

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ROBOT
İLE
MOZAİK DİZME OTOMASYONU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Esra Pınar İNAL
Makine Mühendisi

Balıkesir, Temmuz - 2006

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ROBOT
İLE
MOZAİK DİZME OTOMASYONU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Esra Pınar İNAL
Makine Mühendisi

Balıkesir, Temmuz - 2006

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ROBOT İLE MOZAIK DİZME OTOMASYONU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Esra Pınar İNAL

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Ali ORAL

Sınav Tarihi : 07/07/2006

Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Fehmi ERZİNCANLI (GYTE)

Yrd. Doç. Dr. M. Nedim GERGER (BAÜ)

Yrd. Doç. Dr. Ali ORAL (Danışman-BAÜ)

Balıkesir, Temmuz-2006

ÖZET

ROBOT İLE MOZAİK DİZME OTOMASYONU

Esra Pınar İNAL
Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

(Yüksek Lisans Tezi / Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Ali ORAL)
Balıkesir, 2006

Mozaik sanatı; günümüzden 8000 yıl kadar önce ortaya çıkmış olmasına ve günümüzde hala büyük bir rağbet görmesine rağmen, araç ve malzemelerin gelişmesi dışında mozaik yapımında kullanılan teknik değişmemiş ve hep el ile icra edile gelmiştir. Tez çalışmasında; mozaik desenlerinin, el ile dizilişi yerine geliştirilen bir yazılım vasıtasıyla kontrol edilen dört serbestlik dereceli bir kartezyen robot tarafından dizilmesi gerçekleştirilmiştir.

Tez çalışmasının birinci aşamasında; mozaik sanatının tarihsel gelişimi ve geçmişten bugüne mozaik yapımı hakkında bilgi verilmiştir. Mozaik dizme otomasyonu konusunda yapılan çalışmalar belirtilmiş, çalışmanın amacı ifade edilmiştir.

İkinci aşamada; mermer taşların dizilmesinde kullanılacak olan dört serbestlik dereceli kartezyen robotun tasarlanması ve imal edilmesi hakkında bilgi verilmiştir. Robotun mekanik ve elektronik donanımını oluşturan kısımlar ele alınmış ve incelenmiştir.

Üçüncü aşamada; mozaik dizme otomasyonu için geliştirilen algoritma açıklanmıştır. Bu yazılım ile; herhangi bir BDT (Bilgisayar Destekli Tasarım) programında çizilen mozaik deseninin yorumlanarak desen içerisindeki tüm mermer parçalarının geometrik özellikleri elde edilmiş ve bu veriler kullanılarak mermer taşların belirli bir noktadan alınarak deseni içindeki koordinatlarına yerleştirilmesi gerçekleştirilmiştir.

Dördüncü aşamada; deneysel olarak SolidWorks BDT programında çizilen ve dxf formatında kaydedilen çeşitli mozaik desenlerinin imal edilen robot tarafından dizilmesi gerçekleştirilmiştir.

ANAHTAR KELİMELEER :Robot/Kartezyen Robot/Mozaik/Otomasyon

ABSTRACT

MOSAIC PATTERNING AUTOMATION WITH ROBOT

Esra Pınar İNAL

**Balıkesir University, Institute of Science,
Department of Mechanical Engineering**

(MSc. Thesis/Supervisor: Assist. Prof. Dr. Ali ORAL)

Balıkesir-Turkey, 2006

The art of mosaic arised 8000 years ago. Despite all those years and all the attention it has received, mosaic patterning is still being carried out manually and mosaic patterning processes have never been changed except the tool and material development. In this thesis, instead of patterning manually, mosaic patterning automation is achieved by a four degrees of freedom cartesian robot.

In the first part of the thesis; history of the mosaic art and the mosaic patterning processes are described. The studies about the mosaic patterning automation are defined and also the aim of this thesis is expressed.

In the second part; a cartesian robot with a four degrees of freedom is designed and manufactured for mosaic patterning automation. The mechanical and electronic components of the robot are represented.

In the third part, the algorithm which is developed for mosaic patterning and the control of robot, is described. The control software interprets a pattern file prepared using an existing 2D CAD package and computes the locations of the pieces of the pattern and guides the robotic arm.

In the fourth part; experimental applications for several mosaic patterns that are designed using SolidWorks CAD software and saved in “.dxf” format, are carried out by the robot.

KEYWORDS: Robot / Cartesian Robot/ Mosaic / Automation

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİL LİSTESİ	vi
ÇİZELGE LİSTESİ	ix
SEMBOL LİSTESİ	x
ÖNSÖZ	xii
1.GİRİŞ	1
2. MOZAİK DİZME OTOMASYONU İÇİN ROBOT TASARIMI	8
2.1 Giriş	8
2.2 Mozaik Dizme Robotu Mekanik Donanımı	9
2.2.1 Robotun X eksenindeki Hareketi	11
2.2.2 Robotun Y Eksenindeki Hareketi	14
2.2.3 Robotun Z Eksenindeki Hareketi ve Dönme Eksen	15
2.2.4 Robotun Vakum Sistemi	15
2.3 Mozaik Dizme Robotu Elektronik Donanımı	16
2.3.1 Adım Motorlar	20
2.3.1.1 Adım Motoru Çeşitleri	20
2.3.1.2 Adım Motorlarına Ait Önemli Parametreler	20
2.3.1.3 Adım Motorlarının Denetimi	23
2.3.1.4 Adım Motoru Sürücü Sistemleri	24
2.3.1.5 Mozaik Dizme Robotunda Kullanılan Adım Motorlar ve Sürücü Devreleri	25
2.3.2 Elektropnömatik Kontrol Devresi	27
2.3.2.1 5/2 Yönlendirme İmpuls Valfi	31
2.3.2.2 Akış Kontrol Valfi	32

2.3.2.3	Çift Etkili Pnömatik Silindir	33
2.3.2.4	Röleler	35
2.3.2.5	Vakum Pompası	36
2.3.2.6	Solenoid Valf	37
2.3.2.7	Vakum Emme Tutucu Elemanı	38
2.3.2.8	Seri Port	41
3.	MOZAİK DİZME OTOMASYONU YAZILIMI	47
3.1	Giriş	47
3.2	Mozaik Dizme Otomasyonu İçin Yazılım Geliştirilmesi	48
3.2.1	Unsur Kavramı	49
3.2.2	Unsur Tanıma ve Çıkarma	49
3.2.3	Mozaik Dizme Otomasyonu İçin Geliştirilen Unsur Tanıma Algoritması	50
3.2.4	Mozaik Dizme Robotu Kontrolü İçin Geliştirilen Yazılım	57
3.2.5	Mozaik Dizme Otomasyonu Yazılımı İçin Geliştirilen Arayüz	60
4.	YAPILAN UYGULAMALAR	62
4.1	Düz Kare Desen Oluşturulması	63
4.2	Çapraz Kare Desen Oluşturulması	67
4.3	Eşkenar Dörtgenlerle Dairesel Desen Oluşturulması	69
4.4	Bordür Deseni	71
4.5	Dairesel Desen	72
5.	SONUÇ	75
6.	KAYNAKLAR	77

ŞEKİL LİSTESİ

<u>Şekil Numarası</u>	<u>Adı</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1	Uruk kalıntıları Staatliche Müzesi / Berlin	2
Şekil 1.2	Tapınaklarda kullanılan çakıl mozaiği Ribat / Tunus	2
Şekil 1.3	Duvar mozaiği Ravenna Şehri / İtalya	2
Şekil 1.4	Mozaik döşeme işleminin ilk uygulamalarındaki katmanlar	3
Şekil 1.5	Mitolojide yer tanrısı Zeugma / Gaziantep	4
Şekil 1.6	Roma dönemine ait yer döşemesi Vatikan Müzesi	4
Şekil 1.7	St. Vitale Kilisesi duvar mozaiği Ravenna Şehri / İtalya	4
Şekil 1.8	Mozak diziminde kullanılan kalıplar	5
Şekil 1.9	Mermer mozaik dizme işlemi	5
Şekil 1.10	Mozaikleri bir arada tutmaya yarayan sentetik file	6
Şekil 1.11	Günümüzde evlerde kullanılan mozaik	6
Şekil 1.12	SCARA robot ile mozaik dizme işlemi	7
Şekil 2.1	Kartezyen robotların çalışma alanları	10
Şekil 2.2	Mozaik dizimi için tasarlanan robot	10
Şekil 2.3	Mozaik dizimi için tasarlanan robotun imal edilmiş hali	10
Şekil 2.4	Pnömatik silindir ve step motor	11
Şekil 2.5	X ve Y eksenleri	12
Şekil 2.6.	Triger kayış-kasnak mekanizması ve arabanın hareketlendirilmesi esnasında oluşan kuvvetler	12
Şekil 2.7	Y eksenindeki hareket için kullanılan kayış kasnak mekanizmaları	14
Şekil 2.8	Pnömatik silindir, vakumlu tutucu ve step motor	15
Şekil 2.9	Sistemin Kontrol Şeması	18
Şekil 2.10	Üç eksen hareket denetleyici kartı	18
Şekil 2.11.	Mozaik dizme robotu elektronik ve pnömatik elemanları	19
Şekil 2.12	Mozaik dizme robotu elektronik elemanları	19

Şekil 2.13	Sürekli rejimde ve kalkışta max. yük momenti/hız eğrileri	22
Şekil 2.14	Açık döngülü denetim	23
Şekil 2.15	Adım motorunun kapalı döngülü denetimi	24
Şekil 2.16	Adım motoru sürücü sisteminin blok diyagramı	25
Şekil 2.17	L297 Adım motor sürücü entegresi	26
Şekil 2.18	Mozaik dizme robotunun pnömatik elemanları	28
Şekil 2.19	Pnömatik silindirin kumanda devre şeması	29
Şekil 2.20	Vakumlama sistemi kontrol devre şeması	30
Şekil 2.21	5/2 Yön kontrol valfinin çalışma prensibi	32
Şekil 2.22	5/2 Yön kontrol valfi	32
Şekil 2.23	Tek yönlü akış kontrol valfinin çalışma prensibi	33
Şekil 2.24	Çift etkili silindir	34
Şekil 2.25	Çift etkili silindirin kumandası	34
Şekil 2.26	Mozaik dizme robotunda kullanılan pnömatik silindir	34
Şekil 2.27	Rölenin iç yapısı	35
Şekil 2.28	Röle ve sembolik gösterimi	36
Şekil 2.29	Vakumlama sisteminde kullanılan selenoid valf	37
Şekil 2.30	Selenoid valfin çalışma prensibi	38
Şekil 2.31	Körüklü vantuzun çalışma şekli	39
Şekil 2.32	Emme tutucu elemanının dikey ve yatay çalışma durumları	41
Şekil 2.33	9 pinli Seri port	42
Şekil 2.34.	Seri porta veri iletimi	45
Şekil 3.1.	Unsur tanıma algoritmasında kullanılan çizim elemanları	50
Şekil 3.2.	Desen dosyasının okunması ve unsurların tanımlanması	52
Şekil 3.3.	Üçgen unsur	52
Şekil 3.4	Kare unsur	54
Şekil 3.5	Eşkenar dörtgen unsur	54
Şekil 3.6	Dikdörtgen unsur	54
Şekil 3.7	Altıgen unsur	55
Şekil 3.8	Unsur tanıma algoritması	56
Şekil 3.9.	Robotun denetlenmesinin akış diyagramı	58
Şekil 3.10.	Robot çalışma alanı	59
Şekil 3.11.	Mozaik parçasının eğim açısı	60

Şekil 3.12.	Mozaik Dizme Yazılımı (MODIMOT) için geliştirilen arayüz	61
Şekil 4.1	Endüstriyel mozaik uygulamaları	62
Şekil 4.2	Düz kare desen	63
Şekil 4.3	SolidWorks 2006 BDT programıyla çizilen düz kare desen	63
Şekil 4.4	Düz kare desenin okunarak unsurların algılanması	64
Şekil 4.5	Mozaik deseninin oluşturulması içinde arayüzde komutlar	66
Şekil 4.6	Uygulama sonucu elde edilen mozaik deseni	66
Şekil 4.7	Çoklu vantuz	67
Şekil 4.8	Çoklu vantuz ile düz kare desenin oluşturulması	67
Şekil 4.9	SolidWorks programında çizilen çapraz kare deseni	68
Şekil 4.10	Mozaik deseninin robot tarafından oluşturulması	68
Şekil 4.11	Uygulama sonucu elde edilen desen	69
Şekil 4.12	SolidWorks 'te çizilen "Eskenar.dxf" mozaik deseni dosyası	70
Şekil 4.13	Robot tarafından desenin oluşturulması	70
Şekil 4.14	Uygulama sonucunda elde edilen dairesel desen	70
Şekil 4.15	SolidWorks 'te çizilen mozaik deseni	71
Şekil 4.16	Kare mermerlerin yerleştirilmesi	72
Şekil 4.17	Dikdörtgen mermerlerin yerleştirilmesi	72
Şekil 4.18	Altıgen mermerlerin yerleştirilmesi	72
Şekil 4.19	"dairesel.dxf" mozaik deseni dosyası	73
Şekil 4.20	Mozaik deseninin oluşturulması	74
Şekil 4.21	Uygulama sonucu elde edilen dairesel desen	74

ÇİZELGE LİSTESİ

<u>Çizelge Numarası</u>	<u>Adı</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1	Adım Motorlar ve Özellikleri	25
Çizelge 2.2	L297 Sürücü Entegre İçin Maksimum Değerler	26
Çizelge 2.3	PC seri port taban adresleri ve I/O adres atamaları	42
Çizelge 2.4	IBM PC DB25S/P ve DB-9S/P pin atamaları. 9 uçlu ve 25 uçlu konnektörlerde sinyaller	43
Çizelge 2.5	Seri Portun Pinleri	43
Çizelge 4.1	Desen dosyasının okunması sonucu algılanan unsurlar	65

SEMBOL LİSTESİ

<u>Simge</u>	<u>Adı</u>	<u>Birimi</u>
M	Moment	Nm
T_e	Kayışın gergin kolundaki kuvvet	N
d	Döndürülen kasnak çapı	m
F_a	İvmelendirme kuvveti	N
F_f	Sürtünme kuvveti	N
F_w	Dış kuvvetler (çalışma yükü)	N
F_g	Arabanın ağırlığı	N
F_{ab}	Kayış ivmelendirme kuvveti	N
F_{ai}	Kayışın gevşek kolundaki kuvveti	N
m_s	Arabanın kütesini	kg
a	Arabanın ivmesini	m/s^2
μ_r	Gezer rulman ile mil arasındaki sürtünme katsayısı	
g	Yerçekimi ivmesi	m/s^2
F_{fi}	Gezer rulmandaki lineer harekete karşı direnç kuvvetini	N
W_b	Kayış özgül ağırlığı	kg/m^3
L	Kayış uzunluğu	m
b	Kayış genişliğini	m
J_i	Döndürülen kasnağın atalet momentini	kgm^2
α	Döndürülen kasnağın açısal ivmesi	rad/s^2
m_i	Döndürülen kasnağın kütesini	kg
d_b	Kasnak göbek çapı	m
F_H	Vantuzun Tutma kuvveti	N
F_A	Vantuzun ayrılma kuvvetini	N
m	Kaldırılan mermer parçasının kütesini	kg
a	Sistemin ivmesi	m/s^2
n	Sistemdeki vakumlu tutucunun sayısı	

P_o	Atmosfer basıncı	bar
P_u	Vakum basıncı	bar
A	Vakumlanan bölgenin alanı	m^2
n_3	Deformasyon katsayısı	(0.9-0.6)
η	Sistemin verimi	
z	Kullanılan vantuz sayısı	
S	Emniyet faktörü	
μ	Vantuz ile iş parçası arasındaki sürtünme katsayısı	
T_H	Teorik tutma kuvveti	N
L_x	Mozaik parçasının X eksenindeki koordinatı	
L_y	Mozaik parçasının Y eksenindeki koordinatı	

ÖNSÖZ

İnsan geçmişinde veya bu gününde sürekli yenilikleri arayan varlık olmuştur. İnsanlık tarihinin gelişim sürecinde hep varolan bu yenilik arayışı, insanın doğasında olan daha iyi yaşam koşulları istemesinin sonucudur. Özellikle yaşadığımız son iki yüzyıl insanlık için dönüm noktası olmuştur, bu yaşanmış olan yüzyıllarda teknolojik ve sosyal gelişme en üst düzeye çıkmış ve halen de artarak sürmektedir. Yaşadığımız günlerin en son yeniliklerinden biri olan robotik bilimi çok genç olan yaşına rağmen çok hızlı bir gelişme göstermektedir.

Gerek çalışmam boyunca geçen zaman gerekse lisans öğrenimim boyunca; ekip çalışması ruhu içerisinde beni eğitmeye çalışan, her sorunumla ilgilenip çözüm yolları arayan, tecrübelerini benimle paylaşan, sıkıştığım her noktada sağduyusu ve deneyimini kullanıp bana yol gösteren değerli hocam ve danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Ali ORAL 'a teşekkürlerimi sunarım.

Nesne yönelimli programlamaya ilişkin bilgilerimi temellendiren; her sorunumla kendi sorunuymuş gibi değerli zamanımı esirgmeden ilgilenen hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Mustafa Emre İLAL 'e içtenlikle teşekkür ederim.

Çalışmamızda kullanılan robotun imalatında yardımlarını esirgemeyen ve ellerindeki tüm olanakları sunan İMAK Profil Kesme Makinaları San. Ve Tic. A.Ş ve Sayın Oktay MERİÇ 'e teşekkür ederim.

6. Ağır Bakım Merkezi Komutanlığından Sayın Yarıbay Faruk KÜTÜK, Sayın Muzaffer BOZ 'a ve Sayın Ali Rıza ÇAKAR 'a çalışmamda olan katkıları ve sundukları olanaklardan dolayı teşekkür ederim.

Her zaman yanımda olan ve benden desteklerini esirgemeyen arkadaşlarıma en içten teşekkürlerimi sunarım.

Verdikleri sevgi ve destekleriyle bugünlere gelmemi ve kendimi şanslı hissetmemi sağlayan aileme sonsuz teşekkürler.

1. GİRİŞ

Mozaik, duvar veya yer dekorasyonunda kullanılan, genellikle büyük boyutlarda yapılan çok özel bir sanat dalıdır. Mozaikler; birbirinden farklı küçük doğal taş (tesserae), terracota, traverten veya mermer parçalarının bir yüzey üzerinde bir resim veya desen oluşturacak şekilde macunla bir araya getirilmesiyle oluşturulmaktadır [1].

İç ve dış mimaride, objeler üzerinde, parklarda, meydanlarda ve bahçelerde kalıcı ve dekoratif bir uygulama olarak göze çarpan mozaik; çok eski bir tarihin, derin bir kültürün ve çok farklı yorumların sonucu günümüze ulaşmış özel bir sanat dalıdır [2].

Mozaik ve mozaik kelimesinin ilk olarak Anadolu 'da günümüzden 5000 yıl kadar önce Sümerler tarafından kullanılmaya başlandığı sanılmaktadır. Buna karşın bilinen en eski mozaik kalıntıları bir Frigya kenti olan Gordiyon 'da bulunmuştur (MÖ. IIX. yüzyıl) [3].

İlk başlarda siyah beyaz mozaik taneleri basit geometrik şekillerle dizilirken daha sonraları (MÖ. V. yüzyıl) av sahneleri ve insan figürlerinin de bulunduğu değişik kompozisyonlar yapılmaya başlanmıştır [1]. M.Ö. IV./III. yüzyıllarda bugünkü Irak sınırları içerisinde yer alan antik Uruk kentinin bina duvarlarında külah şeklinde kurutulmuş çamurların duvarlara gömülmesiyle mimari alanlarda mozaik sanatı kullanılmaya başlanmıştır [4]. Şekil 1.1' de Uruk mozaiklerinden kalıntılar görülmektedir. Buna benzer diğer antik mozaik örnekleri ise Mısır 'da bulunmaktadır. Doğuda ve Akdeniz kıyılarında bulunan en eski mozaikler çakıl taşının yer döşemesi ve kaldırım amaçlı kullanıldığını göstermektedir. Yer kaplamada estetikten çok fonksiyonel amaçlı kullanılan çakıl mozaik, daha sonraki tarihlerde kamu binalarında, tapınaklarda ve galerilerde dekoratif etki için ve



Şekil 1.1 Uruk Kalıntıları
Staatliche Müzesi / Berlin



Şekil 1.2 Tapınaklarda kullanılan çakıl mozaiği Ribat / Tunus

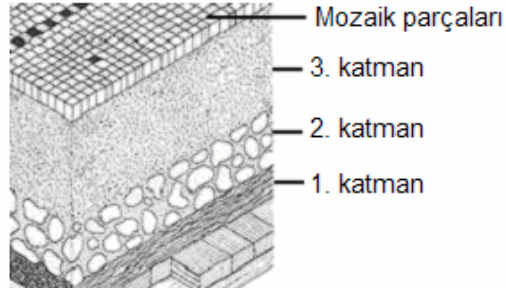
genellikle geometrik desenlerle kullanılmıştır. Şekil 1.2’ de tapınaklarda kullanılan çakıl mozaigine örnek verilmiştir.

M.Ö. V. yüzyılda çakıl mozaik tekniği son derece gelişmiş, takip eden yüzyılda teknik kullanım açısından en yüksek noktaya ulaşmış bir sanat dalı olma özelliğini yakalamıştır [4,5].

M.Ö. IV. yüzyıldan itibaren mozaik doğal çakıl taşına olan bağımlılığından kurtulmuş kesme ve kırma tekniklerinin gelişmesi ile renk, desen ve malzeme açısından çeşitlenmiştir. Bu dönemde mozağin yuvarlak ve derin kaplar üzerinde de uygulanması mümkün olmuştur. Kesik taşlarla yapılan önemli mozaik örnekleri Asos ve Olimpia 'dadır [4]. Şekil 1.3 ‘de mermer parçalarıyla yapılmış bir duvar mozaiği görülmektedir.



Şekil 1.3 Duvar Mozaiği Ravenna Şehri / İtalya



Şekil 1.4 Mozaik döşeme işleminin ilk uygulamalarındaki katmanlar

İlk mermer mozaik örnekleri kral yollarında yer döşemesi şeklinde görülmektedir. Bu dönemlerde yapılan mozaik çalışmalarında kısaca şu işlem basamakları uygulanmıştır. Mozaik döşenecek zemin ilk önce kaba bir harç ile doldurulmakta ve bu katmanın üzerine başka bir harç serilmektedir. Bu harç; çakıl, terra-cotta ismi verilen mermer parçaları ve kireç olmak üzere üç elemandan oluşmaktadır. Üçüncü bir katman olarak daha ince taneli kum ile karışık seramik parçaları, kil ve kireç karışımı uygulanmaktadır. Oluşturulmak istenen desen en son katmanın üzerine çizildikten sonra mozaik parçaları kum ve kireç karışımıyla bu katmana eklenmektedir [6]. Şekil 1.4' te mozaik dizme uygulamalarındaki katmanlar gösterilmiştir.

M.S. II. yüzyıldan itibaren mozaik, İtalya'da bir moda şeklini almıştır. Popüler desen; yunus, denizde yaşam ve su ile ilgili mitolojik öyküler ve bunların yanı sıra spor, avcılık gibi konularda evleri, hamamları, dükkanları süslemiştir. Bu dönemde yer mozaığı adeta halı, kilim gibi kullanılmıştır. Dekorasyonda mozaik kullanımı Roma imparatorluğu ile tüm Akdeniz'e, Kuzey Afrika'ya ve Avrupa'ya yayılmıştır. Çok tanrılı dönemden Hıristiyanlığa geçiş ile birlikte antik döneme ait pek çok desen ve sembol yeni anlamlar yüklenerek kiliselerde kullanılmaya başlanmıştır. Mozaik bu dönemde de yerini ve vazgeçilmezliğini korumuş, yer mozaikleri duvar mozaiklerine dönüşmeye başlamıştır [4]. Şekil 1.5 'te Gaziantep 'teki Zeugma mozaiklerinden mitolojideki Yer Tanrısına ait bir mozaik



Şekil 1.5 Mitolojide Yer Tanrısı
Zeugma / Gaziantep



Şekil 1.6 Roma dönemine ait yer döşemesi
Vatikan Müzesi

Bizans İmparatorluğu mozaığe çok büyük önem vermiştir, en zengin ve gösterişli mozaikler Bizans dönemine aittir. Duvar mozaığının yaygın kullanımı, renkli camın, altının, gümüşün mozaik içerisinde yer alması bu dönemin tipik özellikleridir. Doğu Bizans İmparatorluğuna Başkent olan İstanbul'da mozaik okulları açılmış, mozaikçiler vergiden muaf tutulmuştur. Ayasofya bu dönemin en önemli mozaiklerini içerisinde bulunduran tarihi bir anıttır. Batı Bizans'ın son dönemlerinde başkent olan İtalya'daki Ravenna kenti, eşsiz mozaik eserleri ile ünlü çok özel bir kenttir. Şekil 1.7'de St.Vitale kilisesinin duvarlarını süsleyen mozaiklerden bir örnek görülmektedir [4,5].



Şekil 1.7 St. Vitale Kilisesi duvar mozaığı
Ravenna Şehri / İtalya

Günümüzde mozaik yapımında, mermer/traverten parçalarının mozaik içindeki konumuna yerleştirilmesi sırasında kayma olmaması için kalıp kullanılmaktadır. Şekil 1.8’ de kullanılan kalıplardan örnekler görülmektedir.



Şekil 1.8 Mozaik diziminde kullanılan kalıplar

Şekil 1.9 ’daki gibi kalıp üzerine tüm mozaik parçaları insan emeği ile yerleştirildikten sonra, mozaik parçaları üzerlerine yapıştırıcı madde sürülüp Şekil 1.10’da görüldüğü gibi sentetik maddelerden yapılan file ile birbirine tutturulmaktadır. Bu şekilde elde edilen mozaik, yapıştırıcı madde kuruduktan sonra çimento harcı veya özel bir harcın içine yerleştirilerek duvar ve yer dekorasyonunda kullanılmaktadır. Şekil 1.11’de günümüzde mozaığın iç ve dış mimaride kullanımına bir örnek verilmiştir.



Şekil 1.9 Mermer mozaik dizme işlemi



Şekil 1.10 Mozaikleri bir arada tutmaya yarayan sentetik file



Şekil 1.11 Günümüzde evlerde kullanılan mozaik

Mermer mozaik yapan firmalarda antik mozaik yapımı oldukça fazladır. Antik mozaikler, mermer veya traverten parçaları üzerinde eskitme işlemi uygulanarak elde edilmektedirler. Mozaik oluşturma yöntemleri eski çağlardan bu yana pek fazla değişmemiştir. Değişen sadece, kullanılan alet ve malzeme işleme teknikleridir. Kullanılan alet ve malzemelerdeki gelişmeler mermerlerin ön şekillendirme işlemlerinin çabuk ve kolay bir şekilde yapılabilmesini sağlamıştır. Mozaik halen çok fazla özel ilgi ve değer bekleyen, zaman alan ve yoğun iş gücü-el emeği gerektiren bir sanattır.

Mermer-traverten mozaik dizme otomasyonu konusunda yapılan çalışmalar oldukça yenidir. Oral ve Erzincanlı, mermer parçalarının bir robot ile belirli bir noktadan alınarak mozaik oluşturulmasını sağlayan bir yazılım geliştirmişlerdir.

SCARA robot kullanılarak gerçekleştirilen bu çalışmada aynı bylk ve renkteki mermer parçalarıyla yalnızca kare veya dikdörtgen matris şeklindeki mozaikler elde edilmektedir [8]. şekil 1.12’ de mozaik dizme işleminin yapıldığı SCARA robot görülmektedir.



şekil 1.12 Scara robot ile mozaik dizme işlemi

Bu çalışmanın amacı; binlerce yıldır insan emeği ile gerçekleştirilen mozaik dizme işleminin hızlı ve esnek bir otomasyon sistemiyle gerçekleştirilebilmesini sağlamaktır.

Gerçekleştirilen çalışmada, mozaik desenlerinin oluşturulması için dört serbestlik derecesine sahip bir kartezyen robot tasarlanmış ve imal edilmiştir. Mozaik geometrisine ait bilgiler 2B (iki boyutlu) BDT (Bilgisayar Destekli Tasarım) yazılımından alınmaktadır. Java programlama dili ile geliştirilen bir yazılımla BDT programında tasarlanan herhangi bir mozaik deseni, mermer/traverten taşların önceden tanımlanan istasyon/(lar)dan alınarak mozaik deseni içindeki konumlarına yerleştirilmesiyle elde edilmektedir.

2. MOZAIK DİZME OTOMASYONU İÇİN ROBOT TASARIMI

2.1 Giriş

Robot denildiği zaman akla ilk etapta, insan gibi yürüyen, insan davranışları sergileyen, insan gibi düşünen ve karar verebilen makinalar gelmektedir. Bunun sebebi robotların tasarlanması ve geliştirilmesinde canlıların yaşama uyum sağlamak amacıyla geliştirdikleri karakteristiklerden ilham alınmasındandır [9]. Günümüz koşullarında robot adı ile anılan çok sayıda örnekler incelendiğinde, robot kavramlarının insan işlevleri ve şekli ile tanımlandırılması ve sınırlandırılmasının yanlış olduğu açıktır. Robotların şimdiye kadar bir çok farklı tanımı yapılmıştır. Webster sözlüğünde robot; "genellikle insanların gerçekleştirdikleri işlevleri yerine getiren otomatik araçlar" olarak tanımlanmaktadır. Ancak bu tanıma göre bir çamaşır makinesi de robot sayılabilmektedir. Robotun, Amerikan Robot Enstitüsü tarafından yapılan tanımı ise; "malzemelerin, parçaların ve araçların hareket ettirilebilmesi için tasarlanmış olan çok fonksiyonlu ve programlanabilir manipülatör veya farklı görevleri yerine getirebilmek için değişken programlı hareketleri gerçekleştirebilen özel araç" şeklindedir [10].

Bu temellere dayanılarak yapılmış Sanayi Robotunun tanımı ve robot tiplerinin sınıflandırılması ISO 8373 standardında belirlenmiştir. Bu standarda göre bir endüstriyel robot: "Endüstriyel uygulamalarda kullanılan, üç veya daha fazla programlanabilir eksenli olan, otomatik kontrollü, yeniden programlanabilir, çok amaçlı, bir yerde sabit duran veya hareket edebilen manipülatör" şeklinde tanımlanmaktadır [10].

Günümüzde kullanılan robotlar çeşitli sınıflara ayrılabilirler. Bunlar kullanılan eksen takımlarına göre, tiplerine göre, kullanılan tahrik elemanının çeşidine göre, fiziksel konfigürasyonlarına göre ve kontrol sistemlerine göre

olabilirler. Bunlardan fiziksel konfigürasyonlarına göre robotlar aşağıdaki şekilde sınıflandırılmaktadırlar:

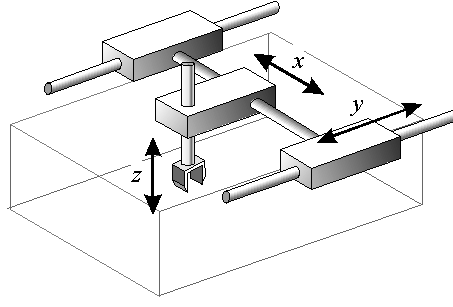
- Kartezyen Konfigürasyonlu Robotlar,
- Silindirik Konfigürasyonlu Robotlar,
- Küresel Konfigürasyonlu Robotlar,
- Döner Konfigürasyonlu (Mafsallı) Robotlar [10].

2.2 Mozaik Dizme Robotu Mekanik Donanımı

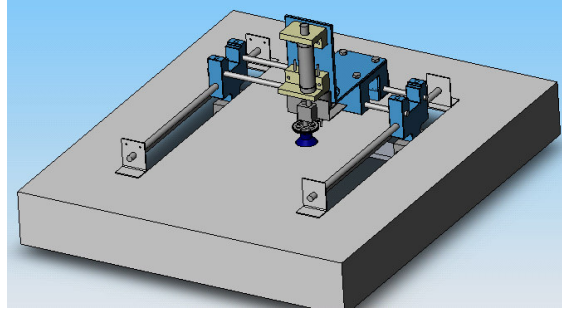
Günümüz İmalat Sanayinde alınan işlerin zamanında, hatasız ve minimum maliyetle üretilmesinin yolları aranmakta, müşteri isteklerinin değişkenliği karşısında bu istekleri karşılayabilecek esnek bir yazılım donanım ilişkisinin sağlanması gerekliliği görülmektedir [11]. Bu şartlar altında robot kullanımıyla, kalite arttırılmakta, standart üretim sağlanmakta, işçilik ve malzeme giderleri azaltılmaktadır.

Mozaik üretiminde kullanılmakta olan usul (el ile dizim) müşteri isteklerine hızlı ve esnek bir şekilde cevap verememektedir. Müşteri isteklerini hızlı bir şekilde karşılamak ve farklı mozaik desenleri elde etmek için esnek bir üretim sistemi kurmak gerekmektedir ve bu sistem ancak bir yazılım donanım ilişkisinin sağlanması ile elde edilebilmektedir. Bu amaçla mozaik dizimi otomasyonu için dört serbestlik derecesine sahip bir kartezyen robot tasarlanmış ve imal edilmiştir.

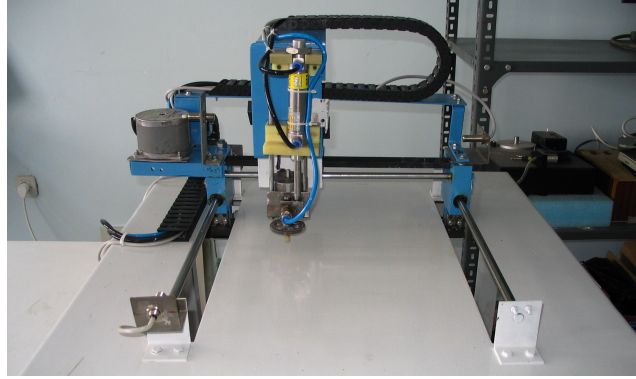
Bu çalışmada, basit ve kolay denetlenebilmesi nedeniyle kartezyen robot kullanılması tercih edilmiştir. Kartezyen konfigürasyonlu robotlarda; bütün hareketler; birbirlerine karşı dik açılı şekilde olmaktadır. Bu tip robotlar birbirine dik en az üç eksenle hareket eden kısımlara sahiptirler. Hareketli kısımlar X, Y ve Z kartezyen koordinat sistemi eksenlerine paralel hareket etmektedirler. Bu tip robotlar dikdörtgenler prizması şeklinde bir çalışma alanına sahiptirler (Şekil 2.1) [10].



Şekil 2.1 Kartezyen Robotların Çalışma Alanları

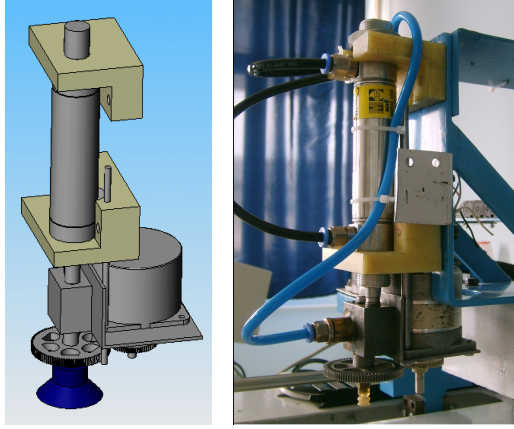


Şekil 2.2 Mozaik dizimi için tasarlanan robot



Şekil 2.3 Mozaik dizimi için tasarlanan robotun imal edilmiş hali

Şekil 2.2 'de mozaik dizimi için SolidWorks BDT programıyla elde edilmiş kartezyen robotun tasarım aşamasına ait perspektif görünüşü verilmiştir. Şekil 2.3 'te ise robotun imal edildikten sonraki hali görülmektedir.

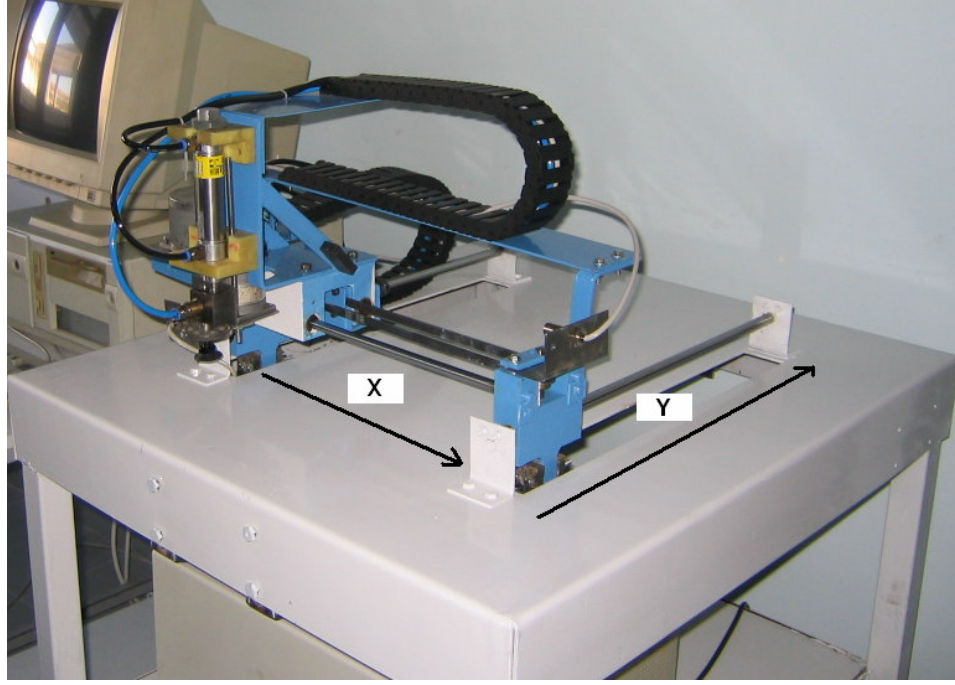


Şekil 2.4 Pnömatik silindir ve step motor

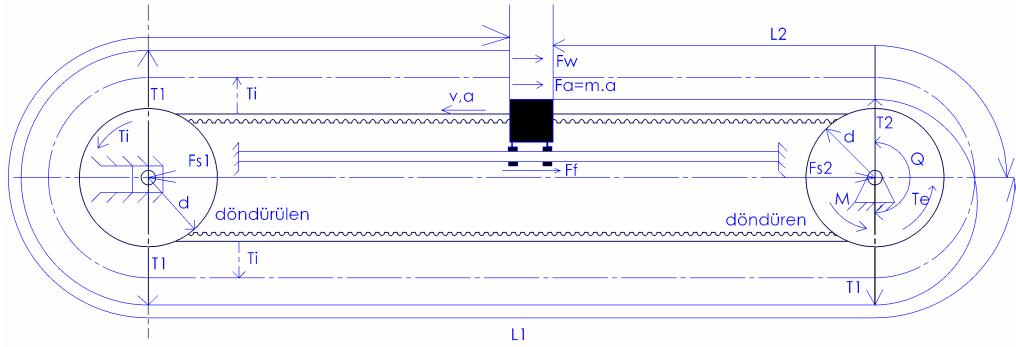
Mozaik dizme robotu, klasik anlamda değerlendirilen kartezyen koordinatlı robotlardan farklı olarak Z ekseninde bir dönme eksenine sahiptir. Tutucu eleman olarak mozaik parçalarının kolaylıkla taşınabilmesi amacıyla vantuzlar kullanılmıştır. Robotun X ve Y eksenlerindeki hareketleri birbirlerine dik doğrultularda step motorlarla gerçekleştirilmektedir. Robotun Z eksenindeki hareketi ise arabanın üzerine monte edilen bir pnömatik silindir vasıtasıyla gerçekleştirilmektedir. Mozaik parçalarını taşıyacak olan vantuzun dönmesini dişli çarklar vasıtasıyla sağlayan bir step motor da pnömatik silindirin ucuna monte edilmiştir. Şekil 2.4’ te pnömatik silindirin ucuna monte edilen step motor görülmektedir. Böylelikle dördüncü hareket serbestliği olarak dönme hareketi gerçekleştirilebilmektedir. Kompresörlerden sağlanan basınçlı hava ile pnömatik silindirin hareketi ve vakum etkisiyle mozaik parçalarının vantuzlar ile tutulması gerçekleştirilmektedir.

2.2.1 Robotun X Eksenindeki Hareketi

Robotun X ekseninde hareketi step motordan alınan dönme momentinin triger kayış kasnak mekanizması ile sabit miller üzerinde gezer rulmanlar vasıtasıyla hareket edebilen arabaya iletilmesi sonucu gerçekleşmektedir. Şekil 2.5’ te robotun X ve Y eksenleri belirtilmiştir.



Şekil 2.5 X ve Y eksenleri



Şekil 2.6. Triger kayış-kasnak mekanizması ve arabanın hareketlendirilmesi esnasında oluşan kuvvetler

Mozaik dizme robotunun X ve Y eksenlerindeki hareketlerinde triger kayış kasnak mekanizması kullanılmış olup çalışma sırasında döndürülen ve dönen kasnaklara etki eden kuvvetler Şekil 2.6 'da verilmiştir.

Bu sistemde gerekli döndürme momenti M 'in değeri Eşitlik (2.1) 'de ve kayışın gergin kolundaki kuvvetin değeri T_e Eşitlik (2.2) 'de gösterilmektedir [13].

$$M = T_e \cdot \frac{d}{2} \quad (2.1)$$

$$T_e = F_a + F_f + F_w + F_{ab} + F_{ai} \quad (2.2)$$

Motor momenti hesabında kullanılan d ; döndüren kasnağın çapını ifade etmektedir. Gergin koldaki toplam kuvveti oluşturan kuvvetler; ivmelendirme kuvveti F_a , sürtünme kuvveti F_f , dış kuvvetler (çalışma yükü) F_w , arabanın ağırlığı F_g , kayış ivmelendirme kuvveti F_{ab} ve kayışın gevşek kolundaki kuvvet F_{ai} kuvvetleridir. Arabayı harekete geçirmek için gerekli olan ivmelendirme kuvveti F_a 'nın hesabı Eşitlik (2.3) 'te gösterilmektedir [12].

$$F_a = m_s \cdot a \quad (2.3)$$

Burada m_s arabanın kütesini a ise ivmesini göstermektedir. Araba miller üzerinde gezer rulmanlar ile hareket ettiği için rulmanlar ile mil arasında oluşan sürtünme kuvveti F_f (2.4) numaralı Eşitlikteki gibi hesaplanmaktadır. [12].

$$F_f = \mu_r \cdot m_s \cdot g + F_{fi} \quad (2.4)$$

Eşitlik (2.4) 'teki μ_r gezer rulman ile mil arasındaki sürtünme katsayısını, F_{fi} gezer rulmandaki lineer harekete karşı direnç kuvvetini göstermektedir. Kayışa gerekli ivmelendirmeyi sağlamak için gerekli olan kuvvet F_{ab} için hesaplamalar Eşitlik (2.5) 'te gösterilmiştir [12].

$$F_{ab} = \frac{W_b \cdot L \cdot b}{g} \cdot a \quad (2.5)$$

Burada W_b kayışın özgül ağırlığını, L kayış uzunluğunu, b kayış genişliğini ve g ise yerçekimi ivmesini göstermektedir. Kayışın gevşek kolunda kayışta oluşan kuvvet F_{ai} ise Eşitlik (2.6) 'da gösterilmektedir.

$$F_{ai} = \frac{2 \cdot J_i \cdot \alpha}{d} = \frac{m_i}{2} \cdot \left(1 + \frac{d_b^2}{d^2} \right) \cdot a \quad (2.6)$$

Bu eşitlikte J_i döndürülen kasnağın kütleli atalet momentini, a döndürülen kasnağın açısal ivmesini, m_i döndürülen kasnağın kütleli, d çapını, d_b ise kasnak göbek çapını ifade etmektedir. Bu hesaplamalar çerçevesinde elde edilen sonuçlarla robot için gerekli motor momentleri belirlenerek motor seçimi yapılmıştır [12].

2.2.2 Robotun Y Eksenindeki Hareketi

Robotun Y eksenindeki doğrusal hareketi triger kayış kasnak mekanizmaları ile sağlanmaktadır. Şekil 2.7 'de görülen triger kasnak step motorun miline monte edilmiştir. Böylelikle motordan alınan momentin, triger kayış kasnak mekanizmalarına iletilmesiyle Y ekseninde hareket gerçekleşmektedir.

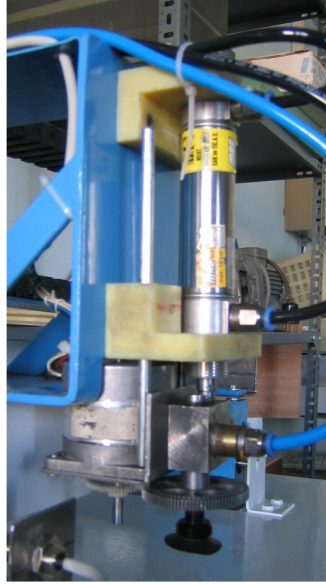
Y eksenindeki triger kayış kasnak mekanizmasının ve arabanın hareketlendirilmesi esnasında oluşan kuvvetler X ekseninde de belirtildiği gibi (2.1)-(2.6) arasındaki Eşitlikler kullanılarak hesaplanmaktadır.



Şekil 2.7 Y eksenindeki hareket mekanizması

2.2.3 Robotun Z Eksenindeki Hareketi ve Dönme Eksen

Z eksenindeki hareket; pnömatik silindirin stroku kadar aşağı ve yukarı yönlerde hareket şeklinde olmaktadır. Sistemde kullanılan pnömatik silindir X ekseninde hareket eden arabanın üzerine monte edilmiştir ve stroku 50 mm 'dir. Şekil 2.8 'de görüldüğü gibi pnömatik silindirin ucuna monte edilen vakumlu tutucu ile mozaik parçaları tabla üzerinden kaldırılmakta ve aynı şekilde pnömatik silindirin ucuna monte edilen bir step motor aracılığıyla mozaik parçalarına dönme hareketi verilmektedir.



Şekil 2.8 Pnömatik silindir, vakumlu tutucu ve step motor

2.2.4 Robotun Vakum Sistemi

Mozaik dizme otomasyonu için imal edilen kartezyen robotta mermer parçalarının önceden tanımlı besleme istasyonlarından alınması ve desen içerisindeki konumlarına yerleştirilmesi için tutucu eleman olarak vantuzlar kullanılmış ve vakum sistemi kurulmuştur. Mermer parçalarının yüzeyleri çoğu zaman pürüzlü oldukları için körüklü vantuz seçimi yapılmıştır. Vantuzun tutma ve ayrılma kuvvetleri Eşitlik (2.7) ve (2.8) 'den yararlanılarak hesaplanmaktadır [13,14].

$$F_H = m.(g + a).S \quad (2.7)$$

$$F_A = \frac{F_H}{n} \quad (2.8)$$

Bu eşitliklerde F_H tutma kuvvetini, F_A ayrılma kuvvetini, m kaldırılan mermer parçasının kütesini, a sistemin ivmesini, g yerçekimi ivmesini, S emniyet faktörünü, n ise sistemdeki vakumlu tutucunun sayısını simgelemektedir [13,14].

Eşitlik (2.9) 'dan faydalanarak sistemde gerekli olan vakum basıncı hesaplanabilir. Bu eşitlikte P_o atmosfer basıncı, P_u vakum basıncı, A vakumlanan bölgenin alanı, n_3 deformasyon katsayısı (0.9-0.6), η sistemin verimi, z ise kullanılan vantuz sayısıdır [13,14]. Eşitlik (2.9) 'dan yararlanarak vantuz çapları da hesaplanmaktadır.

$$F_H = (P_o - P_u).A.n_3.\eta.z.\frac{1}{S} \quad (2.9)$$

2.3 Mozaik Dizme Robotu Elektronik Donanımı

Bir makineye robot denilebilmesi için, en önemli şartlardan birisi makinenin algılama yapabilmesidir. Bir robot sınırlı da olsa dış dünyadan bazı algılamalar yapabilmelidir. Bu algılamalar; kimyasal, konum, renk, ışık ve şekil gibi geniş bir yelpazede yer alabilmektedirler. Mozaik dizme otomasyonu için imal edilen makinenin de algılama yapabilmesi, elde ettiği bu verileri otonom olarak yorumlayıp ne gibi bir tepkide bulunacağına karar verebilmesi gerekmektedir. Bu nedenle mozaik dizme robotu, karar vermeyi ve kontrolü sağlayan elektronik beyin, verilen kararların uygulamasını sağlayan eyleyiciler ve hareket sistemlerinden oluşmaktadır.

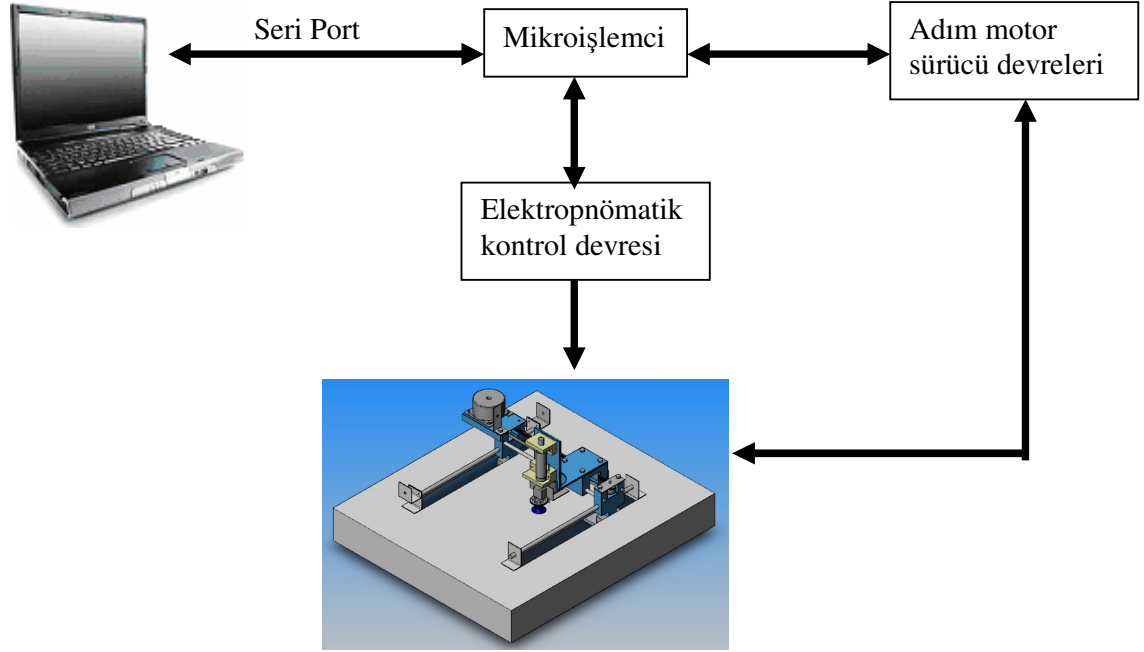
Mozaik dizme otomasyonu için imal edilen kartezyen robotta kontrolü sağlayan üç eksen hareket denetleyici elektronik devre kartı kullanılmıştır. Bu

elektronik devre kartında mikroişlemci, elektronik beyin görevini üstlenmiştir. Mikroişlemci tarafından verilen kararların uygulanmasını sağlayan eyleyici ve hareket sistemleri olarak; robotun X, Y eksenlerindeki lineer hareketi ve Z eksenindeki dönme hareketi için adım motorlar ve sürücü devreleri ile pnömatik elemanların kontrolü için röleler kullanılmıştır.

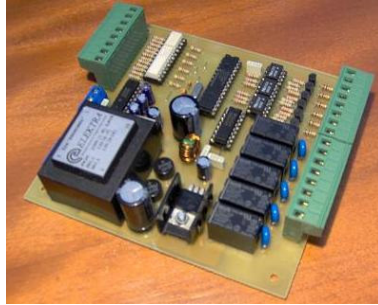
Şekil 2.9 'daki sistemin kontrol şemasından da görüldüğü gibi yazılım ile adım motor sürücü devreleri ve röleler arasındaki haberleşme bilgisayarın seri port veri yolu yardımıyla olmaktadır. Motorların hareketi için gerekli olan sayısal bilgi, mikro işlemciye buradan da adım motor sürücü devrelere yazılım tarafından seri port aracılığıyla iletilmektedir. Mikroişlemci gelen sayısal bilgiye göre sürücü devrelere, sürücü devreler de motorlara gerekli besleme gerilimini sağlayarak motorları hareket ettirmektedirler. Bir sürücü devre sadece bir motoru sürebildiğinden, X ve Y eksenlerindeki lineer hareketler ve Z eksenindeki dönme hareketi için üç adet adım motor sürücü kullanılmıştır. Pnömatik pistonun Z eksenindeki hareketi ve vakum sisteminin açılıp kapanması ise yine seri port veri yoluyla programdan alınan sinyallerin röleye iletilmesi ile gerçekleşmektedir [16].

Şekil 2.10 'da görülen üç eksen hareket kontrol kartı RS232 seri port bağlantısı ile bilgisayardan gönderilen komutları çalıştırmakta ve robotun istenilen şekilde hareket etmesini sağlamaktadır. 120 Mhz hıza sahip DSP(Digital Signal Processing) Mikro denetleyici kullanılmıştır. Pnömatik valfin ve vakum pompasının kontrolü için zaman röleleri kullanılmıştır. Robotun kontrolü için kullanılan elemanlar şunlardır:

- Mikroişlemci devre,
- Adım motor ve sürücü devreleri,
- Elektropnömatik kontrol devresi,
- Seri Port veriyolu.



Şekil 2.9 Sistemin Kontrol Şeması

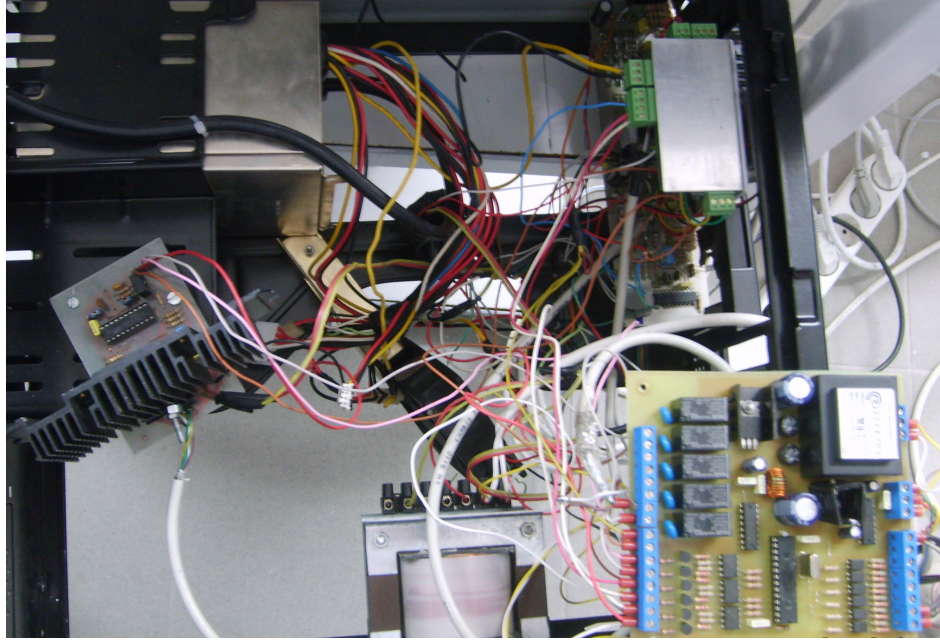


Şekil 2.10 Üç Eksen Hareket Denetleyici Kartı

Mozaik dizme robotunun elektronik ve elektropnomatik kısımlarıyla birlikte çekilmiş fotoğrafı Şekil 2.11 'de görülmektedir. Üç eksen denetleyici kartı, röleler ve adım motor sürücü devreleri Şekil 2.12 'de görülmektedir.



Şekil 2.11. Mozaik dizme robotu elektronik ve pnömatik elemanları



Şekil 2.12 Mozaik dizme robotu elektronik elemanları

2.3.1 Adım Motorlar

Açısal konumu adımlar halinde değiştiren, çok hassas sinyallerle sürülen motorlara adım motorları denilmektedir. Adım motorları belirli adımlarla hareket etmektedirler. Bu adımlar, motorun sargılarına uygun sinyaller gönderilerek kontrol edilmektedirler. Herhangi bir uyarımda, motorun yapacağı hareketin ne kadar olacağı, motorun adım açısına bağlıdır. Adım açısı motorun yapısına bağlı olarak 90° , 45° , 18° , 7.5° , 1.8° veya daha değişik açılarda olabilmektedir. Motora uygulanacak sinyallerin frekansı değiştirilerek motorun hızı kontrol edilebilmektedir. Adım motorlarının dönüş yönü uygulanan sinyallerin sırası değiştirilerek saat ibresi yönü (CW) veya saat ibresinin tersi yönünde (CCW) olabilmektedir [17].

Adım motorlarının hangi yöne doğru döneceği, devir sayısı, dönüş hızı gibi değerler mikroişlemci veya bilgisayar yardımı ile kontrol edilebilmektedirler. Sonuç olarak adım motorlarının hızı, dönüş yönü ve konumu her zaman bilinmektedir. Bu özelliklerinden dolayı adım motorları çok hassas konum kontrolü istenen yerlerde kullanılmaktadırlar [17].

2.3.1.1 Adım Motoru Çeşitleri

Kullanımda olan birçok elektrik motorunda olduğu gibi adım motorları da makinanın yapısına ve çalışmasına göre sınıflandırılabilirler:

1. Değişken Relüktanslı (DR) Adım Motorları
2. Sabit Mıknatıslı (SM) Adım Motorları
3. Karışık Yapılı (Hybrid) Adım Motorları [17].

2.3.1.2 Adım Motorlarına Ait Önemli Parametreler

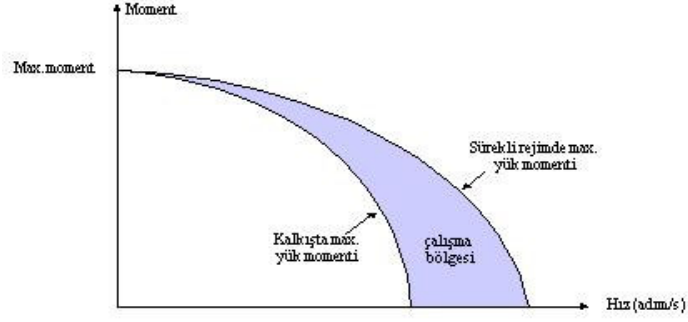
Çözünürlük: Çözünürlük; bir devirdeki adım sayısı veya dönen motorlar için adım açısı (derece), lineer motorlar için ise adım uzunluğu (mm) olarak tanımlanır. Bu sabit değer, üretim sırasında tespit edilen bir büyüklüktür. Bir adım motorunun

adım büyüklüğü, çeşitli kontrol düzenleri ile değiştirilebilir. Yarım adım çalışmada adım büyüklüğü normal değerinin (çözünürlüğünün) yarısına indirilir [17].

Doğruluk: Bir adım motorunun adım konumu, tasarım ve üretim sırasında bir araya getirilen birçok parçanın boyutları ile belirlenir. Bu parçaların boyutlarındaki toleranslar ve dahili sürtünmeler adımların nominal denge konumlarında da toleranslara neden olurlar. Bu durum adım motorunun doğruluğu olarak isimlendirilir ve belli bir konumdaki maksimum açısal hatanın nominal tek adım değerinin yüzdesi olarak ifade edilmiş halidir. Klasik adım motorlarında bu hata $\% \pm 1$ ile $\% \pm 5$ arasında değişmektedir [17].

Tutma Momenti: Tutma momenti, bir adım motorunun en temel moment karakteristiğidir. Tutma momenti eğrisi, motorun ürettiği tutma momentinin rotor konumuna bağlı olarak değişimini veren eğridir. Eğrinin merkezi motorun bir fazının uyarılmış olduğu durumda rotorun kararlı adım konumuna karşılık düşer. Bu eğri, rotor adım pozisyonundan uzaklaştırılırsa, motorda endüklenecek olan ve rotoru sıfır momentli adım pozisyonuna geri getirmeye çalışan momentin (tutma momenti) yönünü ve miktarını verir. Tutma momenti eğrisi, motorun tüm rotor konumları ve statik uyarma koşullarındaki ani momentini tam olarak tanımlamak için gereklidir. Diğer moment karakteristikleri (statik ve dinamik) bu eğri baz alınarak elde edilebilir [17].

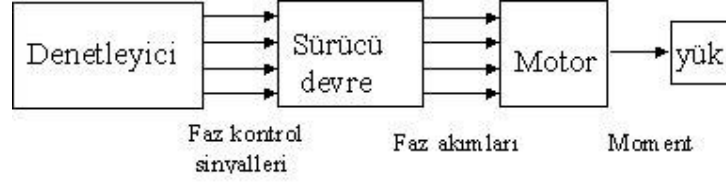
Tek Adım Tepkisi: Motor fazlarından biri uyarılmış durumdaysa motor kararlı bir adım konumundadır. Bu fazın uyarımı kesilip yeni bir faz uyarılırsa motor bir adım atacaktır. Rotor konumunun zamana göre bu değişimi tek adım tepkisi olarak tanımlanır. Tek adım tepkisi, motorun adım hareketinin hızını, tepkinin aşım ve salınım miktarını, adım açısının hassaslığını veren önemli bir karakteristiktir. Adım motorlarından maksimum performans elde edebilmek için tek adım tepkisindeki aşım ve salınımların azaltılması ve yerleşme zamanının kısaltılması gerekmektedir. Bu nedenle tek adım tepkisinin iyileştirilmesi adım motorlarının kontrolünde çok büyük öneme sahiptir [17].



Şekil 2.13 Sürekli rejimde ve kalkışta maksimum yük momenti/hız eğrileri

Sürekli Rejimde Maksimum Yük Momenti Eğrisi: Sürekli rejimde maksimum yük momenti/ hız eğrisi herhangi bir sabit dönüş hızında, rotor hareketinin giriş darbe dizisiyle olan senkronizasyonunu bozmadan ve rotorun durmasına neden olmadan sürekli halde motor miline uygulanabilecek maksimum yük momentini verir. Bu moment aynı zamanda, söz konusu hızda motorda meydana gelecek maksimum moment anlamına da gelmektedir. Klasik motorlarda bu eğriye karşılık gelebilecek bir karakteristik yoktur. Maksimum yük momenti eğrisi çalışma noktalarını göstermediği gibi bir transfer fonksiyonu eğrisi de değildir. Sadece, çalışma bölgesini sınırlar. Bu eğrinin sınırladığı bölge içinde herhangi bir noktada motor giriş darbe dizilerini kaybetmeden ve durma tehlikesi olmadan ilgili hız ve yük momenti ile çalışır. Sınırların dışına çıktığında bu durum değişebilir [17].

Kalkışta Maksimum Yük Momenti Eğrisi: Özellikle açık döngülü sistemlerde duran bir sistemi istenen pozisyona getirebilmek için motora uygulanan uyartım darbelerinin motor tarafından hiç kaçırılmadan takip edilmesini sağlamak çok önemlidir. Fakat, uygulanan uyartım sinyallerin sıklığı, motorun miline bağlı yükü sıfır hızından itibaren kaldırıp hızlandırmasına izin vermeyebilir. Bu yüzden adım motorları için, kalkışta maksimum yük momenti eğrileri tanımlanır. Şekil 2.13 'te sürekli rejimde maksimum yük momenti ve kalkışta maksimum yük momenti eğrileri gösterilmiştir [17].



Şekil 2.14 Açık döngülü denetim

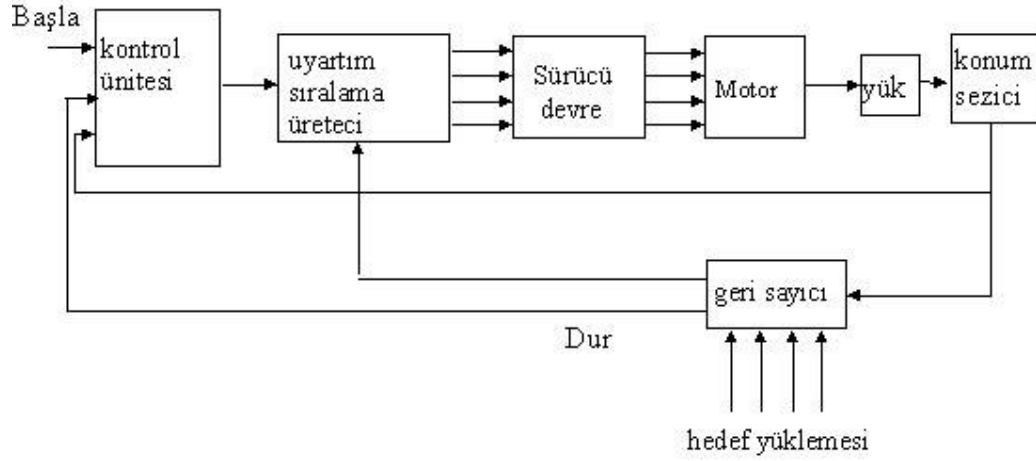
2.3.1.3 Adım Motorlarının Denetimi

Adım motorları; açık döngülü denetim ve kapalı döngülü denetim olmak üzere iki şekilde denetlenmektedirler [17].

Açık Döngülü Denetim: Açık döngülü denetimde sayısal kontrol sinyalleri denetleyici tarafından üretilir ve sürücü devre tarafından yükseltip adım motorunun sargılarına uygulanır. Eğer denetleyici olarak mikroişlemci veya bilgisayar kullanılırsa bu elemanların getirdiği esnekliklerden dolayı aynı denetleyici ile farklı adım motorları kontrol edilebilir. Kontrol edilecek adım motorları 3, 4 veya daha farklı faz sayısına sahip olabilir. Şekil 2.14 'te açık döngülü denetim için blok diyagramı görülmektedir [17].

Denetleyici tasarlanırken motorun cinsi ve yükün durumu göz önünde bulundurulmalıdır. Açık döngülü denetimde motorun konumu bilinmediğinden dolayı motorun gönderilen bütün adım komutlarını yerine getirdiği varsayılmaktadır [17].

Kapalı Döngülü Denetim: Kapalı döngülü sistemlerinde ani rotor konumu sezilerek denetim birimine iletilir. Her adım komutu için bir önceki komutun gerçekleştirildiği adım bilgisi alınarak uygulanır. Bu nedenle motor ile denetleyici arasında herhangi bir adım kaybı olmamaktadır. Kapalı döngü denetimin blok diyagramı Şekil 2.15 'te görülmektedir [17].

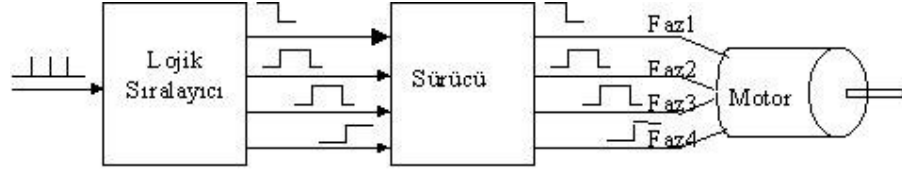


Şekil 2.15 Adım motorunun kapalı döngülü denetimi

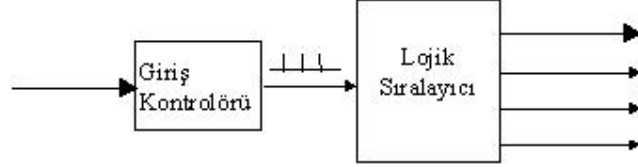
2.3.1.4 Adım Motoru Sürücü Sistemleri

Step motorun dönmesi için statordaki sargılara, besleme kaynağının gerilimi, gerekli olan sıra ile uygulanmalıdır. Bu uygulama, faz işaretlerinin sıralanması olarak da bilinir. Motor için gerekli olan faz işaretlerinin sırası, bir kontrol devresi veya programı ile sağlanır. Motor ile kontrol birimi arasında uyarlayıcı devrenin olması gerekir [18].

Bir step motor kontrol sisteminin sürücü kısmı en az motor kadar önemlidir. Günümüzde step motorların fazlarına istenilen sırada ve hızla sinyal gönderme işlemi elektronik devrelerde rahatça yapılabilmektedir. Bu devrelere step motor sürücü devresi adı verilmektedir. Şekil 2.16 'te adım motor sürücü sisteminin blok diyagramı görülmektedir [18].



a) Lojik sıralayıcının motora bağlantısı



b) Giriş kontrolörü

Şekil 2.16 Adım motoru sürücü sisteminin blok diyagramı

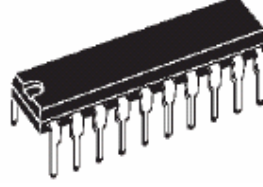
2.3.1.5 Mozaik Dizme Robotunda Kullanılan Adım Motorlar ve Sürücü Devreleri

Çizelge 2.1 Adım Motorlar ve Özellikleri

Adım Motor	Volt	Hassasiyet	Tork
X eksen için kullanılan adım motor	2.5 Volt 2.1 Amper	1.8° derece/adım	0.63 Nm
Y eksen için kullanılan adım motor	2.5 Volt 2 Amper	1.8° derece/adım	1.5 Nm
Z eksen için kullanılan adım motor	3 Volt 1.5 Amper	1.8° derece/adım	0.25 Nm

Mozaik dizimi otomasyonu için imal edilen robotta X ve Y eksenlerindeki hareketler ve Z eksenindeki dönme hareketi için üç adet adım motor kullanılmıştır. Mozaik dizme robotunun X, Y ve Z eksenlerinde kullanılan adım motorlar ve özellikleri Çizelge 2.1 'de verilmiştir.

L297 Entegreli Adım Motor Sürücü Devresi



Şekil 2.17 L297 Adım Motor Sürücü Entegresi

Çizelge 2.2 L297 Sürücü Entegre İçin Maksimum Değerleri

Sembol	Parametre	Değer	Birim
Vs	Kaynak Voltaj	10	V
Vi	Giriş Sinyali	7	V
Ptot	Toplam Güç Dağılımı	1	W
Tstg, Tj	Depolama ve Bağlama Sıcaklığı	-40' dan +150	°C

Mozaik dizme robotunun X ve Y eksenindeki lineer hareketi ve Z eksenindeki dönme hareketi için kullanılan adım motorlar, L297 sürücü entegresi kullanılan sürücü devreler tarafından denetlenmektedirler. Mikroişlemci uygulamalarında L297 Adım motor denetleyici entegresi dört fazlı çok kutuplu ve iki fazlı çift kutuplu adım motorların kontrolünde kullanılmaktadır (Şekil 2.17) [19].

Çift kutuplu adım motor kontrol devrelerinde mikroişlemciyle bağlantısında L298N gibi ikili köprüler kullanılmaktadır. Çok kutuplu motorların kontrol devresinde darlington transistörlerle birlikte kullanılmaktadırlar [20]. L297 için maksimum çalışma değerleri Çizelge 2.2 'de verilmiştir.

L297 adım motor denetleyici öncelikle L298N veya L293E gibi köprü sürücülerle birlikte adım motor sürücü devrelerinde kullanılmak amacıyla tasarlanmışlardır. Kontrol sinyallerini sistemin denetleyicisinden alarak güç için

gerekli sürücü sinyallerini sağlamaktadır. Buna ek olarak motor sarımlarındaki akımı ayarlamak amacıyla PWM bakır devreler içermektedirler [20].

L297 adım motor sürücüleri, uygun bir güç kaynağıyla iki fazlı çift kutuplu sabit mıknatıslı adım motorlar, dört fazlı çok kutuplu sabit mıknatıslı adım motorlar ve dört fazlı değişken relüktanslı motorlar sürülebilmektedirler.[20]

Avantajları:

- Az miktarda elektronik bileşen gerektirirler. Böylelikle montaj maliyeti düşer, güvenilirliği yüksektir ve az yer kaplar.
- Yazılım geliştirmesi basitleştirilmiştir.
- İki çipli yaklaşım seçeneği yüksek derecede esneklik sağlar.
- L298N DC motorlar için de kullanılabilirler.
- L297 kesikli güç kaynakları dahil olmak üzere herhangi bir güç kaynağıyla çalışabilmektedirler [20].

2.3.2 Elektropnömatik Kontrol Devresi

Pnömatik ve elektrik teknolojisinin bir arada kullanılması endüstriyel otomasyon çözümlerinin uygulamalarında önemli bir rol oynamaktadır. Bu tür bir çözüm beraberinde üretim süresinde azalma getiren ucuz ve güçlü bir üretim sistemi sağlamaktadır [21].

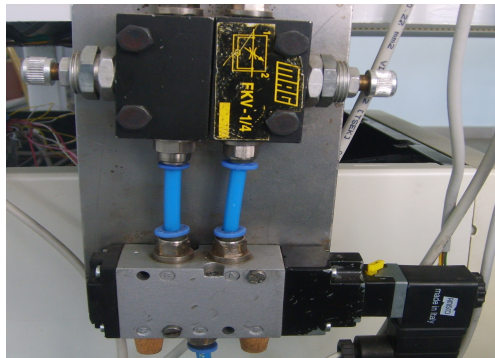
Elektropnömatik kontrol sistemi, bu sistemi kullananlara bir dizi fayda sağlamaktadır. Örneğin uzak mesafelerden işaret iletilmesinde taşıyıcı ortam olan elektriğin kullanılmasıyla zaman kayıplarının en aza indirilmesidir. Bunun anlamı işaretin meydana gelişi ve alınışı arasındaki zamanın önemli ölçüde kısılmasıdır. Üretimin planlanmış geliştirilmesinde ve arttırılmasında daha sonraki yıllarda değişen koşullara göre sistemin yeniden gözden geçirilmesi ve bazı değişikliklerin yapılabilmesi elektropnömatik devrelerinin kullanıldığı devrelerde daha kolay olmaktadır [21].

Elektropnömatik devrelerde elektriğin başlıca görevleri işaretlerin alınması ve işlenmesidir. İşaretler veya sinyaller elektrikli sınır anahtarları, manyetik anahtarlar yada elektronik algılayıcılar tarafından alınabilir. Bunlar bir işlemin yapılıp yapılmadığını kontrol eder ve bu bilgiyi işlemci elemana (örneğin röle) gönderir. İşlemci alınan işareti işler ve sistemin çıkış birimine, kontrol algortimasına uygun bir çıkış işareti gönderir. Çıkış birimleri de iş elemanları olan selenoid kumandalı yönlendirme valfleri ve silindirlerdir [21].

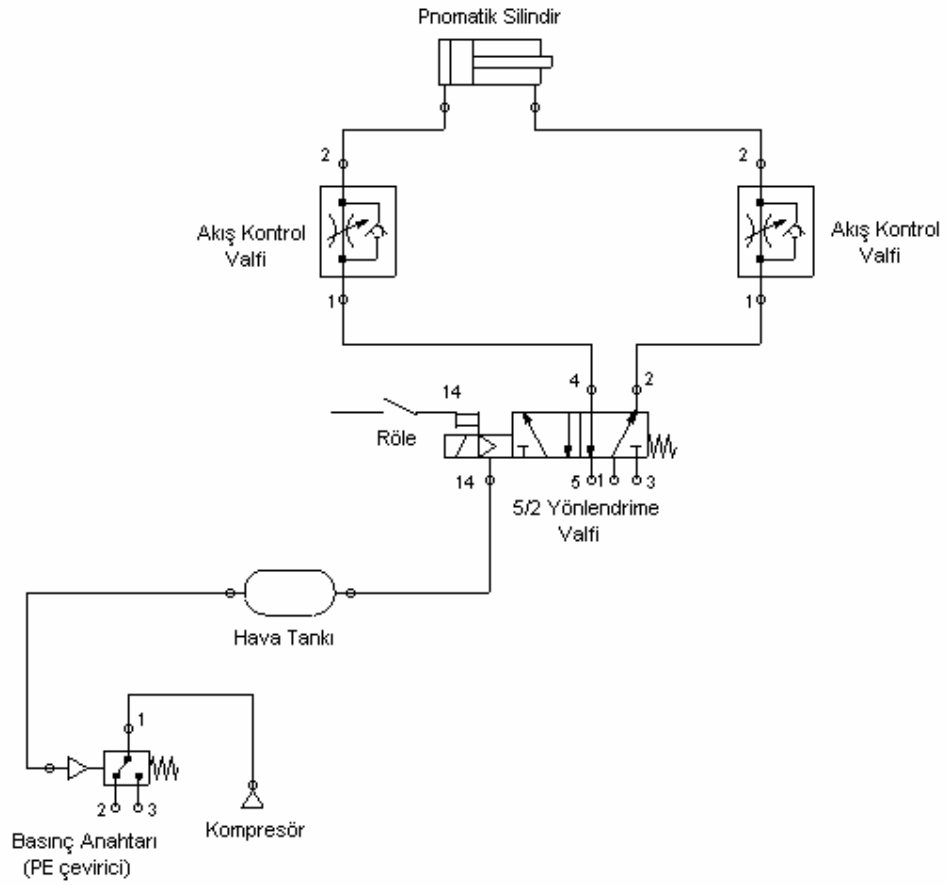
Mozaik dizme robotu için tasarlanan elektropnömatik kontrol sisteminin tüm elemanları aşağıdaki dört gruptan birine aittir:

- Enerji Beslemesi (basınçlı hava ve elektrik)
- İşaret alınması: İşaret elemanları (basınç anahtarı, röleler)
- İşaret İşlemesi: İşaret işleme elemanları (selenoid valfler, pnömatik-elektrik çevirici)
- İşaret çıkışı: Çıkış işaretinin işe ve eyleme dönüştürülmesini sağlayan kumanda elemanlar ve iş elemanları (silindirler, yönlendirme valfleri)

Mozaik dizme robotunun Z eksenindeki hareketi X-Y ekseninde hareket eden arabanın üzerine monte edilen pnömatik silindirin denetlenmesiyle gerçekleştirilmektedir. Buna ek olarak mozaik parçalarının tabla üzerinden kaldırılmasını sağlamak amacıyla pnömatik silindirin ucuna vakum pompasına bağlı bir körüklü vantuz monte edilmiştir. Şekil 2.18' de pnömatik silindirin kumandasında kullanılan yön kontrol valfi ile akış kontrol valfleri gösterilmiştir.

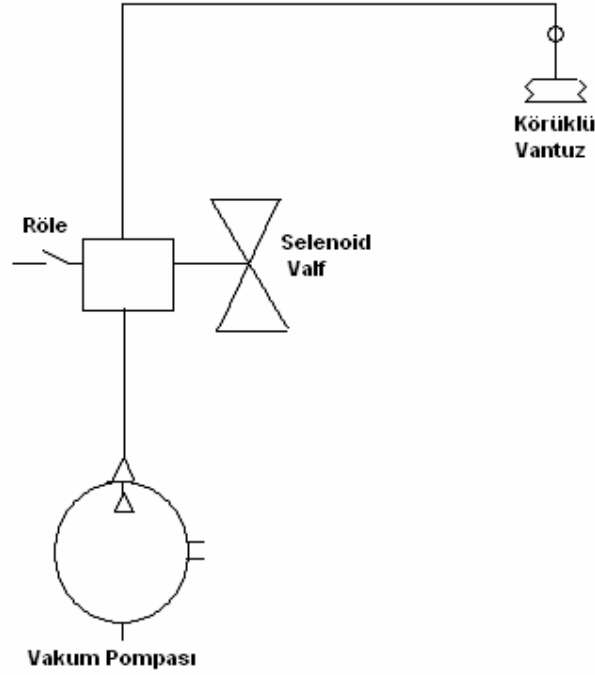


Şekil 2.18 Mozaik dizme robotunun pnömatik elemanları



Şekil 2.19 Pnömatik silindirin kumanda devre şeması

Robotta kullanılan silindir çift etkili pnömatik silindiridir. Şekil 2.19 'da görülen pnömatik silindirin kumanda devre şemasından görüldüğü gibi pnömatik silindirin hareketi için gerekli basınçlı hava bir kompresörden temin edilmektedir.



Şekil 2.20 Vakumlama sistemi kontrol devre şeması

Kompresörden çıkan basınçlı hava bir hava tankında toplanarak burada bir basınç anahtarı yardımıyla sabit basınç altında tutulmaktadır. Hava tankından 5/2 selenoid impuls valfine giden basınçlı hava valfin röle ile kumanda edilmesiyle akış kontrol valflerine gelmektedir. Akış kontrol valfi tarafından havanın debisi azaltılarak pnömatik silindirin piston hareketleri yavaşlatılıp hızlandırılabilirler. Pnömatik silindirin her iki girişinde birer akış kontrol valfi bulunmaktadır, böylelikle pistonun aşağı ve yukarı hareketlerinde hızı, havanın debisine bağlı olarak akış kontrol valfleri yardımıyla ayarlanabilmektedir.

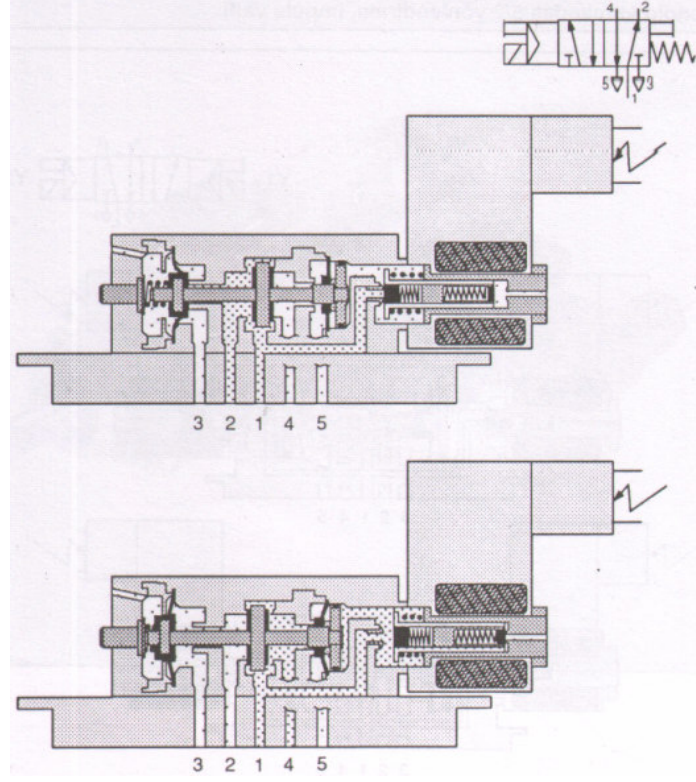
Mozaik dizme robotunda vakumlama sistemi, bir vakum pompasından elde edilen vakumlu havanın bir selenoid valften geçerek vantuz gelmesiyle yapılmaktadır. Selenoid valf bir röle tarafından kontrol edilerek pompadan gelen vakumun geçmesine müsaade etmektedir. Vakumlama sisteminin kontrol devre şeması Şekil 2.20 'de verilmiştir. Elektropnömatik sistemini oluşturan elemanlar ve özellikleri diğer maddelerde belirtilmiştir.

2.3.2.1 5/2 Yönlendirme İmpuls Valfi

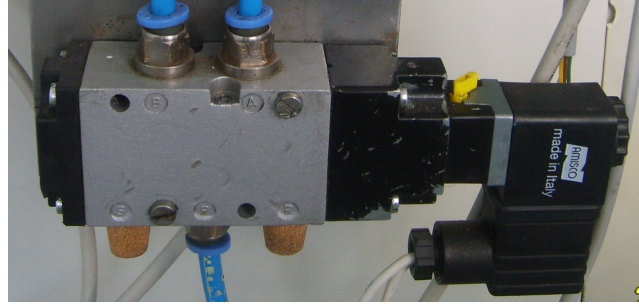
Bir pnömatik sistemdeki yön kontrol valfları; pnömatik silindirleri, motorları ve diğer cihazları çalıştırabilmek, durdurabilmek veya hareket yönlerini tersine çevirmek üzere basınçlı hava hatları içindeki hava akışının yönünü değiştirebilen cihazlardır [22].

5/2 yönlendirme valfi 5 bağlantıya ve 2 anahtarlama konumuna sahiptir. Bu valfler genel olarak silindirlerden önce silindiri kumanda eden son eleman olarak kullanılırlar. Çift etkili silindirlerin kumandaları için 5/2 yön kontrol valfleri gibi iki çıkış bağlantılı valfler kullanılırlar.

5/2 yönlendirme valfinin iki atık kapısı vardır. Şekil 2.21 'deki valfin çalışma prensibi şemasından da görüldüğü gibi başlangıç konumunda kurucu yay kuvveti sayesinde, 2'den 3'e olan geçit kapanır. Kurucu yay ayrıca asılı diske de etki eder. Bu disk 1'den 4'e olan geçidi kapatır ve 1'den 2'e olan geçidi serbest bırakır. Bobinin sonundaki sızdırmazlık elemanı oturma yüzeyinden kaldırılır. Bu keçe 4'den 5'e olan atık havası kanalını açar. Selenoid bobinin kumandası Anker'i hareket ettirir ve ön kontrol kanalını açar. Önkontrol işareti büyük çaplı diyaframı basınç altına alır ve asılı disk karşısındaki sızdırmaz tabana doğru itilir. Bu da 2'den 3'e boşaltım, 5 no'lu atık hava kapısının kapanması ve 1'den 4'e besleme havasının geçişini gerçekleştirir. Bu valfi kumanda etmek için küçük bir selenoid bobin gerekir. Şekil 2.22 'de mozaik dizme robotunda kullanılan 5/2 yönlendirme impuls valfi görülmektedir.



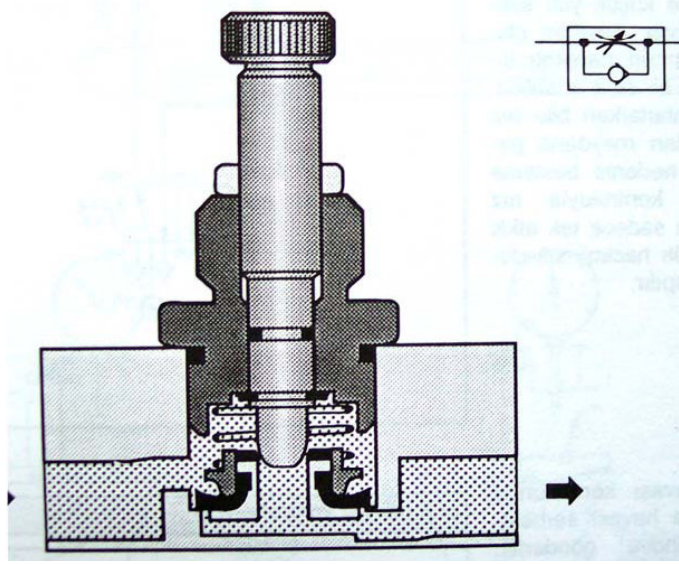
Şekil 2.21 5/2 Yön kontrol valfinin çalışma prensibi



Şekil 2.22 5/2 Yönlendirme İmpuls Valfi

2.3.2.9 Akış Kontrol Valfi

Akış kontrol valfleri her iki yönde akan basınçlı hava debisini kontrol ederler. Eğer akış kontrol valfine ek olarak, bir geri döndürmez valf akış kontrol valfine paralel olarak konursa akış debisi sadece bir yönde etkilenir. Akış kontrol valfleri genel olarak ayarlanabilir olarak yapılırlar. İstenen ayar seviyesi sabitleştirilebilir.



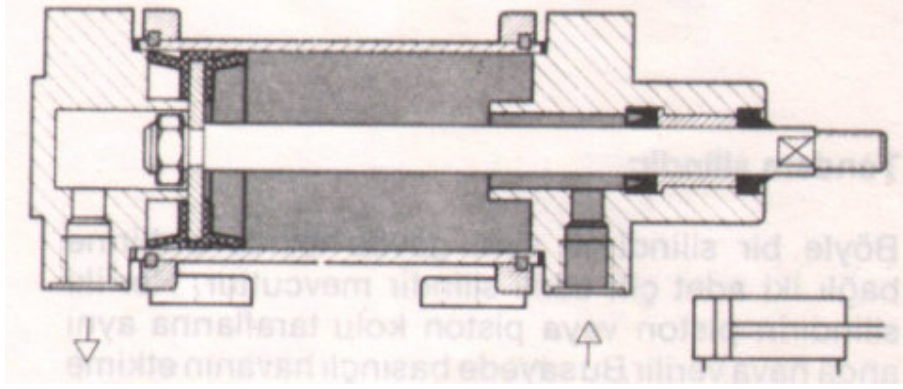
Şekil 2.23 Tek Yönlü Akış Kontrol Valfinin Çalışma Prensibi

Akış kontrol valfleri silindir piston kolu hızının ayarlanmasında kullanılabilir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta; akış kontrol valfinin hiçbir zaman tam olarak kapatılmayacağıdır [23].

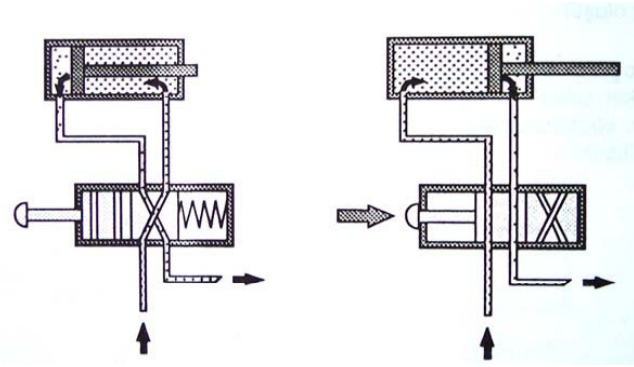
Mozaik dizme robotunda pnömatik silindirin her iki giriş ağzına tek yönlü ayarlanabilir akış kontrol valfi yerleştirilmiştir. Şekil 2.23'te tek yönlü akış kontrol valfi görülmektedir. Tek yönlü akış kontrol valfi akış kontrolünü sadece bir yönde gerçekleştirir. Geri döndürmez valf bir yönde akışın müsaade etmez ve hava, akış kontrol valfi üzerinden akmak zorunda kalır. Ters yönde ise hava geri döndürmez valfinin akış yolunu açması nedeniyle hava bu valf üzerinden serbestçe akar ve bir kısılmaya tabi tutulmaz [23].

2.3.2.10 Çift Etkili Pnömatik Silindir

Pnömatik silindirler, basınçlı havanın basıncını ve hareketini doğrusal bir mekanik kuvvete ve harekete dönüştüren ünitelerdir. Şekil 2.24' te pnömatik silindir görülmektedir. Silindirin bir ucundan giren basınçlı hava pistonun hareket etmesine neden olur. Bu hareket, piston kolu vasıtasıyla iletilir ve mekanik bir kuvvet ortaya



Şekil 2.24 Çift Etkili Silindir



Şekil 2.25 Çift Etkili Silindirin Kumandası

çıkarmaktadır. Akışkanın debisi, pistonun hızını ve pnömatik çıkış gücünü belirleyen bir faktördür [21].

Çift etkili pnömatik silindirlerde; pistonun hareketini sağlamak amacıyla pistonun her iki tarafından her biri anahtarlama durumuna göre basınçlı havaya veya atmosfere açılır (Şekil 2.25) [21]. Şekil 2.26 'da mozaik dizme robotunda kullanılan çift etkili pnömatik silindir görülmektedir.



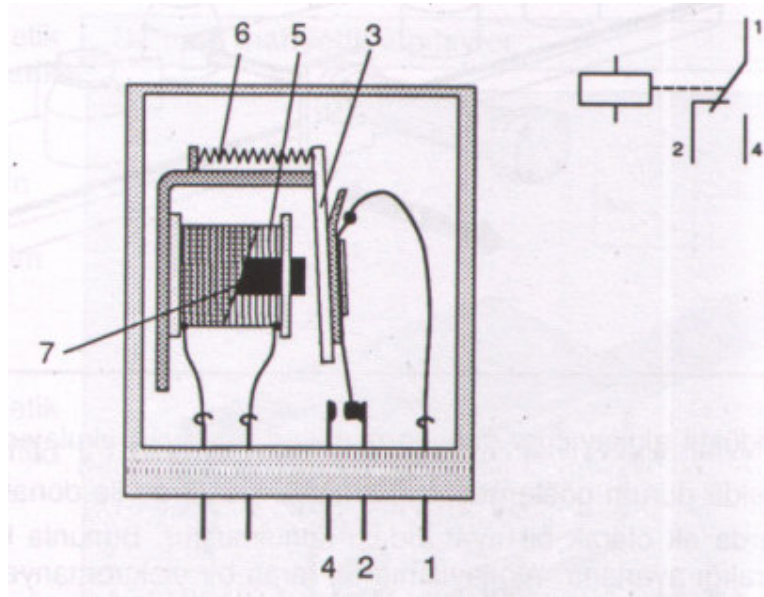
Şekil 2.26 Mozaik Dizme Robotunda Kullanılan Pnömatik Silindir

2.3.2.4 Röleler

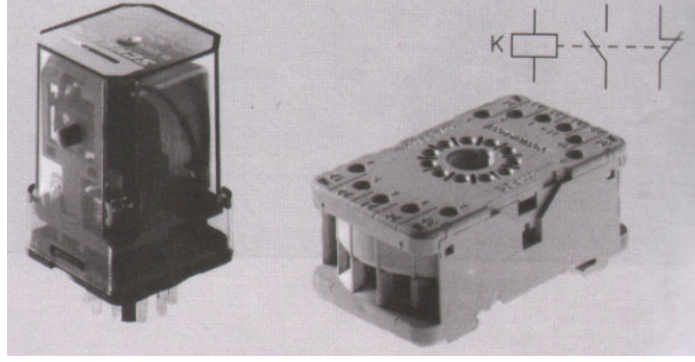
Küçük değerli bir akım ile yüksek güçlü bir alıcıyı çalıştırabilmek için kullanılan elemanlara röle denilmektedir [24]. Röleler genel olarak devrenin açılıp kapanmasını sağlarlar. Ana devreyi ise aşırı akım, düşük ve yüksek gerilim gibi tehlikelere karşı korurlar. Ayrıca ana devrenin çalışma süresini belirlemek, kumanda etmek için kullanılan cihazlardır.

Röle bobininin kumandası için ufak bir güç yeterlidir. Bu güç ile röle kontağından geçen büyük bir güç kumanda edilir. Örneğin sınır anahtarı yardımıyla selenoid bobinlerin tetiklenmesinde rölelerden oluşan bir ara devre vardır. Böylece kontakların aşırı yüklenmesi önlenir. Devre tekniğinde rölenin diğer bir işlevi, işaret işlem bölümünde, rölenin lojik eleman veya kilitleme elemanı olarak kullanılmasıdır [23].

Mozaik dizme robotu elektropnömatik kontrol devresinde de selenoid bobinlerin tetiklenmesinde rölelerden oluşan bir ara devre kullanılmıştır. Kullanılan rölenin iç yapısı Şekil 2.27 'de gösterilmiştir.



Şekil 2.27 Rölenin İç Yapısı



Şekil 2.28 Röle ve Sembolik Gösterimi

Başlangıç konumundaki 1 no'lu anahtar bağlantısı, 2 no'lu anahtar bağlantısı ile bağlanmıştır. Bobine (numara 5) gerilim uygulanır ve böylece sargı içinden elektrik akımı geçer. Bir manyetik alan oluşur. Bu alan 3 no'lu Ankeri 7 no'lu çekirdeğe çeker. Böylece 1 no'lu anahtar bağlantısı 4 no'lu anahtar bağlantısı ile bağlanır. Bu anahtarlama konumu bobine gerilim uygulandığı sürece kalır. Gerilim kaldırıldıktan sonra, Anker bir yay ile başlangıç konumuna getirilir. Şekil 2.28 'de bir röle ve sembolik gösterimi verilmiştir.

2.3.2.5 Vakum Pompası

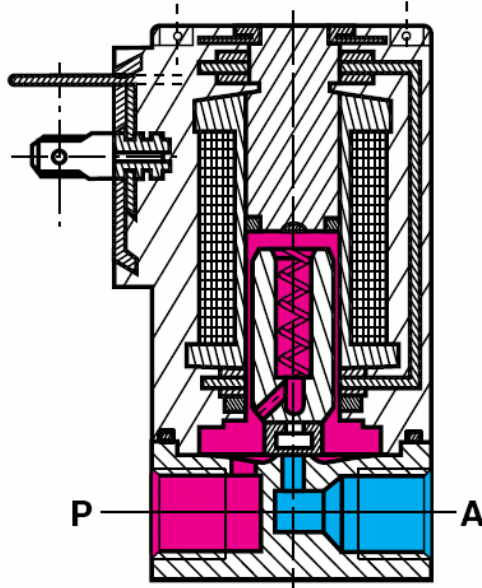
Vakum pompaları vakum üretmek için kullanılan elemanlardır. Mozaik dizme robotunda mozaik parçalarının vantuzlarla taşınabilmesi için gerekli vakum basıncı vakum pompasından elde edilmiştir. Vakum teknolojisinde kullanılan pompa tasarımlarını ve çalışma prensiplerinin anlaşılabilir bir sınıflandırılmasının yapılabilmesi için pompaları çalışma metotlarına göre alt bölümlere aşağıdaki gibi sınıflayabiliriz:

1. Hava Emen Vakum Pompaları
2. Hava Beslemeli Vakum Pompaları
 - Deplasmanlı Vakum Pompaları
 - Kinetik Vakum Pompaları

2.3.2.6 Selenoid Valf

Selenoid valfler elektriksel kumanda ile çalışan elektromanyetik vanalar/musluklardır. Akışkan akışını otomatik olarak kontrol etmek amacıyla kullanılırlar. Bu valfler bobinine enerji verildiğinde veya enerji kesildiğinde mıknatıslanıp konum değiştirerek akışkanın geçmesine müsade edecektir [25].

Selonoid valflerde tel sargı bulunur. Sargıdan elektrik akımı geçirilince sargı etrafında mağnetik alan oluşur. Enerjilendirilmemiş durumda basıncı düşük havanın, (vakumlu hava) yay vasıtasıyla demir armatürün havanın geçiş yatağında tutulması sonucu geçişı kapalıdır (Şekil 2.29). Enerjilendirildiğinde ise, oluşun bu mağnetik alana doğru çekilir ve havanın geçişine izin verilir [26].



Şekil 2.29 Selenoid Valfin çalışma Prensibi

Mozaik dizme robotunda, vakumlama sisteminde vakum basıncının açılıp kapanmasını sağlamak amacıyla Şekil 2.30' da görülen tek bobinli iki yollu normalde kapalı selenoid valf kullanılmıştır.



Şekil 2.30 Vakumlama sisteminde kullanılan selenoid valf

2.3.2.7 Vakum Emme Tutucu Elemanı

Vakum emme tutucu elemanları, vakum pompası ve taşınacak olan iş parçası arasındaki bağlantıyı sağlamaktadırlar. Bu elemanlar iş parçalarını, ufak parçaları, paketleri vs. taşımak için yalın, düşük maliyetli ve güvenilir bir çözüm getirirler. Vantuzlar; perbunan, poliüretan, silikon, viton, perbunan(nbr, antistatik), gibi farklı malzemelerden imal edilebilmektedirler [13].

Uygulamada kullanılacak vantuzu seçerken çalışma sınırlarına bağlı olarak kullanılacak malzemelerin kalitesi hakkında karar verirken, aşağıdaki koşullar önemli rol oynamaktadırlar:

- Yıpranmaya karşı direnç,
- Birim alandaki çekme kuvvetinin şiddeti,
- Kullanılacak olan tutucu elemanın hangi endüstri dalında kullanılacağı,
- İş parçasının kalitesi(yüzey alanı, ağırlığı,hassasiyeti)
- Çevre koşulları (kimyasal olarak agresif ortamlar, sıcaklık),

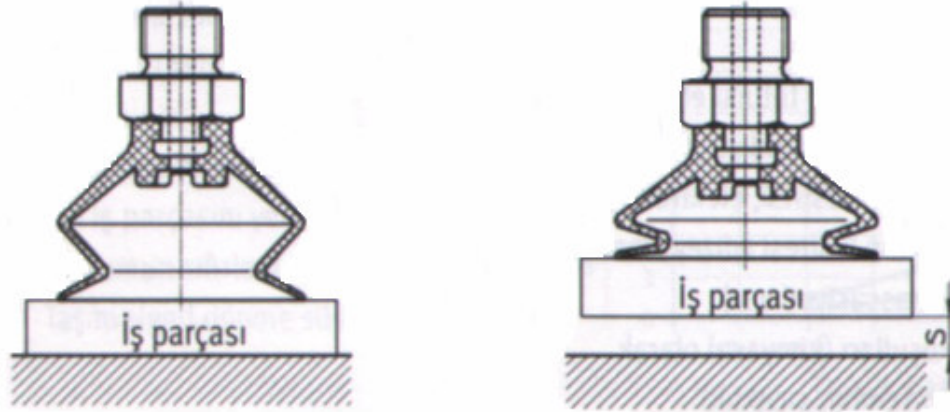
Vakum teknolojisi, çok çeşitli(şekilsiz, derli-toplu ve geçirimli) ürün ve malzemelerin çok çeşitli (düz, pürüzlü, yuvarlak, eğimli veya dalgalı) yüzeylerle

kolay, düşük maliyetli ve her şeyden önce güvenli bir şekilde taşınmasını sağlamaktadır [13].

Bir sistemin vakum emme tutucu elemanı seçilirken göz önünde bulundurulması gereken temel kriterler şunlardır:

- Vakum sisteminin toplam hacmi
- Bir operasyonun çevrim süresi
- Ejektörden veya vakum pompasından sağlanan tasarruf
- Ek işlevler [13].

Mozaik dizme robotunda vakum emme tutucu elemanı tarafından taşınacak olan mermer taşlar ve yapıları da göz önünde bulundurularak poliüretan malzemeden imal edilmiş körüklü vantuz kullanılmıştır. Körüklü vantuzlar kullanılırken iş parçası yumuşak bir şekilde yukarı kaldırılır. Pratikte dikey yöne doğru gerçekleşen bu hareket, iş parçalarını bulunduğu yerden yukarı doğru kaldıran kısa bir strok olarak kullanılabilir ve diğer vantuzlara kıyasla dikey harekette esneklik sağlamaktadır. Bu esneklik körüklü vantuzun iç hacminin boşaltıldığı zaman hafifçe büzülmesinden kaynaklanmaktadır. Şekil 2.31 'de körüklü vantuzun çalışma şekli görülmektedir [13].



Şekil 2.31 Körüklü Vantuzun Çalışma Şekli

Mozaik dizme robotu vakumlama sisteminde bir emme tutucu elemanını tasarlarken hesapların dayandığı üç temel kriter göz önünde bulundurulmuştur:

- İş parçasının kütlesi,
- Tutma kuvveti ve ivme kazanma kuvveti,
- İş parçasının malzemesi ve yüzey kalitesi.

Aşağıda tanımlanan fiziksel değişkenler, temel kriterleri hesaplamak için gerekli olan formüllerin bileşenleridir:

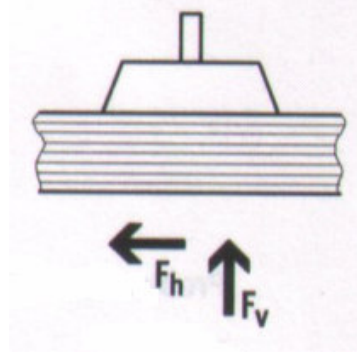
Sürtünme katsayısı μ : Sürtünme katsayısı, emme tutucu elemanı ve iş parçası arasındaki sürtünme faktörüdür [13]. Bir tasarımın seçimini yapabilmek için aşağıdaki kılavuz değerler uygulanır:

Yüzeyler::

Yağ	$\mu=0.1$
Islak	$\mu=0.2-0.3$
Kaba	$\mu=0.6$
Ahşap, metal, cam, taş vb.	$\mu=0.5$

Burada mermer, traverten gibi malzemeler kaldırılacağı için $\mu=0.5$ olarak alınmıştır.

Emniyet değeri S : Kazaların önlenmesine yönelik düzenlemeler emniyet faktörünün 1.5 olarak alınmasını gerekli kılmaktadır. Minimum olan bu değer hesaplarda kullanılmalıdır. Kritik, düzgün şekilli olmayan, geçirimli malzemelerin veya kaba yüzeylerin bulunduğu durumlarda faktör 2'e yükseltilmelidir. Emme tutucu elemanının konumu için de emniyet değeri önemli bir faktördür. Emme tutucu elemanı dikey konumda olduğu veya bir açı ile hareket ettiği durumlarda daha yüksek bir faktör seçilmelidir. Vantuzun üzerine gelen yükün dikey uygulandığı emme tutucu elemanın yatay konumlarında 1.5 ve 2 arasında bir değer kullanılabilir (Şekil 2.32).



Şekil 2.32 Emme tutucu elemanın dikey çalışma durumu

Teorik Tutma Kuvveti T_H : Bu kuvvet uygulama çeşitli yük koşullarında kuru bir yüzey kullanılarak hesaplanır. Bu formülde aşağıdaki faktörler hesaba katılır:

- İş parçasının kütlesi m
- Sürtünme katsayısı μ
- Sistemin ivme kazanması (m/s^2)
- Yer çekimi ivmesi ($9.81 m/s^2$)
- Emniyet değeri S [13]

Ayrılma Kuvveti F_A : Ayrılma kuvveti F_A , vantuzun çapına ve şekline bağlıdır. Bir vakum uygulamasında aynı anda birden fazla emme tutucu elemanı kullanılıyorsa hesap edilen teorik T_H tutma kuvvetinin sonucu, emme tutucu elemanı sayısına bölünmelidir. Böylece her emme tutucu elemanın emme kuvvetini tespit etmek mümkün olmaktadır. Seçimi yapılan vantuzun ayrılma kuvveti tespit edilen T_H tutma kuvvetinden büyük olmalıdır [13].

2.3.2.8 Seri Port

Anakartın üzerinde bir bilgisayarın en önemli bileşenleri Veri yolları (Portlar), Bilgi İşlem Ünitesi (CPU) , RAM, BIOS, ChipSet, ROM, I/O devrelerinin çoğu bulunmaktadır. Anakart üzerinde bilgisayara veri giriş/çıkış için kullanılan pinlere veya bağlantı noktalarına **Port** denir. Portlar ayrıca çevre birimlerini programlamak ve onlardan bilgi almak için kullanılan elektriksel yollar (Paralel port(LPT), seri port(COM), AGP portu, PCI portu) olarak da tanımlanmaktadır.

Çizelge 2.3. PC seri port taban adresleri ve I/O adres atamaları

İsim	COM Taban Adresi	Adres(Hex)	IRQ
COM1	0000:0400	3F8	4
COM2	0000:0402	2F8	3
COM3	0000:0404	3E8	4
COM4	0000:0406	2E8	3



Şekil 2.33 9 pinli Seri port

Günümüz modern bilgisayarları ve sistemleri çok sayıda seri haberleşme arayüzleri içermektedir. Bir mikroişlemci, dış dünya (hafıza ve G/Ç birimleri) ile genelde 8-bitlik parçalarla (8-16-32 ve 64 gibi) haberleşir. PC nin yazıcı ile haberleşmesinde, veri yolundan 8-bit veri ile paralel haberleşme yapılmaktadır. [27]

Eğer mesafe uzunsa paralel veri aktarımı uygun olmamaktadır. Bu gibi durumlarda seri aktarım kullanılmaktadır. Tek bir veri hattının kullanıldığı bu tür haberleşmenin ucuz olmasının yanında, iki farklı şehirde bulunan iki bilgisayarın telefon hattı üzerinden, bu yöntemi kullanarak, haberleşmesi de mümkün olmaktadır [27].

Çizelge 2.3 'te PC seri port taban adresleri ve I/O adres atamaları görülmektedir. DB-9 olarak adlandırılan bir PC nin seri port adaptörünün pin numaraları Şekil 2.33 'te görüldüğü gibidir. Bu pinlerin görevleri Çizelge 2.4 'te listelenmiştir.

Çizelge 2.4. IBM PC DB25S/P ve DB-9S/P pin atamaları. 9 uçlu ve 25 uçlu konnektörlerde sinyaller

25-uçlu	9-uçlu	Sinyal adı
8	1	Data Carrier Detect (DCD)
3	2	Reive Data (RxD)
2	3	Transmite Data (TxD)
20	4	Data Terminal Ready (DTR)
7	5	Signal Ground (GND)
6	6	Data Set Ready (DSR)
4	7	Request to Sent (RTS)
5	8	Clear to Sent (CTS)
22	9	Ring Indicator (RI)

Çizelge 2.5. Seri Portun Pinleri

Pin Numarası	Açıklama	Pin Numarası	Açıklama
1	DCD(Karşı Cihaz Hazırımı?)	6	DSR(Veri Set'i Hazır Sinyalı)
2	RXD(Alınan Veri)	7	RTS (Gönderme isteği sinyali)
3	TXD(Gönderilen Veri)	8	CTS (Gönderileni bellekten sil)
4	DTR(Veri Teriminalı hazır sinyalı)	9	Zil Kontrolü
5	GND(Mantıksal Toprak)		

RS-232

RS-232; Elektronik Endüstrisi Birliği (Electronic Industries Association (EIA) tarafından tanımlanmış elektriksel iletişim için seri bağlantı standardı anlamındadır. RS-232 standardı kendi arasında üç guruba ayrılmaktadır. Bunlar:

- RS-232A,
- RS-232B,
- RS-232C'dir.

Bunların arasındaki fark her birinin çıkış ve giriş voltajlarının farklı olmasıdır. Ancak günümüzde en çok kullanılan RS-232 cinsi RS-232C'dir. Bu RS-232 cinsinin voltajları: Off(0) -3,-12V , On(1) +3,+12V aralığındadır [28]. 9 pinli seri veri yolunda veri iletişim sadece 2 pin üzerinden olmaktadır:

DCD Pini (Data Carrier Detect Pin)

DCD pini bağlantı yapılacak olan cihazın veri iletişimine hazır olup olmadığını yada bu cihazın iletişim için çalışıp çalışmadığını kontrol etmeyi sağlamaktadır. Bu sinyal iletişim yapılacak cihaz tarafından gönderilmektedir. Eğer buradan gelen voltaj OFF değerinde ise karşı tarafın hatta ve veri iletişimine hazır olduğunu belirtir.

RXD Pini (Receive Data) , TXD (Transmitted Data)

RXD pini üzerinden diğer bilgisayardan veri alınmaktadır. TXD pini ise karşı cihaza veri gönderilmesini sağlamaktadır. Bu pinlerin voltaj aralıkları gönderilecek karakterin yada bilginin cinsine göre 1 veya 0 olmaktadır. Örneğin Göndermek istenilen veri "A" ise bu karakterin binary (ikili sistem kodu) 1100101 olacaktır. RXD pininde veriyi girişi de bu şekilde olmaktadır.

DTR Pini (Data Terminal Ready)

Bu pin bulunan cihazın veri iletimine hazır olduğunu karşı cihaza bildirmektedir. Off değeri veri iletişimine hazır olduğunu On değeri ise veri iletişimine hazır olmadığını belirtmektedir.

GND Pini (Logical Ground)

Teknik olarak GND pinine ait olan sinyal bir sinyal ya da bir voltaj değildir fakat diğer pinlerdeki işletilecek sinyallerde bu pin olmadan işletilemezler. Basit olarak GND pini hangi voltajın negatif hangi voltajın pozitif olacağını belirlemede bir referans noktasıdır.

RTS Pini (Request To Send)

Seri portun haberleşmesinde veriler bir an içerisinde bir defa gönderilmektedirler. Bu pin ise gönderilecek olan verilerin hepsini bir defada

gönderilmemiş ise bunu diğer cihaza bildirir ve veriler için karşı cihazın kendini hazırlaması gerektiğini bildiren sinyali yollar. Bu sinyal genelde kapalı durumdadır.

CTS Pini (Clear To Send)

Bu pine sinyal karşı cihazdan gelir. Off pozisyonu bizim cihazımızdan karşı cihaza gönderilecek verinin devamının olduğunu belirtir. RTS ve CTS sinyalleri cihazların veri iletişiminin düzgün olmasını sağlar. Çoğu cihazda RTS ve CTS sinyalleri otomatik olarak Off pozisyonundadır [28].

Kişisel bilgisayarlar üzerinde bulunan RS-232 portu modem ve diğer cihazlarla haberleşebilmek için asenkron bir veri transfer yöntemi kullanır. Seri haberleşmede tek bir kablo üzerinden veriler sıra ile gönderilir. Şekil 2.34 'te RS-232 haberleşmesinin bir baytlık kısmı görülmektedir [29].



Şekil 2.34 Seri Porta Veri İletimi

Seri haberleşmede kullanılan hız ölçüsü bit/s 'dir. Saniyede iletilen bit sayısını veren bu birim, günümüzde bit/s çok yavaş sayıldığından Kbit/s veya Mbit/s olarak kullanılmaktadır. Ancak RS-232 haberleşmesinde Baud denilen bir hız ölçüsü kullanılmaktadır. Baud, saniyede gerçekleşen olay veya veri transferi olarak bilinir. RS-232'de kullanılan Baud hızları aslında bit/s birimi ile aynıdır, çünkü her bir yeni olay yeni bir biti temsil eder. Ancak analog telefon hatlarında durum böyle değildir, bitleri temsil için kullanılan olay birkaç geçişten meydana geldiği için, gerçek hız daha düşüktür [29].

UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter, evrensel asenkron alıcı/verici) bilgisayarın seri portunda mikro işlemciden paralel bilgiyi seriye çevirir ve seri port üzerinden harici cihaza gönderir veya harici cihazdan gelen seri bilgiyi

port üzerinden alarak mikroişlemciye iletilmek üzere paralele dönüştürür. UART genellikle bit frekansının 16 katı frekansta gelen biti örnekler. Örneğin gelen veri 300bit/s ise, UART frekansı 4800bit/s olur. START bit için 16 bitlik süre bekler, daha sonra ilk biti okumak için 8 bitlik süre bekler ve diğer gelen bitleri de 16 bitlik sürelerle okur.

Doğru bir okuma olması için alıcı ve verici cihazlarının frekansları birbirinden yaklaşık $\pm\%3$ oranında farklı olabilmektedir. Bu yüzden alıcı ve verici tarafında kararlı ve sabit frekanslı sinyal üreten resonatörler veya kristal osilatörler kullanılır. Kişisel bilgisayarlarda UART çipinin frekansı 1.8432MHz. dir. Neden böyle bir frekans seçildiği bu rakamın 16' ya bölüdüğü ile anlaşılabilir. 1.8432Mhz., 16'ya bölüdüğünde sonuç 115,200 çıkar ki bu da RS-232 haberleşmesinde kullanılan en yüksek hızdır ve diğer bütün hızlar (19200,9600 vb.) bu hızın belirli bir tam sayıya bölünmesiyle elde edilir. Aşağıda seri port çıkışı veren bir UART kart, ve bu karta ait UART çip (kartın ortasında bulunan en büyük çip) görülmektedir.

UART alıcı ve verici olarak üç çeşit bilgi kodlama kullanır:

- İkilik veri (binary data) Veriler ikilik koda gönderilir.
- Metin verisi (text data) bazen metin dosyasının bir hedefe gönderilmesi durumunda kullanılır. Metin dosyaları da genelde üçe ayrılabilir: ASCII(7bit +eşlik biti) , ANSI (8-bit) ve Unicode (16bit). Bu formatta veriler yazı karakterlerinin kodları olarak gönderilir. ASCII' de toplam 128 karakter, ANSI'de toplam 256 karakter ve Unicode ise 65536 farklı karakter gönderilebilir.
- ASCII Hex Metin modu karakterlerden oluşan bir dosyayı göndermek için idealdir. Ancak ikilik (binary) verilere sahip dosyaları da karakterler ile temsil ederek gönderebiliriz. İkilik kodun kendisinin gönderilmesi yerine her bir 4 biti temsilen bir on-altılık sayının karakteri gönderilir. Örneğin 104 sayısı 0110 1000 olarak ikilik koda çevrilir. 0110= 6, 1000= 8 olur. Bu iki bayt birbirini takip edecek şekilde ikilik olarak gönderilir. Ancak bu tür kodlamada fazladan bir bayt gönderilmiş olur ve haberleşme verimi düşmüş olur. Çok sayıda verinin gönderilmeyeceği durumlarda ise sorun oluşturmaz.

3. MOZAIK DİZME OTOMASYONU YAZILIMI

3.1 Giriş

Mozaik dizme otomasyonu yazılımının geliştirilme amacı farklı boyut ve farklı geometrilerdeki mozaik parçalarının herhangi bir desene göre hızlı ve esnek bir biçimde dizilmesini sağlamaktır. Bu amaçla yazılımın tasarımı esnasında herkesin rahatlıkla kullanabileceği esnek bir program geliştirilmesi düşünülmüş ve yazılım Java programlama dili kullanılarak geliştirilmiştir.

Java Programlama dili, dünyadaki en popüler programlama dillerinden biri haline gelmiştir. Java; SUN bilgisayar şirketi tarafından elektrikli ev araçlarının (mikrodalga fırınları, buzdolapları , televizyonlar, uzaktan kumanda cihazları vb.) birbiriyle haberleşmesini sağlamayı amaçlayan bir proje içerisinde 1991 yılında geliştirilmeye başlanmıştır. 1993 Yılında "World Wide Web" büyük bir atılım göstererek bütün dünyaya yayılmaya başlamıştır. Java'nın Dinamik Web sayfaları hazırlamadaki büyük potansiyelini gören SUN şirketi projeyi bu tarafa yönlendirmiş ve bu Java'ya yeni bir canlılık ve yaşama umudu getirmiştir [30].

Java'nın önemli bir temel özelliği "Nesne Tabanlı" (object oriented) bir dil olmasıdır. Nesne tabanlı diller, nesnelere gerçek dünyadakine daha benzer bir yapıda tanımlayarak anlaşılmasını kolaylaştırmaktadırlar. Nesnelere gerçek dünyadaki gibi masa, sandalye, bilgisayar gibi tanımlayarak programlamak insan beyninin anlaması açısından çok daha kolay olmaktadır [30].

Java dilini geleceğin dili yapan diğer bir özelliği de çok kullanımlı (multi-tasking) ve paralel kullanımlı (multi-treading) bir dil olmasıdır. Çok kullanımlılık birden fazla işlemin aynı anda yapılabilmesinin tanımıdır. Paralel kullanımlılık ise birden fazla programın aynı anda hafızayı beraber kullanarak çalıştırılabilmesidir. Örnek olarak World ve Excel programlarının Windows NT ortamında aynı anda

kullanılması gibi. Paralel kullanım olanaklarını sunan ilk bilgisayar dili ise Java'dır. Paralel kullanım paralel programlama kavramından ayrıdır ve karıştırılmamalıdır. Paralel programlamada birden fazla bilgi işlem ünitesine (CPU) ayrı programlar veya bir programın ayrı parçaları gönderilmektedir. Paralel kullanımda ise bir bilgi işlem ünitesinin kullanım zamanı küçük parçalara ayrılarak değişik program veya program parçacıkları bu zaman paketçiklerini paylaşarak kullanılmaktadırlar [30].

Java'yı önemli bir programlama dili haline getiren en önemli özelliği ise kullanılan bilgisayardan ve işletim sisteminden bağımsız olmasıdır. Java'da yazılan bir program; Unix, Machintosh, Windows 95 veya Windows NT veya herhangi bir 32 bit makinede hiç değiştirilmeden kullanılabilir [30].

Nesne yönelimli, platformdan bağımsız, yüksek performanslı, çok işlevli, adım adım işletilebilen , çok kullanımlı ve paralel kullanımlı olma özellikleri göz önünde bulundurularak Mozaik Dizme Otomasyonu amacıyla tasarlanan algoritma Java programlama dili kullanılarak geliştirilmiştir.

3.2 Mozaik Dizme Otomasyonu İçin Yazılım Geliştirilmesi

Mozaik dizme otomasyonu yazılımı birbirleriyle iletişim halinde çalışan iki farklı algorithmadan oluşmaktadır. Bunlardan birincisi herhangi bir BDT (Bilgisayar Destekli Tasarım) programında çizilen mozaik desenini analiz ederek mozaığı oluşturan mermer veya traverten taşların geometrik verilerini ortaya çıkartan basit bir "Unsur Tanıma" algoritması, bir diğeri ise Unsur Tanıma algoritmasından elde edilen veriler ışığında robotun denetimini sağlayarak mozaik dizimini gerçekleştiren algoritmadır. Aşağıda kısaca Unsur Tanıma ve Çıkarma kavramlarından bahsedilmiştir.

3.2.1 Unsur Kavramı

Son yıllarda BDT alanında önemli gelişmeler olmuştur. Her yeni gelişme yeni ihtiyaçlardan ortaya çıkmış ve yeni teknikleri de beraberinde getirmiştir. İlk geliştirilen modelleme programlarında sadece tel çerçeve şeklinde modelleme yapılmakta ve iki boyutlu çizim işlemlerini desteklemekteydiler. Sadece nokta ve çizgi ile çizim yapmak mümkün olabiliyordu. Parametrik ve sınırlandırma temelli sistemlerin devreye girmesi ile, değişken geometri veya denklemleri içeren tasarım problemlerinin çözümünde büyük kolaylıklar sağlanmıştır. Ancak tüm bu yaklaşım veya sistemler yeterli olamamıştır. Çünkü bu tür sistemler; doğru, daire, prizma veya silindir gibi düşük düzeyli temel elemanlar kullanarak parça geometrisini temsil edebilmektedirler. Bu eksikliklerin giderilmesi için, unsur (feature) olarak adlandırılan yeni bir kavram ortaya atılmıştır. Farklı uygulama alanları için farklı unsur tanımlamaları yapılmıştır. Bu konuda çalışmalar yapan çeşitli araştırmacılar tarafından bir çok unsur kavramı tanımlanmıştır [31]. Bu çalışmada unsur kavramı şu şekilde yapılmıştır: Bir mozaik parçasının şekil veya diğer özelliklerini (boyut, desen içerisindeki konumu vb.) barındıran elemanlardır.

Unsur kavramının uygulamaları üç şekilde karşımıza çıkmaktadır:

- Mevcut katı modellerden (CSG : Yapısal Katı Geometri veya B-Rep: Sınır temsili ile tanımlı) unsur tanıma veya çıkarma
- Unsur Tabanlı Tasarım
- Her iki yaklaşımın birleştirilmesi
- Etkileşimli unsur tanımlama [31].

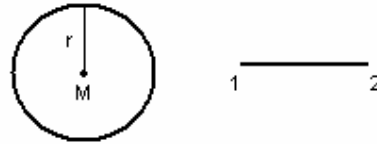
3.2.6 Unsur Tanıma ve Çıkarma

Bir parçanın katı modeli üzerinde bir bilgisayar programı ile geometrik verilerin analiz edilip, belli unsur yapıları ile karşılaştırılmak suretiyle unsur elde edilmesine unsur tanıma veya çıkarma adı verilir. Unsur tabanlı modellemenin mümkün olmadığı yıllarda ihtiyaç duyulan bu yöntem ile CSG veya BRep formatında (CSG : Yapısal Katı Geometri veya B-Rep: Sınır temsili ile tanımlı)

oluşturulan parça geometrik verileri analiz edilerek unsurlar elde edilir. Araştırmacılar değişik unsur tanıma algoritmaları geliştirmişlerdir. Bunlardan bazıları; çizge (graph) tabanlı teknikler, dış bükey kabuk (convex hull) teknikleri ve kural tabanlı (rule-based) tekniklerdir. Ayrıca CSG (Yapısal Katı Geometri) ağacından unsur tanıma, hücre tabanlı teknikler, sinir ağları kullanarak unsur tanıma yöntemleri de mevcuttur [31].

3.2.7 Mozaik Dizme Otomasyonu İçin Geliştirilen Unsur Tanıma Algoritması

Otomatik işlem planlama proseslerinde kullanılan ilk adım iş parçasının geometrisini tanımlamaktır. Unsur Tanıma; BDT sistemlerinden işlem planlama sistemlerine parça geometrik verilerinin otomatik olarak transfer edilmesini sağlayan işlem planlama için bir modelleme ara yüzüdür. Unsur-parça tanıma sistemi, Fu tarafından geliştirilen sözdizimsel desen tanıma sistemiyle benzerlikler göstermektedir. Unsur tanıma prosesini formüle edebilmek amacıyla Fu 24 basit unsur kullanmıştır [32]. Bu çalışmada Şekil 3.1 'de gösterilen iki çizim elemanı kullanılmıştır. Bu unsurlar başlangıç ve bitiş noktalarının X, Y ve Z eksenlerindeki koordinatları belli olan çizgiler ve merkezinin X, Y ve Z eksenlerindeki koordinatları ve yarıçapı belli olan dairelerdir .



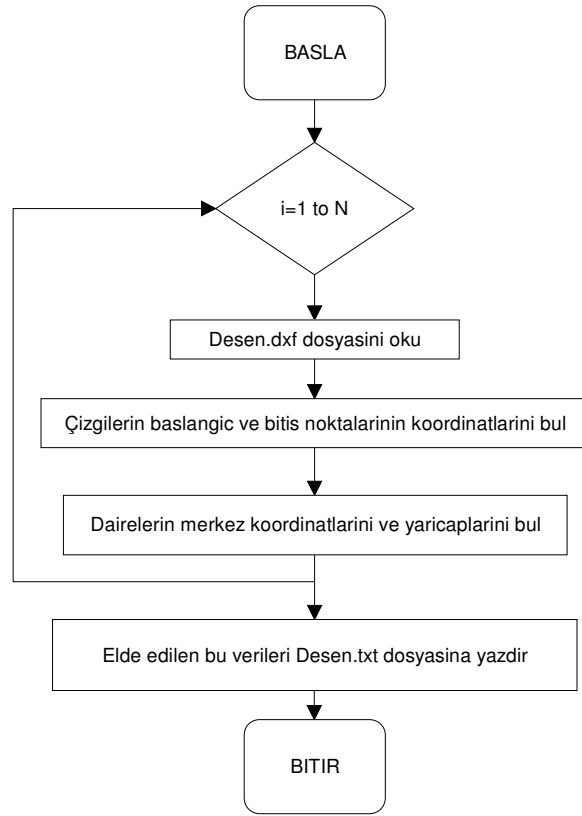
Şekil 3.1. Unsur tanıma algoritmasında kullanılan çizim elemanları

Mozaik dizme otomasyonu yazılımı geliştirilirken bir mozaik fabrikasında mozaik deseni oluşturmada kullanılan, mermer, traverten vb. malzemelerden yapılmış belirli geometrilere sahip (üçgen, kare, dikdörtgen, eşkenar dörtgen, altıgen

ve daire) standart mozaik parçaları esas alınmış ve mozaik desenleri bu parçalar kullanılarak modellenmiştir. Mozaik deseninde kullanılacak her türlü geometrik unsur ve unsuru oluşturan elemanlar Java programlama dili ile ayrı birer sınıf olarak ve “.java” formatında tanımlanmıştır. Bunlar Nokta, Çizgi, Daire, Üçgen, Kare, Dikdörtgen, Eşkenar Dörtgen ve Altıgen nesnelere aittir. Her nesnenin kendine ait değişken ve metotları bulunmaktadır. Bu değişkenler ve metotlarla her unsurun kendine özgü geometrik bilgi ve hesaplamaları elde edilmektedir. Daire nesnesine ait bir merkez noktası ve yarıçap bilgileri, Üçgen nesnesine ait çizgiler ve hipotenüsün eğimi, Kare, Dikdörtgen, Eşkenar Dörtgen ve Altıgen nesnelere ait çizgiler ve eğim aynı zamanda bütün nesnelere için alan ve çevre hesaplarını, ağırlık noktasının bulunması gerçekleştiren metotlar tanımlanmıştır.

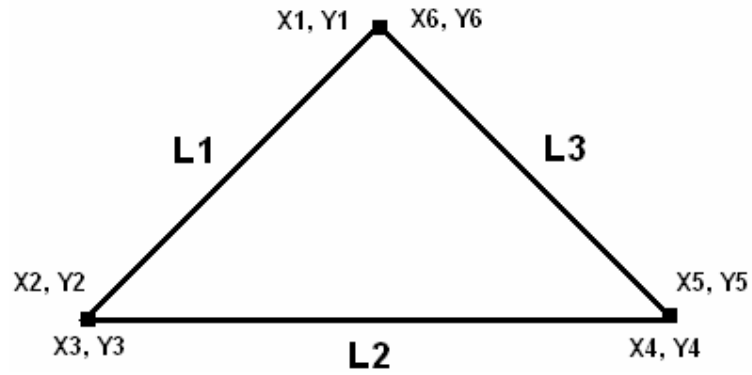
Şekil 3.2 'de gösterilen unsur tanıma algoritmasının akış şemasında görüldüğü gibi yazılımın bu aşamasında 2B BDT yazılımıyla oluşturulan desen dosyasındaki unsurların ve geometrik verilerinin kaydedildiği Desen.txt dosyası ele alınmaktadır. Bu dosyanın okunup çizgi ve dairelerin verilerinin algılanmasıyla mozaik meydana getiren unsurlar ortaya çıkartılmakta ve belirlenen unsurların mozaik deseni içerisinde hangi geometrilere ait oldukları bu aşamada tanımlanmaktadır. Desen.txt dosyasına kaydedilen çizgi ve daireler ayrı ayrı ele alınmaktadır. Öncelikle bulunan daireler; herhangi bir algoritma gerektirmediği için kolaylıkla dosyadan okunarak Sonuç ismi verilen bir dosyaya kaydedilmektedirler. Çizgiler ise sırayla ele alınıp başlangıç ve bitiş noktaları karşılaştırılarak Üçgen, Kare, Dikdörtgen, Eşkenar Dörtgen ve Altıgen gibi geometrilere ait oldukları tespit edilmektedir.

Üçgen tanıma algoritmasında; Şekil 3.3 'te görüldüğü gibi bir çizginin bitiş noktasının onu takip eden diğer çizginin başlangıç noktası olması şartıyla birlikte ard arda üç çizginin bulunması sonucu bir üçgen unsuru algılanmaktadır.



N: Desen.dxf dosyasinin satir sayisi

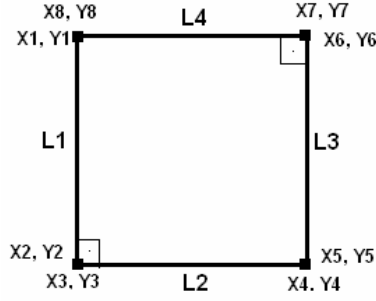
Şekil 3.2. Desen dosyasının okunması ve unsurların tanımlanması



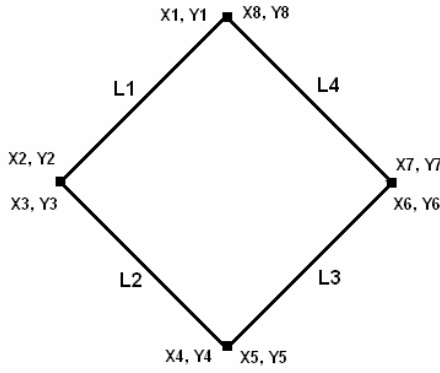
Şekil 3.3. Üçgen Unsuru

Algılanan bu üçgen; L_1 , L_2 ve L_3 'ten oluşan meydana gelen yeni bir üçgen nesnesi olarak tanımlanmaktadır. Bu üçgen unsuruna ait kenar uzunlukları, çevresi, alanı, ağırlık merkezi ve eğimi gibi tüm geometrik verileri üçgen sınıfının içerisindeki değişkenler ve metotlar yardımıyla hesaplanmaktadır. Son olarak da Üçgen sınıfının içerisindeki algoritmalarla hesaplanan üçgenin ağırlık merkezinin koordinatları ve eğimi “Sonuç” dosyasına kaydedilmektedir.

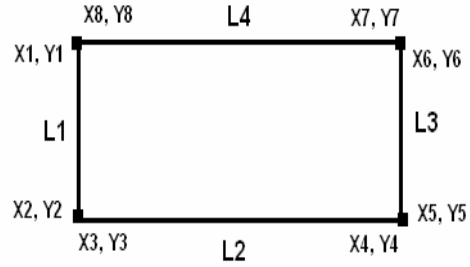
Kare, eşkenar dörtgen ve dikdörtgen tanıma algoritması da üçgen tanıma algoritmasına benzer şekilde geliştirilmiştir. Yazılımın bu kısmında bir çizginin bitiş noktasının onu takip eden diğer çizginin başlangıç noktası olması ve bu şekilde ard arda gelen dört çizginin bulunması sonucu bir dörtgen algılanmaktadır. Bulunan bu çizgiler arasında birbirine komşu olan iki çizgi arasındaki açının 90° olması ve tüm çizgilerin uzunluklarının eşit olması koşulunda kare unsuru algılanmakta ve l_1 , l_2 , l_3 , l_4 çizgilerinden oluşan yeni bir kare nesnesi oluşturulmaktadır (Şekil 3.4). Eğer birbirine komşu olan iki çizgi arasındaki açı 90° 'e eşit değilse eşkenar dörtgen unsuru algılanmakta ve l_1 , l_2 , l_3 , l_4 çizgilerinden oluşan yeni bir eşkenar dörtgen nesnesi oluşturulmaktadır (Şekil 3.5). Bulunan tüm çizgilerin uzunluklarının birbirine eşit olmadığı durumda ise; dikdörtgen unsuru algılanmakta ve l_1 , l_2 , l_3 , l_4 çizgilerinden oluşan yeni bir dikdörtgen nesnesi oluşturulmaktadır (Şekil 3.6). Kare, eşkenar dörtgen ve dikdörtgen nesnelere ait olan kenar uzunlukları, alan, çevre, ağırlık merkezi koordinatları ve eğimleri gibi tüm geometrik veriler kare, eşkenar dörtgen ve dikdörtgen sınıflarının içerisinde bulunan değişken ve metotlarla hesaplanmakta ve son olarak da algılanan unsurların ağırlık merkezi koordinatları ile eğimleri “Sonuç” dosyasına kaydedilmektedir.



Şekil 3.4 Kare unsuru

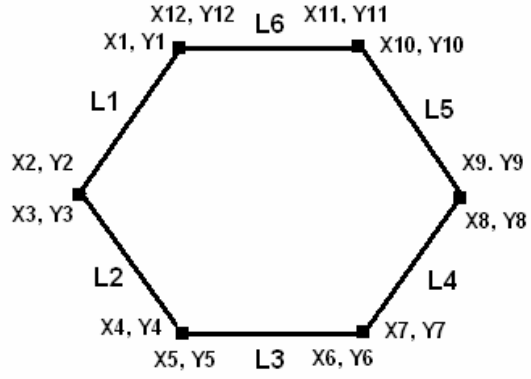


Şekil 3.5 Eşkenar dörtgen unsuru



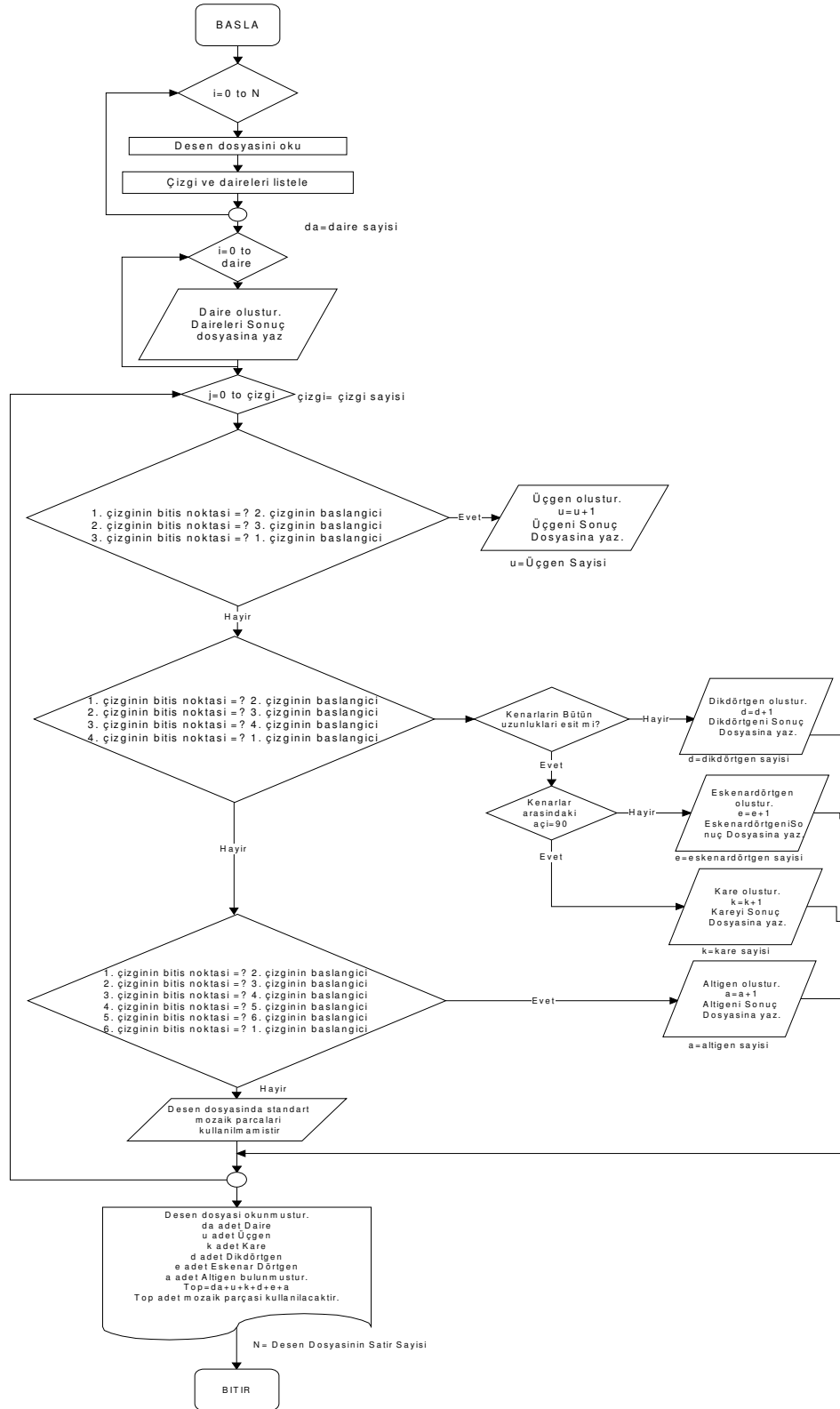
Şekil 3.6 Dikdörtgen unsuru

Altıgen tanıma algoritmasında ise diğer unsurların algılanmasında olduğu gibi; bir çizginin bitiş noktasının onu takip eden diğer çizginin başlangıç noktası olması koşuluyla ard arda altı adet çizginin bulunması sonucu altıgen unsuru algılanmaktadır (Şekil 3.7). Algılanan bu altıgen; L_1, L_2, L_3, L_4, L_5 ve L_6 çizgilerinden meydana gelen yeni bir altıgen nesnesi olarak tanımlanmaktadır. Bu altıgen unsuruna ait kenar uzunlukları, çevresi, alanı, ağırlık merkezi ve eğimi gibi tüm geometrik verileri altıgen sınıfının içerisindeki değişkenler ve metotlar yardımıyla hesaplanmaktadır. Son olarak da altıgen sınıfının içerisindeki algoritmalarla hesaplanan altıgenin ağırlık merkezinin koordinatları ve eğimi “Sonuç” dosyasına kaydedilmektedir.



Şekil 3.7 Altıgen Unsuru

Mozaik desenini oluşturan unsurların algılanmasından sonra, yazılım hangi geometrik şekilden kaçar adet kullanılacağını hesaplar ve kullanıcıya robot besleme noktalarına yerleştirilecek olan mozaik parçalarının geometrik verileri ve adetlerini bildirilmektedir. Bu veriler ışığında kullanıcı standart mozaik parçalarını robot besleme istasyonlarına yerleştirmektedir. Şekil 3.8’de unsur tanıma algoritmasının akış diyagramı verilmiştir.

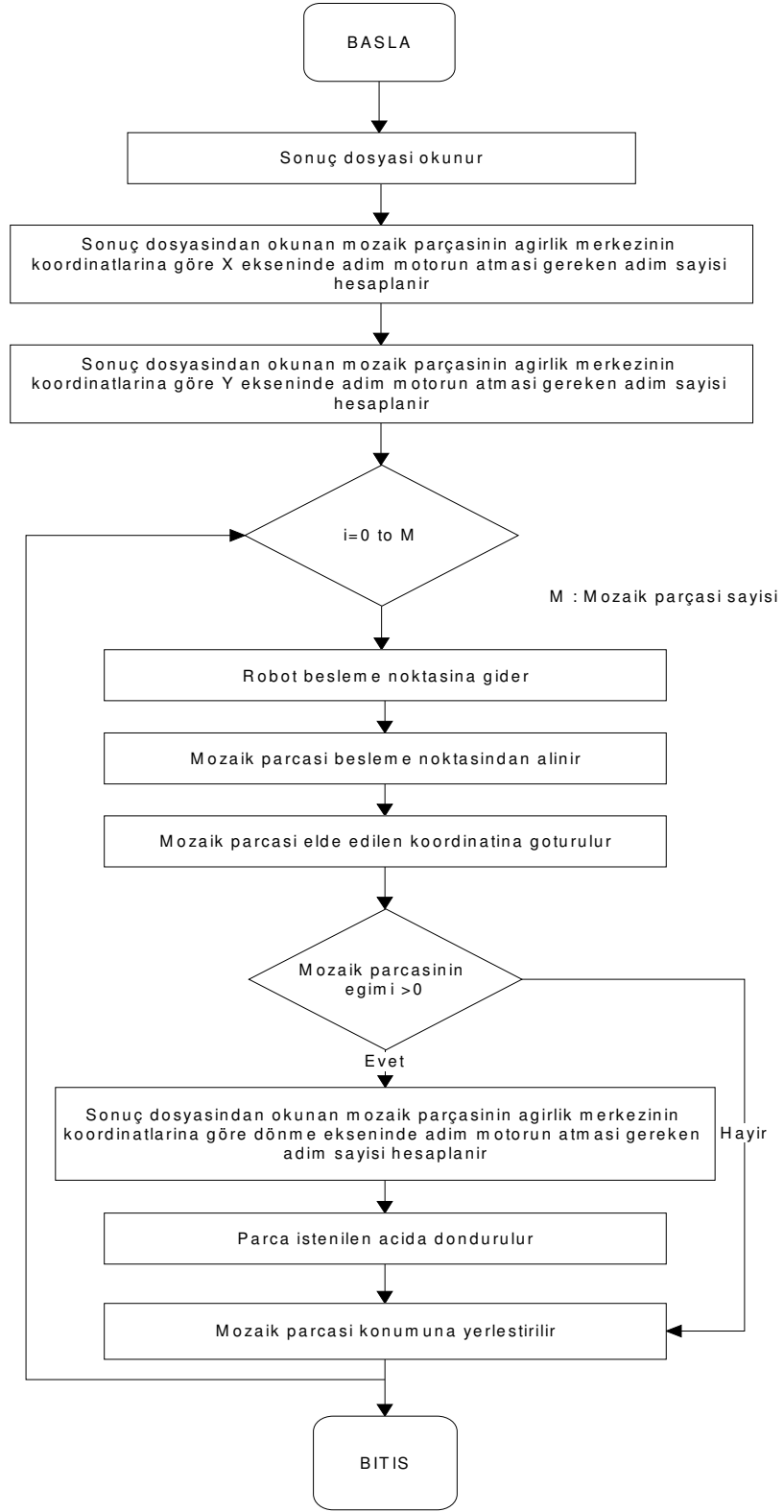


Şekil 3.8 Unsur Tanıma Algoritması

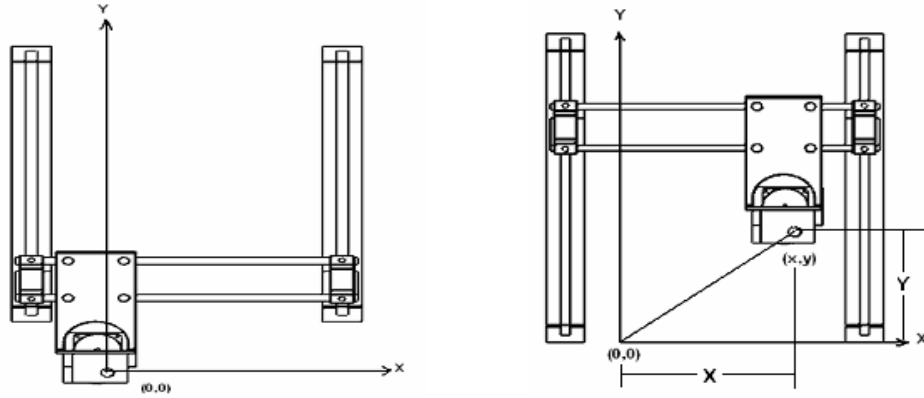
3.2.4 Mozaik Dizme Robotu Kontrolü İçin Geliştirilen Yazılım

Yazılımın buraya kadar olan bölümünde mozaik desenini oluşturan unsurlar tanınmakta ve veriler kaydedilmektedir. Şekil 3.9' da akış şeması verilen diğer aşamada robotun besleme noktalarına yerleştirilen bu mozaik parçalarını alarak desen içerisindeki hesaplanan koordinatına götürmesi gerçekleştirilmektedir.

Unsur Tanıma algoritması sonucu verilerin kayıtlı olduğu Sonuç dosyası okunarak unsurların ağırlık merkezlerinin X ve Y koordinat değerleri ve eğim açıları alınmaktadır. Şekil 3.10 'daki robotun çalışma alanında görüldüğü gibi, robotun X ve Y eksenlerinin birleştiği nokta orijin kabul edilerek ilk harekette robotun bu sıfır noktasına gelmesi sağlanmaktadır. Mozaik parçalarının bu noktadan alınarak ağırlık merkezi koordinatlarına götürülmesi için X ve Y eksenlerinde hareketi sağlayan adım motorların atması gereken adım sayıları hesaplanmaktadır.



Şekil 3.9. Robotun Denetlenmesinin Akış Diyagramı



Şekil 3.10. Robot Çalışma Alanı

X eksenindeki adım motor 1 adımında 0,2173 mm yol alırken Y eksenindeki adım motor 1 adımında yaklaşık olarak 0,0397 mm yol almaktadır. Bu değerler göz önünde bulundurularak mozaik parçasını belirlenen koordinatına taşıyabilmek için adım motorlarına gönderilmesi gereken adım sayıları eşitlik (3.1) ve (3.2) 'deki gibi hesaplanmaktadır.

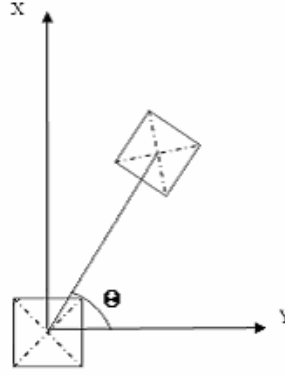
$$\text{X Eksenindeki Adım Sayısı} = \frac{L_x}{0,2173} \quad (3.1)$$

$$\text{Y Eksenindeki Adım Sayısı} = \frac{L_y}{0,0397} \quad (3.2)$$

L_x : Mozaik parçasının X eksenindeki Koordinatı

L_y : Mozaik parçasının Y eksenindeki Koordinatı

Her bir mozaik parçası için yazılım tarafından hesaplanan bu adım sayıları seri port aracılığıyla mikroişlemci devreye gönderilmekte ve robot kolun istenilen koordinata gitmesi gerçekleştirilmektedir. Z ekseninde kullanılan adım motorunun 1 adımında 0.5625 mm yol almaktadır. Mozaik parçasının desen içerisindeki Unsur Tanıma algoritmasından elde edilen eğim açısı ile dönme ekseninde kullanılan adım motorun atması gereken adım sayısı Eşitlik (3.3) 'teki gibi hesaplanmaktadır. Şekil 3.11' de bir kare mozaik parçasının eğim açısı görülmektedir.



Şekil 3.11. Mozaik Parçasının Eğim Açısı

$$\text{Dönme Eksenindeki Adım Sayısı} = \frac{\text{Eğim}.360}{640} \quad (3.3)$$

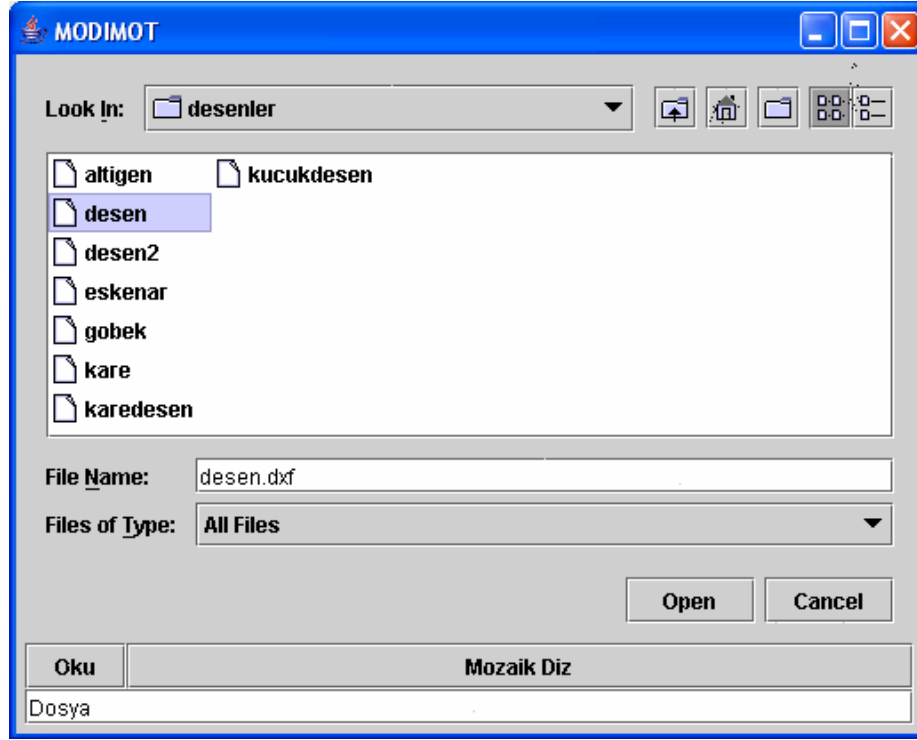
Eğimi belirli mozaik parçası hesaplanan açıda döndürüldükten sonra konumuna yerleştirilmekte ve mozaik parçalarının tümü yerleştirilene kadar bu işleme devam edilmektedir. Böylelikle BDT programıyla çizilen mozaik deseni robot kolun yazılım ile denetlenmesi tarafından otomatik olarak oluşturulmaktadır.

3.2.5 Mozaik Dizme Otomasyonu Yazılımı İçin Geliştirilen Arayüz

Mozaik dizme otomasyonu yazılımı için herkesin rahatlıkla kullanabileceği sade ve anlaşılması kolay bir arayüz geliştirilmeye çalışılmıştır. Mozaik dizme otomasyonu için geliştirilen yazılıma “Mozaik Dizme Otomasyonu” kelimelerinin baş harflerinden esinlenilerek MODIMOT ismi verilmiştir. BDT programıyla çizilen desen dosyasının okunması, unsurların tanınması ve robotun denetlenmesiyle mozaik diziminin gerçekleştirilmesi işlemlerini kullanıcının bir arada rahatlıkla yapabilmesi için bir arayüz tasarlanmıştır.

Şekil 3.12 'de görülen yazılımın arayüzünde; dizilmesi istenilen mozaik deseni dosyasının seçilmesi ve “Oku” düğmesine basılmasıyla Unsur Tanıma algoritması devreye girmekte ve desen dosyası okunarak unsurlar tanınmakta ve elde

edilen veriler bir dosyaya kaydedilmektedir. “Mozaik Diz” düğmesine basılmasıyla birlikte bu dosyadaki verilerin ışığında robot kolun hareketlendirilmesi ve besleme noktalarından alınan mozaik parçalarının yerleştirilmesi gerçekleşmektedir.



Şekil 3.12. Mozaik Dizme Yazılımı (MODIMOT) için geliştirilen arayüz

3 DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Yapılan uygulama çalışmalarında; kullanılan mozaik desenleri endüstriyel mozaik uygulamaları yapan fabrikalardan temin edilen standart mozaik parçaları kullanılmıştır. Bu mozaik parçalarıyla oluşturulan endüstriyel mozaiklere örnekler Şekil 4.1' de görülmektedir.

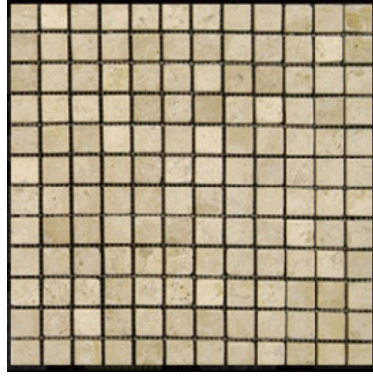
Gerçekleştirilen çalışmada, mozaik dizim işlemi yapan firmalar tarafından el emeği ile oluşturulan mozaiklerin; bilgisayar denetimli dört eksenli robot ile yapılmasına çalışılmıştır.



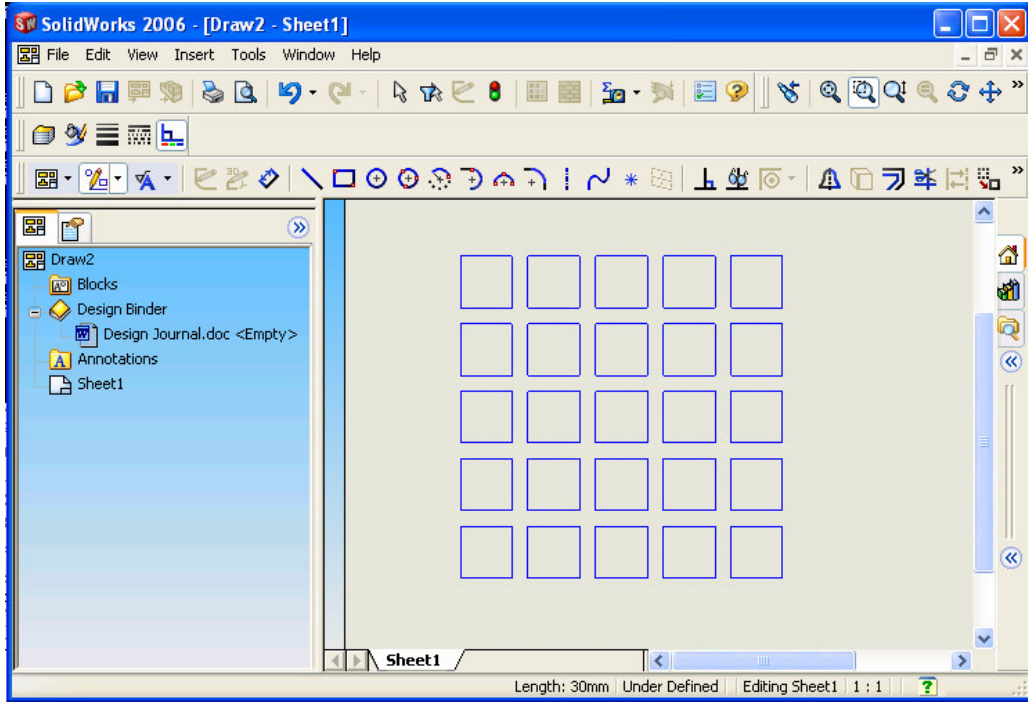
Şekil 4.1 Endüstriyel Mozaik Uygulamaları

3.2 Düz Kare Desen Oluşturulması

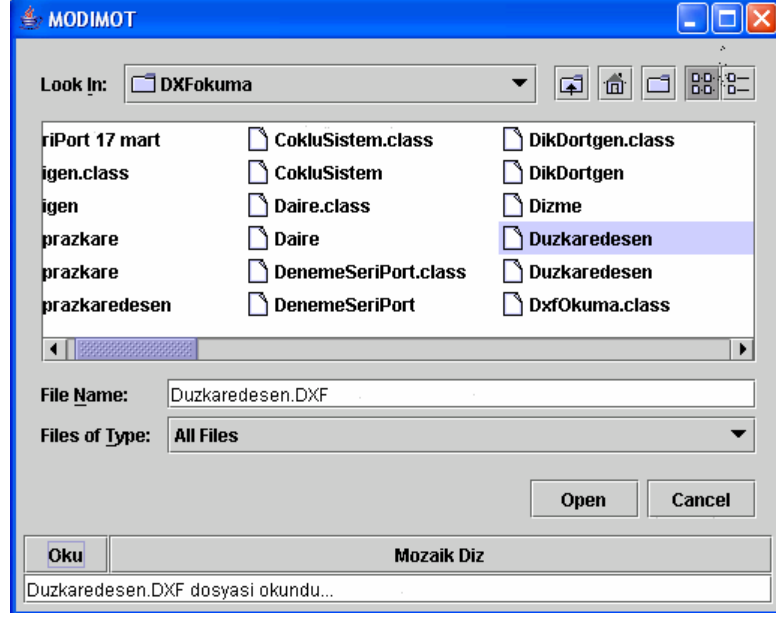
Yapılan bu uygulamada Şekil 4.2 'de görülen 23 x 23 mm boyutlarındaki standart kare mermerlerin bir 5 x 5 kare matris şeklinde yan yana dizilmesi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.2 Düz Kare Desen



Şekil 4.3 SolidWorks 2006 BDT programıyla çizilen Düz Kare Desen



Şekil 4.4 Düz kare desenin okunarak unsurların algılanması

Düz kare mozaik deseni bir bilgisayar destekli tasarım programı olan SolidWorks 2006 ile çizilmiş ve “Duzkaredesen.dxf” dosya ismiyle kaydedilmiştir. Çizilen SolidWorks dosyası Şekil 4.3 ‘te gösterilmiştir.

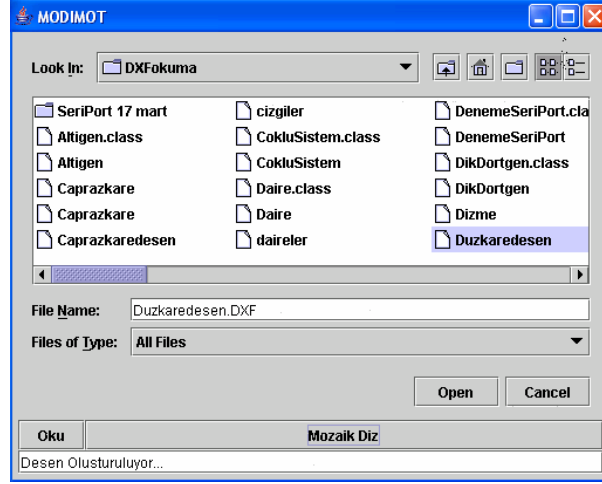
Daha sonra geliştirilen arayüz ile Duzkaredesen.dxf dosyası seçilip “Oku” düğmesine basıldığında yazılım tarafından deseni oluşturan unsurlar algılanmakta ve “Sonuç” isimli başka bir dosyaya kaydedilmektedir. Seçilen dosyanın okunması sırasında arayüz Şekil 4.4 ‘te gösterilmiştir.

Duzkaredesen.dxf dosyasının okunması sonucunda algılanan unsurlar Çizelge 4.1 ‘de verilmiştir.

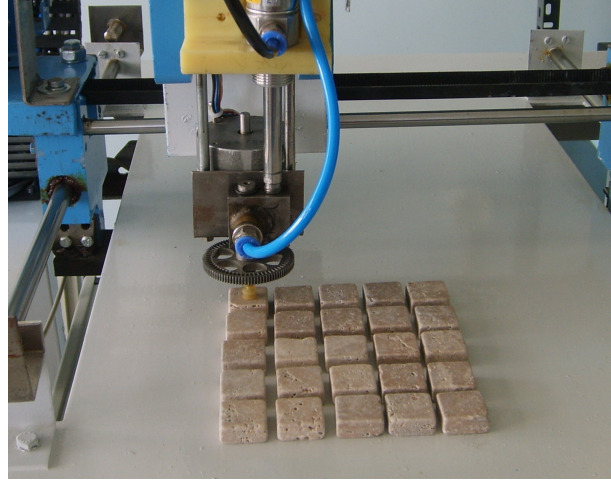
Çizelge 4.1 Desen dosyasının okunması sonucu algılanan unsurlar

Unsur	Ağırlık merkezi X Koordinatı	Ağırlık merkezi Y Koordinatı	Konumlama açısı
Kare	42.7729492007	43.7854324689	0.0
Kare	72.7729492007	43.7854324689	0.0
Kare	102.7729492007	43.7854324689	0.0
Kare	132.7729492007	43.7854324689	0.0
Kare	162.7729492007	43.7854324689	0.0
Kare	192.7729492007	43.7854324689	0.0
Kare	222.7729492007	43.7854324689	0.0
Kare	42.7729492007	73.7854324689	0.0
Kare	72.7729492007	73.7854324689	0.0
Kare	102.7729492007	73.7854324689	0.0
Kare	132.7729492007	73.7854324689	0.0
Kare	162.7729492007	73.7854324689	0.0
Kare	192.7729492007	73.7854324689	0.0
Kare	222.7729492007	73.7854324689	0.0
Kare	42.7729492007	103.7854324689	0.0
Kare	72.7729492007	103.7854324689	0.0
Kare	102.7729492007	103.7854324689	0.0
Kare	132.7729492007	103.7854324689	0.0
Kare	162.7729492007	103.7854324689	0.0
Kare	192.7729492007	103.7854324689	0.0
Kare	222.7729492007	103.7854324689	0.0
Kare	42.7729492007	133.7854324689	0.0
Kare	72.7729492007	133.7854324689	0.0
Kare	102.7729492007	133.7854324689	0.0
Kare	132.7729492007	133.7854324689	0.0
Kare	162.7729492007	133.7854324689	0.0
Kare	192.7729492007	133.7854324689	0.0
Kare	222.7729492007	133.7854324689	0.0

Unsur tanıma işleminin yapılmasından sonra algılanan kareler adetlerine göre komut ekranından okunarak robot besleme noktasına yerleştirilmiştir. Daha sonra bu kare mozaik parçalarının robot tarafından alınarak desen içerisindeki koordinatlarına yerleştirilmesi “Mozaik Diz” düğmesine basılmasıyla gerçekleştirilmektedir. Şekil 4.5’ te mozaik deseninin oluşturulması esnasında arayüzde komutların kullanılması görülmektedir. Şekil 4.6’ da yapılan uygulama sonucu elde edilen düz kare mozaik deseni görülmektedir.

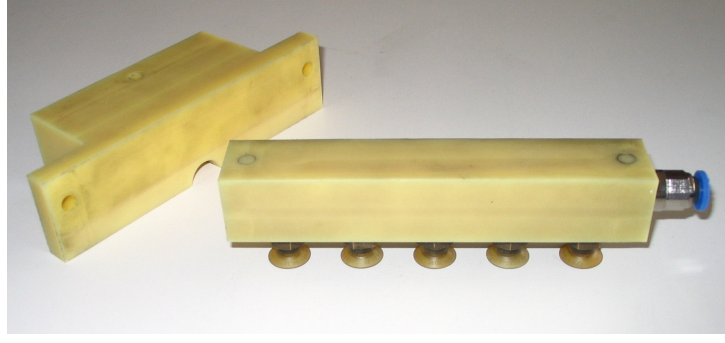


Şekil 4.5 Mozaik deseninin oluşturulması için arayüzde komutlar

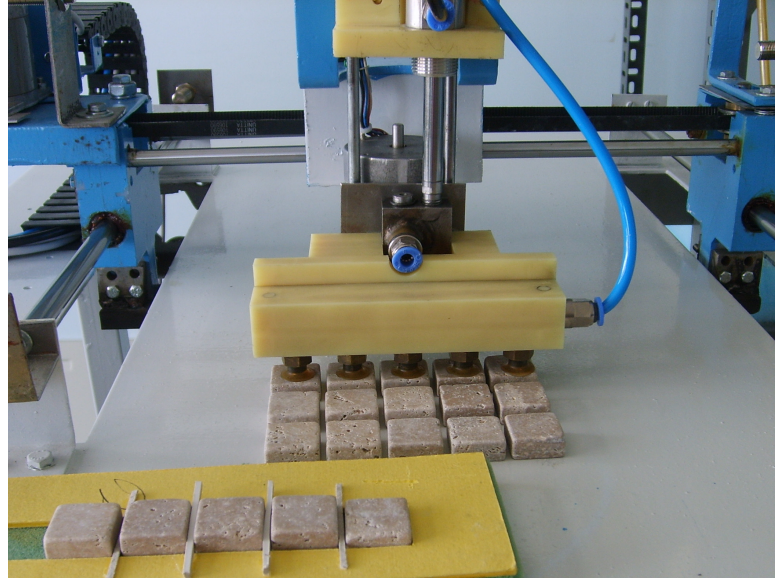


Şekil 4.6 Uygulama sonucu elde edilen mozaik deseni

Bu uygulama sonucu 5 x 5 matris şeklindeki kare desenin tek vantuz ile oluşturulması yaklaşık 15 dakika zaman almaktadır. Bu zaman kaybının önüne geçmek amacıyla 5 adet vantuzun bulunduğu Şekil 4.7’ de görülen çoklu vantuz tutucu elemanı tasarlanmış ve imal edilmiştir. Bu çoklu vantuz ile robotun bir seferde 5 adet kare mermer parçasını taşıması mümkün olmaktadır. Bu çoklu vantuz tutucu ile aynı kare desenin oluşturulma süresi yaklaşık 7 kat azalarak 2 dakikaya inmiştir. Şekil 4.8 ‘de desenin oluşturulması esnasında robotun fotoğrafı verilmiştir.



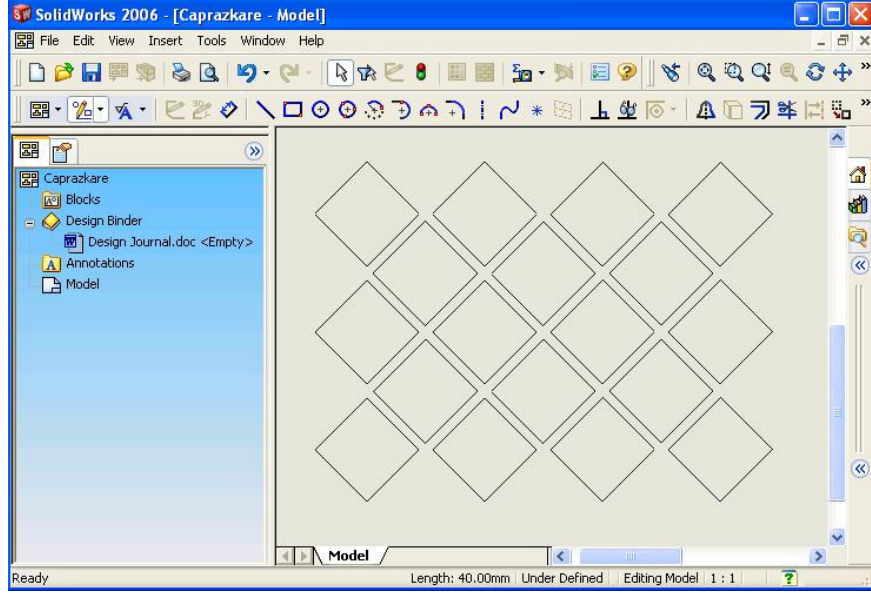
Şekil 4.7 Çoklu vantuz



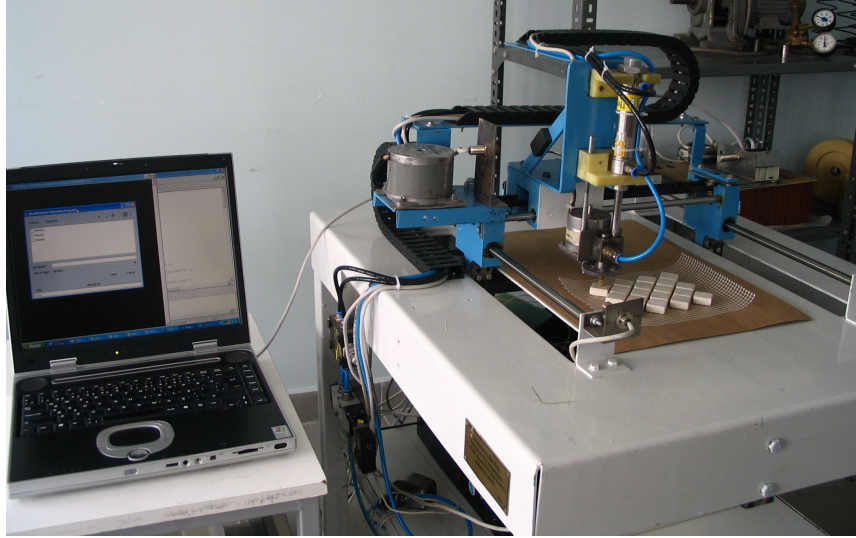
Şekil 4.8 Çoklu vantuz ile düz kare desenin oluşturulması

3.3 Çapraz Kare Desen Oluşturulması

Yapılan bu uygulamada düz kare desen oluşturulmasında kullanılan 23 x 23 mm boyutlarındaki kare mermer taşlar kullanılmıştır. Şekil 4.9 'da görülen mozaik deseni SolidWorks programıyla çizilerek "Caprazkare.dxf" ismiyle kaydedilmiştir.

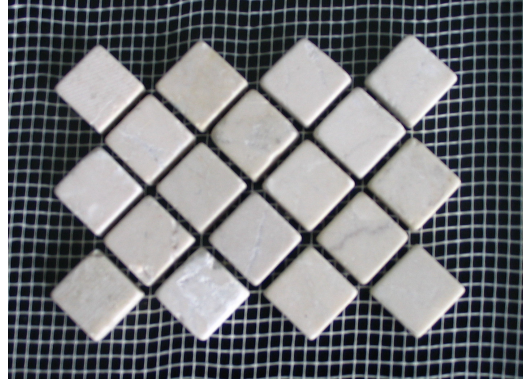


Şekil 4.9 SolidWorks programında çizilen çapraz kare deseni



Şekil 4.10 Mozaik deseninin robot tarafından oluşturulması

Arayüzün çalıştırılıp Caprazkare.dxf deseninin seçilip “Oku” düğmesine basılarak unsurların algılanması sonucu elde edilen veriler “Sonuç” dosyasına kaydedilmektedir. Unsurlar algılandıktan sonra arayüzle eş zamanlı çalışan komut ekranına yazdırılmaktadırlar.



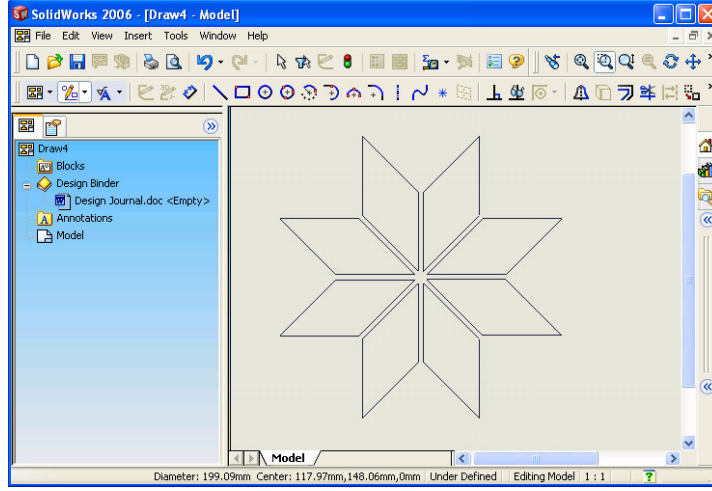
Şekil 4.11 Uygulama sonucu elde edilen desen

Şekil 4.10 'da görüldüğü gibi arayüzdeki “ Mozaik Diz” komutuyla robotun yazılım tarafından kontrolü gerçekleştirilmekte ve mozaik deseni oluşturulmaktadır. Şekil 4.11 'de oluşturulan mozaik deseni görülmektedir.

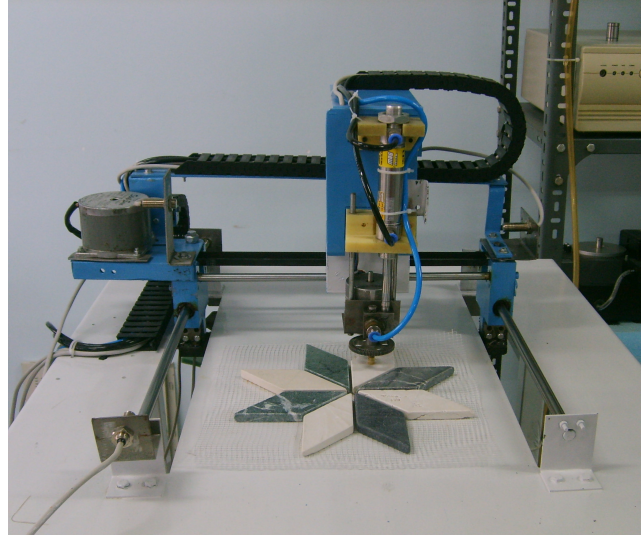
3.4 Eşkenar Dörtgenlerle Dairesel Desen Oluşturulması

Dairesel desen uygulamasında bir kenarının uzunluğu 50 mm eşkenar dörtgen mermer taşlar kullanılmıştır. Desen Şekil 4.12 'de görüldüğü gibi SolidWorks programında çizilerek “Eskenar.dxf” ismiyle kaydedilmiştir.

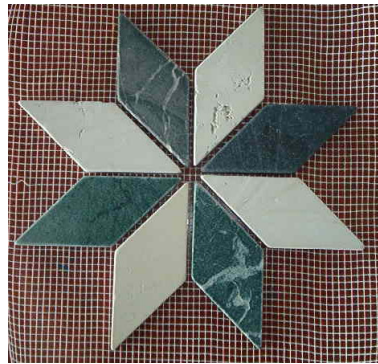
Yazılımın çalıştırılmasıyla mozaik desenini oluşturan unsurlar algılanır. Yazılım hangi geometrik mozaik parçasından kaç adet kullanılacağını hesaplar ve bulunan sonuçlara göre gerekli mozaik parçaları besleme noktasına yerleştirilir. Şekil 4.13 'te görüldüğü gibi robotun kontrolüyle istenilen mozaik deseni oluşturulur. Şekil 4. 14 'te uygulama sonucu elde edilen desen görülmektedir.



Şekil 4.12 SolidWorks 'te çizilen "Eskenar.dxf" mozaik deseni dosyası



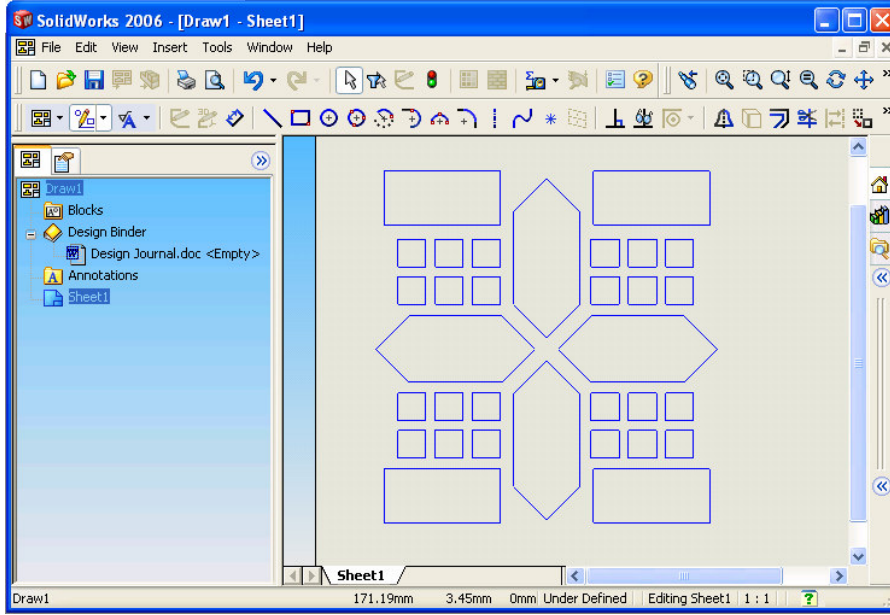
Şekil 4.13 Robot tarafından desenin oluşturulması



Şekil 4.14 Uygulama sonucunda elde edilen dairesel desen

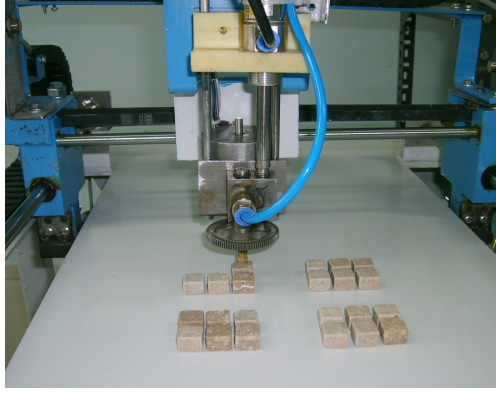
3.5 Bordür Deseni

Yapılan bu bordür uygulamasında kare, altıgen ve dikdörtgen mozaik parçaları kullanılmıştır. Şekil 4.15 'te SolidWorks programında çizilen mozaik deseni görülmektedir.



Şekil 4.15 SolidWorks 'te çizilen mozaik deseni

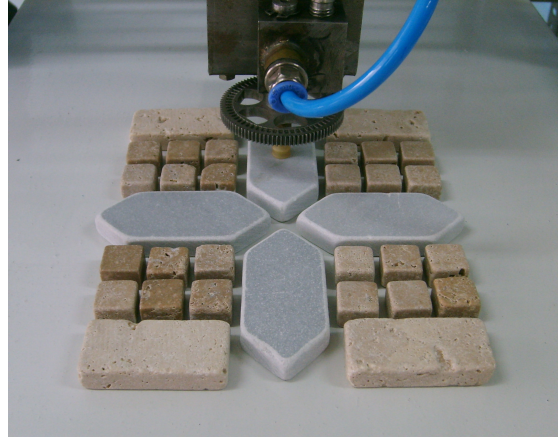
Bu uygulamada SolidWorks 'te çizilen "bordur.dxf" desen dosyasının okunup deseni oluşturan unsurların algılanması sonucu kare, dikdörtgen ve altıgenden oluşan üç ayrı geometriye sahip mozaik parçalarının kullanılacağı belirlenmiştir. İlk önce 24 adet kare sonra 4 adet dikdörtgen daha sonra da 4 adet altıgenden oluşan mozaik parçaları besleme istasyonuna yerleştirilmiştir. Robot denetlenerek önce kare parçalar Şekil 4.16 'da görüldüğü gibi yerleştirilmiştirler. Yerleştirilecek olan kare mozaik parçalardan sonra dikdörtgen mozaik parçalarının yerleştirilmesine geçilmiştir (Şekil 4.17). Son olarak desendeki son unsur olan altıgenlerin Şekil 4.18 'de görüldüğü gibi yerleştirilmesiyle mozaik deseni oluşturulmuştur.



Şekil 4.16 Kare mermerlerin yerleştirilmesi



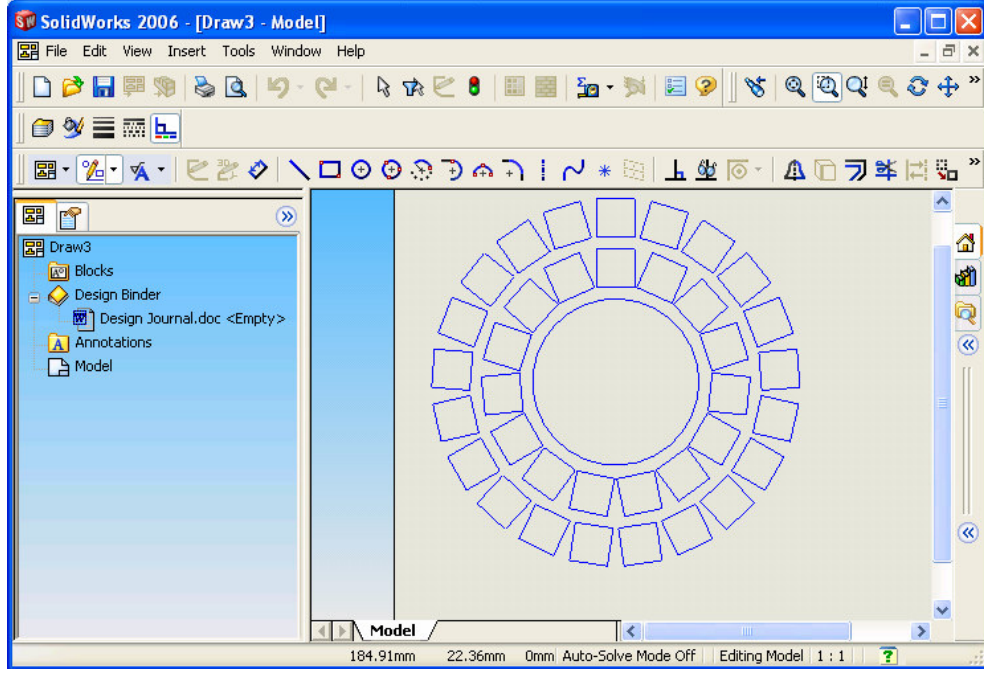
Şekil 4.17 Dikdörtgen mermerlerin yerleştirilmesi



Şekil 4.18 Altıgen mermerlerin yerleştirilmesi

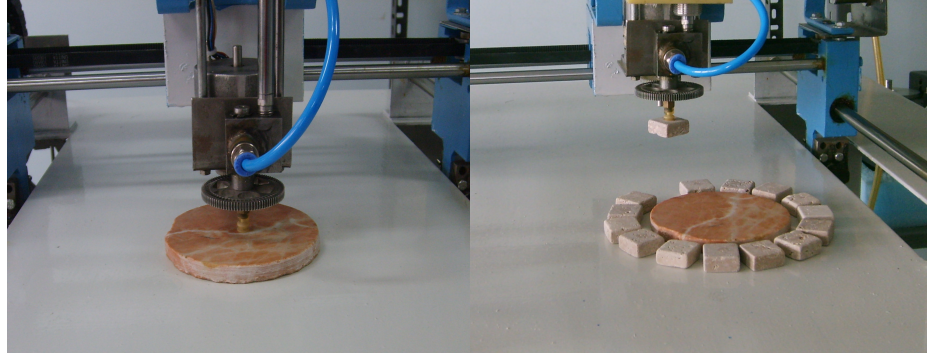
3.6 Dairesel Desen

Bu uygulamada bir dairenin etrafına dizili kare mozaik parçalarından oluşan bir dairesel desen dizilmesi gerçekleştirilmiştir. Dizilmek istenen mozaik deseni SolidWorks programında çizilerek “daireselel.dxf” dosya ismiyle kaydedilmiştir. Şekil 4.19’ da BDT programında oluşturulan mozaik deseni görülmektedir.

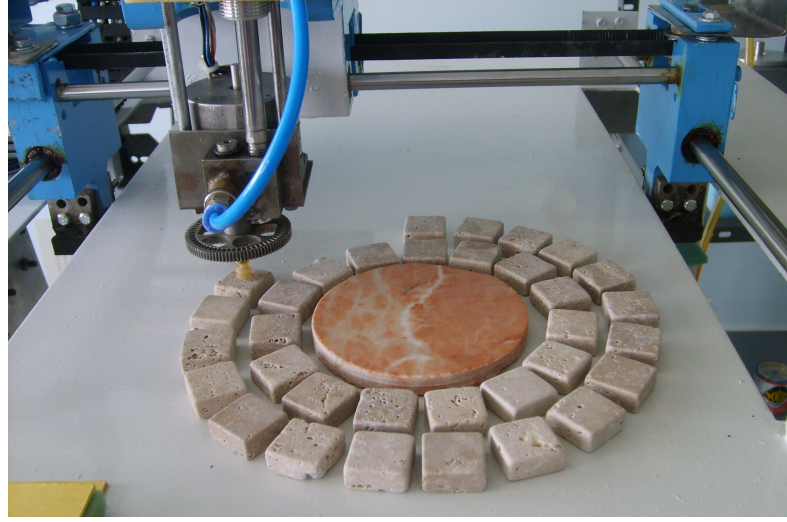


Şekil 4.19 “daireselel.dxf” mozaik deseni dosyası

Yazılımın arayüzünde seçilen desen dosyasının okunup yorumlanması sonucu bir adet 1 ve 36 adet kareden oluşan unsurlar algılanmıştır. Mozaik parçaları geometrik şekil ve adetlerine göre besleme istasyonlarına yerleştirildikten sonra robotun denetlenmesiyle desenin oluşturulması gerçekleştirilmiştir. Bu uygulamada iki farklı geometride mozaik parçası kullanıldığı için Şekil 4.20-a ‘da görüldüğü gibi ilk önce daire şeklindeki mermer parçası yerleştirilmiş daha sonra Şekil 4.20-b’de görülen kare mermer parçalarının dizilmesi gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.21 ‘de oluşturulan daireselel desen görülmektedir.



(a) (b)
Şekil 4.19 Mozaik deseninin oluşturulması



Şekil 4.20 Uygulama sonucu elde edilen dairesel desen

5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

5.1 Elde Edilen Sonuçlar

Endüstrinin çok büyük bir hızla geliştiği dünyada, otomasyonun endüstrinin her alanına girdiğini görülmektedir. Hızla gelişen teknoloji ve sürekli değişen pazar koşulları, daha ekonomik ve kaliteli ürünler isterken, müşteri beklentileri ise daha esnek ve çok işlevli ürünler yönünde olmaktadır. Bu amaçla endüstriyel alanlarda robotlar kullanılmaya başlanmıştır.

Yapılan bu tez çalışmasında; döşeme ve süsleme sanatı olarak MÖ. VIII. yüzyılda ortaya çıkan ve yapıldığı yöredeki malzeme çokluğuna göre değişik karakterler gösteren mozaik sanatının el ile icra edilmesi yerine esnek bir yazılım donanım sistemiyle otomatik olarak gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır.

Bu amaçla imal edilen dört serbestlik dereceli kartezyen robot, geliştirilen bir yazılım kullanılarak denetlenmiş ve bir BDT programında çizilen mozaik deseninin otomatik olarak dizilmesi gerçekleştirilerek çalışmanın amacına ulaşılmıştır.

Bu tez çalışması ile binlerce yıldır el ile dizilmekte olan mozaiklerin dizilmesinde otomasyona geçiş için önemli bir adım atılmıştır. Mozaik diziminde böyle bir otomasyon sisteminin kullanılmasıyla zamandan kazanç sağlanacak, hızla değişen müşteri istekleri rahatlıkla karşılanacak, farklı desen konfigürasyonları hızlı ve esnek bir şekilde oluşturulacak, mozaik diziminde kullanılan yapıştırıcıların insan sağlığına olumsuz etkileri ortadan kalkacak ve işçi maliyetleri azaltılmış olacaktır.

Geliştirilen bu sistem ile her boyuttaki kare, dikdörtgen, eşkenar dörtgen ve daire gibi mozaik parçaları kullanılarak kolaylıkla her türlü desen oluşturulabilmektedir.

5.2 Çalışmanın Devamına İlişkin Öneriler

İmal edilen dört eksenli kartezyen robotun hareketlendirilmesinde adım motorlar kullanılmaktadır. Adım motorlar yerine servo motorlar kullanılarak kapalı döngülü bir denetim ile çok daha hassas bir kontrol elde edilebilir.

Mermer parçalarının yüzey kaliteleri ön şekillendirme işlemleri (kesme ve eskitme) sonrasında birbirinden farklı olmaktadır. Mermer parçasının besleme istasyonlarına yerleştirilmesinden önce; yüzey kalitelerinin değerlendirilmesi, hatalı mermer parçalarının besleyici sistemden çıkarılması için bir sistem geliştirilebilir. Ayrıca, kesici izleri olan veya çok delikli mermer yüzeylerinin fileye yapıştırılan tarafa ve düzgün olan yüzeylerin de üst tarafa gelecek şekilde robota beslenmesi sağlanabilir.

Mermer parçalarının besleme istasyonuna otomatik olarak beslenmesi esnasında; farklı geometri, boyut ve renklere sahip mermer parçalarının geometri, boyut ve renklerinin sensörler vasıtasıyla algılanması ve robotun desende kullanacağı mermer parçasını bu parametrelere göre geliştirilen bir yazılım aracılığıyla seçmesi düşünülebilir.

Yapılan bu tez çalışmasında robot besleme noktaları manuel olarak belirlenmektedir. Robot besleme noktalarının otomatik olarak algılanması amacıyla sensör kullanımı ve bu sensörlerin devreye entegre edilmesi önerilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] Schirripa Spagnolo G., Ambrosini D., Paoletti D. “An NDT electro-optic system for mosaics investigations” *Journal of Cultural Heritage*, June, (2003)
- [2] http://www.mozaikci.com/body_tarihce.html Aralık, 2005
- [3] <http://www.evdose.com/tur/zemin/zem0022.html> Nisan, 2006
- [4] <http://www.phoenicianarts.com/history.asp> Mayıs,2006
- [5] <http://www.frammentiart.com/Mosaic-history.asp> Mayıs,2006
- [6] <http://www.frammentiart.com/Mosaic-technique.asp> Ocak, 2006
- [7] <http://www.zeugmaweb.com/zeugma/english/engindex.htm> Şubat,2006
- [8] Oral A., Erzincanlı F., “Computer Assisted Robotic Tiling of Mosaics”, *Robotica*, volume 22, 235-239, (2004)
- [9] <http://www.biltek.tubitak.gov.tr/bilgipaket/robotik/giris1.html> Mayıs,2006
- [10] Koivo A. J. , “Fundamentals for Control of robotic manipulators”, John Wiley & Sons INC., Purdue University, (1989)
- [11] Oral A., Gönen D., İnal E.P., Kahveci Ö., “Dört Serbestlik Dereceli Sıralama Robotunun Tasarım ve Üretiminde Hata Analizi” ,TMMOB Makina Mühendisleri Odası V.Endüstri-İşletme Mühendisliği Kurultayı Zonguldak/Ereğli, 9-10 Aralık 2005, 285-291
- [12] http://apps.gatesmectrol.com/applications/doc/Belt_Theory.pdf Şubat, 2006
- [13] FESTO San. ve Tic. A.Ş., “Vakum Teknolojisi” , İstanbul.
- [14] Festo AG & Co.,“Hesse Grippers and their applications” Rüter Strasse 82 D-73734 Esslingen, (2001)

- [15] http://robot.metu.edu.tr/dosya/robot_nedir.pdf Mart,2006
- [16] İnal E.P., Oral A., “Dört Serbestlik Dereceli Robot İle Mozaik Dizme Otomasyonu”, Timak / Cad-Cam Günleri’06, 26-28 Nisan 2006, Timak Bildiri Kitabı , 538-548
- [17] http://www.wekatronik.com/step_motor.asp Mart,2006
- [18] <http://myo.mersin.edu.tr/UZAK/TP/EndElo/elt-204/ems5.pdf> Mayıs,2006
- [19] http://www.datasheet4u.com/html/L/2/9/L297_SGS-Thomson.pdf.html Mayıs, 2006
- [20] <http://www.luberth.com/help/L297.HTM> Mayıs, 2006
- [21] Croser P., “Festo Didactic Pnömatik Temel Seviye TP101 Öğretim Kitabı”, Festo Didactic KG, Esslingen 1, (1991)
- [22] Nalbant M., “Temel Pnömatik”, Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları, (1994)
- [23] Croser P., Thomson J., “Elektropnömatik Temel Seviye TP201 Öğretim Kitabı”, Festo Didactic KG, Esslingen 1, (1991)
- [24] Özdemir A., “Elektrik Bilgisi”, Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları, (2001)
- [25] <http://myo.mersin.edu.tr/UZAK/TP/EndElo/Eln-236/plc3.pdf> Nisan, 2006
- [26] http://www.omega.com/Green/pdf/VALVE_TECH_REF.pdf Nisan,2006
- [27] <http://www1.gantep.edu.tr/~bingul/computer/port> Mayıs,2006
- [28] <http://www.mutasyon.net/makaleoku.asp?id=118> Şubat, 2006
- [29] <http://www.wekatronik.com/seri1.asp> Nisan,2006
- [30] Çoban T., “Java Programlama Dili”, Nebraska Üniversitesi – Lincoln Makina Mühendisliği Bölümü, N106 Walter Scott Engineering Center Lincoln U.S.A., (2000),8,9
- [31] Kaya N., “Kurgu Planlama Vemodüler Aparat Tasarımında Unsur Kullanımı”, Doktora Tezi

[32] Oral A., Çakır M.C., “Automated Cutting Tool Selection and Cutting Tool Sequence Optimisation for Rotational Parts”, *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, 127-141, (2004),

[33] www.verostone.com

Ocak, 2006