Ayrıca paletlerin hareketi ve üst yapının dönüş hareketi tasarlanan sürücü devresiyle gerçekleştirilmiştir. Ekskavatör robotun kumanda kontrol hareketleri gerçek makinedeki operatör

kullanımına benzemektedir. Robot üzerindeki sürücü kabinine bir kamera ve bu kamerayı 2 boyutta hareket ettirebilen mikro servo motorlarla kurulmuş sistem yerleştirilerek gerçek kullanımı simüle etmek amaçlanmaktadır. Kamera görüntüleri, robot çalışma alanı dışındaki kontrol noktasında bulunan eğitimcinin taktığı video gözlük sistemine aktarılmaktadır. Video gözlük sistemi kullanımının amacı; bulunduğu çevre görüntülerden bağımsız olarak, eğitimcinin sadece robottan alınan görüntüleri izleyerek ekskavatörü kullanmasıdır. Eğitimcinin kafasına bağlanan hareket takip cihazı ile kafa dönüş hareketleri algılanıp robottaki kameranın döndürme mekanizmasına iletilmektedir. İki joystick kol arabirimi ile desteklenen yapı sayesinde eğitimci dış mekândan bağımsız tamamen robotun içerisinde ekskavatörü kullanıyor izlenimine sahip olmaktadır.

Anahtar Sözcükler : Ekskavatör, simulatör, robot, uzaktan kontrol, görüntü aktarımı

Bilim Kodu : 715.1.084

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

CONTROL, DESIGN AND MANUFACTURING OF EXCAVATOR TYPE BUSINESS MACHINE SIMULATOR

Oguz CEVIK

**Karabük University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Computer Engineering**

Thesis Advisor:

Asst. Prof. Dr. Ibrahim CAYIROGLU

April 2012, 66 pages

In this study, prior to the use of a real machine, for the purpose of obtaining driving ability of excavator type construction machinery on simulator, a training simulator design, manufacturing and control is performed. Thus, the risks and financial losses resulting from the training the actual work machinery will be reduced to minimize.

In order to use in this study, composed of boom, stick and bucket and able to control these organs with hydraulic flow such as real machine, and can move via two pallets a small size excavator robot is manufactured. In this context, the simulation of hydraulic components to real machine movements is provided, and wireless control of system is carried out through the RF (Radio Frequency) channel. In addition, the movement of the pallets and turning of the upper structure is achieved by designed drive circuit. Control functions of the excavator robot resemble the use of real machine driving. In cockpit on the robot, by placing a system that composed

of a camera and two micro servo motors which move the camera in 2 dimensions, to simulate the actual use is intended. Images gotten from the camera are transferred to video goggles that worn by the trainer who located on the control point outside of the robot's work space. The purpose of the use of video eyewear system, regardless of the environment images, the educator uses the excavator by following the images only gotten from the robot. Educator's head movement is detected by the tracking device and data are delivered to camera movement mechanism on the robot. Thanks to this structure supported by two joystick lever interface, the trainer will have the impression that he is on the robot and using the excavator regardless of the outer space.

Key Words : Excavator, simulator, robot, remote control, image transfer

Science Code : 715.1.084

TEŞEKKÜR

Bu tez alıőmasının planlanma, araőtırılma, yürütölmesi ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalıőmamı bilimsel temeller ışığında őekillendiren sayın hocam Yrd.Doç.Dr. İbrahim AYIROğLU'na sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Mekanik kısmı oluőturan metal parçaların işlenmesinde imkânlarından yararlandığım metal atölyesini kullanmama müsaade gösteren Metal bölümü öğretim üyelerine, tecrübe ve bilgilerini paylaşan Doç.Dr. Raif BAYIR ve Yrd.Doç.Dr. Can Bülent FİDAN hocalarıma, ayrıca motor sürücü devresi tasarımı ve programlaması konusunda yardımlarını esirgemeyen öğretim Recep GÜNAYDIN ve Arő. Gör. Mustafa AYDIN'a teőekkürlerimi bildiririm.

Sevgili aileme manevi hiçbir yardımcı esirgemedен yanımda oldukları için tüm kalbimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	5
LİTERATÜR TARAMASI.....	5
BÖLÜM 3	11
EKSKAVATÖR ROBOTUN TASARIM, İMALAT VE MONTAJI.....	11
3.1. EKSKAVATÖRÜN TASARIMI.....	11
3.1.1. Boyutsal Tasarımın Yapılması, Çizimlerin Gerçekleştirilmesi.....	11
3.1.2. Hidrolik Tasarım ve Hesaplar	13
3.2. EKSKAVATÖRÜN İMALAT VE MONTAJI.....	14
3.2.1. Alt Şase İmalatı ve Montajı.....	14
3.2.2. Üst Şase İmalatı ve Montajı	17
3.2.3. Hidrolik Devre Montajı	20

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 4	23
ELEKTRONİK KONTROL	23
4.1. PIC MİKRODENETLEYİCİLER.....	23
4.2. L298 MOTOR SÜRÜCÜ ENTEGRESİ	24
4.3. ANA DEVRE TASARIMI.....	25
4.4. FARADAY KAFESİ.....	28
4.5. MİKRO SERVO MOTORLAR VE KONTROLÜ	29
4.6. UZAKTAN KONTROL SİSTEMİ BİLEŞENLERİ.....	32
4.6.1. Kumanda ve Alıcı.....	32
4.6.2. DT-3K Hareket Takip Cihazı	33
4.6.3. USB'den PPM (Pulse Position Modulation) Sinyaline Dönüştürücü	34
4.6.4. Joystick Kollar	35
4.7. GÖRÜNTÜ AKTARIMI	36
4.7.1. Video Gözlük.....	38
4.8. KAMERA KONTROLÜ	39
BÖLÜM 5	40
DENEYSEL ÇALIŞMALAR	40
BÖLÜM 6	53
SONUÇLAR	53
KAYNAKLAR	56
ÖZGEÇMİŞ	58
EK AÇIKLAMALAR A. EKSKAVATÖR ROBOTUN TASARIM ÇİZİMLERİ ..	59

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1.	Ticari olarak da satılan örnek ekskavatör iş makinesi simülatörleri.....	1
Şekil 1.2.	Tasarımı gerçekleştirilen ekskavatör robot.....	3
Şekil 1.3.	İmalatı gerçekleştirilen ekskavatör robot.....	3
Şekil 1.4.	Sistem entegrasyonu.....	4
Şekil 3.1.	Tasarımı yapılan ekskavatörün çizimleri.....	11
Şekil 3.2.	Tasarlanan ekskavatörün 3 boyutlu modeli.....	12
Şekil 3.3.	Ekskavatör kinematik yapısı ana hatları.....	12
Şekil 3.4.	Ekskavatör hidrolik bağlantı düzeneği.....	14
Şekil 3.5.	Alt şase.....	15
Şekil 3.6.	Üst yapının dönüşünü sağlayan merkez dişli.....	15
Şekil 3.7.	Palet mekanizmasının genel yapısı.....	16
Şekil 3.8.	Palet zinciri yapısı.....	16
Şekil 3.9.	Merkez dişli ve köprü altındaki sonsuz dönüş için fırçalı düzenek.....	17
Şekil 3.10.	Üst tabla.....	18
Şekil 3.11.	Dişli hareketi.....	18
Şekil 3.12.	Bom kolu ve silindirlerinin bağlantı noktaları.....	18
Şekil 3.13.	Hareketli organ parçalarından kepçe ve stik kolu.....	18
Şekil 3.14.	Ekskavatör robotun oluşumu.....	19
Şekil 3.15.	Dişli pompa çalışma sistemi.....	20
Şekil 3.16.	12 bar gücünde mini hidrolik pompa.....	20
Şekil 3.17.	5/2 oransal yön kontrol valfin çalışma sistemi.....	21
Şekil 3.18.	3 hareketli organ için 3'lü hidrolik valf.....	21
Şekil 3.19.	Üst yapıdaki hidrolik devrenin oluşumu.....	22
Şekil 4.1.	PIC16F876 bacak yapısı.....	23
Şekil 4.2.	Üst yapı motoru sürücü entegresi.....	24
Şekil 4.3.	Geliştirilen kontrol devresi.....	26
Şekil 4.4.	Ana devre şeması.....	26
Şekil 4.5.	Kumanda kontrol sistemi.....	27

Sayfa

Şekil 4.6.	Schottky bariyer diyodun kullanımı.	28
Şekil 4.7.	Çalışmada kullanılan mikro servo motorlar.....	30
Şekil 4.8.	Mikro servo motor çalışma prensibi	30
Şekil 4.9.	Pals genişliğine göre mikro servo motorun dairesel hareketi.	31
Şekil 4.10.	Hidrolik valf ile mikro servo motor bağlantısı.	31
Şekil 4.11.	Kullanılan Futaba 7CAP kumanda.	32
Şekil 4.12.	Kullanılan 8 kanallı alıcının sinyal yapısı.....	33
Şekil 4.13.	Ana devrenin denetlediği kanallar.	33
Şekil 4.14.	DT-3K Hybrid head tracker (hareket takip cihazı).	34
Şekil 4.15.	USB -PPM dönüştürücü kablo.....	34
Şekil 4.16.	Gerçek ekskavatörün operatör kabini iç görünümü.	35
Şekil 4.17.	Ekskavatörün kumanda kontrol hareketleri	35
Şekil 4.18.	Kullanılan joystick kollar.	36
Şekil 4.19.	Kullanılan mini kamera.	36
Şekil 4.20.	Video aktarımı a) AV alıcı-verici, b) PC’de video izleme ve kayıt cihazı.....	37
Şekil 4.21.	Kamera görüntüleri, a) Yakın mesafe, b) Uzak mesafe.....	37
Şekil 4.22.	3D Video gözlük seti.	38
Şekil 4.23.	Kamerayı 2 boyutta döndürme mekanizması.	39
Şekil 5.1.	Deney ortamı.....	42
Şekil 5.2.	Kanal kazma uygulaması performans grafiği.	44
Şekil 5.3.	Kamyon doldurma deney ortamı.	45
Şekil 5.4.	Kamyona toprak yükleme uygulaması performans grafiği.....	46
Şekil 5.5.	Zemin düzeltme uygulaması deney ortamı.	47
Şekil 5.6.	Zemin düzleştirme uygulaması performans grafiği.	48
Şekil 5.7.	Ekskavatörü Rampa üzerine çıkarma-indirme deney ortamı.....	49
Şekil 5.8.	Rampa iniş-çıkış uygulaması performans grafiği.	50
Şekil 5.9.	Ekskavatörü vinç olarak kullanma deney ortamı.....	52
Şekil 5.10.	Vinç olarak kullanma uygulaması performans grafiği.	52
Şekil 6.1.	Prototip ekskavatör makine boyutları.	53
Şekil 6.2.	Kol organlarının hareket alanı ve mesafe grafiği.....	54
Şekil EK A.1.	Ekskavatör robotun tasarım çizimleri.	60

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 5.1. Kanal kazma uygulaması için ölçüm sonuçları.	44
Çizelge 5.2. Kamyonla toprak yükleme uygulaması için ölçüm sonuçları.....	45
Çizelge 5.3. Zemin düzleştirme uygulaması için ölçüm sonuçları	47
Çizelge 5.4. Rampa iniş-çıkış uygulaması için ölçüm sonuçları.	49
Çizelge 5.5. Vinç olarak kullanma uygulaması için ölçüm sonuçları.....	51

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

V	:	volt
A	:	amper
W	:	watt
Hz	:	hertz
Mhz	:	megahertz
Ghz	:	gigahertz
nF	:	nanofarad
ml	:	mili litre
dk	:	dakika
g	:	gram
kg	:	kilogram
cm	:	santimetre
mm	:	milimetre
ms	:	milisaniye
bar	:	barometre
m ³	:	metreküp
D	:	dimension (boyut)

KISALTMALAR

DC	: Direct Current (Doğru Akım)
PIC	: Peripheral Interface Controller (Çevresel Arabirim Denetleyicisi)
PWM	: Pulse Width Modulation (Darbe Genişlik Modülasyonu)
RF	: Radyo Frekans
FM	: Frekans Modülasyonu
RISC	: Reduced Instruction Set Computer (Azaltılmış Komut Seti Bilgisayarı)
CMOS	: Complementary Metal Oxide Semiconductor
USB	: Universal Serial Bus (Evrensel Seri Veriyolu)
PPM	: Pulse Position Modulation
PCM	: Pulse Code Modulation
LCD	: Liquid Crystal Display
AV	: Audio-Video
RPM	: Revolutions Per Minute
HMI	: Human Machine Interface (İnsan Makine Arayüzü)
CCD	: Charge Coupled Device
GPS	: Global Positioning System (Küresel Yer Belirleme)
CAD	: Computer Aided Design
GSM	: Global System for Mobile Communications
EMC	: Electromagnetic Compatibility (Elektromanyetik Uyumluluk)

BÖLÜM 1

GİRİŞ

İnşaat ve yapı sektörü alanında sıklıkla kullanılan Ekskavatör tipi iş makinelerinin eğitimi ve kullanımı büyük önem arz etmektedir. Bu makineleri kullanan operatörlerin eğitimi gerçek makineler üzerinde yapılmaktadır. Bu durum hem eğitimciler hem makineler açısından sakıncalar taşımaktadır. Makineyi kullanmadan önce operatörün simülâtör eğitiminden geçirilmesi pek çok kaybın önlenmesini sağlayacaktır. Piyasada bulunan simülâtörlerin çoğu, yazılım ile sanal gerçekliği sağlama ve kullanılan koltuk sistemi ile hareketleri temsil esasına dayanmaktadır. Koltuk altına yerleştirilen pnömâtik sistemle, eğitimcinin ekskavatör üzerinde oluşan dinamik hareketleri daha iyi anlaması sağlanmaktadır. Ticari olarak satılan bu simülâtörler yüksek fiyatları ile dikkat çekmektedir (Şekil 1.1).

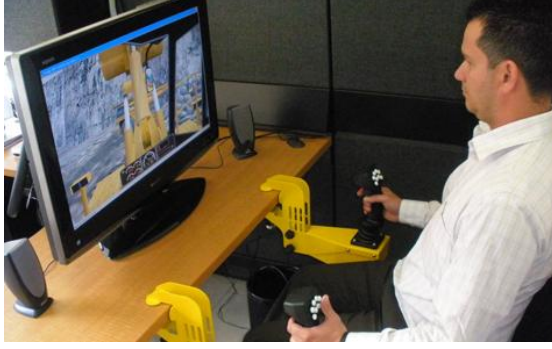


a) Hareketli koltuk ile sanal ortamda çalışma.



b) Mekanik olarak benzetilmiş gerçek ortam simülâtör modeli.

Şekil 1.1. Ticari olarak da satılan örnek ekskavatör iş makinesi simülâtörleri.



c) Hareketsiz koltuk üzerinde joysticklerle ekran başında çalışma.

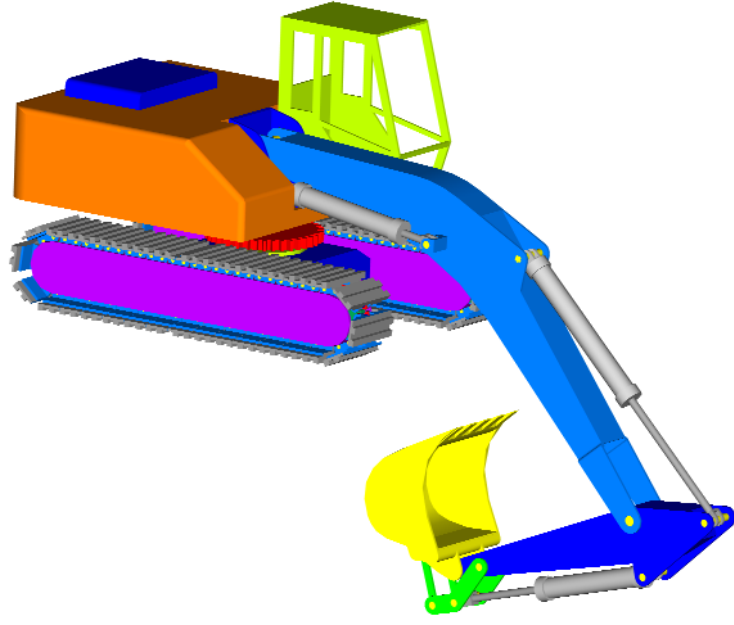


d) Hareketsiz koltuk ve prototip makine ile gerçek ortamda simülâtör çalışması.

Şekil 1.1. (devam ediyor).

Bu çalışmada, iş makinesi gerçek çalışma ortamının ve sürüş hareketlerinin robot bir ekskavator üzerinde simüle edilmesi amaçlanmakta, bu sayede gerçek kullanıma geçilmeden önce muhtemel kaza ve maddi kayıpların azaltılması hedeflenmektedir.

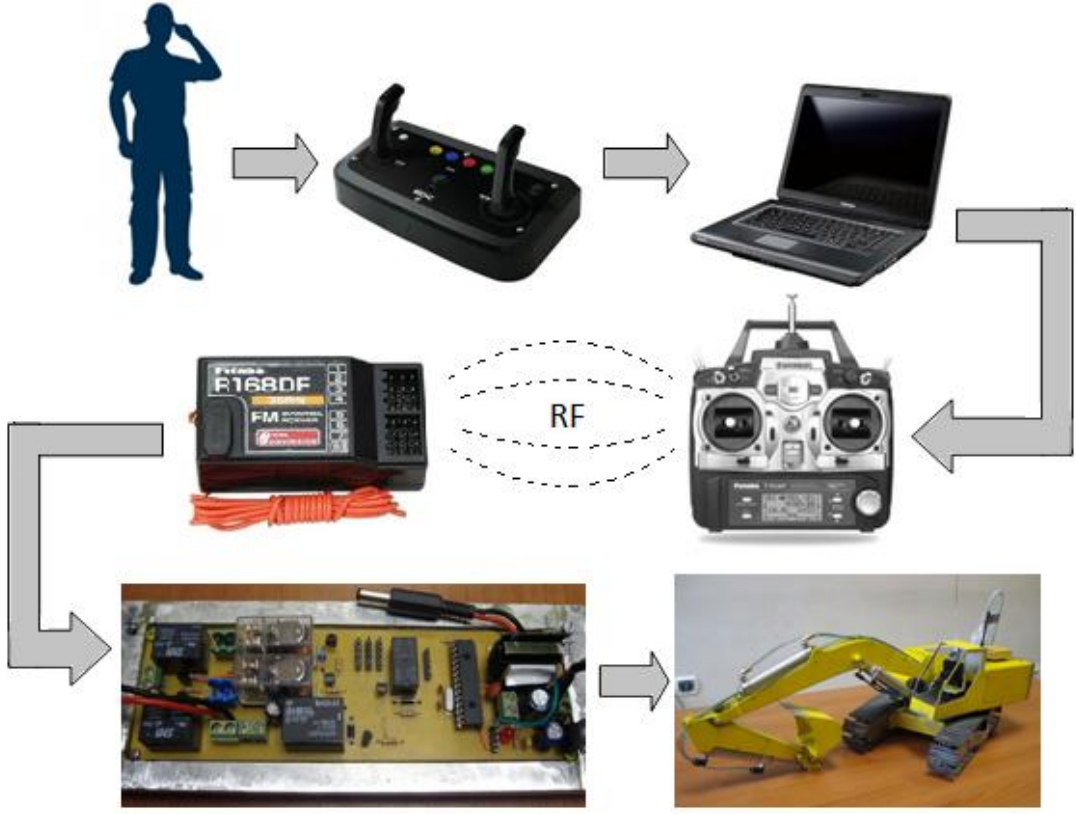
Bu kapsamda, tasarlanan 1/15 ölçeğe uygun olacak şekilde palet uzunluğu 32 cm, genişlik 22 cm, yükseklik 21 cm ve kol açık toplam uzunluğu 90 cm olan prototip bir makine üretilmiştir. Gerçek makinedeki altı farklı hareketi kablosuz haberleşme ile gerçekleştirebilen robotun tasarımı ve yapımında gerçek iş makinesi örnek alınmış ve tüm yapının kumanda kontrol fonksiyonları buna göre tasarlanmıştır (Şekil 1.2). Gövde iskeleti alüminyum metal malzemedan oluşmakta; bom, stik ve kepçe hareketleri hidrolik sistemle gerçekleştirilmektedir. Sistemin kontrolü kumanda ile kablosuz olarak uzaktan sağlanmaktadır. Eğitimcinin robotu kullanım esnasında, gerçek makinenin içerisinde görsel vizyonu algılayabilmesi için, kabin içerisindeki kameradan alınan görüntüler, eğitimcinin taktığı video gözlük sistemine aktarılmakta ve kameranın 2 boyutlu dönme hareketleri yine eğitimcinin kafasına takılan hareket takip cihazı ile kontrol edilmektedir. Kamera döndürme mekanizması ve hareket takip cihazı sayesinde eğitimci kafasını ne tarafa çevirirse robot içindeki kamerada o tarafa dönmektedir. Gerçek sürüş ortamı oluşturmak için 2 adet joystick kol kullanılarak robotun hareketleri buradan gerçekleştirilmektedir. Böylece dış mekândan bağımsız, çevresel etkilerden uzak, robotun içerisinde bulunuyor algısı ile gerçek ekskavatorü kullanıyor izlenimi oluşturulmaktadır (Şekil 1.4).



Şekil 1.2. Tasarımı gerçekleştirilen ekskavatör robot.



Şekil 1.3. İmalatı gerçekleştirilen ekskavatör robot.



Şekil 1.4. Sistem entegrasyonu.

BÖLÜM 2

LİTERATÜR TARAMASI

Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde robotların simulatör olarak kullanılması yönünden pek bir çalışma bulunmamaktadır. Yapılan çalışmalar daha çok sanal ortamda iki ve üç boyutlu simulasyonların geliştirilmesi ve kontrol yöntemleri uygulaması üzerine olmuştur. Bunun yanında ekskavatör tipi iş makinalarının simulatör olarak kullanımı ile ilgili başka herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Weir, genel amaçlı bir sürüş simulatörü tasarlayarak, değişik araçlarla test edebilme imkânı sunan bir insan-makine arayüzü (İMA - HMI - Human Machine Interface) oluşturmuşlardır. Bu arayüz gerçek iki farklı araç ile test edilerek imkânları ve sağladığı kolaylıklar belirtilmektedir [1].

Sasaki vd., çalışmalarında inşaat makinesinin uzaktan kontrolünü gerçekleştirmek için pnömatik robot sistemi geliştirmişlerdir [2].

Sasaki vd., yaptıkları çalışmada pnömatik robot sistem kullanılarak iş makinesinin uzaktan kontrolünü sağlamışlardır. Robot kol modülünün 40 kg olması ve taşınabilirliği sayesinde, 0,025 m³ ve 0,28 m³ kova hacmi olan iki kazıcı kepçe üzerinde uygulandığı ve kamera görüntüsü ile hareketlerin başarıyla gerçekleştirildiği belirtilmektedir. Bir felaket bölgesindeki kurtarma ekiplerinin güvenliğini artırmada bu sistemin kullanılabileceğinden bahsedilmektedir [3].

Sasaki vd., çalışmalarında inşaat alanı ve afet bölgelerindeki personelin güvenliğini artırmak amacıyla kazıcı makinelerin uzaktan kontrolü için sistem geliştirmişlerdir. Belirli makine hareketlerini çalıştırmak için pnömatik robot kollar kullanılmışlardır. Bilgisayar, kablosuz haberleşme kartı ve 2 CCD (Charge Coupled Device)

kameradan oluşan sistem makine üzerine yerleştirilmiştir. Pnömatik sistem; kepçe hacmi $0,025\text{m}^3$ ve $0,28\text{ m}^3$ olan iki farklı kazıcı makine üzerinde denenmiştir. Uzaktan kontrol çalışmasının makine üzerinde manuel kontrolden %40 daha az etkili olduğu belirtilmektedir. Afet alanlarında kullanılmak ve kurtarma personelinin güvenliğini artırmak amacıyla geliştirilme potansiyelinden bahsetmişlerdir [4].

Engel vd., yaptıkları çalışmada basit bir ekskavatör simülasyon programında ekskavatörün joystick kumanda donanımları ile gerçek zamanlı çalışmasını sunmuşlardır. Usb üzerinden bilgisayara bağlanan direksiyon-kumanda cihazlarının çeşitliliği sebebiyle farklı araçlar için de kullanılabileceği belirtilmektedir. Simülasyondaki ekskavatör kontrol davranışlarının gerçek makinedekine benzer hareketler sergilemesi üzerine eğitim amaçlı kullanılabileceğinden bahsedilmektedir. Modelin kazı sırasındaki tepki kuvvetlerini operatöre yansıtamaması eksiklik olarak ifade edilmekte, joysticklerin sapma açısı ölçülemediğinden ekskavatörün sabit hızda çalıştığı belirtilmektedir [5].

Kwon vd., yaptıkları çalışmada ekskavatör simülasyonu için küçük boyutlu hidrolik bir makine kullanmışlardır. Ana valf giriş sinyali doğrusal olmayan bir karakteristik gösteren joysticklerle kontrol edilmiştir. Bu yöntemle sağlanan kontrolün doğrusal geri beslemeli kontrol mekanizmasından daha etkili olduğu belirtilmektedir. Ekskavatör üzerine basınç sensörleri yerleştirilip simülasyon esnasında hareketli bileşenlerin basınca göre açı konumları grafiklerle gösterilmiştir [6].

Liu vd., uzaktan kontrol edilebilen ekskavatör uygulaması için sistemle ilgili genel mimari öneriler ve her bir yapıyı fonksiyonları itibarıyla detaylarıyla incelemişlerdir. Mimari yapıyı destekleyici bazı simülasyonlar yapılmıştır., Daha ileri simülasyon ve deneysel çalışmaların gerekliliğinden bahsetmişlerdir [7].

Lim vd., çalışmalarında ekskavatörü AMESim simülasyon programında modelleyerek hidrolik sistemin cevabını sabit bir yay sertliği ile gerçekleştirmeyi denemişlerdir. Her bir valfde yapılan değişim sonuçlarına göre kararlı bir yay sabitesinden söz etmenin mümkün olmadığını belirtmişlerdir. AMESim programında

modellemenin gerçek uygulamaya geçmeden evvel yeni yapılar test etmek ve uygulamak için etkin bir ortam sunduğu ifade edilmektedir. [8].

DiMaio vd., performans hesaplamaları ve kontrolör tasarımı için sanal kazı ortamından gerçek mekanik tepki hareketlerini hesaplayabilen bir yöntem üzerinde çalışmışlardır. Bu kapsamda ekskavatör ile arazi düzlemi arasındaki dinamik etkileşimi açıklamak için bir empedans modeli işlenmiş ve sonuçları değerlendirilmiştir [9].

Yang vd., yaptıkları çalışmada hidrolik alan robotu için simülasyon ve uzaktan kontrol sistemi geliştirmişlerdir. Çalışmada kumanda kolu hareketine göre doğrusal olmayan bir karakteristik gösteren ana kontrol valfin, geri beslemeli oransal kontrol valf kullanan çalışmalardan daha etkili olduğunu savunmuşlardır. Sanal kazı deneyiyle pek çok sonuç elde edilmiş; basınç ve açısal konumlar ölçülmüştür. Uzaktan kontrol sistemiyle tehlikeli çalışma ortamlarında ekskavatör operatörünün güvenli çalışma ortamına eriştiği belirtilmektedir [10].

Özdemir vd., yaptıkları çalışmada ADUC841 mikrokontrolörü ve UTR-C10M RF modülü kullanarak kablosuz kumanda sistemleri için örnek bir devre tasarlamışlar ve laboratuvar ortamında test etmişlerdir. Kullanılan ADUC841 mikrodenetleyicisinin yapısında gerçek zamanlı uygulamalar için gerekli pekçok birim bulunduğundan sistem geliştirmeye son derece açıktır. Kullanılan RF (Radio Frekans) modülünün haberleşmede yetersiz kaldığı durumlarda daha yüksek hızda RF modüllerin kullanılabilmesi belirtilmektedir [11].

Rezazadeh vd., çalışmalarında, bilinen sanal gerçeklik eğitim platformunun duygusal mimik hareketleriyle kontrolünü uygulamışlardır. Yüz ifadelerinden (yüz biyoelektrik sinyallerinden) alınan sinyalleri kullanarak kontrol edilebilen sanal vinç eğitim ortamı oluşturulmuştur. Kullanıcıların yüz ifadelerini gerçekleştirirken oluşan sinyaller yakalanarak kontrolöre aktarılmıştır. Ön çalışma için 10 insandan uygulama yapılması istenmiş ve sonuçları toplanmıştır. Yüz mimik hareketlerinden komut üreterek gerçek zamanlı kontrol sistemi tasarımı ile, engelli kullanıcıların günlük yaşamındaki aktiviteleri için uygulama yapılabileceğinden bahsedilmiştir [12].

Mora vd., telemanipülasyon sistemlerinin faaliyet ve performansına etki eden sebepler hakkında bilgi edinmek için deneysel bir çalışma yapmışlardır. Çeşitli bilgisayar çevre arabirimleriyle gerçekleştirilen telemanipülasyon sistemlerinin faktöriyel analizi yapılmıştır. Bu faktörlerin kullanıcı, iş türü, haberleşme band genişliği, çevresel faktörler, zaman gecikmesi vs olduğu belirtilmektedir [13].

Ha vd., yaptıkları çalışmada hidrolikle hareket sağlayan robot ekskavatörün empedans kontrolü metoduyla çalışmasını incelemişlerdir. Kontrol kanunları; denklik kontrolü, anahtarlamalı kontrol ve ayarlı kontrol olmak üzere üç kısımdan oluşur. Toprak kazısı sırasında ortama bağlı olarak oluşan ters kinematik ve dinamik modeller istenen kazı görevini yapmak için kullanılmıştır. Kepçe-toprak etkileşim anındaki titreşimi azaltarak iyi bir performans sağlamak amacıyla bir kontrolör önerilmiştir. [15].

Wang vd., çalışmada yakıt verimliliği düşük, kirlilik oranı yüksek günümüz 5 tonluk bir ekskavatör iş makinesini elektrik motoru ile çalıştırarak performansını analiz etmektedirler. Paralel, seri ve konvansiyonel çalışmayı karşılaştırmak için, gerçek kazım sürecinden elde edilen veriler analiz edilmiştir. Sunulan sonuçlardan paralel hibrid modelinin diğer iki tasarımdan yakıt ekonomisi bakımından daha iyi olduğu belirtilmektedir [16].

Haga vd., yaptıkları çalışmada hidrolik ekskavatörün kazı çalışması için bir kontrol sistemi tasarımı gerçekleştirmişlerdir. Kazı esnasında bom ve stik yüksekliği öyle kontrol edilmelidir ki kepçe pozisyonu yatay konumda hareket etmelidir. Bu kontrol sistemiyle kazı derinliği, manuel operatör kullanımıyla aynı özellikte gerçekleştirilmiş, kazım anındaki tekrar hareketleri azaltılmıştır. Dolayısı ile iş verimliliği artırılmıştır [17].

Budny vd., bu çalışmada yüke karşı bağımsız hidrolik valf kullanarak kazı sürecinin kontrolünü incelemeye çalışmışlardır. Çalışmada ekskavatöre bağlanmış algılayıcı ve dönüştürücüyle desteklenmiş kapalı çevrim kontrol sistemi uygulanmıştır. Belirtilen sistem mikrobilgisayar ve hidrolik birim olmak üzere iki kısımdan oluşur. Mikrobilgisayarda kepçe hız vektörü üç hareketli organın silindir yağ akış hızına ters

kinematik uygulanmasıyla bağıntılıdır. Daha sonra bu akış hızları elektrik sinyaline dönüştürülerek valfi kontrol etmektedir. Sistemin performansı, silindir yağ akış hızında ani değişiklik uygulanarak doğrulanmıştır. Dikey kırma ve yatay kazma işlemlerindeki sonuçlar toplanmıştır [18].

Makkonen vd., yaptıkları çalışmada GPS (Global Positioning System) gibi konum belirleme sistemini CAD (Computer Aided Design) model yüzeyinde kullanarak 6 DOF (Degrees of Freedom) ekskavatör hareketlerinin kontrolünü son nesneye bağlı olarak yönlendirmeye çalışmışlardır. 4 DOF makineyle kıyaslandığında kullanılan 2 DOF için Matlab/Simulink ortamından yararlanılmıştır. Çalışmada kova hareket yolu, hedef nokta göz önüne alınarak CAD ile hesaplanmıştır [19].

Kim vd., çalışmalarında uzun ve yorucu ekskavatör operatörlük eğitimini kolaylaştırmak için uzaktan kontrollü kol düzeneği geliştirmişlerdir. Üç sensörün operatörün koluna monte edilmesiyle algılanan hareket komutları Bluetooth haberleşmesi ile transfer edilmiştir. Bu kontrol sisteminin mekanik temas ile yapılan kontrol sisteminden basit, etkili ve hafif olduğu belirtilmektedir. Sistemin testlerden önce sanal simulatörde denenerek doğrulandığı belirtilmektedir [20].

Wang vd., çalışmalarında, daha iyi enerji verimliliği ve yakıt ekonomisi sağlamak amacıyla paralel hibrid modelin hidrolik ekskavatörde bulanık mantıkla kontrolünü ileri sürmüşler ve sistemi analiz ederek matematiksel modelini detaylarıyla sunmuşlardır. Daha iyi yakıt verimliliği sağlamak için genetik algoritma uygulamışlardır. Sonuçlardan, önerilen hibrid yöntemin ekskavatör performansında azalma olmaksızın yakıt ekonomisini artırdığını belirlemişlerdir [21].

Seo vd., bu çalışmada otomatik kazı için üretilen robotik kontrol mekanizmasıyla operatör yeteneklerinin zekasını birleştirmek için geliştirilen kazı süreci planlayıcısını sunmuşlardır. Kazı planlayıcısının amacı çevrenin 3D modelinden uygun kazı planını üretmektir. İş planlayıcısının yapısı otomatik kazı için algı ve kontrol işlevlerini uyum içinde yapabilecek şekilde tasarlanmıştır. Kazı görevi planlayıcısı, gerçek çalışma sahasında otomatik ekskavatör kullanımını sağlayacak

fonksiyonlar üzerinde yoğunlaşmıştır. Çalışmalarında, otomatik kazı sisteminin etkili iş planı üretebildiği belirtilmiştir [22].

Görüldüğü gibi literatürde robot ekskavatörlerin simulatör olarak kullanımı üzerine direk bir çalışma bulunmamıştır. Bu çalışmada, bu alandaki açığı gidermek için robot bir ekskavatör geliştirilmiş ve bu robot ekskavatörün kontrolleri gerçeğine uygun gerçekleştirilmiştir. Robotun uzaktan joysticklerle kontrolünün yanında, kabin içine konulan kameranın 2 boyutlu kontrolü ile gerçeklik hissi verilmeye çalışılmaktadır. Yapılan deneysel uygulamalarla simulatörün başarısı ölçülmüştür.

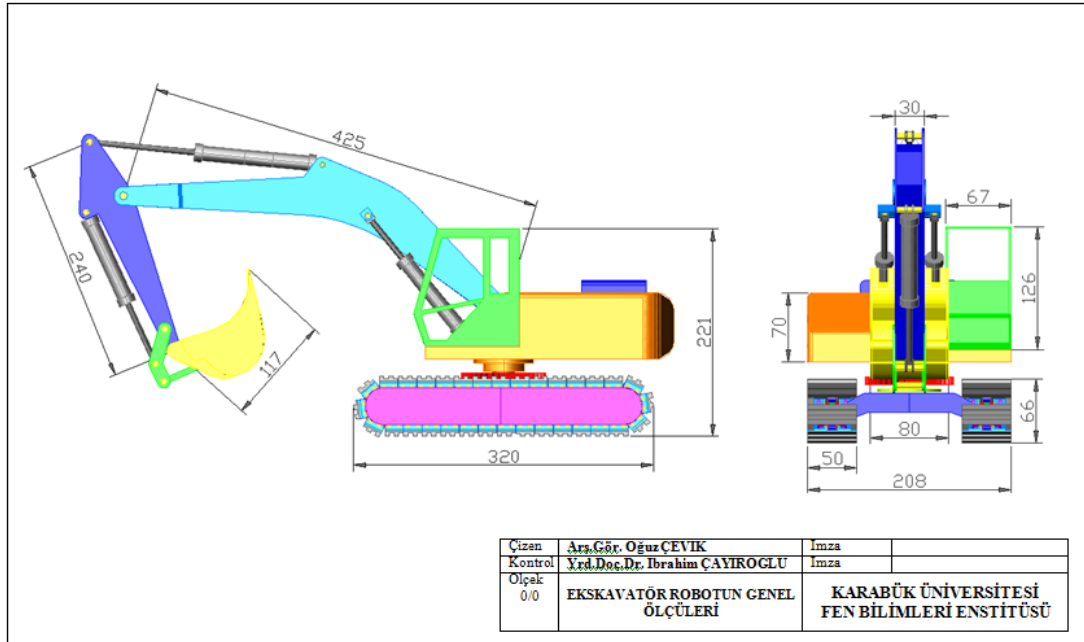
BÖLÜM 3

EKSKAVATÖR ROBOTUN TASARIM, İMALAT VE MONTAJI

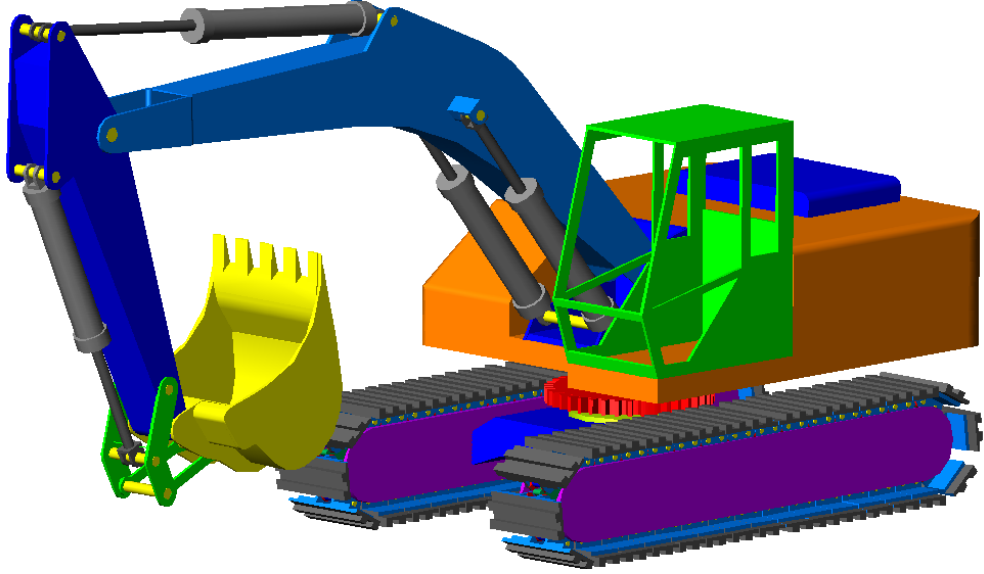
3.1. EKSKAVATÖRÜN TASARIMI

3.1.1. Boyutsal Tasarımın Yapılması, Çizimlerin Gerçekleştirilmesi

Eksavatör robot tasarlanırken gerçek büyüklükteki herhangi bir makinanın 1/15 ölçeğinde bir modeli ele alınmıştır. Bu işlem için belli bir model seçilmemiş, birkaç modelin ortalama bir tasarımı örnek alınmıştır. Çizimler önce Autocad programında 2 boyutlu ve 3 boyutlu olarak gerçekleştirilmiş, daha sonra hidrolik hesapları ile kinematik ve dinamik analizleri yapılmıştır (Şekil 3.1, 3.3). Robotun detaylı çizimleri Ek-1’de verilmiştir.

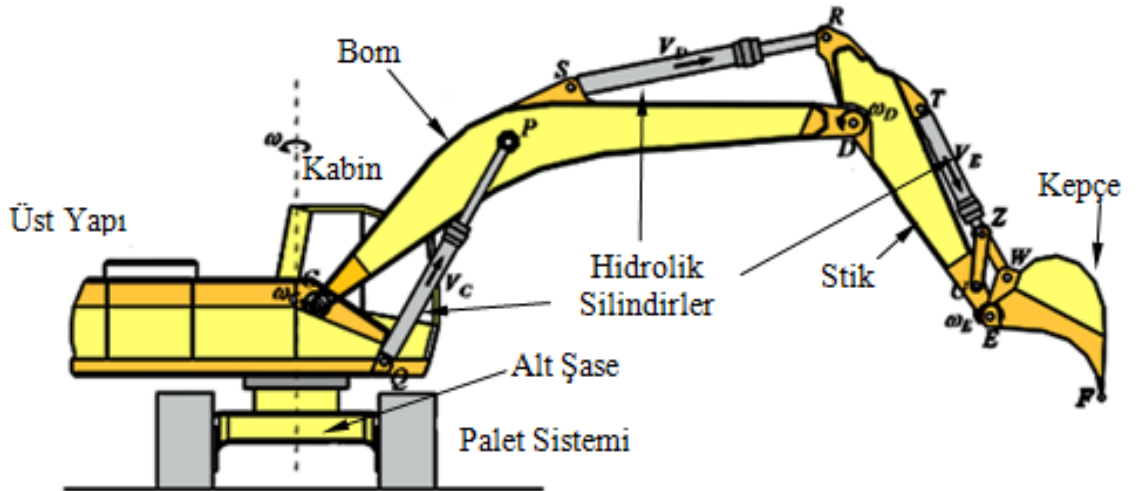


Şekil 3.1. Tasarımı yapılan ekskavatörün çizimleri.



Şekil 3.2. Tasarlanan ekskavatörün 3 boyutlu modeli.

Ekskavatörün tasarımından sonra boyutları palet uzunluğu 32cm, genişliği 22cm, yüksekliği 21cm ve kolları açık olarak toplam uzunluk 90cm olarak gerçekleştirilmiştir. Robotta, paletlerin birbirinden bağımsız dönüş yaparak sağa ve sola dönüşleri yapılabilmesi için paletlerin kontrolünde iki ayrı redüktörlü DC (Direct Current) motor kullanılmıştır. Üst yapı, paletlerin oluşturduğu alt şase üzerinde her iki yönde dönebilecek şekilde büyük bir dişlinin üzerine yerleştirilecektir. Bom, stik ve kepçenin orantısal büyüklükleri ve hidrolik sistemin hareket hızı gerçeğine uygun olarak tasarlanmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Ekskavatör kinematik yapısı ana hatları.

3.1.2. Hidrolik Tasarım ve Hesaplar

Ekskavatörün kol organları hidrolik yağın akışı ile hareket kazanır. Ekskavatör hidrolik çalışma sistemi; hidrolik pompa ile üretilen basınçlı hidrolik yağın akışını valf ile hedef silindirlere yönlendirilerek gerçekleştirilir.

Hidrolik sistem; 4 adet hidrolik silindir, mini pompa, 3 adet 5/2 oransal yön kontrol valfi, filtre, rekor ve hortumdan oluşmaktadır. Silindirlerin üçü 16*75mm boyutunda, biri de 16*60 mm boyutundadır. Hortum iç çapı 2,5 mm dış çapı 4 mm'dir. Hidrolik sistemde önemli olan değişkenler; silindir iç alanı, silindir maksimum uzunluğu, hidrolik akış miktarı ve hidrolik basınçtır. Silindir iç alanı ve basınç değişkenleri kaldırılabilir maksimum yükü belirlerken, hidrolik akış miktarı da silindir maksimum uzunluğunun zamanla değişim oranını belirlemektedir. Silindirde oluşan kuvvet hesaplaması hidrolik basınç ile her bir silindir iç alanının çarpılmasıyla bulunur.

$$F = P * A \quad (3.1)$$

Her bir silindirdeki maksimum kuvvet, maksimum kol açıklığında kepçenin dolu olduğu durumdaki ağırlığın moment noktasına göre mesafelerinin kıyaslanmasıyla bulunur. Buna göre en büyük kuvvet bom kolu kaldıran silindirlerde görülmektedir.

Maksimum kol açıklığında kepçenin dolu durumundaki kol ağırlığı 2.5 kg, ağırlık merkezinin moment noktasına uzunluk 45cm olarak öngörülmüştür. Bom kolu silindirlerinin bağlı olduğu nokta moment noktasına 5.5 cm uzaklıktadır. Bu koşullarda ihtiyaç duyulan hidrolik basınç hesaplaması aşağıdaki eşitlikte görülmektedir.

$$F_{(kol)} * L_{(kol)} = F_{(bom)} * L_{(bom)} \quad (3.2)$$

$$2,5 * 9,81 * 0,45 = F_{(bom)} * 0,055$$

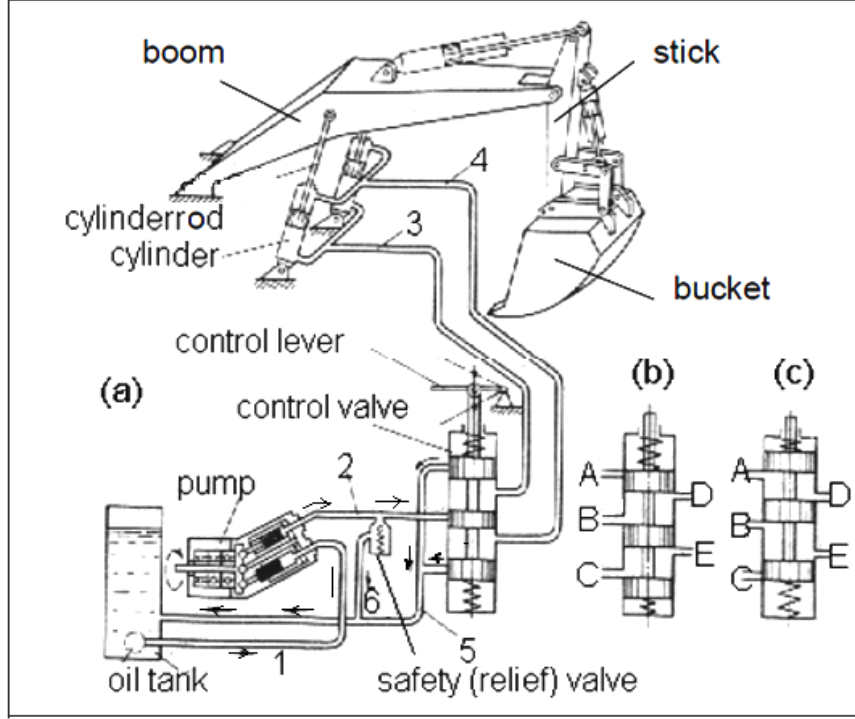
$$200,7 \text{ N} = F_{(bom)} = P * A = P * \pi * r^2$$

$$200,7/201,1 \text{ N/m}^2 * 10^6 = P \cong 1 \text{ Mpascal}$$

$$r = 0,008\text{m (silindir iç yarıçap)}$$

$$10\text{bar}=1\ 000\ 000 \text{ Pa}$$

Eşitlik hesaplamasından çıkan yaklaşık basınç değeri 10 bar'dır. Ekskavatör hidrolik düzeneği Şekil 3.4'te görülmektedir.



Şekil 3.4. Ekskavatör hidrolik bağlantı düzeneği.

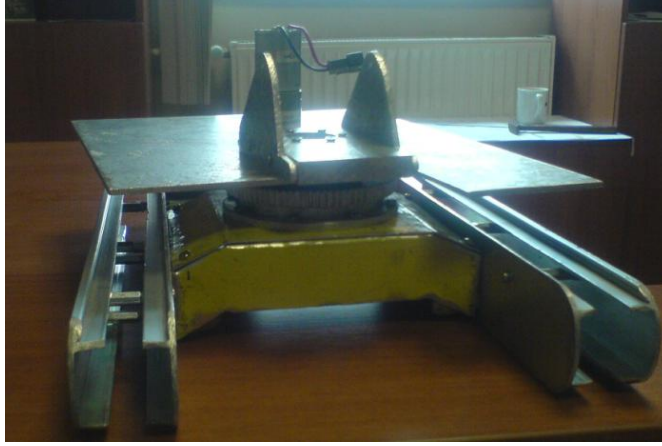
3.2. EKSKAVATÖRÜN İMALAT VE MONTAJI

3.2.1. Alt Şase İmalatı ve Montajı

Ekskavatörün tamamı metalden yapılmış olup, büyük bölümü alüminyum malzemeden üretilmiştir. Bunun için 1mm, 2mm, 3mm ve 10mm kalınlıkta alüminyum levhalar kullanılmış, teknik resme uygun olarak parçalar kesilmiş, taşlanmış, birleştirilmiş ve boyanmıştır.

Alt şase, iki palet iskeleti ve bunları birleştiren, üst yapıyı üzerinde taşıyacak köprü ve büyük dişliden oluşur. Her bir palet iskeleti iki profilin aralayıcı ve civata ile birleştirilmesiyle oluşmaktadır. Profillerin arası palet zincirine uygun şekilde ayarlanmıştır. Paletin hareketini zincir dişliyi döndürerek sağlamak için iki adet 200 rpm redüktörlü DC motor, paletin arka kısma bağlanmıştır. Paletlerin birbirinden bağımsız hareketini sağlayıp sağa-sola döndürebilmek için bağımsız iki motor

kullanılmıştır. İki palet şasesi arasında köprü vazifesi görerek birleştirmeyi sağlamak için, alüminyum profilden ara bağlantı yapısı monte edilmiştir (Şekil 3.5). Palet iskeletlerini birleştiren köprü profilin üzerine, üst gövdenin sağa ve sola dönüşünü sağlamak için merkez dişli sabitlenmiştir. Bu dişlinin ortasından palet motorlarına giden elektrik kablolarının geçebilmesi için delik açılmıştır (Şekil 3.6).



a) Palet ve alt şase iskeleti.



b) Palet sistemi üst görünüşü.

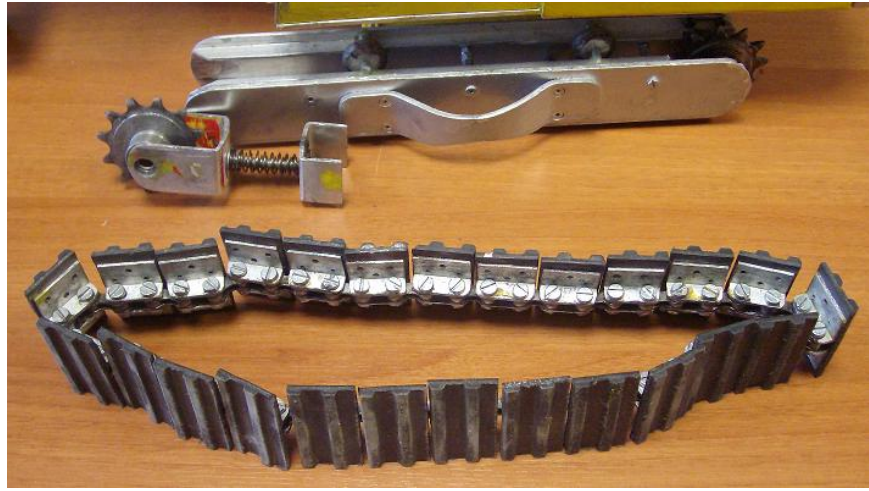
Şekil 3.5. Alt şase.



Şekil 3.6. Üst yapının dönüşünü sağlayan merkez dişli.

Palet hareketini sağlayan ve üst gövdenin dönüşünü sağlayan motorlar redüktörlü motor olarak seçilmiştir. Redüktör yapısı düşük devir ve yüksek moment elde etmek için kullanılan dişli mekanizmasıdır. Sistemin ihtiyacı olan gücü sağlaması amacıyla bu motorlar tercih edilmiştir. Palet motorlarında 12V 0,6A 200 rpm Force Up marka motor tercih edilmiş, üst yapıda 12V 92,6 rpm Japan servo DC motor kullanılmıştır.

Her bir palette 2 adet olmak üzere 4 adet zincir dişli kullanılmıştır. Palet arka kısımdaki zincir dişlilerin merkezi sabit olmak üzere motor miline bağlanmıştır. Ön taraftaki dişliler ise, hem paletin sklp takılabilmesi, hem de paletin gerginliğini ayarlayabilmek için kızıklı yaylı bir mekanizmaya bağlanmıştır (şekil 3.7). Paletin yapımında bisiklet zincirinden 25 adet bakla kullanılmıştır. Orjinal zincirin baklaları arasındaki pinyon miller sklp araya iki adet L şeklinde parça konulmuş ve civata-somun ile birleştirilmiştir. Daha sonra oluşan T şeklindeki parçalara Zaman kayışından parçalar kesilerek paleti oluşturmak üzere yapıştırılmıştır (şekil 3.8).



şekil 3.7. Palet mekanizmasının genel yapısı.



şekil 3.8. Palet zinciri yapısı.

Palet motorlarından çıkan dört kablo üst yapıdaki ana devreye bağlanacaktır. Bu kabloların direk bağlantısının yapılması durumunda, üst yapının dönüşü sebebiyle kıvrılma ve kopma meydana geleceğinden, köprü yapısının altına firalı bir sistem

uydurulmuştur (Şekil 3.9). Bu sistem üst yapıya bağlı olduğundan üst yapıyla birlikte dönmektedir. Motor kablolarına bağlı fırçalar, kanallardaki tellere temas edecek şekilde yerleştirilip sabitlenmiştir.



a) Düzenekteki kanallar.



b) Fırçaların kanala yerleşmesi.

Şekil 3.9. Merkez dişli ve köprü altındaki sonsuz dönüş için fırçalı düzenek.

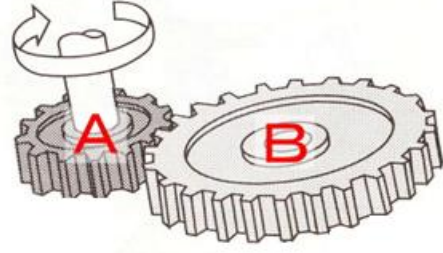
3.2.2. Üst Şase İmalatı ve Montajı

Ekskavatörün alt şase ile üst yapının bağlantısı Şekil 3.6’da görülen dişli ile sağlanmaktadır. Dişli içine sıkı gizlenmiş bir rulman bulunmaktadır, üst yapı tablasında sallantı olmaması için konik rulman seçilmiştir. Rulmanın iç dönel eksenini üst yapıya sıkı tutturulmaktadır ve yeterince sağlam ve denge sorunu olmamasına dikkat edilmiştir. Şekil 3.10’da görünen üst yapıyı taşıyan levha konik rulman üzerine monte edilmiştir. Bu levha üzerine, miline pinyon dişli bağlanan motor da alttaki büyük dişliyle adımları uyuşacak şekilde monte edilmiştir. İki dişlinin birbirini döndürme mantığı Şekil 3.11’de gösterildiği gibi A dişlisi, sabit B dişlisi etrafında dönme esasına dayanmaktadır.

Üst yapıyı taşıyan levhaya, bom kolunun bağlanacağı moment noktası ve bom kolu hareket ettiren silindirlerin bağlanacağı destek noktaları Şekil 3.12’de gösterilmiştir.



Şekil 3.10. Üst tabla.



Şekil 3.11. Dişli hareketi.



Şekil 3.12. Bom kolu ve silindirlerinin bağlantı noktaları.

Kepçenin imalatı Şekil 3.13.a'da gösterildiği gibi yapılarak, silindir ile stik koluna Şekil 3.13.b'deki gibi bağlanmıştır. Kepçenin açık-kapalı pozisyonlarında tam hareket sergileyebilmesi silindir boyuna ve civata bağlantı noktalarına bağlıdır.



a) Kepçe yapısı.



b) Kepçe ile stik kolun bağlantısı.

Şekil 3.13. Hareketli organ parçalarından kepçe ve stik kolu.

Bom, stik ve kepçeden oluşan kol yapısı üst şaseye monte edilmiş, üst yapının yan kasa parçaları ve arka kısımdaki yük dengeleyici ağırlık bağlanarak boyaması yapılmıştır (Şekil 3.14).



a) Kol mekaniğinin üst tablaya bağlantı yapısı.



b) Üst yapı kenar plakaların bağlantısı.



c) Üst yapı dengeleyici kuyruk ağırlığı.



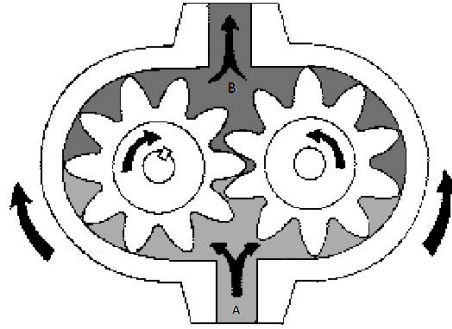
d) Boyaması yapılarak tamamlanmış ekskavator modeli.

Şekil 3.14. Ekskavator robotun oluşumu.

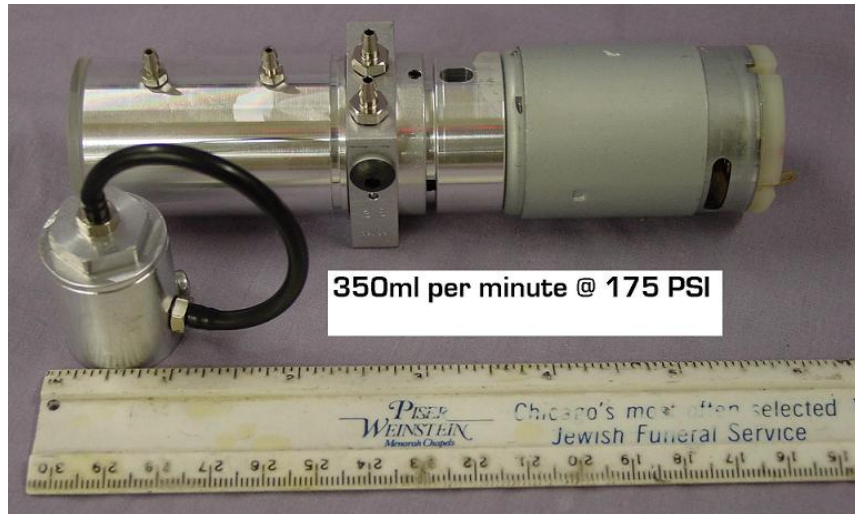
3.2.3. Hidrolik Devre Montajı

Dört silindirden ikisi bom kolu, biri stik ve biri de kepçe hareketi için kullanılmıştır. Silindirlerden 3'ü 16*75 mm boyutunda bom ve stik için kullanılırken, dördüncüsü 16*60 mm boyutunda olup kepçe hareketinde kullanılmıştır. Silindirlerin stroke çapı 5mm olup, 10 bar basınca dayanıklıdır.

Hidrolik pompa; dişli yapısının bir tarafında DC motor diğer tarafında tank içermekte ve boyutları 5x5x15 cm civarındadır. 12V gerilimde 10 bar basınç sağlayabilen pompa şekil 3.16'da görülmektedir. DC motorun dönüşüyle hareket kazanan dişli takımı çektiği yağı çıkış kanalına iterek basınçlı yağın oluşmasını sağlamaktadır (Şekil 3.15). Bu noktada istenen basıncın oluşması için dişlilerin yağ kaçırmaması önem arz etmektedir.

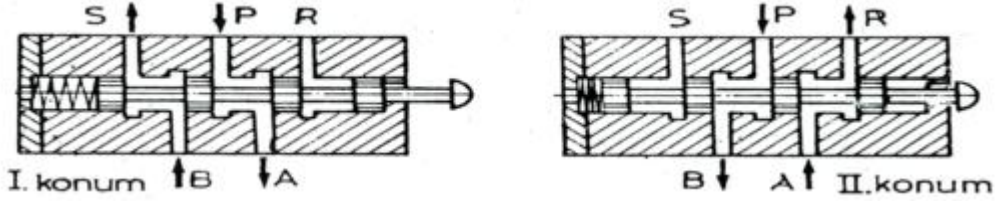


Şekil 3.15. Dişli pompa çalışma sistemi.



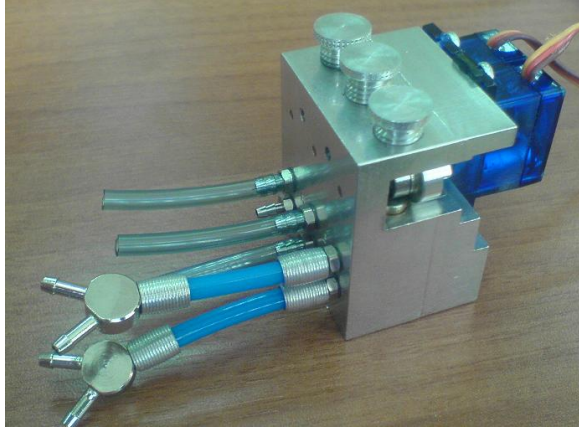
Şekil 3.16. 12 bar gücünde mini hidrolik pompa.

Pompa üzerindeki yağ tankına bağlı iki çıkış yağ ilavesi ve hava alması için mevcuttur. Ortadaki dişli kısmında görülen iki çıkıştan biri P: basınçlı yağ çıkışı, diğeri T: yağ geri dönüşü içindir. P yolundan çıkan yağ filtre edilip valfe bağlanmaktadır. Valfler 5/2 oransal yön kontrol valfidir. Kol mekanizmasının 3 hareketi için ayrı 3 valf gerekmektedir.



Şekil 3.17. 5/2 oransal yön kontrol valfin çalışma sistemi.

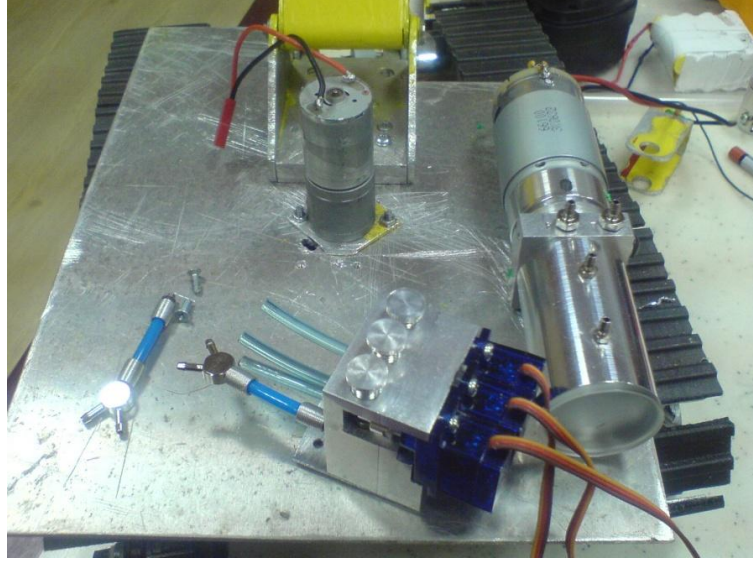
3 giriş 2 çıkışı bulunan valfler yay sistemi ile kontrol edilmektedir. Yayın sıkışma miktarına göre çıkış kanalı değişmekte ve sıvı debisiyle birlikte hidrolik yağın akış yönü belirlenmektedir. Projede, valf giriş çıkış yön seçimi mikro servo motorlar ile kontrol edilmektedir. Aşağıdaki şekilde kullanılan 3'lü valf ve servo bağlantısı görülmektedir.



Şekil 3.18. 3 hareketli organ için 3'lü hidrolik valf.

Valf üzerindeki bağlantılar 3 kol bileşeni için basınçlı yağ çıkışı ve geri dönen yağ giriştir. Bom kolunda iki silindir bulunduğundan hat ikiye ayrılmıştır. Bu entegre sistem ekskavatörün hidrolik hareketini gerçekleştirmek için aşağıdaki gibi birleştirilmiştir.

Hidrolik pompa ana devre ile kontrol edilmektedir. Yüksek akım harcandığından robot çalıştırıldığında pompanın çalışması bir anahtar ile isteğe bırakılmıştır. Kollar hareket ettirilmediğinde eğitimin daha uzun sürdürülebilmesi ve enerjiden tasarruf için bu tasarım yapılmıştır.



a) Üst tablaya mini pompanın monte edileceği konum.



b) Hidrolik sistemin ve kenar plakaların bağlantısı yapılmış hali üst görünüşü.

Şekil 3.19. Üst yapıdaki hidrolik devrenin oluşumu.

BÖLÜM 4

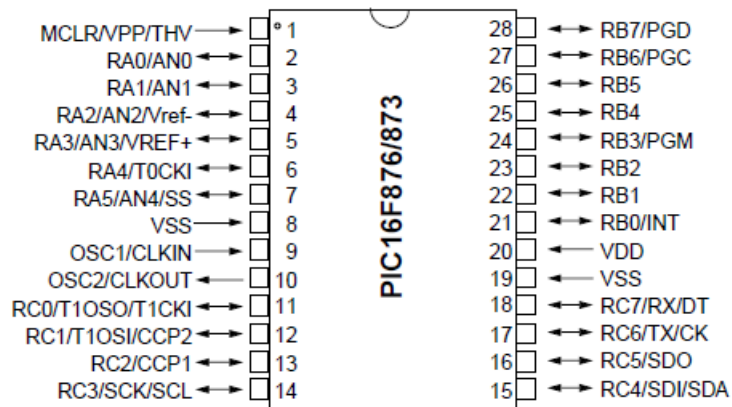
ELEKTRONİK KONTROL

4.1. PIC MİKRODENETLEYİCİLER

Microchip Technology firması tarafından üretilen mikrodeneleyici yongaları, PIC (Peripheral Interface Controller) “Çevresel Arabirim Denetleyicisi” olarak adlandırılır ve programlanabilen arabirim kontrolörü olarak görev yapmaktadır.

PIC mikrodeneleyiciler hızlı çalışmaları amacıyla RISC (Reduced Instruction Set Computer) işlemciler olarak tasarlanmışlardır. Bu mimari biçiminde program kodları ve veriler farklı bellek blokları içerisinde bulunmaktadır. Her bir komut çevriminde hem program hem de veri hücrelerine erişilebilmektedir. Bu nedenle işlem hızı yüksektir. RISC işlemcilerde bir komutun icra edilmesi için bir dahili saat çevrimi gerekir. Yazılan programların verileri işlemesi için çok az sayıda komut gerekir [14].

PIC16F876A mikrodeneleyicisinin avantajları ve boyutları göz önünde bulundurularak, proje için uygun bir mikrodeneleyici olduğu sonucuna varılmıştır. PIC 16F87X serisi yüksek performanslı, CMOS, full-statik, 8 bit mikrodeneleyicilerdir.



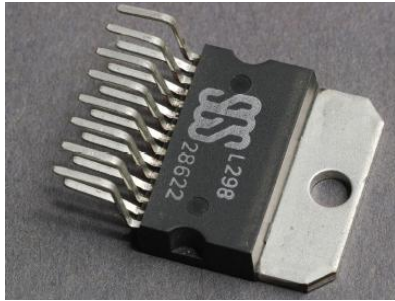
Şekil 4.1. PIC16F876 bacak yapısı.

Şekil 4.1’de gösterildiği gibi PIC16F876, 3 adet giriş/çıkış portuna sahiptir. PIC16F876, diğer mikrodenetleyiciler gibi ucuz olmasının yanında yüksek hesaplama performansına, yüksek dayanıklılığa, veri ve belleğe hızlı erişime ve geliştirilmiş flash program hafızasına sahiptir.

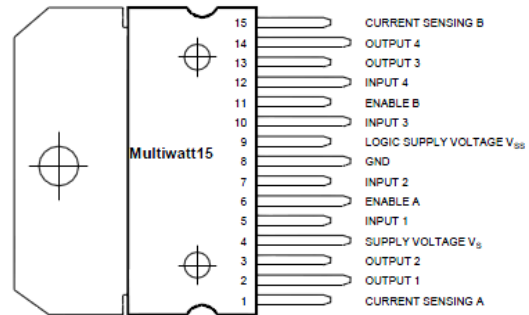
4.2. L298 MOTOR SÜRÜCÜ ENTEGRESİ

L298, içerisinde 2 adet motor sürücü barındıran, 2 A’lik akıma karşı dayanıklı bir entegredir. 2 adet H köprüsü bulunur. H köprüsü DC motoru iki yönde de sürmeye yarayan faydalı bir devre modelidir. 4 adet transistör ile anahtarlama yöntemi kullanılarak yapılır. Yapısı gereği H harfine benzediğinden dolayı böyle adlandırılır.

Bu entegrede toplam 15 adet bacak bulunmaktadır. Bunlardan IN1, IN2, OUT1, OUT2, ENA, SENA bacakları A köprüsü için; IN3,IN4, OUT3, OUT4, ENB, SENB ise B köprüsü içindir.



a) L298 entegresi görünüşü.



b) Bacak bağlantı şeması.

Şekil 4.2. Üst yapı motoru sürücü entegresi (L298).

IN1, IN2 (5,7): Bu bacaklar A köprüsü için girişlerdir. +5 (Vs) volt ile çalışır. Eğer IN1’e 5V, IN2’ye 0V verince motor ileri dönerse, tersini verdiğimizde geri dönecektir. Her iki bacağa da aynı değeri verirsek (0 V veya 5 V) motor dönmez.

IN3, IN4 (10,12): B köprüsü için olan girişlerdir. A köprüsüyle aynı şekilde çalışır.

OUT1, OUT2 (2,3): A köprüsü için çıkış bacaklarıdır. Bu çıkışlar motorun iki ucuna bağlanır. Motorların herhangi bir zorlanma durumunda oluşacak olan ters akımın

entegreye zarar vermemesi için çıkışlar ile motor arasına ikişer adet diyot bağlanır. Bu diyotların birisinin yönü topraktan çıkışa doğru, diğeri de çıkıştan Vs'ye doğru olmalıdır.

OUT3, OUT4 (13,14): B köprüsü için çıkış bacaklarıdır. A köprüsüyle aynı şekilde çalışır.

ENA, ENB (6,11): A ve B köprülerini etkinleştirmek için bu bacaklara +5V bağlanır. Ayrıca motorları değişken hızlarla da kontrol etmek için +5V yerine PIC tarafından üretilen PWM sinyalinin bağlamak yeterli olacaktır.

SENSA, SENSB (1,15): A ve B köprülerinin çalışması için bu bacaklar toprağa çekilmelidir. Bu bacaklarla toprak arasına bağlayacağımız direnç sayesinde çıkış akımını kontrol edebiliriz, fakat direnç bağlamadan da çalışır.

Vs (4): Çıkışlardan kaç volt almak istiyorsak bu bacağı o voltaja bağlıyoruz. En fazla 46 volt verebiliriz, biz motorları 12-15 V arası kullanıyoruz. Ayrıca DC üzerindeki küçük salınımları yok etmek için bu bacakla toprak arasına 100nF'lık kondansatör bağlanabilir.

Vcc (9): Bu bacak, L298'in çalışması için +5 volta bağlanır. Yine küçük salınımları yok etmek için Vcc ile toprak arasına 100nF'lık kondansatör bağlanabilir.

GND (8): Bu bacak, L298'in çalışması için toprağa bağlanır.

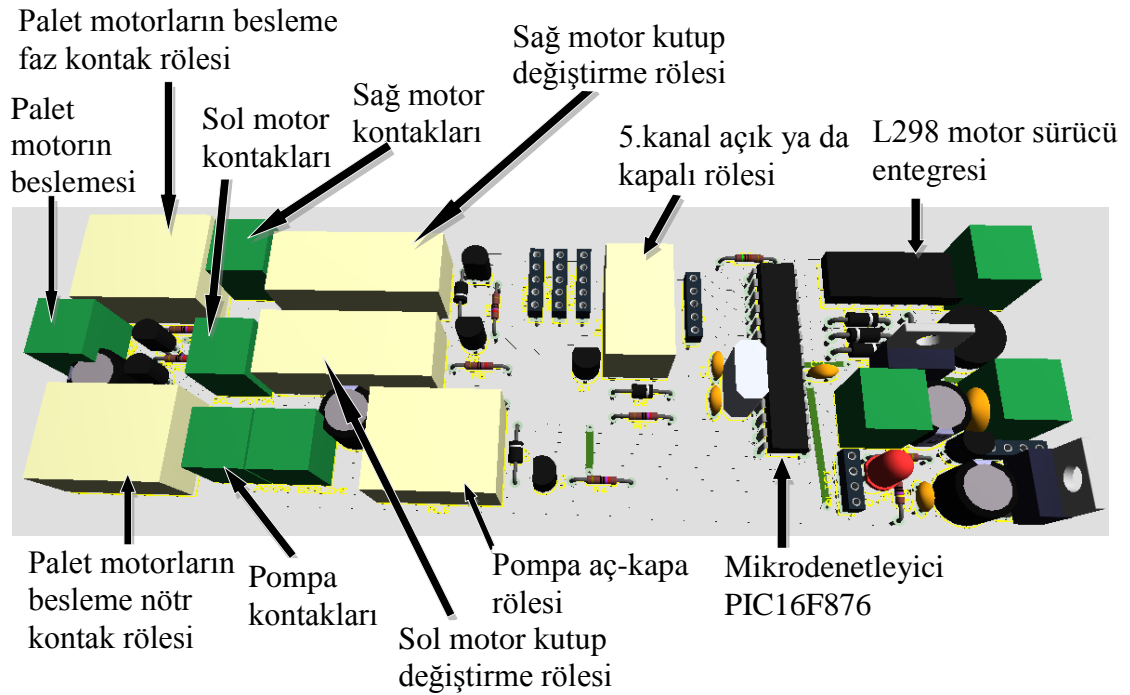
4.3. ANA DEVRE TASARIMI

Kumandadan gönderilen bilgileri alıcının ilgili kanallarından okuyup robot üzerindeki üç motoru ve hidrolik pompayı kontrol edecek sürücü devresi tasarlanmıştır (Şekil 4.3). Paletlerde bulunan motorlar röle ile kontrol edilirken, üst yapıyı döndüren motor L298 sürücü entegresi ile kontrol edilmiştir. Ana devre PIC16F876 mikrodenetleyicisinin alıcıdan okuduğu dijital bilgiyi referans değerleriyle karşılaştırıp motorları ve pompayı kontrol etmektedir.

2 adet 12V 200 rpm redüktörlü dc motor paletlerin ve 12V 92,6 rpm redüktörlü dc motor da üst yapının kontrolü için kullanılmıştır. Motorlardaki redüktör; iç içe geçmiş dişlilerden oluşan yapıdır. Kullanım amacı ise motorun yüksek dönüş hızını istenen hıza azaltıp, çıkış momentini artırmaktır. Hızın düşük olması motorun kontrolünü de kolaylaştırmaktadır. Düşük hız, gerilim kesildikten sonra motorun durması için geçen süreyi azaltmaktadır.



Şekil 4.3. Geliştirilen kontrol devresi.



Şekil 4.4. Ana devre şeması.

Bu devrede palet motorları ve pompa röle ile sürülmektedir. Üst yapı motoru L298 entegresi ile 4.kanalın konumuna bağlı olarak PWM (Pulse Width Modulation) sinyaliyle kontrol edilmektedir. Şekil 4.5'te kumanda kanal yerleşimi görülmektedir. 1., 2., ve 3. kanallar hidrolik sistemle kol ortanlarını hareket ettirmektedir. Aynı zamanda 1. ve 3.kanal ikinci fonksiyon olarak paletleri kontrol etmektedir. Bu fonksiyon seçimi 5.kanal anahtarı ile sağlanmaktadır. 5.kanal kapalı iken kollar hareket etmekte, açık iken paletler sürülmektedir. 4.kanal üst yapının dönüşünü kontrol ederken, 6.kanal pompayı açma-kapamada kullanılmıştır. Projede 2.kanal hariç diğerleri Şekil 4.3'teki ana devre üzerinden kontrol edilmektedir. Ana devrede üç ayrı besleme ve toprak hattı mevcuttur. Beslemelerden biri işlemci katını ve üst motoru, diğeri pompayı çalıştırırken, bir diğeri de palet motorlarını sürmektedir. Bu tasarım motorların çalışma anında yaydığı gürültü sinyallerinin işlemcinin çalışmasını etkilememesi içindir. Bir adet PIC16F876 ile oluşturulan devre, üst yapının kuyruk kısmında yük dengeleyici ağırlık parçasının içine yerleştirilmiştir.

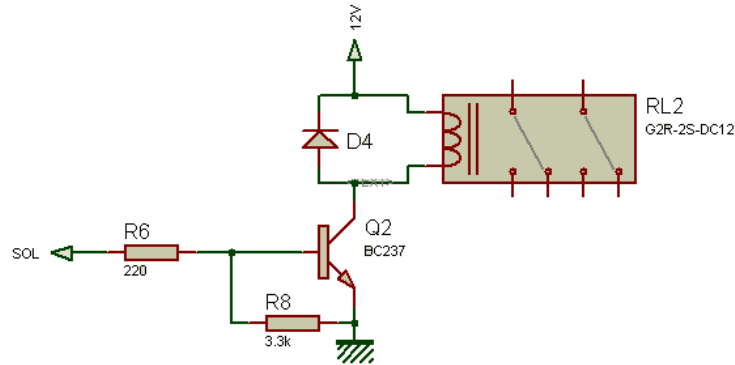


Şekil 4.5. Kumanda kontrol sistemi.

Palet motorlarının çalışması ve dış ortamdaki manyetik alan alıcısı etkilemekte ve devrenin kontrolünde bozulmalara yol açmaktadır. Bunu engellemek için alıcısı mümkün olduğunca motorlardan uzaklaştırma yapılmış ve alıcı alüminyum kafes içine alınmıştır. Faraday kafesi adıyla anılan bu yapı kabloları da uygulanmıştır.

Ayrıca diğeri bir önlem olarak röle çektiirmek için tasarlanan Şekil 4.6'da görülen devre parçası elemanlarından D4 etiketli diyot schottky diyot olarak tercih edilmiştir.

Devre sisteminde kullanılan altı röle için de aynı yapı kullanılmaktadır. Bu diyotlar hızın ve anahtarlanmanın önemli olduğu yerlerde kullanılırlar. Çok hızlı olarak iletim-kesim olabilen diyotlardır. Yapı olarak N tipi bir madde ile bir metalin birleşiminden oluşur. Kısaca ağırca katkılanmış N tipi silisyum ile altın, gümüş ya da platin gibi bir metalin jonksiyon oluşturmasıyla elde edilir. En yaygın kullanımı yüksek frekans sinyallerin doğrultulması ya da işlenmesi şeklindedir.



Şekil 4.6. Schottky bariyer diyodun kullanımı.

Değme düzeyi (jonksiyon) direnci çok küçük olduğundan doğru yön beslemesinde iletme geçme gerilimleri çok düşüktür, 0.25V 'ta dahi kolaylıkla ve hızla iletim sağlamaktadır. Ters yöne doğru akan azınlık taşıyıcıları çok az olduğundan ters yön akımı küçüktür. Bu nedenle de gürültü seviyeleri düşük ve verimleri yüksektir.

4.4. FARADAY KAFESİ

Elektriksel iletken ile kaplanmış ve iletkenler ile ağ biçiminde örülmüş içteki hacmi dışardaki elektrik alanlardan koruyan bir muhafazadır. 1836 yılında İngiliz Fizikçi Michael Faraday'ın buluşu olduğu için "Faraday kafesi" diye adlandırılmıştır.

İletken teller ile ağ biçiminde kaplanmış ve topraklanmış her kafesle bu koruma gerçekleştirilebilir. Ağ gözü sıklığı ve topraklama kalitesi korumayı artırır. Dışarıdaki elektrik alan içeri etki edemez. Kafes ağ gözü biçiminde yapılmış ise ağ gözleri ne kadar dar tutulursa o kadar iyi koruma sağlar ve benzer şekilde dış elektromanyetik alanları da dışarıdan içeriye ve içeriden dışarıya geçirmez. Daha dar

ağ gözleri ile daha yüksek frekanslı elektromanyetik dalgalara karşı geçirmezlik sağlanabilir. Geniş ağ gözleri daha uzun dalga boylu (diğer bir deyişle daha düşük frekanslı) radyo dalgalarına karşı geçirmezlik sağlar. Kafesin işlerliği için iletkenlerin iyi topraklanmış olması gerekir.

Günlük hayattaki uygulamaları:

Yanıcı parlayıcı maddelerin depolandığı binalarda: Bu tip binaların dışı kafes şeklinde kaplanır. Binanın dışındaki yüksek noktalara sivri uçlu metaller yerleştirilir. Bütün iletkenler ve sivri metaller (yıldırım yakalama uçları) birbiriyle bağlanır ve topraklanır.

Radyo frekans yayan cihazlarda: Bu tip cihazların konduğu kabinler, cihaz çevreye parazit radyo sinyalleri yaymasın diye dış metal kılıfından topraklanır.

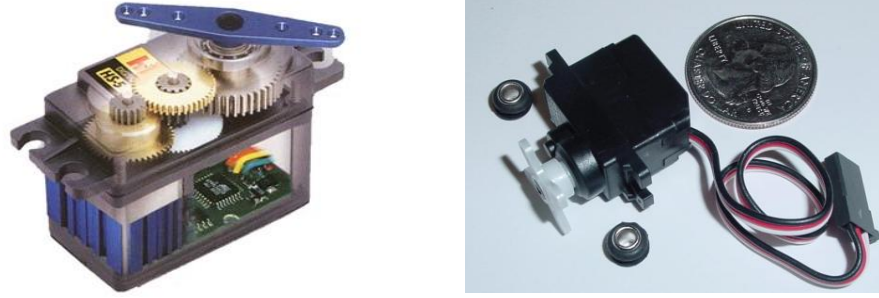
Telsizle haberleşmenin yapıldığı binalarda: Bina içindeki telsiz haberleşme sinyallerinin dışarıya sızmasını ve dinlenmesini önlemek için bina dışına Faraday kafesi inşa edilir.

Elektronik kartlarda bulunan radyo frekans modüllerde: Radyo-televizyon tuneri, GSM (Global System for Mobile Communications) alıcı verici devreleri gibi radyo frekans amaçlı modüller veya elektronik devre bölümleri, sac bir kapakla kapatılıp topraklanarak elektronik karta ve çalıştığı ortama bozucu sinyaller yayması engellenir. EMC (Elektromanyetik Uyumluluk) yönetmeliğine göre bu tip önlemleri almak mecburidir. Elektrikli cihazların gerek radyo sinyali olarak gerekse iletken hatlar üzerinden parazitler yaymasına müsaade edilmez.

4.5. MİKRO SERVO MOTORLAR VE KONTROLÜ

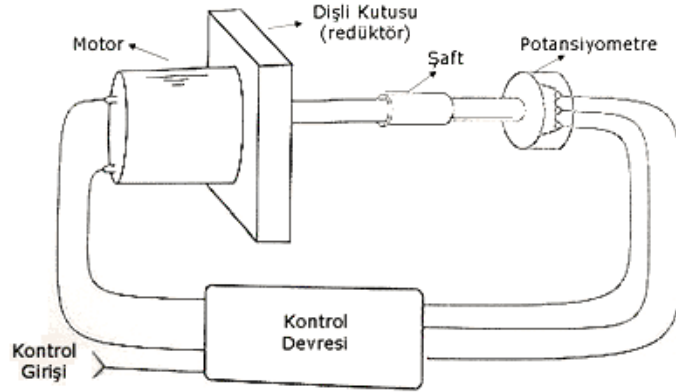
Mikro servo motorlar içlerinde DC motor, konum algılamak için potansiyometre, motor çıkışını güçlendirmek için redüktör ve istenilen açının sağlanması için kontrol entegresi barındırır. Potansiyometre, servo miline bağlıdır ve amacı geri besleme yaparak servo motorun şaftının pozisyonunun algılanmasını sağlamaktır. Potansiyometre pozisyonuna karşılık gelen gerilim, gerilim karşılaştırıcısı olarak

kullanılan opampa gönderilir. Bu voltaj değerinin, giriş voltajı ile karşılaştırılması ile karşılaştırıcının çıkış voltajı belirlenir. Kontrol entegresi ise motor istenilen açıya gelene kadar motoru döndürür.



a) Mikro servo motor iç yapısı. b) Kullanılan servo motor boyutu.

Şekil 4.7. Çalışmada kullanılan mikro servo motorlar.

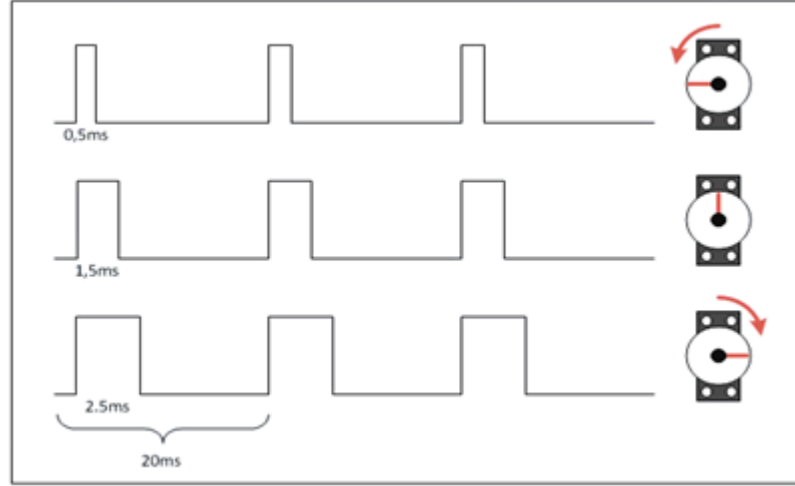


Şekil 4.8. Mikro servo motor çalışma prensibi.

Mikro servo motorların 3 kablosu bulunur. Genellikle kırmızı kablo +, siyah yada kahve kablo -, sarı yada turuncu kablo ise mikrodenetleyiciye bağlanacak kontrol ucudur. Servo motorları kontrol etmek için motora PWM sinyali gönderilir. PWM, çoğu mikrodenetleyicinin donanımsal desteklediği bir özelliktir. Saniyede 50 defa (50Hz) 0,5 ile 2,5 milisaniye arasında uygulanan sinyal ile motora dönmesi istenilen açı bildirilir. Aşağıda RC servo motorlara uygulanan darbe genişliklerine göre motorun hangi yönde ne kadar döndüğünü gösteren diagramlar görünmektedir.

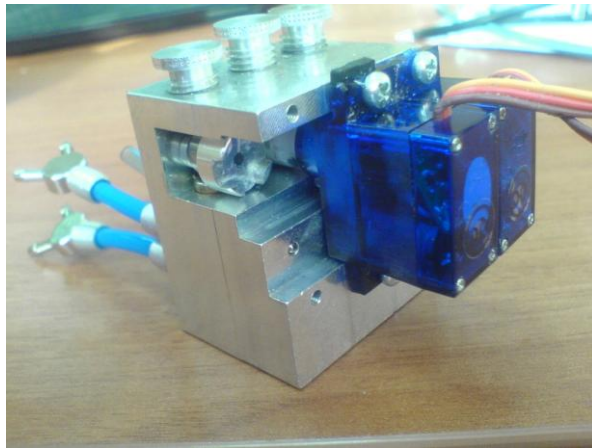
Servo motorun çözünürlüğüne göre 0 derece için 0,5ms, 90 derece için 1,5 ms ve 180 derece için 2,5 ms sinyal uygulanır. 0 ve 180 derece için uygulanan sinyal pals

genişlikleri motorun modeline göre 1 ve 2 ms arasında da olabilir. Burada önemli olan, 1,5 ms sinyal uzunluğunun tüm servo motor modellerinde orta noktayı işaret etmesidir.



Şekil 4.9. Pals genişliğine göre mikro servo motorun dairesel hareketi.

Sinyal, servo motorun girişine uygulandığı sürece servo motor şaftın açısız pozisyonunu korur. Servo motorlar çeşitli robot projelerinde, robot kollarda, uzaktan kumandalı uygulamalarda sıklıkla kullanılır. Aynı zamanda yüksek güçlü servo motorlar endüstriyel otomasyonlarda da kullanılabilir. Servo motorlar Şekil 4.10'da görüldüğü gibi hidrolik valflere bağlanmaktadır. Sinyal kablolarıyla alıcının ilgili kanalından gelen analog işareti açısız harekete dönüştürüp hidrolik akışın yönünü ve debisini kontrol etmektedir.



Şekil 4.10. Hidrolik valf ile mikro servo motor bağlantısı.

4.6. UZAKTAN KONTROL SİSTEMİ BİLEŞENLERİ

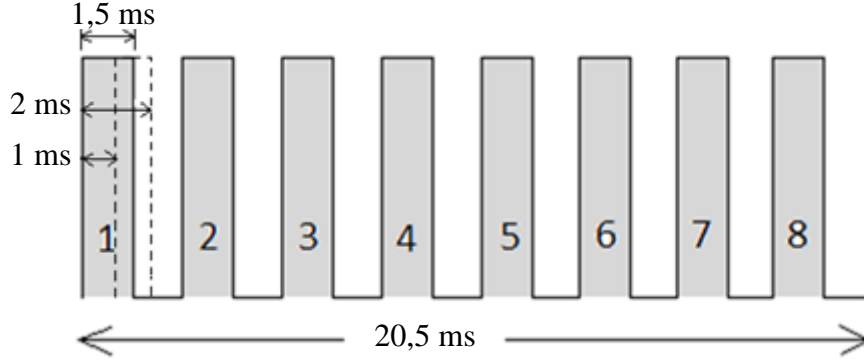
4.6.1. Kumanda ve Alıcı

Ekskavatör 6 hareket ile kontrol edilmekte, her bir hareketin ileri-geri fonksiyonu olmak üzere 12 hareketi mevcuttur. Uzaktan kontrol uygulaması için Futaba 7CAP 72 Mhz RF sinyal bandında çalışan 7 kanallı kumanda kullanılmaktadır (Şekil 4.11). Kumanda PPM (Pulse Position Modulation) ve PCM (Pulse Code Modulation) haberleşme protokollerinde çalışmaktadır. Projede PPM protokolü kullanılacaktır. Bu yöntemde, bilgi kumanda üzerindeki anahtar ve joysticklerin pozisyonlarına göre değişen potansiyometre değerleri, analog olarak FM band üzerinden alıcıya iletilir.

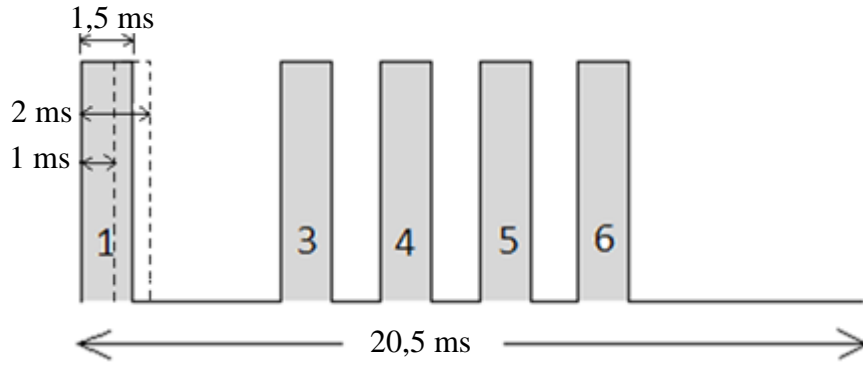
Kumandada ilk 4 kanal stick olarak adlandırılan serbest bırakıldığında sıfır referans noktasına geri dönüş özelliğindeki joystick fonksiyonundadır. 5. 6. ve 7. kanallar anahtar özelliğindedir. Mevcut kumandada 4 kanal kontrolü joysticklerle sağlanmaktadır. Ekskavatörün kontrolü için 6 joystick özelliğinde olan kanala ihtiyaç vardır. İhtiyacımız olan diğer iki hareketi karşılamak için 5.kanal anahtarlama kullanılarak 1. ve 3. kanalın çift görevde kullanımı sağlanmaktadır. Ana devre bu amaca yönelik oluşturularak gereksinim duyulan 6 kanal sağlanmıştır. Kumandanın 6.kanalı da anahtar olarak kullanılmakta ve gereksinim duyulmadığında eğitim süresinin uzaması için hidrolik pompayı kapatarak enerjiden tasarruf görevini üstlenmektedir. Kullanılan 8 kanal alıcının her bir kanalının sinyali farklı portlardan alınmaktadır fakat herhangi iki kanal birbiri ile çakışmamaktadır (Şekil 4.12).



Şekil 4.11. Kullanılan Futaba 7CAP kumanda.



Şekil 4.12. Kullanılan 8 kanallı alıcının sinyal yapısı.



Şekil 4.13. Ana devrenin denetlediği kanallar.

4.6.2. DT-3K Hareket Takip Cihazı

Gerçeklik özelliği kazandırmak için kafa hareketlerinin algılanıp robot üzerindeki kameranın aynı yönde dönmesi, dolayısıyla eğitimcinin bakmak istediği yöne kameranın da döndürülmesi gerekmektedir. Bu amaçla kullanılan bu cihaz yapılandırıldığı noktadaki konumundan 2 eksenle ivmesel değişim olması durumunda hareketi algılayıp çıkış vermektedir. Bu cihaz kumanda arkasındaki trainer girişine bağlanmakta ve kumanda kanal sayısına ekstra 2 kanal ekleyerek bilgileri göndermektedir. Projede, operatör bilgisayar başında eğitim alacağı için bu cihazın bilgisayara bağlanması gerekmektedir. Bu amaçla USB kablo ile bağlantı konektörü yapılmıştır. Eğitimci kafa hareketlerini algılayıp, bilgisayar üzerinden kumandaya aktarılmakta ve ekskavatör üstündeki kamerayı döndürmektedir. Robot ekskavatörü kullanmak için gerekli 6 kanala bu cihazla 2 kanal daha ilave olunca 8 kanallı bir alıcıya ihtiyaç duyulmaktadır. Cihazın resmi Şekil 4.14'te görülmektedir.



Şekil 4.14. DT-3K Hybrid head tracker (hareket takip cihazı).

Bu cihaz 2-6 kanallı kumandalar için PPM-Inject modu ve 7+ kanallı kumandalar için PPM-Create modu teknolojilerine sahiptir. Üstündeki butona basıldığında led ışığının yanıp sönme sayısı ile programlamak mümkündür. 6-24 V aralığında çalışma gösterebilmektedir. Futaba trainer girişiyle kumandanın arka kısmından bağlanmaktadır. Kumandanın çalışma modu PPM olmalıdır. Bu cihaz kumanda kanal sıralamasında istenilen kanala ayarlanabilmekte ve mevcut kumanda kanal sayısını 2 artırmaktadır. Projede bilgisayar üzerinden kontrol gerçekleştirileceği için diğer cihazlarla birlikte bu cihazında bilgisayara bağlanması gerekmektedir.

4.6.3. USB'den PPM (Pulse Position Modulation) Sinyaline Dönüştürücü

Bu kablo bilgisayar ile kumandayı birbirine bağlamakta, bilgisayara bağlı bir çevre biriminden (joystick, mouse vs) alınan komutları kumandaya aktarmaktadır. Kumandanın çalıştığı haberleşme modunun PPM olması gerekmektedir ve çevre biriminden alınan komutlar bu kablo ile PPM sinyaline dönüştürülerek kumandayla kontrol ediyormuş gibi nesnelere hareket ettirebilmektedir. Bu kablonun kullanımı bir yazılım programı ile sağlanmaktadır.



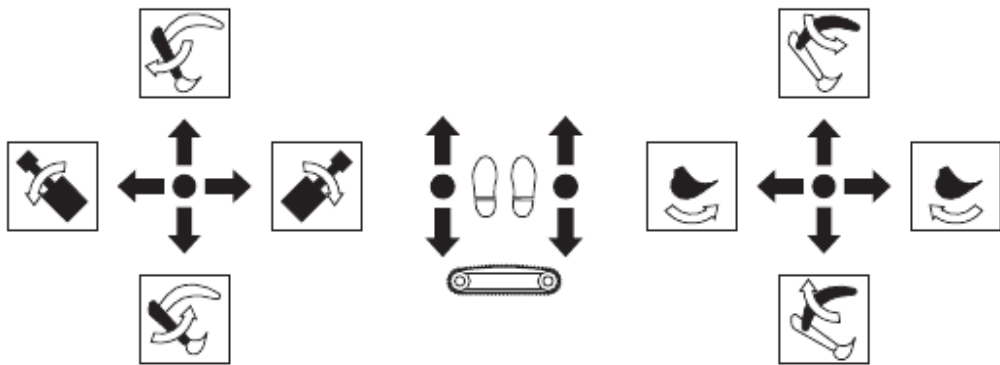
Şekil 4.15. USB -PPM dönüştürücü kablo.

4.6.4. Joystick Kollar

Gerçek ekskavatör iş makinesi kabini Şekil 4.17’de görülmektedir. Sağ ve solda bulunan 2 kumanda kolu bom, stik, kepçe ve üst yapının kontrolünü, öndeki iki vites kolu da paletlerin hareketini gerçekleştirmektedir. Şekil 4.16’da görünen kumanda hareketleri ekskavatör kontrolünü açıklamaktadır.



Şekil 4.16. Gerçek ekskavatörün operatör kabini iç görünümü.



Şekil 4.17. Ekskavatörün kumanda kontrol hareketleri [4].

Projede gerçekliği yansítmak amacıyla USB port ile bilgisayara bağlanan 2 joystick kol kullanılmıştır. Kolların kullanımı ile oluşan hareket konumları bilgisayar üzerinden USB-PPM dđnüşürücü kablo aracılığıyla kumanda üzerinden robota aktarılmaktadır. Kullanılan joystick kollar şekil 4.18’de görülmektedir.



şekil 4.18. Kullanılan joystick kollar.

4.7. GÖRÜNTÜ AKTARIMI

Prototip üzerindeki kabin konumuna operatörün hareketleri görmesi için kamera yerleştirilmiştir. Bu kamera, görüntü kalitesi yüksek 650 tv line yatay tarama özelliğine sahip 4x4 cm ebatlarındadır. Kullanılan kamera şekil 4.19’da görülmektedir. Yakın mesafeden görüntü alındığından mercek kalitesi yüksek daha profesyonel bir kamera kullanmak gerekmektedir.



şekil 4.19. Kullanılan mini kamera.

Kamera görüntüsünü aktarmak için kumanda frekansından farklı haberleşme bandı kullanan AV (audio-video) alıcı-verici gerektiğinden 1,2 Ghz kablosuz AV cihazı kullanılmıştır (Şekil 4.17).



(a)



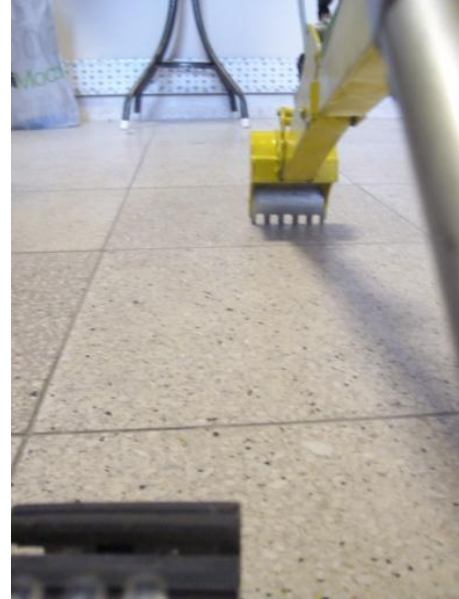
(b)

Şekil 4.20. Video aktarımı a) AV alıcı-verici, b) PC'de video izleme ve kayıt cihazı.

AV alıcıdan edinilen görüntü ve ses bilgisinin bilgisayara aktarılması ve kaydedilmesi için ayrı bir cihaza gerek duyulmaktadır. Bu amaçla Şekil 4.20 b'de görünen EasyCAP USB bağlantılı görüntü ve ses kayıt cihazı kullanılmıştır. Bu cihazla bilgisayara alınan bilgi kendi sürücü programı yardımıyla kayıt edilebilmektedir.



(a)



(b)

Şekil 4.21. Kamera görüntüleri, a) Yakın mesafe, b) Uzak mesafe.

4.7.1. Video Gözlük

Projede görüntü izleme için 3D video gözlük sistemi kullanılmaktadır (Şekil 4.20). 3D video gözlük sistemi, operatörün kafasını döndürdüğünde görüntünün de aynı şekilde gözünün önünde dönmesini sağlamak için kullanılmıştır. Bilgisayar karşısından eğitim alacak kişi görmek istediği tarafa yüzünü çevirdiğinde bilgisayar ekranındaki görüntüden uzaklaşacak ve görüntüyü kaybedecektir. Operatör kafasını döndürdüğünde görüntünün de kayması gerekmektedir. Gerçeklik kazandırmak için gözlüğe ihtiyaç duyulmasının temel sebebi budur.



Şekil 4.22. 3D Video gözlük seti.

Bu gözlük 2 metre ötede 80'' (inch) TV boyutundaki görüntüyü gösterebilecek 920.000 pixel renk kalitesinde, 640x480 çözünürlükte 2 mikro LCD ekranı olan kaliteli bir video gözlüğüdür. Şekil 4.20'de resmi görünen gözlük herhangi bir video oynatıcıdan s-video çıkış portu yoluyla video izlemeyi veya AV alıcıya bağlanarak gerçek zamanlı bir kamera görüntüsünü izlemeyi mümkün kılmaktadır.

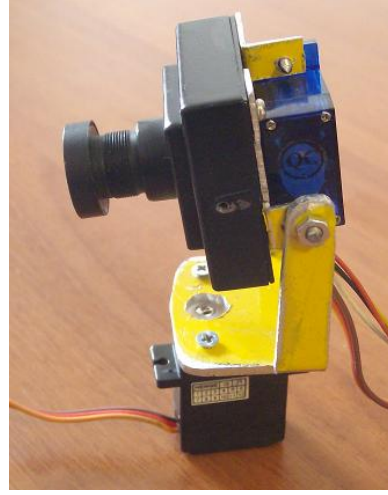
Projede robotun kabin bölmesine konan mini kameranın çektiği ve AV vericinin gücü ölçüsünde yayınlayabildiği görüntüyü AV alıcıdan alıp eğitimcinin görüşüne sunmak için kullanılmıştır. Görüntünün kalitesi kameranın netliğine ve kablosuz görüntü iletimin gücüne bağlı olmaktadır. Gözlükteki görüntü netliği ve görüş açısı tatmin edecek düzeydedir.

4.8. KAMERA KONTROLÜ

Kameranın; eğitimcinin kafa dönüş hareketlerini uygulaması için yatay ve dikey ekseninde hareket ettirilmesi gerekmektedir. Bu hareketleri sağlamak amacıyla yukarıda bahsedilen mikro servo motorlardan yararlanılmıştır. Hareket takip cihazı (Head tracker) ile eğitimcinin kafa dönüş hareketleri algılanıp kumanda üzerinden robota iletilmiştir. Alıcıya bağlı olan iki mikro servo motor kamera düzeneğinin altına yerleştirilmiş ve alıcıdan gelen bilgiye göre kameranın yatay-düşey ekseninde hareketi sağlanmıştır. Kamera ve iki mikro servo düzeneği aşağıda görülmektedir.



a) Ön görünüş ve yatay döndürme.



b) Dikey döndürme.

Şekil 4.23. Kamerayı 2 boyutta döndürme mekanizması.

BÖLÜM 5

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Hidrolik valfin, mikro servo motorlar bağlanarak kumanda hareketlerine göre verdiği cevapta valfin çıkışları ile hidrolik silindirlerin A-B girişlerinin doğru bağlantısı sağlanmıştır. Gerçek makine hareketlerini göstermesi açısından basınçlı yağ akışının doğru yönlendirilmesi için bu bağlantıların doğru yapılması gereklidir.

Hidrolik sistem tümüyle bağlanarak pompanın verdiği basınca göre ekskavatör kollarının hareket etme hızı ve kaldırma gücü denenmiş, gerçek makinede görülen kol organları hareketine benzerlik dikkat çekmiştir. Kepçenin yer seviyesinde en uzak mesafede iken kaldırabildiği ağırlık üst yapı kuyruk kısmına eklenecek dengeleyici ağırlıkla değişmekle birlikte mevcut sistemde 2 kg civarında olduğu test edilmiştir. Kepçenin gövdeye en yakın olduğu yer seviyesinde ise 4 kg ağırlığı kaldırabildiği görülmüştür.

Kol hareket hızları sabit olmayıp oransal kontrol ile kumanda joystick pozisyonlarına bağlıdır. Joystiğe bağlı potansiyometrenin değişimi valfteki açıklığı belirlemekte, dolayısı ile hidrolik sistemde kol organları çok yavaş veya hızlı hareket gösterebilmektedir.

Üst yapının dönüşü de sabit olmayıp kumandadaki joystick yer değişimine bağlı olarak hızı değişmektedir. Bu hız maximum 12 rpm olarak ayarlanmış, minimum dönüş hızıda batarya doluluk oranına göre 2 rpm den başlayarak değişim gösterebilmektedir.

Paletler sabit hızla hareket etmektedir ve 7,4 V batarya ile sürülmektedir. Batarya dolu iken dakikada aldığı yol miktarı 23 m civarındadır. Robotun olduğu yerde paletlerden sağa-sola 18 rpm civarında dönüş sergilediği görülmüştür.

Head tracker (hareket takip cihazı) yapılandırması gerçekleştirilip çalışması test edilmiş, kamerayı döndürme hareketleri gözlenmiştir.

Kumanda, CompuFly USB-PPM kablo yoluyla bilgisayara bağlanarak bilgisayar komutlarına göre robotun çalışabildiği gözlenmiş, joysticklerle hareketler test edilerek.

Ana devre ilk olarak L298 sürücü entegreleriyle tasarlanıp denenmiş, fakat sistem ihtiyacını karşılayamadığından entegrelerin yandığı gözlenmiştir. Bunun üzerine sürücü devresi röle ile yeniden tasarlanarak yapılmış ve motorların çalışmasında sorun olmadığı görülmüştür. Devre kumanda komutlarına göre robot hareket fonksiyonlarını sorunsuz kontrol edebilmektedir.

Palet motorlarının çalışma anında yayılan manyetik alan nedeniyle devrede görülen bozukluklar üzerine alıcı etrafına faraday kafesi oluşturulmuştur.

Ekskavatör robot kullanılarak aşağıdaki deneysel çalışmalar yapılmıştır. Yapılan deneysel çalışmalar gerçek ekskavatör uygulamalarından örnek alınmıştır. Bu çalışmalar 5 başlık altında toplanabilir. 1) Kanal kazma, 2) Düz zeminden toprak alıp kamyon doldurma, 3) Zemin düzeltme, 4) Rampa üzerine ekskavatörü çıkarma-indirme, 5) Ekskavatörü vinç olarak kullanma. Eğitim alacak operatörün bu uygulamaları yapabilmesi için deney ortamı hazırlanmıştır. Deney ortamında ölçümleri otomatik yapmak ve ortamı deney türüne göre dönüştürebilmek için modüler bir deney seti tasarlanmıştır (Şekil 5.1).

Deney setinde 40x40x20 boyutlarında 2 adet malzeme kabı, terazi, kamera ve ışık kullanılmaktadır. Kaplardaki malzemelerin miktarı elektronik terazi ile ölçülmektedir. Kanal kazma ve yer düşleştirme uygulamalarında yapılan işlemin düzgünlük seviyesini ölçmek için kamera kullanılmaktadır. Kamera ile alınan görüntüler resim işleme teknikleri kullanılarak otomatik ölçümlendirmeye tabi tutulmaktadır.



Şekil 5.1. Deney ortamı.

Kanal kazma işlemi için alınan görüntüler sobel filtresinden geçirilip kanal kenar çizgilerinin düzgünlü ölçülmüştür. Zemin düzeltme işleminde alınan görüntüler, siyah beyaz gri resme dönüştürülüp, belli bir eşğin ($R=150$, $G=150$, $B=150$) üzerindeki bölgeler tekrar beyaz renge, diğer bölgeler siyah renge dönüştürülmüştür. Böylece iki renk olarak elde edilen resim içerisindeki siyah/beyaz piksel sayısı oranı kişinin zemini ne derece düzelttiğini göstermektedir.

1. Kanal Kazma Uygulaması: Operatör bu uygulamada toprağı kanaldan alıp yanındaki bunkere (kamyona) doldurarak uygulama yapar. Belli bir süre sonunda (5 dk) kanaldan ne kadar toprağı bunkere koyduğı, kazma işlemini ne kadar düz bir çizgi şeklinde ve belli bir derinlikte gerçekleştirdiğı, bunkere çarpıp çarpmadığı ölçülür.

Deneysel uygulama yapılırken kum dolu bir kap ekskavatörün önüne konur. Operatörden kepçe genişliği ölçüsünde hayali iki çizgi arasını düzgünce kazması istenir. Kazma işlemi esnasında kabın dibindeki kırmızı alanının ortaya çıkarılması gerekmektedir. Verilen süre sonunda ne kadar toprağı kazdığı, sınırı düzgün olarak kazıp kazmadığı otomatik olarak ölçülür ve puanı bilgisayar tarafından verilir.

Yapılan deneysel çalışmanın bilgisayar tarafından değerlendirilebilmesi için sistem şu şekilde kurulmuştur. Robotun çalışma bölgesinin tamamını görece şekilde bir kamera yerleştirilmiştir. Çalışma süresi bittikten sonra kameradan görüntü alınır. Alınan görüntü içerisindeki pikseller taranarak, sınır çizgilerin dışına çıkılan alanın ölçüsü, kanalın dibinde ortaya çıkarılan zeminin renkli boyasının oranı bilgisayar tarafından tespit edilir. Buna bir de bunkerin içindeki toprağın ağırlığı eklenince operatörün performansı ölçülebilecek hale gelir. Bu işlem için aşağıdaki ampirik formül kullanılmıştır.

$$\left[\begin{array}{c} \text{Operatörün} \\ \text{performans} \\ \text{notu} \end{array} \right] = \left[\left[\begin{array}{c} \text{Bunkere} \\ \text{doldurulan} \\ \text{toprağın} \\ \text{ağırlığı (gr)} \end{array} \right] * 0,03 + \left[\begin{array}{c} \text{Kanal dibinde} \\ \text{ortaya} \\ \text{çıkarılan} \\ \text{alan (cm}^2\text{)} \end{array} \right] * 0,25 \right] * 4/7$$

$$- \left[\left[\begin{array}{c} \text{Bunkere} \\ \text{çarpma} \\ \text{sayısı} \end{array} \right] * 5 + \left[\begin{array}{c} \text{Sınır çizgiyi} \\ \text{geçen} \\ \text{alan (cm}^2\text{)} \end{array} \right] * 0,5 \right] \quad (5.1)$$

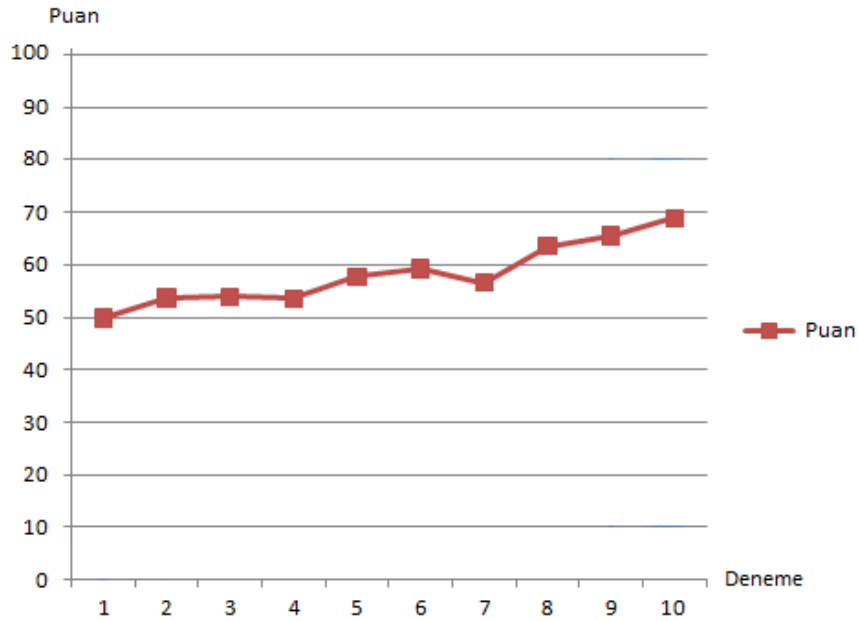
Örneğin 5 dakika süre sonunda bunkere doldurulan 3800 gr toprak, 65 cm² kanal dibinin gözükmesi ve 20 cm² de sınır çizgiyi geçme olsun. Bu işlem süresince 1 kez de bunkere çarpma gerçekleşsin. Operatörün alacağı puan 100 üzerinden 59,43 olacaktır.

Bu formüldeki katsayılar 5 dk içerisinde maksimum çıkarılacak toprak 5000 gr, maksimum kazma alanı 100 cm² ve maksimum sınırı geçme 30 cm² esasına göre belirlenmiştir. Deney düzeneğinin farklı tasarlanması durumunda katsayılar yeniden belirlenmelidir.

İlk uygulamadaki 10 deney sonucu Çizelge 5.1 ve grafik Şekil 5.2'de görülmektedir.

Çizelge 5.1. Kanal kazma uygulaması için ölçüm sonuçları.

Deneme	Toprağın ağırlığı (gr)	Kanal Alanı (cm ²)	Çarpma sayısı	Sınırı geçen alan (cm ²)	Puan
1	2870	36	0	5	49,84
2	2965	44	0	7	53,61
3	3040	51	0	7	53,9
4	3220	55	1	9	53,56
5	3085	62	0	8	57,74
6	3265	58	0	10	59,26
7	3370	65	1	11	56,56
8	3425	69	0	10	63,57
9	3610	67	0	12	65,46
10	3745	73	0	11	68,84



Şekil 5.2. Kanal kazma uygulaması performans grafiği.

2. Yığma Toprağı Kamyonu Yükleme: Kabın içine doldurulan yığma gevşek toprağı, belli bir süre sonuna kadar ekskavatör ile alıp bunkere/kamyona yükleme uygulamasıdır (Şekil 5.2). Bu işlem için belirlenen süre sonunda bunkere çarpmadan ne kadar toprağın bunkere yüklendiğı bilgisi alınır ve buna göre operatörün performansı ölçülür. Bu işlem için aşağıdaki ampirik formül kullanılabilir.

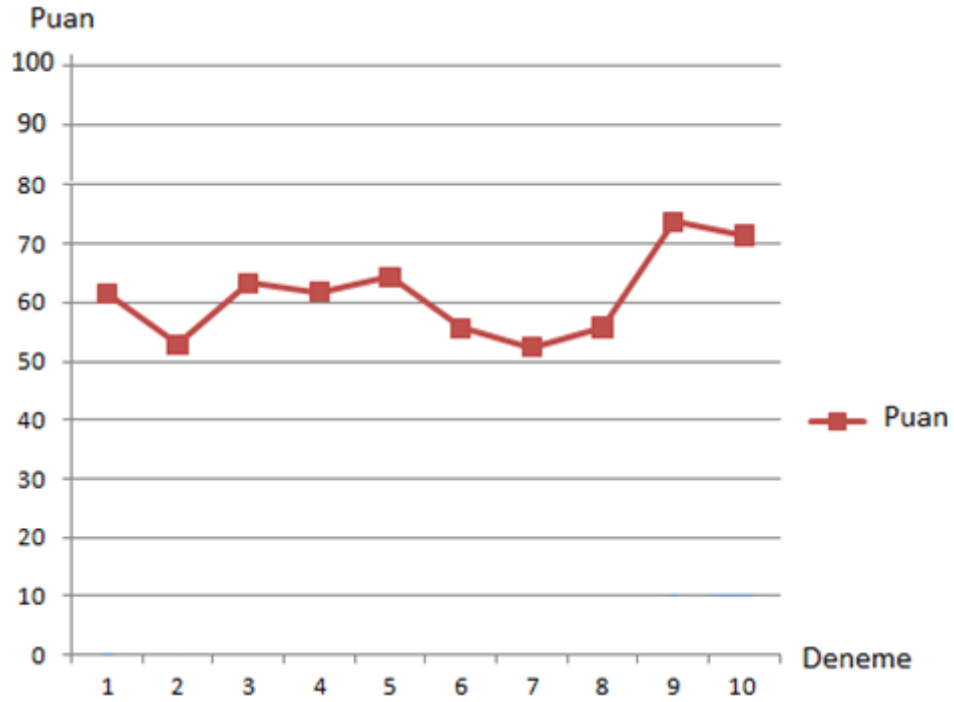
$$\left[\begin{array}{c} \text{Operatörün} \\ \text{performans} \\ \text{notu} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} \text{Bunkere} \\ \text{doldurulan} \\ \text{toprağın} \\ \text{ağırlığı (gr)} \end{array} \right] * 0,02 - \left[\begin{array}{c} \text{Bunkere} \\ \text{çarpma} \\ \text{sayısı} \end{array} \right] * 10 \quad (5.2)$$



Şekil 5.3. Kamyon doldurma deney ortamı.

Çizelge 5.2. Kamyona toprak yükleme uygulaması için ölçüm sonuçları.

Deneme	Toprağın ağırlığı (gr)	Çarpma sayısı	Puan
1	3075	0	61,5
2	3140	1	52,8
3	3165	0	63,3
4	3090	0	61,8
5	3215	0	64,3
6	3280	1	55,6
7	3620	2	52,4
8	3790	2	55,8
9	3685	0	73,7
10	3570	0	71,4



Şekil 5.4. Kamyona toprak yükleme uygulaması performans grafiği.

3. Zemin Düzleştirme: Engeli bir zemini düzleştirmek için yapılan bir uygulamadır. Operatörden kalıp kullanılarak şekil verilmiş tümseklerden oluşan bir zemini düzeltmesi istenir. Operatör kepçeyi kullanarak zemini düzeltmeye çalışır. Belli bir süre sonra (5 dk) yüzeye yandan ışık verilerek bir kamera vasıtasıyla tümseklerin oluşturduğu gölgelerin piksel yoğunluğu ölçülerek operatörün puanı çıkarılır.

Her uygulamada zeminin aynı tümseklere sahip olması için zemine şekil vermek için içerisinde boşlukların olduğu bir kalıp kullanılır. Kalıpla zemine desen verildikten sonra kamera ile ilk fotoğraf çekilir. Operatör işlemini bitirdikten sonra tekrar fotoğraf alınır. Resim işleme tekniğiyle yüzeydeki siyah bölgelerin (gölgelerin) azalma oranı operatörün performansını gösterir. Buna aşağıdaki ampirik formül puanlama için kullanılır.

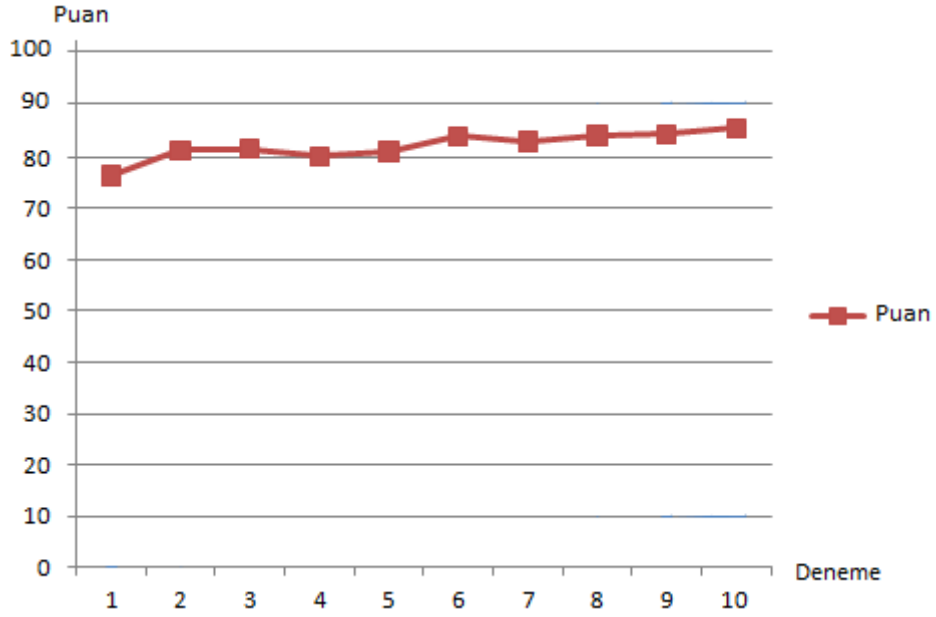
$$\left[\text{Operatör notu} \right] = \left[1 - \frac{\text{Son fotodaki siyah bölge alanı (cm}^2\text{)}}{\text{İlk fotodaki siyah bölge alanı (cm}^2\text{)}} \right] * 100 \quad (5.3)$$



Şekil 5.5. Zemin düzeltme uygulaması deney ortamı.

Çizelge 5.3. Zemin düzleştirme uygulaması için ölçüm sonuçları.

Deneme	İlk fotoğraftaki siyah bölge alanı (cm ²)	Son fotoğraftaki siyah bölge alanı (cm ²)	Puan
1	280	66	76,43
2	285	53	81,40
3	283	52	81,62
4	288	57	80,21
5	292	55	81,16
6	296	47	84,12
7	289	49	83,04
8	293	46	84,30
9	291	45	84,54
10	292	42	85,62



Şekil 5.6. Zemin düzleştirme uygulaması performans grafiği.

4. Ekskavatörü rampa üzerine çıkarma-indirme: Ekskavatörler bir yerden bir yere taşınırken treyler üzerinde taşınır. Ekskavatörü treyler üzerine çıkarmak için bir eğik düzlem kullanılır. Bazı durumlarda iş güvenliği kurallarına uyulmadan ekskavatörleri belli bir teknikle rampa kullanmadan yükleyenler de olmaktadır. Burada ekskavatörü rampa kullanarak tıra yükleme alıştırmaları yapılmıştır.

Bunun için belli bir yükseklikte (20 cm) bir platformun önüne ekskavatör paletleri genişliğince 50 cm boyunda iki parça halinde eğik düzlem konulmuştur. Operatör bu eğik düzlem üzerinden ekskavatörü düşürmeden rampaya çıkarma ve indirme talimi yapar. 5 dk. süre içerisinde kaç defa bu işlemi gerçekleştirirse o kadar puan alır. Maksimum referans değeri olarak 20 iniş çıkış alınmıştır. 5 dk süre içerisinde ekskavatörü düşürmeden 20 defa inip çıkan bir kişi 100 puan alacaktır. Kullanılan formül şu şekildedir.

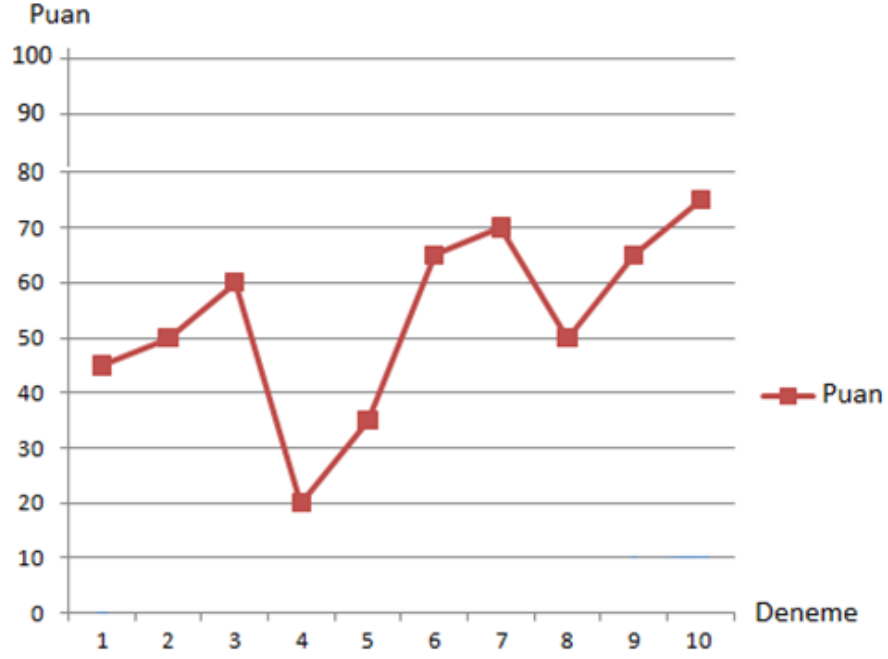
$$\left[\begin{array}{l} \text{Operatörün} \\ \text{performans} \\ \text{notu} \end{array} \right] = (\text{Sefer sayısı}) * 5 - (\text{Düşürme Sayısı}) * 10 \quad (5.4)$$



Şekil 5.7. Ekskavatörü Rampa üzerine çıkarma-indirme deney ortamı.

Çizelge 5.4. Rampa iniş-çıkış uygulaması için ölçüm sonuçları.

Deneme	Sefer sayısı	Düşürme sayısı	Puan
1	9	0	45
2	10	0	50
3	12	0	60
4	8	2	20
5	9	1	35
6	13	0	65
7	14	0	70
8	10	0	50
9	13	0	65
10	15	0	75



Şekil 5.8. Rampa iniş-çıkış uygulaması performans grafiği.

5. Ekskavatörü Vinç Olarak Kullanma: Bazı ortamlarında vinç bulunmadığında zaman kaybetmemek için ekskavatörler vinç olarak kullanılabilir. Bu tür işlemlerde kepçenin dişleri bir tutma aracı olarak işlev görmektedir. Her ne kadar iş güvenliği açısından doğru bir uygulama olmasa da çok yapılan bir işlem olduğundan, operatörlerin bu konuda eğitim alması önem arz etmektedir. Bu yöndeki kazalar incelendiğinde oluşan kazaların daha çok şu şekildedir: Yük kaldırırken ekskavatör üst yapısı palet doğrultusunda durmakta ve yükü indirme yapacağı yan taraftaki alana doğru çevirdiğinde ekskavatörün devrildiği yönündedir. Burada operatörün yük ile moment kolu arasındaki ters orantıya hâkim olması gerekir. Operatörün kepçe kolunun ne kadar yükte ne kadar uzak mesafede bulunması konusunda fikir ve tecrübe sahibi olması gerekir. Operatörün kepçenin dişlerini hassas bir şekilde bir deliğe ya da halatın ucuna takabilmesi gerekir. Bütün bu eğitimleri operatöre verebilmek için Şekil 5.5'teki deney ortamı hazırlanmış ve ölçümler yapılmıştır.

Deney ortamında ekskavatörün önüne 1,75, 2,0, 2,5, 3,0 kg ağırlıklarında üst kısımlarında halka bulunan değişik kütleler konur. Operatörden bu kütleleri

kepçenin dişlerini kullanarak halkaya takması ve yerinden kaldırıp, ekskavatörün üst yapısını 90 derece çevirerek yan tarafta olabildiğince uzak bir noktaya bırakması istenir. Bu esnada operatör, ağırlığın büyüklüğüne göre stik kolunu uygun bir sınıra kadar açmalıdır. Böylece tüm ağırlıkları devirmeden ne kadar uzakğa bıraktıysa ve bunu 5 dk içerisinde bir çok kez tekrar ettiyse buna sayısal performans puanı oluşturulur.

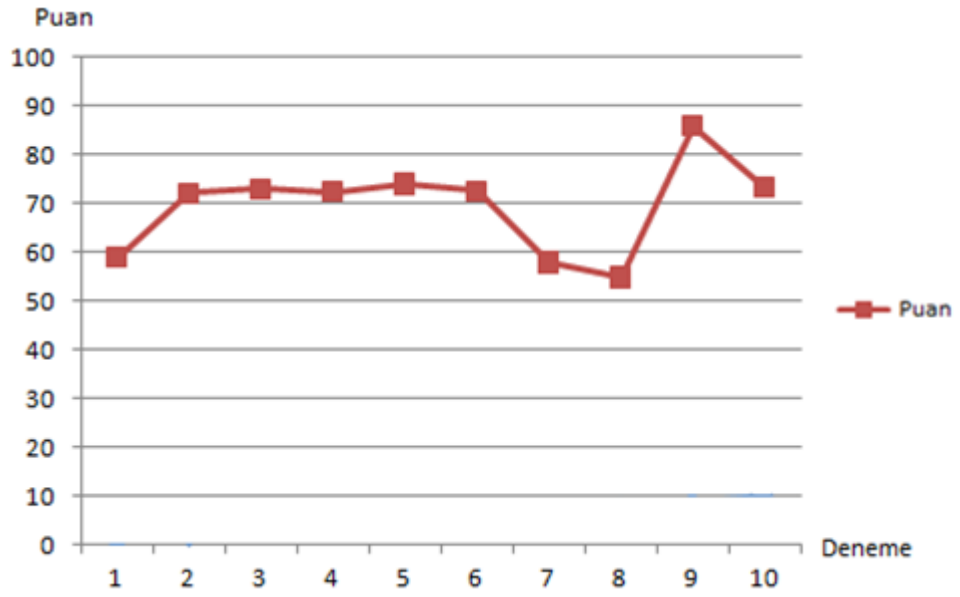
$$\begin{aligned}
 \left[\begin{array}{l} \text{Operatörün} \\ \text{performans} \\ \text{notu} \end{array} \right] &= \left[\left(\begin{array}{c} (1,75 \text{ kg}) \\ * \\ (\text{toplam mesafe}) \\ (\text{cm}) \end{array} \right) + \left(\begin{array}{c} (2 \text{ kg}) \\ * \\ (\text{toplam mesafe}) \\ (\text{cm}) \end{array} \right) \right] / 8 \\
 &+ \left[\left(\begin{array}{c} (1,75 \text{ kg}) \\ * \\ (\text{toplam mesafe}) \\ (\text{cm}) \end{array} \right) + \left(\begin{array}{c} (2 \text{ kg}) \\ * \\ (\text{toplam mesafe}) \\ (\text{cm}) \end{array} \right) \right] / 8 \\
 &- (\text{Devrilme Sayısı}) * 15 \qquad (5.5)
 \end{aligned}$$

Çizelge 5.5. Vinç olarak kullanma uygulaması için ölçüm sonuçları.

Deneme	1,75 kg taşıma	2 kg taşıma	2,5 kg taşıma	3 kg taşıma	Devrilme	Puan
1	59+56	57+0	35+0	23+0	0	58,97
2	54+59	56+53	37+0	23+0	0	72,16
3	60+56	59+54	37+0	21+0	0	73,06
4	59+60	57+60	33+40	25+0	1	72,47
5	57+58	58+60	33+0	24+0	0	73,97
6	60+60	60+56	40+36	23+0	1	72,625
7	59+59	60+57	40+35	25+0	2	57,875
8	60+55	58+56	37+34	24+0	2	54,84
9	60+60	60+57	35+36	22+0	0	85,94
10	59+60	58+59	39+37	24+0	1	73,3



Şekil 5.9. Ekskavatörü vinç olarak kullanma deney ortamı.

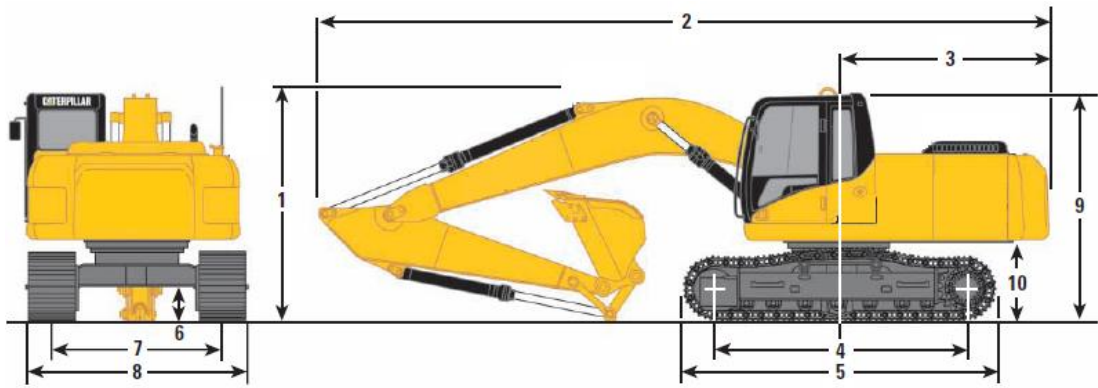


Şekil 5.10. Vinç olarak kullanma uygulaması performans grafiği.

BÖLÜM 6

SONUÇLAR

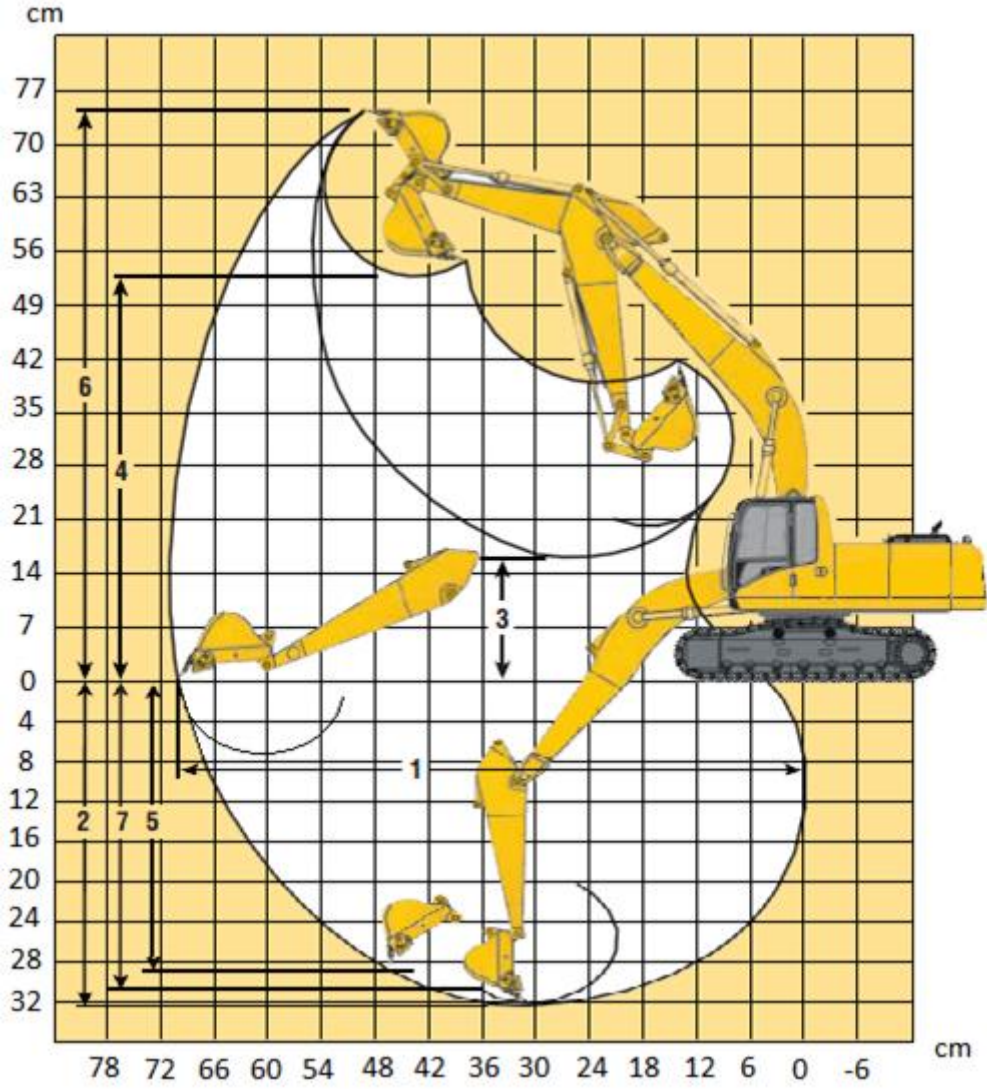
İmal edilen ekskavatör robot boyutları Şekil 6.1’de görülmektedir.



Şekil 6.1. Prototip ekskavatör makine boyutları.

1. Taşıma yüksekliği	23 cm
2. Taşıma uzunluğu	59 cm
3. Kuyruk dönüş yarıçapı	20 cm
4. Dişli merkezleri uzunluğu	24 cm
5. Palet uzunluğu	32 cm
6. Yerden yükseklik	2,5 cm
7. Palet dişlileri arası genişlik	18,5 cm
8. Taşıma genişliği	23 cm
9. Kabin yüksekliği	20,5 cm
10. Üst yapı yerden yüksekliği	8 cm

Kol organlarının belirli konumlardaki hareket yörüngeleri ve mesafe ölçüleri Şekil 6.2’de verilmektedir.



Şekil 6.2. Kol organlarının hareket alanı ve mesafe grafiği.

1.	Yer seviyesi max. uzanma mesafesi	69 cm
2.	Max. kazı derinliği	33 cm
3.	Min. yükleme yüksekliği	12 cm
4.	Max. yükleme yüksekliği	48 cm
5.	Max. dikey kazı derinliği	25 cm
6.	Max. kesim yüksekliği	73 cm
7.	Max. toplama derinliği	28 cm

Tasarım aşamasında öngörülen boyutsal oranlar, imalât sonrası robot görünüşünün gerçek makineye benzerliğini büyük oranda sağlamıştır. Hesaplamalarda belirlenen 10 bar basınç ihtiyacının kol organlarını yükte iken sorunsuz hareket ettirebildiği

görülmektedir. Pompanın 350 ml/dk sıvı basma miktarı, kolları gerçeğiyle uyumlu hızda hareket ettirebilmektedir. Oransal valf kullanımı ile de kolların çok yavaş hareketi mümkün olmaktadır. Oransal valf maximum açıklıkta iken aynı anda iki farklı kol hareketi çalıştırıldığında hareketlerden birinin yavaşladığı gözlenmiştir. Böyle durumda valf açıklık oranının yarıya düşürülmesi ihtiyacı karşılamaktadır.

Gerçek tasarıma uygunluğu ve prototip robotun seri şekilde kullanılması; kullanıcı görüşleriyle gerçek iş makinesi kullanıyor izlenimini oluşturmuştur. Sistemin, gerçek makine kullanımından eksik ve olumsuz yönleri şu şekilde özetlenebilir:

1. Kamera açısı robotun yana eğimli durumlarında dikey konuma gelmemekte, görüntü eğimli açıyla gözlüğe yansımaktadır. Gerçek iş makinesinde budurum, operatörün görüş açısını değiştirmesiyle telafi edilmektedir.
2. Ekskavatör üstündeki sarsıntılar eğitimcinin koltuğuna yansıtılamamaktadır.
3. Robotun küçük olması hafif sarsıntılarda fazla etkilenmesine neden olmaktadır.
4. Video gözlük sistemi, 5 dk'dan uzun kullanımda gözlerde yorulmaya sebep olmaktadır.
5. Kablosuz haberleşme ağının 72 Mhz radyo frekans bandında olması elektriksel gürültülerden alıcının, dolayısıyla devrenin etkilenmesine neden olmaktadır. Haberleşme frekansı 2,4 Ghz'e yükseltilebilmektedir.

Deneysel sonuçlardan görüldüğü üzere bu sistemin, eğitimcinin sürüş kabiliyetinin gelişmesine katkıda bulunan bir simulatör olduğu söylenebilir. Eğitimlerin daha uzun süre alınabilmesi için daha kaliteli gözlük ve kamera kullanımı gerekmektedir. Sistemin geliştirilmeye açık yönleri daha ileri çalışmalara imkân tanımaktadır.

KAYNAKLAR

1. Weir, D. H., “Application of a driving simulator to the development of in-vehicle human–machine-interfaces”, *Journal on IATSS Research*, 34 (1): 16-21 (2010).
2. Sasaki, T. and Miyata, T., “Development of remote control system of construction machinery using pneumatic robot arm”, *IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems*, Japan, 748-753 (2004).
3. Sasaki, T. and Kawashima, K., “Remote control of backhoe at construction site with a pneumatic robot system”, *Automation in Construction*, 17 (8): 907-914 (2008).
4. Sasaki, T., Nagai, T. and Kawashima, K., “Remote control of backhoe for rescue activities using pneumatic robot system”, *IEEE International Conference on Robotics and Automation*, Florida, 3177-3182 (2006).
5. Engel, S., Alda, W. and Boryczko, K., “Real-time computer simulator of hydraulic excavator”, *AGH University of Science and Technology*, Poland, 357-362 (2010).
6. Kwon, S. K., Kim, J., Jung, Y. M., Jung, C. S., Lee, C. D. and Yang, S. Y., “A hydraulic simulator for an excavator”, University of Ulsan, **VII. JFPS International Symposium on Fluid Power**, Korea, 611-616 (2008).
7. Liu, Y., Hasan, M. S. and Yu, H. N., “Modelling and remote control of an excavator”, Staffordshire University, *Automation and Computing*, 7 (3): 349-358 (2010).
8. Lim, T. H., Lee, H. S. and Yang, S. Y., “Development of simulator for hydraulic excavator”, University of Ulsan, **VI. JFPS International Symposium on Fluid Power**, Korea, 110-114 (2005).
9. DiMaio, S. P., Salcudean, S. E., Reboulett, C., Tafazoli, S. and Hashtrudi-Zaad, K., “A virtual excavator development and for controller evaluation”, University of British Columbia, *International Conference on Robotics & Automation*, Belgium, 52-58 (1998).
10. Yang, S. Y., Jin, S. M. and Kwon, S. K., “Remote control system of industrial field robot”, University of Ulsan, *IEEE International Conference on Industrial Informatics*, Korea, 442-447 (2008).

11. Özdemir, A., Yazıcı, İ. ve Kunduz, T., “Mikrodenetleyici tabanlı kablosuz kontrol ve kumanda sistemi tasarımı”, *III. Otomasyon Sempozyumu*, Denizli, 57-60 (2005).
12. Rezazadeh, I. M., Wang, X., Firoozabadi, M. and Hashemi Golpayegani, M. R., “Using affective human-machine interface to increase the operation performance in virtual construction crane training system: a novel approach”, *Automation in Construction*, 20 (3): 289-298 (2011).
13. Mora, A. and Barrientos, A., “An experimental study about the effect of interactions among functional factors in performance of telemanipulation systems”, *Control Engineering Practice*, 15 (1): 29-41 (2004).
14. Şahin, C., Dayanık, A. ve Altınbaşak, C., “PIC Programlama Teknikleri ve PIC16F877A 1. baskı”, *Altaş Yayınları*, İstanbul, 526 (2006).
15. Ha Q.P., Nguyen Q.H., Rye D.C. and Durrant-Whyte H.F., “Impedance control of a hydraulically actuated robotic excavator”, *Automation in Construction*, 9 (5-6): 421-435 (2000).
16. Wang D., Guan C., Pan S., Zhang M. and Lin X., “Performance analysis of hydraulic excavator powertrain hybridization”, *Automation in Construction*, 18 (3): 249-257 (2009).
17. Haga M., Hiroshi W. and Fujishima K., “Digging control system for hydraulic excavator”, *Mechatronics*, 11 (6): 665-676 (2001).
18. Budny E., Chlosta M. and Gutkowski W., “Load-independent control of a hydraulic excavator”, *Automation in Construction*, 12 (3): 245-254 (2003).
19. Makkonen T., Nevala K. and Heikkila R., “A 3D model based control of an excavator”, *Automation in Construction*, 15 (5): 571-577 (2006).
20. Kim D., Kim J., Lee K., Park C., Song J. and Kang D., “Excavator tele-operation system using a human arm”, *Automation in Construction*, 18 (2): 173-182 (2009).
21. Wang D., Lin X. and Zhang Y., “Research on the energy regeneration systems for hybrid hydraulic excavators”, *Automation in Construction*, 19 (8): 1016-1026 (2010).
22. Seo J., Lee S., Kim J. and Kim S.K., “Task planner design for an automated excavation system”, *Automation in Construction*, 20 (7): 954-966 (2011).

ÖZGEÇMİŞ

Oğuz ÇEVİK 1984 yılında Karabük'te doğdu; ilk ve orta öğrenimini aynı şehirde tamamladı. 2001 yılında Karabük Demir Çelik Lisesi'nden mezun oldu. Aynı yıl Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elk.Elektronik Müh. Bölümü'nde öğrenime başlayıp 2008 yılında mezun oldu. 2009 yılında Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Müh. Anabilim Dalı'nda yüksek lisans programına kaydoldu. 2010 yılında Karabük Üniversitesi Mühendislik Fak. Mekatronik Müh. Bölümünde araştırma görevlisi olarak göreve başladı. Halen aynı görevde çalışmaya devam etmektedir.

ADRES BİLGİLERİ

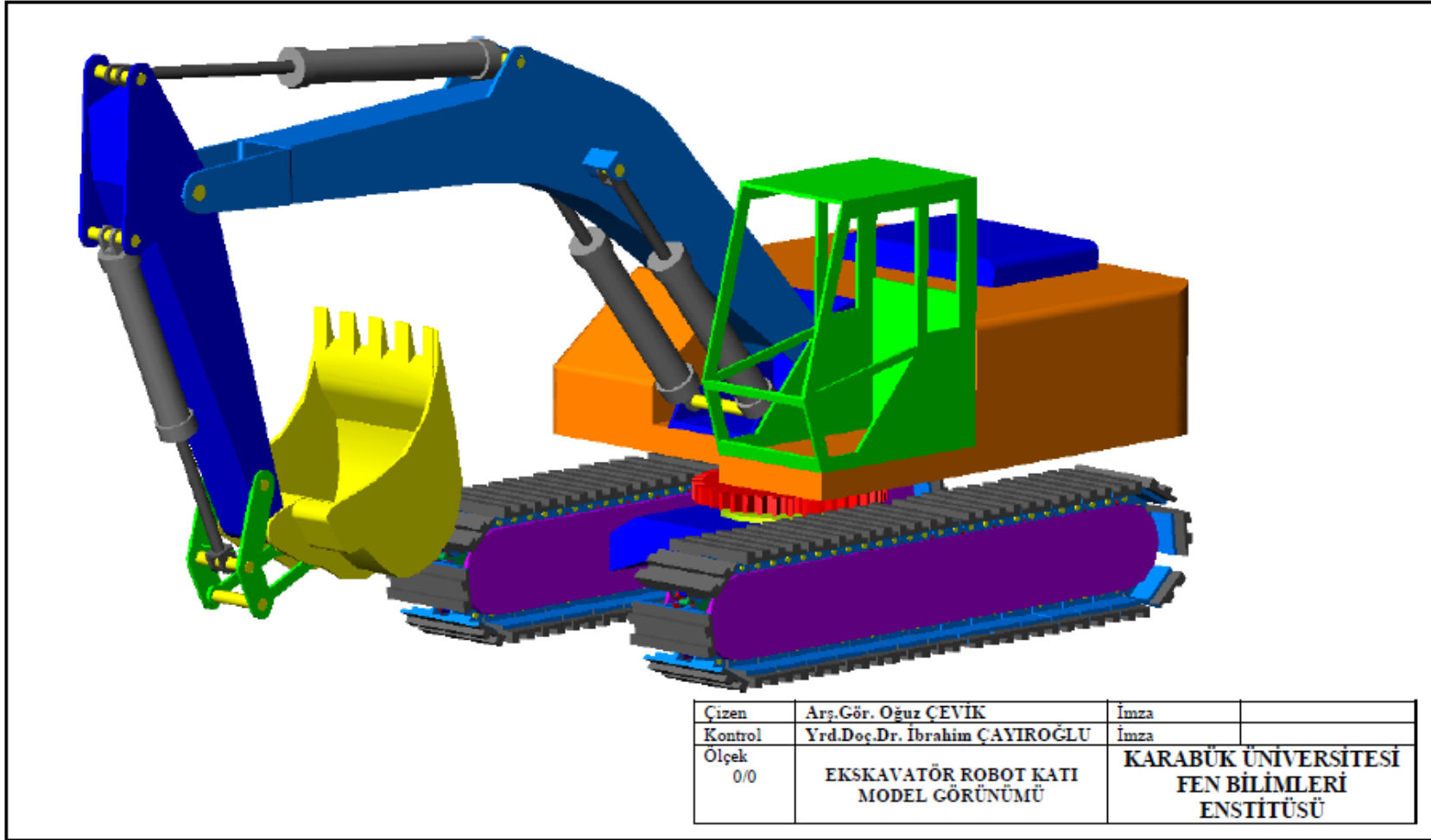
Adres : Karabük Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi Mekatronik Müh
Balıklarkayası Mevkii / KARABÜK

Tel : (543) 329 33 03

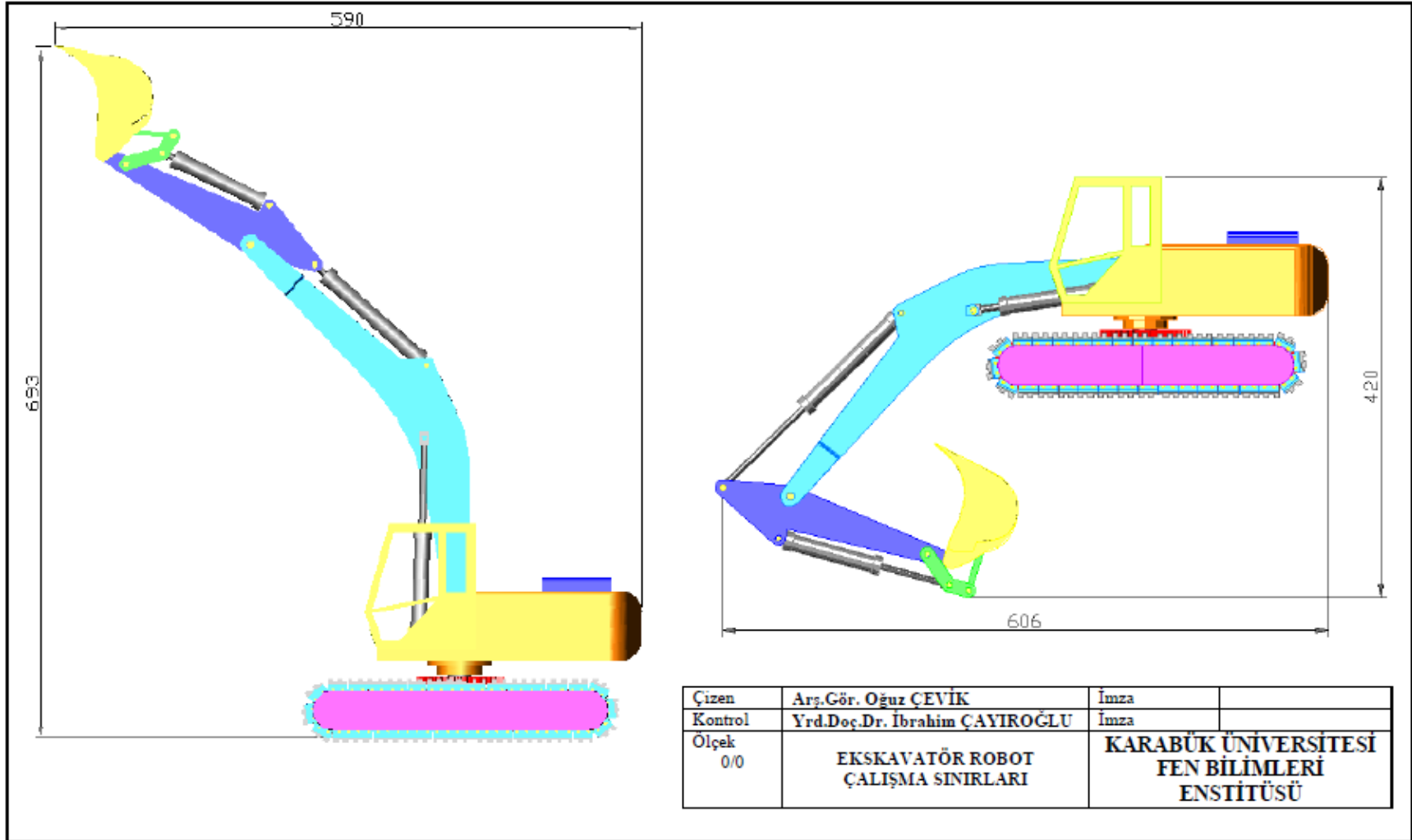
E-posta : oguzcevik@karabuk.edu.t

EK AÇIKLAMALAR A.

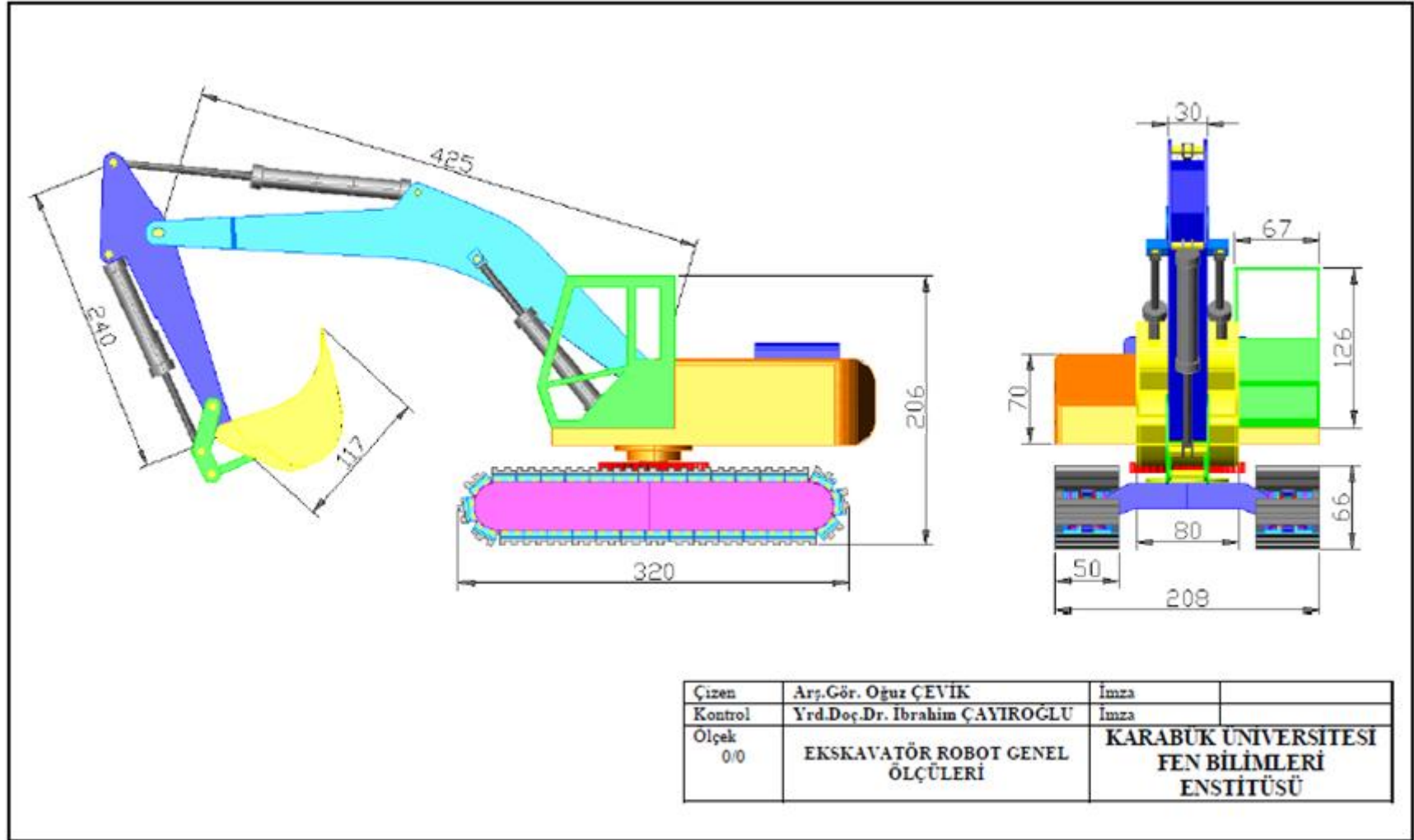
EKSKAVATÖR ROBOTUN TASARIM ÇİZİMLERİ



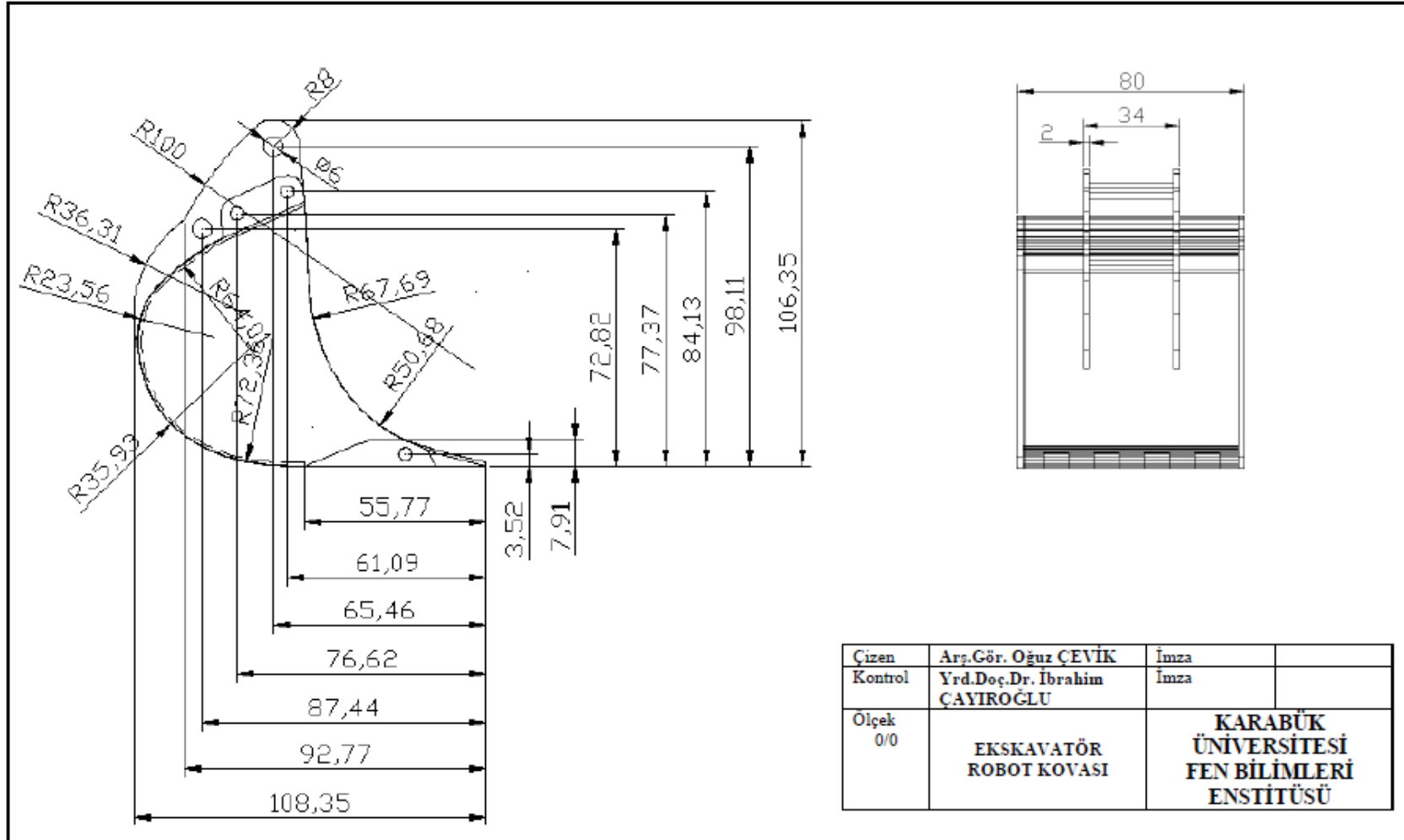
Şekil EK A.1. Ekskavatör robotun tasarım çizimleri.



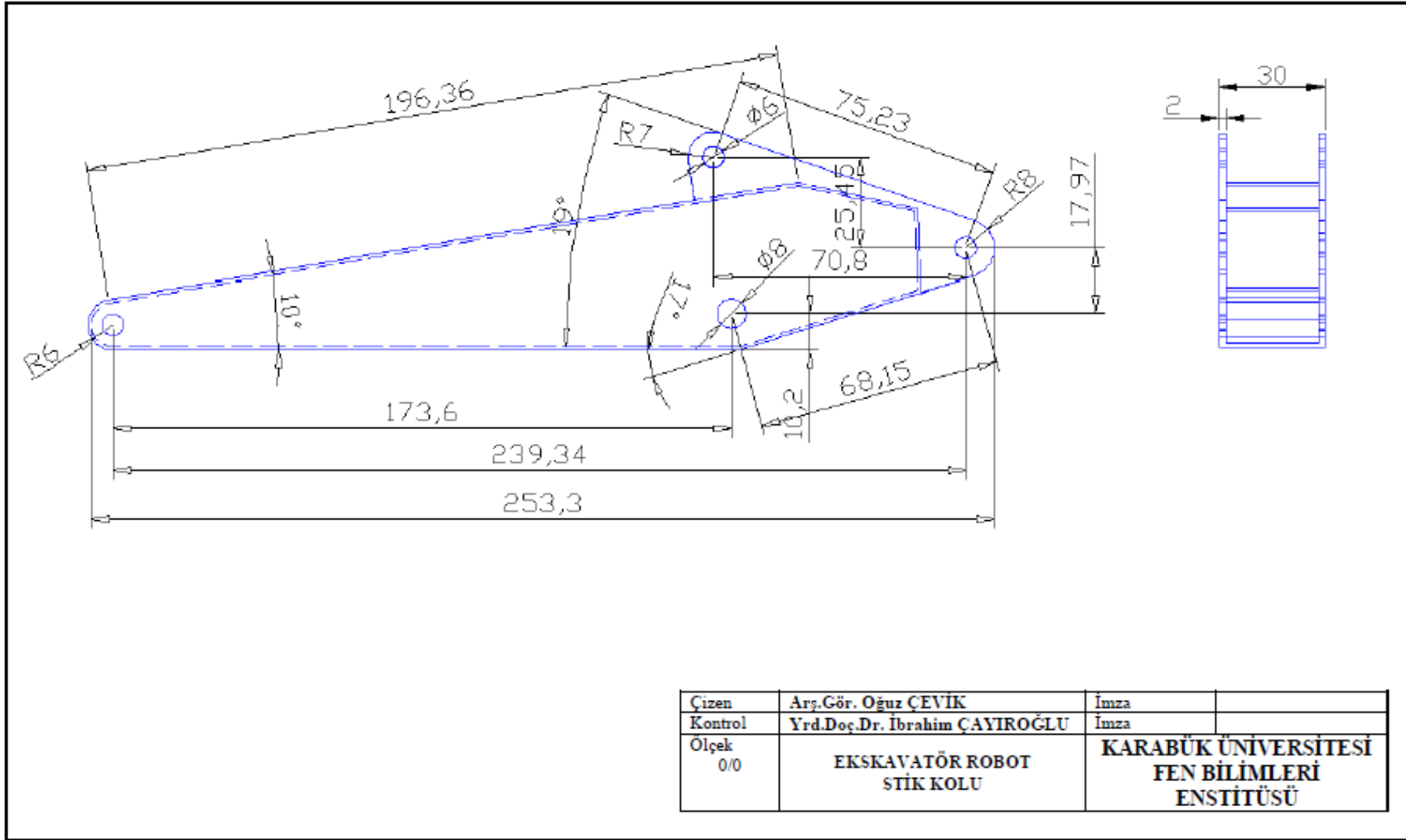
Şekil EK A.1. (devam ediyor).



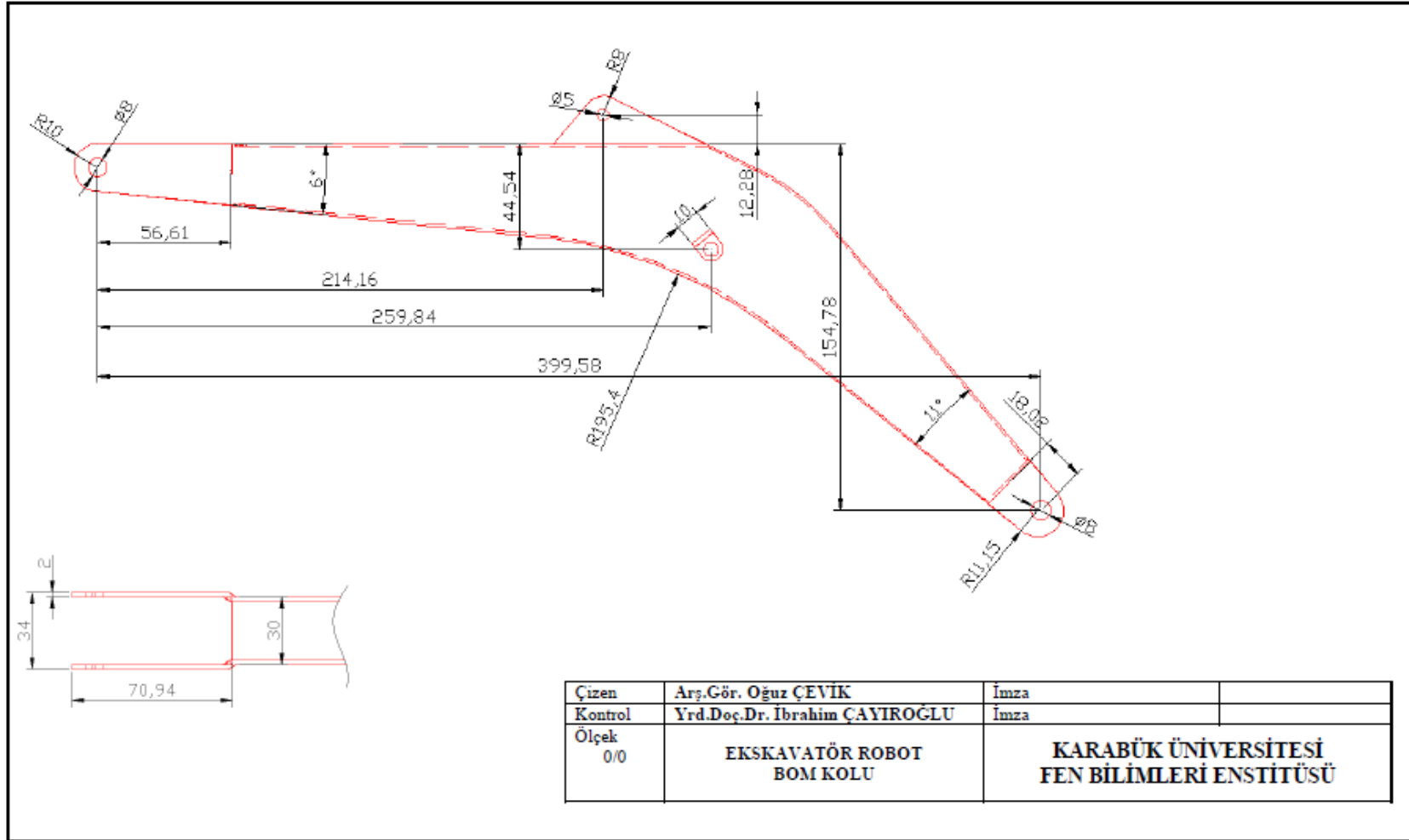
Şekil EK A.1. (devam ediyor).



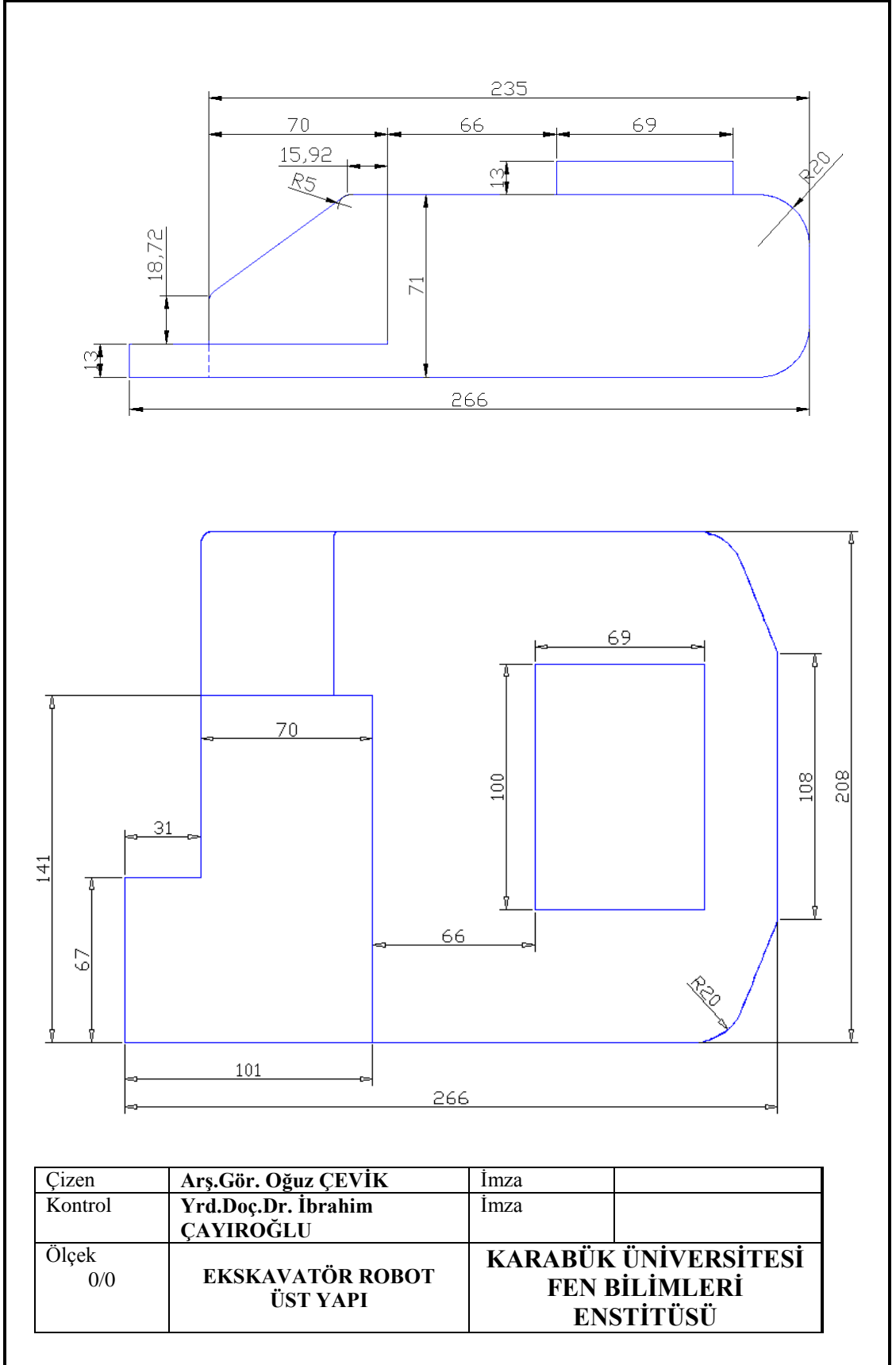
Şekil EK A.1. (devam ediyor).



Şekil EK A.1. (devam ediyor).



Şekil EK A.1. (devam ediyor).



Şekil EK A.1. (devam ediyor).