

OTOMATİK MOZAIK DİZME MAKİNESİ

**2011
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRONİK VE BİLGİSAYAR EĞİTİMİ**

Batıkan Erdem DEMİR

OTOMATİK MOZAIK DİZME MAKİNESİ

Batıkan Erdem DEMİR

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalında

Yüksek Lisans Tezi

Olarak Hazırlanmıştır

KARABÜK

Ocak 2011

Batikan Erdem DEMİR tarafından hazırlanan “OTOMATİK MOZİK DİZME MAKİNESİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

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

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 25/ 01/ 2011

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Doç. Dr. Raif BAYIR (KBÜ)

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

Üye : Yrd. Doç. Dr. Salih GÖRGÜNOĞLU (KBÜ)

.../.../2011

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

Doç. Dr. Nizamettin KAHRAMAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

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

İmzası

Batıkan Erdem DEMİR

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

OTOMATİK MOZAIK DİZME MAKİNESİ

Batıkan Erdem DEMİR

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Yrd. Doç. Dr. İbrahim ÇAYIROĞLU

Ocak 2011, 54 sayfa

Sanatsal mozaik dizme uygulamaları tarihin eski çağlarından günümüze kadar hemen her dönemde gerçekleştirilmektedir. Günümüzde gerçekleştirilen mozaik dizme uygulamalarında, cam mozaik olarak adlandırılan ve çeşitli geometrik şekillerde fabrikalarda üretilmekte olan malzemeler kullanılır. Çeşitli renklerdeki mozaiklerin bir araya getirilerek istenen desenin belirli bir kalıp üzerine dizilmesi işlemi fabrikalarda işçiler tarafından elle yapılmaktadır.

Bu çalışmada mozaiklerin dizme işlemini otomatik olarak yapan tam otomatik bir sistem geliştirilmiştir. Mozaikler, dijital bir fotoğraftan kalıpların paketlenmesine kadar tüm aşamalarda hiçbir müdahale olmadan, sürekli akış halinde desen oluşturacak şekilde bir araya getirilerek dizilmektedir. Geliştirilen bilgisayar destekli otomasyon sistemi modüler yapıda olup, istenen hız ve renk sayısına bağlı olarak modül sayısı artırılabilir. Dizilecek resmin işlenmesi, resmin renklerinin mozaik renklerine dönüştürülmesi, üretim öncesi simülasyonun yapılması ile üretim

esnasında mikrodenetleyici tarafından kontrol edilen 3 adet adım motoru ile 19 adet gerilimle kontrol edilebilen elektriksel eyleyiciye kontrol verilerin iletilmesi ve sistemde bulunan iki ayrı kameradan mozaik tanelerinin görüntülerinin alınarak düz veya ters olma durumlarının belirlenmesi için C# programlama dilinde bir yazılım geliştirilmiştir. Geliştirilen bu yazılım, imalatı yapılan makinenin mozaik kalıplarını üretimi esnasında başarıyla uygulanmış ve 11 satır ile 11 sütundan oluşan mozaik kalıplarının iki farklı renkteki mozaik taneleriyle üretimi gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Sözcükler : Mozaik dizme, cam mozaik, mekatronik, mikrodenetleyici, bilgisayar destekli otomasyon.

Bilim Kodu : 715.1.096

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

AUTOMATIC TILING OF MOSAIC MACHINE

Batikan Erdem DEMİR

Karabük University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Electronic and Computer Education

Thesis Advisor:

Assist. Prof. Dr. İbrahim ÇAYIROĞLU

January 2011, 54 pages

Artistic mosaic tiling applications have been performed in all areas since the oldest ages. Nowadays materials, called as glass mosaics and manufactured in different geometric forms in factories are used in tiling of the mosaics applications. The tiling process of the mosaics of various colors are brought together on the determined panels to form the desired patterns in factories are made manually by workers.

In this study a fully automated system has been developed for tiling the mosaics. In all phases starting from a digital photo, through tiling of mosaics up to the packaging of panels the production is performed without any manual intervention in a continuous flow. The developed computer assisted automation system has a modular structure, thus the number of modules may be increased according to the desired speed and the number of colors. The software has been developed in the C# programming language in order to process the image to be tiled, to convert the colors of the image to available colors of mosaics, to perform simulation before the actual production and on the machine during the manufacturing, to transfer control data to 3

units stepper motor and 19 units voltage controlled actuator and two different cameras in the system used to determine the directions of mosaics. The developed software was applied successfully during the manufacture of mosaic patterns by machine and the production of mosaic patterns was realized by two different colors of mosaic pieces which was composed of 11 columns and 11 rows.

Key Words : Tiling of mosaic, glass mosaic, mechatronic, microcontroller, computer assisted automation.

Science Code : 715.1.096

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının planlanmasında, araŐtırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalıŐmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren sayın hocam Yrd. Doç. Dr. İbrahim AYIROęLU'na teşekkürlerimi sunarım.

Deneysel alıŐmalar sırasında yardımlarını esirgemeyen başta kıymetli eşim Funda DEMİR olmak üzere, Öğr. Gör. Ali UYSAL'a, ArŐ. Gör. Mehmet ŐİMŐİR'e, ArŐ. Gör. Tuncay SOYLU'ya ve Ufuk UęURLU'ya teşekkürü bir borç bilirim.

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

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiv
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	5
GELENEKSEL MOZAIK DİZME İŞLEMİNİN İNCELENMESİ.....	5
BÖLÜM 3	7
MAKİNE İLE MOZAIK DİZME UYGULAMARI	7
BÖLÜM 4	14
MOZAIK DİZME MAKİNESİNİN MEKANİKSEL TASARIMI VE İMALATI ...	14
4.1. BUNKER SİSTEMİNİN TASARIMI.....	14
4.2. KAYDIRAK MEKANİZMASININ TASARIMI.....	15
4.3. YANAL BANT KAYIŞ-KASNAK MEKANİZMASININ TASARIMI	18
4.4. SIRALAMA KUTUSU MEKANİZMASININ TASARIMI.....	19
4.5. PNÖMATİK MEKANİZMANIN TASARIMI	21
4.6. ANA BANT MEKANİZMANIN TASARIMI	24
4.7. OTOMATİK MOZAIK DİZME MAKİNESİNİN TASARIMDAN İMALATINA GEÇİLMESİ.....	25

BÖLÜM 5	29
MOZAİK DİZME MAKİNESİNİN ELEKTRONİK DEVRELERİNİN TASARIMI	29
5.1. MİKRODENETLEYİCİLİ USB ARABİRİMİ TASARIMI.....	29
5.2. OPTİK İZOLATÖRLÜ ADIM MOTOR SÜRÜCÜ DEVRESİNİN TASARIMI	31
5.3. H-KÖPRÜ ELEKTRİKSEL EYLEYİCİ SÜRÜCÜ DEVRESİNİN TASARIMI	32
BÖLÜM 6	34
MOZAİK DİZME MAKİNESİNİN YAZILIMSAL TASARIMI	34
6.1. RESİM İŞLEME BÖLÜMÜ	34
6.1.1. Baskı Alanının Seçilmesi	34
6.1.2. Resmin Yeniden Boyutlandırılması.....	35
6.1.3. Resmin Mozaik Renklerine Dönüştürülmesi.....	36
6.1.4. Resmin Kalıplara Bölünmesi.....	39
6.2. SİMÜLASYON MODÜLÜ	40
6.3. KONTROL MODÜLÜ.....	42
6.3.1. Kontrol Verilerinin USB Haberleşmesi Aracılığıyla Elektronik Devre Kartlarına İletilmesi	42
6.3.2. Mozaik Taşlarının Ters ve Düz Yönlerinin Yapay Sinir Ağları İle Algılanması.....	43
BÖLÜM 7	49
SONUÇLAR	49
KAYNAKLAR.....	51
ÖZGEÇMİŞ.....	54

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1.	Mozaiklerin işçiler tarafından kalıplara elle dizilmesi.	6
Şekil 3.1.	Oral ve İnal tarafından gerçekleştirilen dört serbestlik dizme dereceli kartezyen robot ile mozaik dizme çalışması.	8
Şekil 3.2.	Oral ve Erzincanlı tarafından gerçekleştirilen SCARA robot ile bilgisayar destekli mozaik dizme çalışması.	8
Şekil 3.3.	Kaya, Berkay ve Erzincanlı tarafından gerçekleştirilen görüntü işlemeye dayalı Ultimate Puma 500 tipi robot kollu mozaik dizme çalışması.	9
Şekil 3.4.	Navon tarafından gerçekleştirilen, kamerayla çalışması ve kalite kontrolü takip edilen karo dizen robot çalışması.	10
Şekil 3.5.	Tilemyzer mozaik dizme makinesi.	11
Şekil 4.1.	Makinenin ana bant ve yan bant modüler yapısının genel görünümü. .	14
Şekil 4.2.	Tasarlanan bunker sistemi.	15
Şekil 4.3.	Tasarlanan kaydırak mekanizması.	16
Şekil 4.4.	Tasarlanan kaydırak mekanizmasının nötr konumu.	16
Şekil 4.5.	Tasarlanan kaydırak mekanizmasının geri konumu.	17
Şekil 4.6.	Tasarlanan kaydırak mekanizmasının ileri konumu.	17
Şekil 4.7.	Tasarlanan kayış-kasnak mekanizması.	19
Şekil 4.8.	Tasarlanan sıralama kutusunun yataklama parçası.	20
Şekil 4.9.	Tasarlanan sıralama kutusu mekanizmasının genel görünümü.	20
Şekil 4.10.	Tasarlanan pnömatik mekanizmanın emmekabına ait yataklama parçası.	22
Şekil 4.11.	Tasarlanan pnömatik mekanizmaya hava girişini sağlayan parça.	22
Şekil 4.12.	Tasarlanan pnömatik mekanizmanın genel görünümü.	23
Şekil 4.13.	Tasarlanan ana bant mekanizmasının genel görünümü.	24
Şekil 4.14.	İmal edilen sıralama kutusu mekanizması.	25
Şekil 4.15.	İmal edilen kaydırak mekanizması.	26
Şekil 4.16.	İmal edilen pnömatik ve ana bant ve mekanizmaları.	26
Şekil 4.17.	İmal edilen otomatik mozaik dizme makinesi.	27
Şekil 5.1.	İşlemci devreler arasındaki veri akışı blok diyagramı.	30
Şekil 5.2.	Optik izolatörlü motor sürücü devre şeması.	31

Sayfa

Şekil 5.3. H-köprü eyleyici sürücü devre şeması.....	32
Şekil 6.1. Resmin baskıya girmesi istenen bölümünün seçilmesi.	35
Şekil 6.2. Resmin kırılıp boyutlarının duvar üzerine dönecek mozaik taneleri ile aynı sayıda piksellere dönüştürülmesi.....	36
Şekil 6.3. Mevcut mozaik renklerinden, kullanılacak olan renkteki mozaik tanelerinin seçilmesi.	37
Şekil 6.4. Renk seçimlerine göre resmin mozaik renklerine dönüştürülmesi.....	37
Şekil 6.5. Otomatik en yakın renk belirleme algoritması.	38
Şekil 6.6. Mozaik renklerine dönüştürülmüş resmin kalıplara bölünmesi ve bir kalıbın detay görünümü.	39
Şekil 6.7. Makinenin mozaik dizme simülasyonu ve simülasyon işlemi sırasında kontrolü gerçekleştirilen makineye ait kısımlar.	40
Şekil 6.8. Makinenin mozaik dizme simülasyonu program algoritması.	41
Şekil 6.9. Mozaik taşlarının ters veya düz yüzeylerinin yapay sinir ağı aracılığıyla belirlenmesi amacıyla geliştirilen yazılıma ait ara yüz.	44
Şekil 6.10. İleri beslemeli sinir ağının yapısı.	45
Şekil 6.11. Yapay sinir ağına taşın düz yüzeyinin tanıtılmasına ait hata grafiği.	46
Şekil 6.12. Yapay sinir ağına taşın ters yüzeyinin tanıtılmasına ait hata grafiği.	46

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 3.1. Literatürde geçen mozaik dizme otomasyonu çalışmaları ile geliştirilen otomatik mozaik dizmesinin karşılaştırılması	12
Çizelge 4.1. AA, DA ve Adım motorların karşılaştırılması.....	19
Çizelge 6.1. Kamera ile görüntüsü alınan taşların YSA ile ters/düz kontrolünün yapılması için görüntünün işlendiği aşamaları	47

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

a	:	emme kabının ivmesi (m/s^2)
A	:	emme kabı alanı (m^2)
B_i	:	resimdeki pikselin mavilik değeri
B_j	:	veritabanındaki mozaik renginin mavilik değeri
cm	:	santimetre
F_H	:	tutma kuvveti (N)
g	:	yerçekimi ivmesi (m/s^2)
G_i	:	resimdeki pikselin yeşillik değeri
G_j	:	veritabanındaki mozaik renginin yeşillik değeri
$k\Omega$:	kilohm
m	:	mozaik taşının ağırlığı (kg)
M	:	karşılaştırma başlangıç değeri
Mbit	:	megabit
M_{BJ}	:	resimdeki pikselin ve veritabanındaki mozaik renginin mavilik değerlerinin farkları
M_{GJ}	:	resimdeki pikselin ve veritabanındaki mozaik renginin yeşillik değerlerinin farkları
M_{RJ}	:	resimdeki pikselin ve veritabanındaki mozaik renginin kırmızılık değerlerinin farkları
mm	:	milimetre
n_3	:	bozulma katsayısı
η	:	sistemin verimi
Ω	:	ohm
P_{Bi}	:	resimdeki pikselin mavilik oranı
P_{Gi}	:	resimdeki pikselin yeşillik oranı
P_{Ri}	:	resimdeki pikselin kırmızılık oranı

- P_O : atmosfer basıncı (N / m^2)
- P_U : vakum basıncı (N / m^2)
- M : mosfet
- Q : transistör
- R : direnç
- R_i : resimdeki pikselin kırmızılık değeri
- R_J : veritabanındaki mozaik renginin kırmızılık değeri
- s : saniye
- S : güvenlik faktörü
- T_i : resimdeki pikselin renk değerleriyle veritabanındaki mozaik renginin renk değerlerinin farkının, pikselin renk oranlarıyla çarpımının toplamı
- U : optik izolatör
- V : volt
- z : emme kabı sayısı

KISALTMALAR

AA	: Alternatif Akım
CAD	: Computer Aided Design (Bilgisayar Destekli Tasarım)
CCS	: Custom Computer Service (Özel Bilgisayar Servisi)
DA	: Doğru Akım
DXF	: Drawing Interchange File (Çizim Değişim Dosyası)
GKSN	: Gizli Katmandaki Nöron Sayısı
MOSFET	: Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor (Metal Oksit Yarıiletkenli Alan Etkili Transistör)
NEMA	: National Electrical Manufacturers Association (Ulusal Elektriksel İmalatçılar Derneği)
PIC	: Peripheral Interface Controller (Çevresel Arabirim Denetleyicisi)
PLC	: Programmable Logic Controller (Programlanabilir Lojik Denetleyici)
RGB	: Red, Green, Blue (Kırmızı, Yeşil, Mavi)
SCARA	: Selective Compliance Assembly Robotic Arm (Seçici Uyumlu Eklemlı Robot Kolu)
USB	: Universal Serial Bus (Evrensel Seri Veriyolu)
YSA	: Yapay Sinir Ağı

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Küçük, birbirinden farklı ve üç boyutlu parçaları, bir yüzey üzerinde yan yana getirerek resim oluşturma tekniğine dayanan esere Mozaik Sanatı denir. İlk olarak beş bin yıl önce Sümerler tarafından ev duvarlarına batırdıkları çömlek parçalarıyla çeşitli desenler oluşturulmuştur. Parçacık olarak ise seramikten metale, ahşaptan cama kadar farklı yapıda, şekilde ve büyüklükte malzemeler kullanılmıştır [1]. Günümüzde zemin ve duvar dekorasyonunda yaygın olarak gerçekleştirilen mozaik dizme uygulamalarında cam mozaik olarak adlandırılan, toz haline getirilmiş ve 900 derecede pişirilmiş camdan elde edilen farklı boyut ve şekillerdeki malzemeler kullanılmaktadır. Yüzyıllara meydan okuyan bu malzemeler dekoratif, canlı, parlak ve estetik görünümüyle birlikte, solmaz, ısı farklarından etkilenmez, su ve rutubeti geçirmez ve her türlü dış etkenlere dayanıklıdır [2,3].

Bina dış cephe kaplamalarından ıslak zeminlere kadar birçok farklı yerde kullanım alanı bulan mozaikler aracılığıyla, konuları soyut kavramlardan aşırı gerçekçi portrelere kadar geniş bir yelpazede sanatsal çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Özellikle ticari olarak satılan mozaik uygulamalarının tamamına yakını bina giydirmeleri için yapılmaktadır. Kullanılan desenler ise daha çok kilim motifi, yazı, çiçek ve manzara resmi olmaktadır. Mozaik diziminin aynı zamanda bir resim sanatı olmasından dolayı mozaik dizimi alanında hizmet veren firmalardan talepte bulunan müşteriler, oturduğu binada veya evinin herhangi bir yerinde, sevdiği bir tabloyu veya fotoğraf makinesiyle çektiği bir resmi, mozaik dizimi şeklinde görmek isteme imkanına sahiptir. Mevcut üretim sistemlerinde mozaik parçalarının dizilerek desenlerin oluşturulabilmesi, uzun zaman alan kalıp çalışmaları gerektirmektedir. Talep edilen bu tür gereksinimlerin karşılanabilmesi için geçmişten günümüze aktarılan geleneksel elle mozaik dizme yöntemi yerine, bilgisayar destekli tam otomatik bir mozaik dizme makinesinin, tasarlanması ve geliştirilmesi

gerekmektedir. Mozaik sanatı tarihinin çok eski çağlardan günümüze kadar uzanmasına rağmen literatüre bakıldığında, mozaik dizme işlemi yapan otomasyon çalışmalarının çok az ve oldukça yeni olduğu görülmektedir. Genellikle Türkiye'deki araştırmacıların yaptığı bu çalışmalar, bilgisayar desteğiyle çalışan Kartezyen veya kollu robotlar kullanılarak yapılmış çalışmalardır.

Oral ve İnal yapmış oldukları çalışmalarında dört serbestlik dereceli Kartezyen robot kolu kullanılan bir mozaik dizme otomasyonu gerçekleştirmişlerdir. Mozaik dizimi ve robotun kontrolü için bir algoritma geliştirilmiştir. Belirli bir desen oluşturulmayan ve rastgele dizim gerçekleştiren bu çalışmada, makinenin kontrolü için gerekli olan sayısal bilgiler yazılım tarafından mikrodenetleyiciye, sonrada sürücü devrelere gönderilmekte ve makinenin dizim işlemini gerçekleştirilmesi sağlanmaktadır [4,5].

Oral ve Erzincanlı bilgisayar destekli olarak mozaikleri dizen bir robot mekanizması ve bu robot mekanizmasını kontrol eden bir yazılım geliştirmişlerdir. Geliştirilen sistemde SCARA (Selective Compliance Assembly Robotic Arm–Seçici Uyumlu Eklemlı Robot Kolu) robot kollarından yararlanılmıştır. Robot üç kollu bir mekanizmadan oluşup, kontrolü ve istenilen koordinatlara hareketin sağlanması bilgisayar tarafından gerçekleştirilmektedir. Kullanıcı istediği deseni seçip, mermer parçalarının boyutunu, seçilen desenin tekrarlama sayısı değerlerini girdikten sonra robotu çalıştırmaktadır [6]. Geliştirdikleri mozaik dizme otomasyonu sistemi üzerine çalışmalarına devam eden Oral tarafından, sisteme bir takım yeni özellikler eklenmiştir. Özdeş mozaik parçaları kullanılarak mozaik dizme işlemini hızlandırmak için birden fazla vakum tutma kabı kullanılmış ve test edilmiştir [7].

Kaya, Berkay ve Erzincanlı görüntü işlemeye dayalı mozaik dizimi için robotik bir sistem tasarlamışlardır. Dijital resmi mozaik görüntüsüne çeviren bir algoritmayı, C++ programla dilini kullanarak geliştirmişlerdir. Bu algoritma kullanılarak, altı serbestlik dereceli Ultimate Puma 500 tipi endüstriyel robot, cam mozaiklerin dizme işlemi için başarıyla uygulanmıştır [8].

Navon tarafından gerçekleştirilen altı serbestlik dereceli karo dizen robot

çalışmasında, büyük prefabrik parçalar, duvara veya zemin üzerine yerleştirilmektedir. Robotun performans ölçümleri grafiksel simülasyon ortamında gerçekleştirilmiştir. Bu ölçümler baz alınarak belirlenen, robotun belli bir alana karo dizme için harcadığı zamanın, karoların elle dizilmesi için geçen zamandan 5 kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Robotun karoları dizmedeki kalite güvencesinin belirlenmesi için sisteme bir bilgisayarlı görüntüleme sistemi eklenmiştir [9].

Literatüre geçen akademik çalışmaların yanında, piyasada ticari maksatlı olarak üretilmiş mozaik dizme makineleri vardır. Tilemyzer isimli mozaik dizme makinesi rastgele veya belirli bir deseni oluşturacak şekilde, tekli kare bölmeli kalıplar için 10 farklı renge kadar, dörtlü kare bölmeli kalıplar için 20 farklı renge kadar mozaik dizme işlemi gerçekleştirmektedir. Firma tarafından geliştirilen yazılım sayesinde, kartuş şeklinde ve taşın boyutuna bağlı olarak 10mm ile 25mm aralığında değiştirilen bilen başlığa, kullanılacak olan renklerin yerleştirilmesi otomatik olarak gerçekleştirilmektedir. Tilemyzer makinesi, 15x15'lik kare bölmelerden oluşan bir kalıbı 3 dakikadan az sürede rastgele 3 farklı renkle dizebilmektedir [10].

Bu çalışmanın amacı; bina giydirme ve ıslak duvar uygulamalarında yaygın bir kullanım alanına sahip olan cam mozaiklerin, istenen bir deseni oluştururken kalıplara insan eliyle dizilmesi yerine, çağın teknolojik gelişmelerini üzerinde barındıran bilgisayar destekli bir otomasyon sistemiyle dizilmesini sağlamaktır [11]. Bu sayede talep sahipleri arzu ettikleri takdirde istedikleri bir görsel materyalin dijital fotoğrafını, duvar ve cephe kaplamalarında ön hazırlık yapılmadan firmalara uygulama imkanı bulmaktadır. Firmalar açısından bakıldığı zaman, mozaik tanelerini dizme işleminde yoğun bir iş gücüne ihtiyaç duymaları sebebiyle oluşan üretim maliyetleri azalmaktadır.

Yapılan bu çalışmanın ikinci bölümde, geleneksel mozaik dizme işlemi hakkında bilgiler verilmektedir. Üçüncü bölümde günümüzde gerçekleştirilen makine ile mozaik dizme uygulamaları anlatılmaktadır. Dördüncü bölümde geliştirilen otomasyon mekanik tasarımı ve imalat süreci açıklanmaktadır. Beşinci bölümde bilgisayardan gelen verilere göre mekanik aksamı kontrol eden elektronik devre kartlarının tasarımından bahsedilmektedir. Altıncı bölümde, otomasyon sisteminin

yazılımsal kısmını temsil eden, dijital fotoğrafı işleyerek mozaik kalıplarına dönüştüren, mozaik taşlarının ters/düz konumlarını kameralar aracılığıyla elde edilen görüntülerden algılayan ve gerekli kontrol komutlarının bilgisayardan elektronik kartlara aktarılmasını sağlayan otomasyon yazılımı hakkında detaylı bilgi verilmektedir.

Yedinci bölümde mozaik dizme otomasyonu sisteminden elde edilen sonuçlar ve gerçekleştirilen mozaik dizme otomasyonu sisteminin geliştirilebilecek yönleri hakkında öneriler sunulmaktadır.

BÖLÜM 2

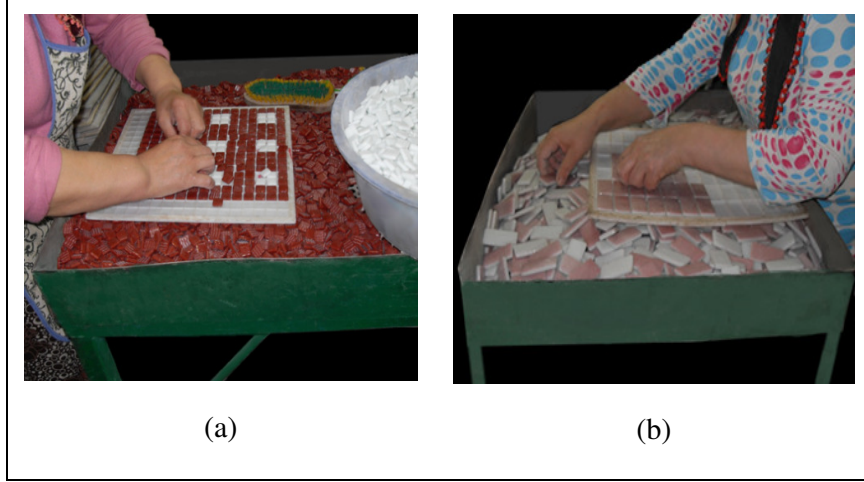
GELENEKSEL MOZAİK DİZME İŞLEMİNİN İNCELENMESİ

Günümüzde gerçekleştirilen elle mozaik dizme işlemi üç aşamadan oluşmaktadır:

- 1- Mozaik parçalarıyla oluşturulabilecek bir görsel tasarımın belirlenmesi,
- 2- Dizim işlemi için gerekli mozaik taneleri ile kalıplarının hazırlanması,
- 3- İlave birtakım işlemlerle birlikte mozaiklerin dizilmesi aşamalarıdır.

Görsel tasarımın oluşturulması temel işlem basamağı olarak kabul edilir. Bu aşamada yaratıcı fikirler ve çeşitli renklerle, görsel bir tasarımın düşünce ortamında hayata geçirilmesi ve düzenlenmesi sağlanmaktadır. Hazırlık aşaması, doğru tekniksel yaklaşım hakkında bilgi toplama ve doğru araçlar ile çeşitli materyalleri elde etme işlemlerinin gerçekleştirildiği aşamadır. İlave birtakım işlemlerin yerine getirilmesi aşaması, çalışma yüzeyinin temizlenmesi, çalışma alanının kuru ve pürüzsüz olma durumunun kontrol edilmesi ve yapıştırıcı malzemenin hazırlanması işlemlerinin gerçekleştirildiği aşamadır. Son olarak mozaik parçalarının önceden belirlenen konumlarına yerleştirilmesiyle süreç tamamlanır [6].

Mozaik parçaları, önceden belirlenen konumlarına yerleştirilirken doğrudan ve dolaylı olmak üzere iki temel yöntemle dizilir [7]. Doğrudan yöntemde, mozaik parçaları dekorasyon yapılan yere direk olarak yapıştırılır. Bu yöntem, mozaik sanatının ilk ortaya çıktığı dönemlerde kullanılan yöntemdir. Dolaylı yöntemde ise, mozaik parçaları önce firmalarda ters yüzeyinden kalıplar kullanılarak bir kağıda yapıştırılır (Şekil 2.1). Kağıtlara dizilen mozaikler paketlenip uygulanmak üzere satışa sunulur. Daha sonra bir usta tarafından bu kağıt üzerine dizilmiş kalıplar, duvarda üzerindeki harç içerisine yapıştırılır ve yüzeyindeki kağıt ıslatılıp sökülür. Duvardaki tanelerin arasına doldurma harcı eklenerek yüzeyi düzleştirilir ve temizlenir. Böylece sırayla yapıştırılan kalıplar duvarda istenen deseni oluşturur.



Şekil 2.1. Mozaiklerin işçiler tarafından kalıplara elle dizilmesi.

Mozaik parçalarının elle düzgün bir şekilde dizilmesinin sağlanması için dikkat edilmesi gereken hususlar şu şekildedir;

- 1- Mozaik parçaları gerekli konumlarına getirilmelidir.
- 2- Komşu mozaik parçaları arasındaki mesafe her yerde aynı olmalıdır.
- 3- Komşu mozaik parçaları aynı seviyede olmalıdır.
- 4- Yapışkan malzeme mozaik parçalarının arka yüzeyinin bütününe düzgün bir şekilde dağıtılmalıdır. Bu amaçla özel bir mala kullanılabilir.
- 5- Mozaik parçaları eşit bir şekilde zemin üzerine batırılmalıdır ve yapışkan malzemenin kuruması beklenmelidir [7].

Günümüzde mozaik parçaları kullanılarak gerçekleştirilen uygulamaların büyük boyutlu olması ve elle dizme yönteminin bu ölçekteki talepleri karşılamadaki hız ve uyumluluk bakımından yetersizliği, gelişen teknolojinin bu alanda kullanılmasını gerekli kılmıştır. Mozaik alanında çalışan ve giderek sanayileşen firmalar tarafından teknolojinin kullanımı, talep sahiplerine hızlı, hatasız ve düşük maliyetli hizmet alma imkanı sunacaktır. Bu nedenle mozaik dizme sürecinin bilgisayar tarafından kontrol edildiği, işlem hızının ve renk çeşitliliğinin elektromekanik yapılar kullanılarak artırıldığı otomasyon sistemlerinin üretimi günümüzde giderek yaygınlaşmaktadır.

BÖLÜM 3

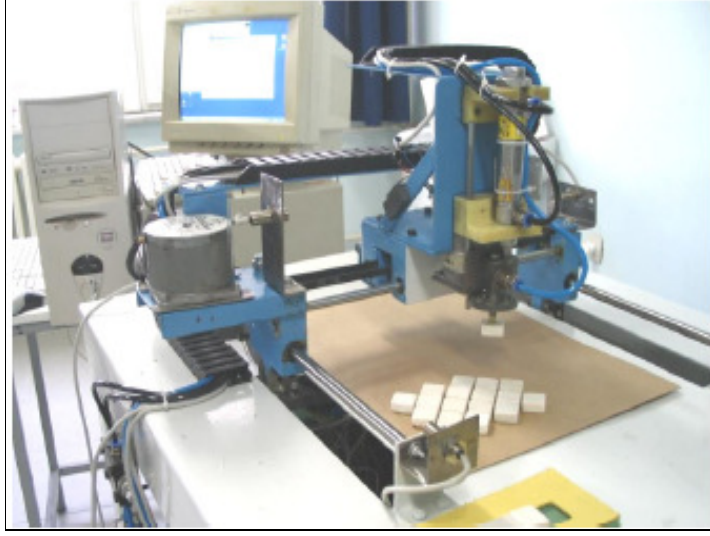
MAKİNE İLE MOZAİK DİZME UYGULAMARI

Günümüzde seri üretime yönelik imalat gerçekleştiren bütün sanayi firmalarında, işçilik hatalarını ve maliyetlerini azaltmak için, gelişmiş teknolojilerle donatılmış çeşitli amaçlara hizmet eden makinelerden yararlanılmaktadır. Bu makinelerin, geniş bir uygulama alanına sahip mozaiklerin, dizilmesi işlemlerinde kullanımı ise oldukça yenidir.

Makine ile mozaik, mermer veya karo dizme işlemlerinin gerçekleştirildiği, bazı akademik çalışmalar yapılmıştır. Makine ile mozaik dizme üzerine yapılan bu çalışmaların bazılarında kullanılan malzemeler belirli bir desene göre değil, rastgele dizim mantığına göre makine ile dizilmektedir. Bazılarında ise istenen bir desen mozaik taneleriyle oluşturulabilmektedir. Ancak firmaların beklentilerini karşılayacak bir üretim hızına sahip değillerdir.

Şekil 3.1’de Oral ve İnal yapmış oldukları dört serbestlik dereceli Kartezyen robot kullanılan bir mozaik dizme otomasyonu verilmektedir. Gerçekleştirilen çalışmada, iki boyutlu herhangi bir CAD (Computer Aided Desing – Bilgisayar Destekli Tasarım) yazılımı tarafından oluşturulan mozaik deseni, DXF (Drawing Interchange File - Çizim Değişim Dosyası) formatı ile geliştirilen yazılıma aktarılır ve yazılım tarafından değerlendirilir. Oluşturulan desenler yazılımın kontrolü ile Kartezyen robot vasıtasıyla yerleştirilir. Robotun dizme mekanizması, adım motorlar tarafından sürülerek zaman kayış mekanizmaları tarafından X ve Y eksenlerinde hareket ettirilir. Z eksenindeki yukarı ve aşağı hareket pnömatik silindir tarafından, Z eksenindeki dönme hareketi ise adım motor aracılığıyla gerçekleştirilir. Tasarlanan sistemin denetim sürecinde yazılım ve denetim/sürücü devreleri arasındaki iletişim bilgisayarın paralel portu aracılığıyla gerçekleştirilir. Adım motorun hareketinin kontrolü için gerekli olan sayısal bilgiler yazılım tarafından mikrodenetleyiciye ve

sonrada sürücü devrelere gönderilir. Pnömatik silindir ve vakum sistemi, yazılım ve zamanlayıcı röleler tarafından kontrol edilir [4,5].



Şekil 3.1. Oral ve İnal tarafından gerçekleştirilen dört serbestlik dizme dereceli kartezyen robot ile mozaik dizme çalışması.

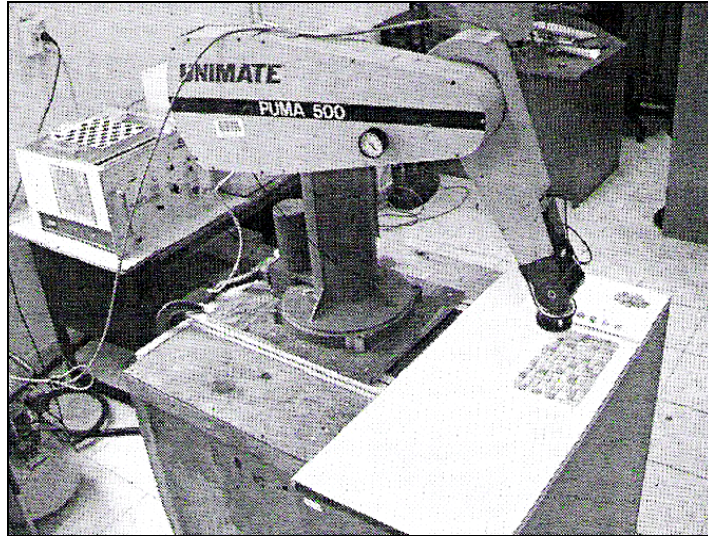


Şekil 3.2. Oral ve Erzincanlı tarafından gerçekleştirilen SCARA robot ile bilgisayar destekli mozaik dizme çalışması.

Şekil 3.2’de Oral ve Erzincanlı bilgisayar destekli olarak mozaikleri SCARA robot ile dizme makine verilmektedir. Geliştirilen sistemde SCARA robot kollarından yararlanılmıştır. Robot üç kollu bir mekanizmadan oluşup, kontrolü ve istenilen

koordinatlara hareketin sağlanması bilgisayar tarafından gerçekleştirilmektedir. Robot dört serbestlik derecelidir. Bir adet prizmatik, üç adet silindirik bağlantı mafsalı kullanılmıştır. Omuz ve dirsek kısmı yatay iki eklemden oluşmaktadır. X ve Y eksenine dikey hareket pnömomatik olarak sağlanmaktadır. Robot kare ve dikdörtgenel parçaları dizmede başarı ile uygulanmıştır. Dizme işlemi için tüm mozaiklerin aynı boyutta olması gerekmektedir [6].

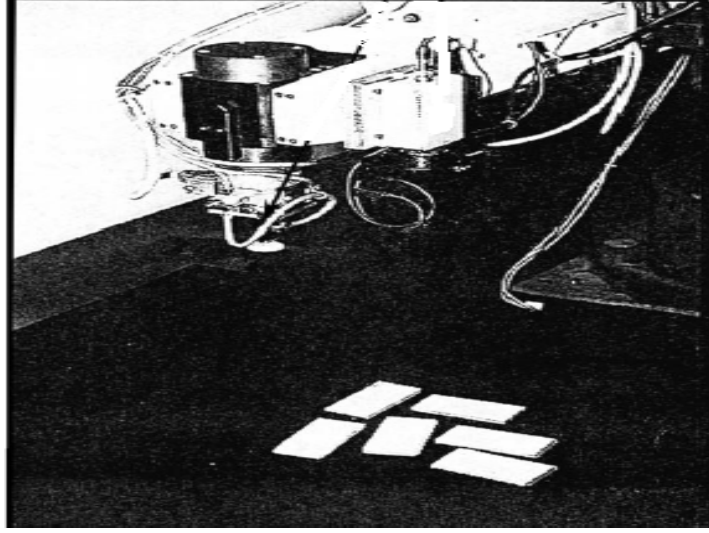
Geliştirilen mozaik dizme otomasyonu sistemi üzerine çalışmalarına devam eden Oral tarafından, sisteme bir takım yeni özellikler eklenmiştir. Özdeş mozaik parçaları kullanılarak mozaik dizme işlemini hızlandırmak için birden fazla vakum tutma kabı kullanılmış ve test edilmiştir. Beş adet vakum kabı kullanılan sistemde, yerleştirme işleminde her beşli grup için X eksenini aynı tutulmaktadır ve Y eksenini koordinatları, mermer ve mermer yükseklikleri arasındaki boşluğa bağlı olarak değişmektedir. Robotun kullanımı ve desenlerin uygulanması için bir yazılım arabirimi geliştirilmiştir ve yazılıma alternatif desenler yüklenmiştir. Kullanıcı istediği deseni seçip, mermer parçalarının boyutunu, seçilen desenin tekrarlama sayısı değerlerini girdikten sonra robotu çalıştırmaktadır [7].



Şekil 3.3. Kaya, Berkay ve Erzincanlı tarafından gerçekleştirilen görüntü işleme dayalı Ultimate Puma 500 tipi robot kollu mozaik dizme çalışması.

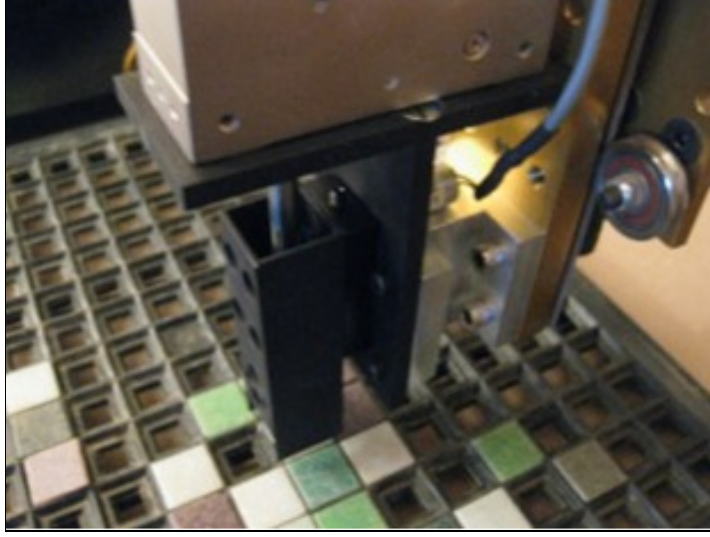
Şekil 3.3’de Kaya, Berkay ve Erzincanlı görüntü işleme dayalı mozaik dizimi için tasarladıkları robotik bir verilmektedir. Dijital resmi mozaik görüntüsüne çeviren bir

algoritmayı, C++ programla dilini kullanarak geliştirmişlerdir. Bu algoritma kullanılarak, altı serbestlik dereceli Ultimate Puma 500 tipi endüstriyel robot, cam mozaiklerin dizme işleminin için başarıyla uygulanmıştır. Yapılan robotik sistem ile bilgisayar görüntüsü kullanılarak geniş bir yüzey üzerinde farklı mozaik desenleri üretilmesine imkan sağlanmıştır [8].



Şekil 3.4. Navon tarafından gerçekleştirilen, kamerayla çalışması ve kalite kontrolü takip edilen karo dizme robot çalışması.

Şekil 3.4’de Navon tarafından gerçekleştirilen altı serbestlik dereceli karo dizme robot çalışması verilmektedir. Çalışmanın başlangıcında karoların elle dizilmesi yöntemi detaylı olarak analiz edilerek, karoların dizimindeki önemli noktalar bütünüyle tespit edilmiştir. Sonraki aşamada, büyük prefabrik parçaları, duvar veya zemin üzerine yerleştiren bu robotun, performans ölçümleri grafiksel simülasyon ortamında gerçekleştirilmiştir. Bu ölçümler baz alınarak belirlenen, robotun belli bir alana karo dizme için harcadığı zamanın, karoların elle dizilmesi için geçen zamandan 5 kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Robotun karoları dizmedeki kalite güvencesinin belirlenmesi için sisteme bir bilgisayarlı görüntüleme sistemi eklenmiştir. Karoların dizilmesi esnasında, karonun bırakılacağı yer kameralı görüntüleme sistemi yardımıyla kesin olarak belirlenmektedir. Tasarlanan robotun mekanik yapısının büyük boyutlu olması, dizim işlemi gerektiren dar bölgelerde sıkıntıya neden olmuştur [9].



Şekil 3.5. Tilemyzer mozaik dizme makinesi.

Tilemyzer mozaik dizme makinesi dört serbestlik dereceli bir Kartezyen robottur. Rastgele veya belirli bir deseni oluşturacak şekilde, tekli kare bölmeli kalıplar için 10 farklı renge kadar, dörtlü kare bölmeli kalıplar için 20 farklı renge kadar mozaik dizme işlemi gerçekleştirmektedir. Firma tarafından geliştirilen yazılım sayesinde, kartuş şeklinde ve taşın boyutuna bağlı olarak 10mm ile 25mm aralığında değiştirilen bilen başlığa, kullanılacak olan renklerin yerleştirilmesi otomatik olarak gerçekleştirilmektedir. Tilemyzer makinesi ile 15x15'lik kare bölmelerden oluşan bir kalıp 3 dakikadan az sürede rastgele 3 farklı renkle dizebilmektedir. Mozaik tanelerinin yerleştirilmesinde kullanılan kartuş yapılı baş kısmı, yazılımdan gelen renk bilgisi doğrultusunda, otomatik olarak mevcut renkteki kartuşu uygun konuma bırakıp, gerekli olan renkteki mozaik tanelerini barındıran kartuşu üzerine yerleştirmektedir [10].

Çizelge 3.1'de literatürde geçen mozaik dizme otomasyonu çalışmaları ile bu çalışma kapsamında geliştirilen otomatik mozaik dizme makinesinin bir karşılaştırması verilmektedir. Görüleceği üzere önceki yapılan çalışmalar daha çok Kartezyen ve robot kol temelli tasarımlara dayanmaktadır. Burada yapılan çalışmada ise sistemin temelini sürekli bir akış sistemi oluşturmaktadır. Ayrıca hız ve renk sayısını artırmak için modüler bir yapı tercih edilmiştir.

Çizelge 3.1. Literatürde geçen mozaik dizme otomasyonu çalışmaları ile geliştirilen otomatik mozaik dizmesinin karşılaştırılması.

Otomasyonu Geliştirenler	Robot Mekanizması	Yazılım ve Kontrol	Mozaik tanesi ve Desen	Diğer Özellikleri
Oral A., Inal E.P. [2-3]	4. serbestlik dereceli Kartezyen robot.	2 boyutlu CAD yazılımından alınan desen işlenip, robot'un kontrolü sağlanmaktadır.	Farklı şekil ve büyüklükte mozaik taneleri çizilen desene göre uygulanır.	Farklı şekiller için tek kafa ile dizme işlemi yapmaktadır. Tekrarlı aynı şekiller için 5'li tutma kafası kullanılır.
Oral A. ve Erzincanlı F. [4]	4. serbestlik dereceli iki kollu robot.	Geliştirilen yazılım ile robotun kontrolü sağlanmakta ve mozaik taneleri istenen koordinatlara yerleştirilmektedir.	Sabit boyutta mozaik taneleri kullanılmaktadır. Gelişmiş desen uygulamaları yapılmamaktadır.	Tek pnömatik kafa dizme işlemi yaptığından hızı yavaştır.
Oral A. [5]	4. serbestlik dereceli iki kollu 5 hücreli pnömatik kafadan oluşan robot.	Robotun kullanımı için yazılım geliştirilmiş, yazılıma daha önceden desenler yüklenmiş ve bu desenler tekrar sayısına göre işlenmektedir.	Farklı mozaik tane ve büyüklükleri aynı anda kullanılır.	Dizme işleminde pnömatik kafada 5 adet hücre kullanıldığından hızlı bir sonuç elde edilmiştir.
Kaya B., Berkay A., Erzincanlı F. [6]	Hazır çalışır durumda bir robot sisteminin kullanılması.	Robotun kontrolü ve resmin mozaik görüntüsüne dönüştürülmesi için yazılım geliştirilmiştir.	Farklı renklerde aynı tip kare mozaik taneleri kullanılmıştır.	Hazır stabil bir robot kullanımı. Sadece deneysel çalışılmış.
Navon R.[7]	Hazır çalışır durumda bir robot sisteminin kullanılması.	Geliştirilen yazılım ile robotun kontrolü sağlanmakta ve karo taneleri istenen koordinatlara yerleştirilmektedir.	Sabit boyutta mozaik taneleri kullanılmaktadır. Gelişmiş desen uygulamaları yapılmamaktadır.	Tek pnömatik kafa dizme işlemi yaptığından hızı yavaştır.
Tilemyzer makinesi [8]	4. serbestlik dereceli Kartezyen robot.	Geliştirilen yazılım ile robotun kontrolü sağlanmakta ve mozaik taneleri istenen koordinatlara yerleştirilmektedir.	Mozaik taneleri değişken boyutlarda olabilmektedir. Kartuş sayısına bağlı olarak 20 farklı renge kadar mozaik dizme uygulaması yapılabilmektedir.	Tek bir kartuşlu başlık ile dizme işlemi yaptığından hızı yavaştır.

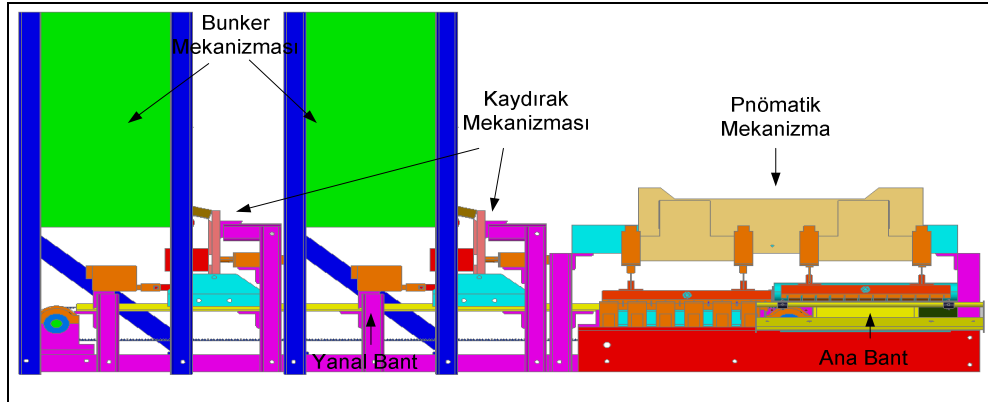
Çizelge 3.1. (devam ediyor).

Otomasyonu Geliştirenler	Robot Mekanizması	Yazılım ve Kontrol	Mozaik tanesi ve Desen	Diğer Özellikleri
Cayiroglu I., Demir B.E. [9]	Ana ve yanal sürekli bant sistemi.	Özel bir yazılım geliştirilmiştir. Bu yazılım fotoğrafı işlemekte, optimizasyon yaparak üretim hızını artırmakta, üretim öncesi simülasyon yapabilmekte ve makinenin tam otomatik kontrolünü yapabilmektedir.	Mozaik taneleri sabit boyutlarda olup, kullanılan modül sayısına bağlı olarak istenildiği kadar farklı renk uygulaması yapılabilmektedir.	Sürekli bant sistemi ve modüler yapı kullanıldığından istenildiği kadar renk ve hız artırmı yapılabilmektedir.

BÖLÜM 4

MOZAİK DİZME MAKİNESİNİN MEKANİKSEL TASARIMI VE İMALATI

Geliştirilen otomatik mozaik dizme makinesinin mekaniksel tasarımının gerçekleştirilmesi sürecinde öncelikle sistemi taşıyacak olan aksam üzerine AUTOCAD 2010 çizim programında çeşitli çizimler yapılmış, en uygun mekanik tasarıma karar verilmiş ve tasarımın boyutlandırılması gerçekleştirilmiştir. Belirlenen mekanik yapı, modüler yapıdaki yanıl bant ve ana bant sisteminden oluşmaktadır. Modüler yapıdaki yanıl bantın üzerinde, içerisine belirli miktarda mozaik tanelerinin konulduğu bunker ve tanelerin bant üzerine istenilen şekilde düşmesini sağlayan kaydırak mekanizması bulunmaktadır. Şekil 4.1’de iki farklı renkle mozaik deseni oluşturabilen mozaik dizme makinesine ait mekanik tasarım gösterilmektedir. İmalatı yapılan prototip makinede, bir adet ana bant, bir adet pnömatik mekanizma, bir adet yanıl bant, yanıl bantın üzerinde iki adet bunker ve iki adet kaydırak mekanizması bulunmaktadır.

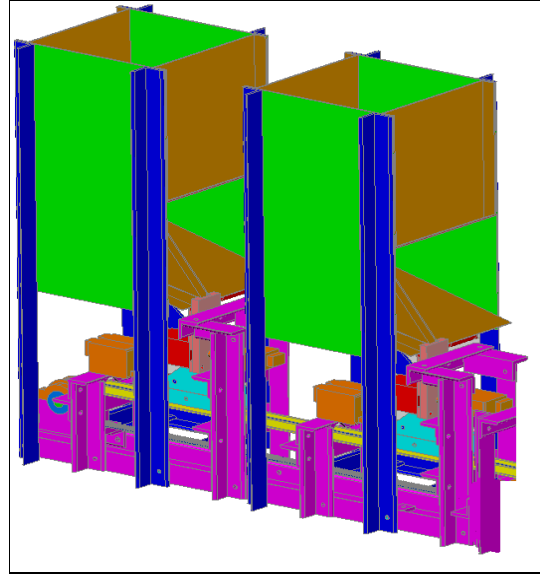


Şekil 4.1. Makinenin ana bant ve yanıl bant modüler yapısının genel görünümü.

4.1. BUNKER SİSTEMİNİN TASARIMI

Bunkerler, mozaik taşlarının makineye konulduğu kaplardır. Tasarımında, fazla yer

kaplamamasına, taşların alttan rahatça dökülmesine, dökülürken alt kısımdaki eğik düzlem üzerinde üstü üste yığılmamasına dikkat edilmiştir. Bunkerlerin içine konulan mozaik tanelerinin bunker ağız kısmından rahatça dökülebilmesi ve kaydırağın üzerindeki kanala girebilmesi için titreşim oluşturulması gerekmektedir. Bu amaçla bunkerlerin alt kısmındaki eğik düzlem plakalarına dengelenmemiş kütlelerin bağlandığı doğru akım motorları konulmuştur. Şekil 4.2’de tasarlanan bunker sistemi verilmektedir.



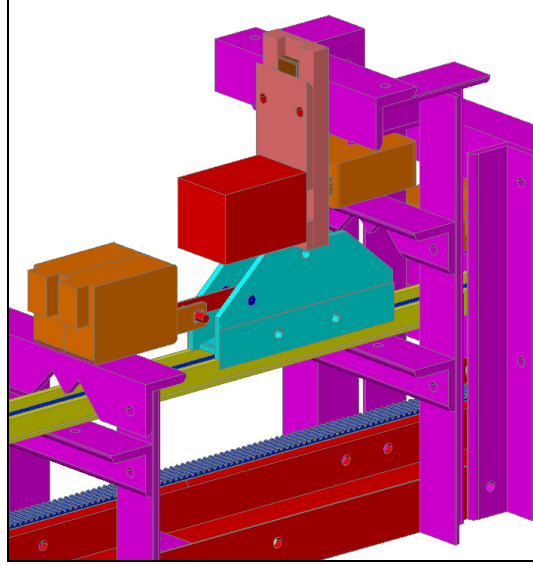
Şekil 4.2. Tasarlanan bunker sistemi.

4.2. KAYDIRAK MEKANİZMASININ TASARIMI

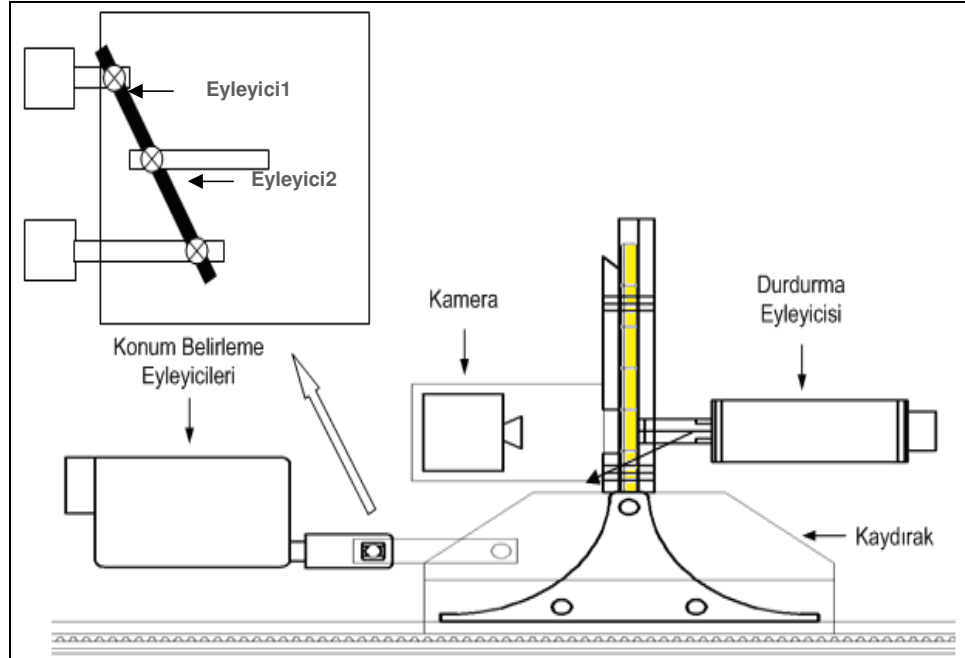
Bunkerden bant üzerine alınacak mozaik taşlarının ters yüzeyinin yukarı gelecek şekilde düşmesini sağlamak için kaydırak mekanizması tasarlanmıştır. Ayrıca kaydırağın üzerinde taşın ters ve düz yüzeyini görüntü işleme yöntemi ile kontrol eden kamera sistemi ve buna bağlı olarak taşın ters yüzeyi üste gelecek şekilde yanal bant üzerine düşmesini sağlayan DA (Doğru Akım) gerilim ile kontrol edilebilen eyleyicili mekanizmalar geliştirilmiştir. Şekil 4.3’de tasarlanan kaydırak mekanizması verilmektedir.

Kaydırağın 3 farklı konuma hizalanmasında, 12V DA gerilim ile çalışan iki adet araç kapı otomatığı, konum belirleme eyleyicisi olarak kullanılmıştır. Bu konum

belirleme eyleyicilerinden Eyleyici1=0 (kısa hareket, açılmamış hali), Eyleyici2=1 (uzun hareket, açılmış hali) konumunda iken kaydırak nötr konumdadır. Şekil 4.4’de mozaik taşlarının ters olarak yanal bant üzerine düşmesini sağlayan konum belirleme eyleyicilerinin nötr konumdaki çalışma şekli verilmektedir.

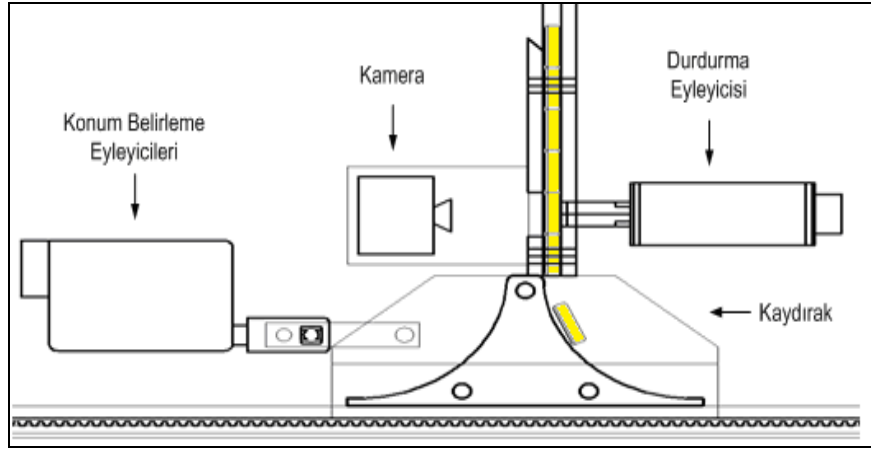


Şekil 4.3. Tasarlanan kaydırak mekanizması.



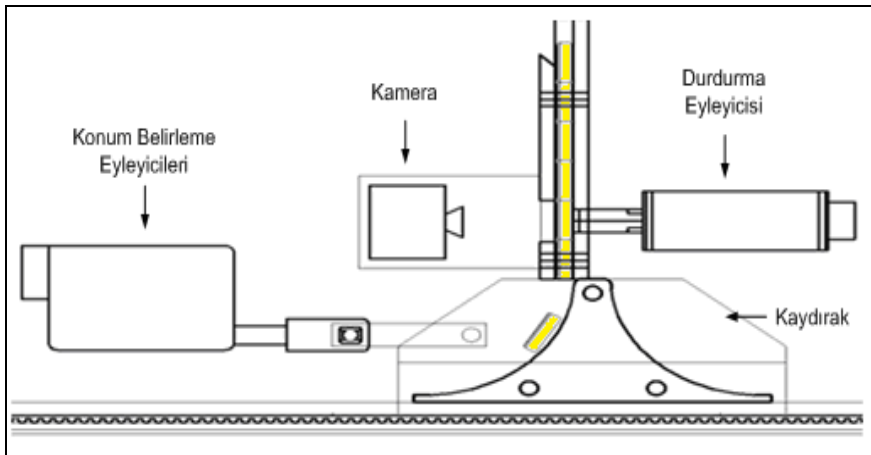
Şekil 4.4. Tasarlanan kaydırak mekanizmasının nötr konumu.

Mozaik taşının görüntüsünün alınıp işlenerek düz tarafı olduğunun belirlenmesinin ardından Eyleyici1=0, Eyleyici2=0 konumuna gelir, kaydırak sola doğru çekilir ve mozaik taşı düz konumu kanala gelecek şekilde bırakılır. Şekil 4.5’de mozaik taşların ters olarak yanıl bant üzerine düşmesini sağlayan konum belirleme eyleyicilerinin geri konumdaki çalışma şekli verilmektedir.



Şekil 4.5. Tasarlanan kaydırak mekanizmasının geri konumu.

Mozaik taşının görüntüsünün alınıp işlenerek ters tarafı olduğunun belirlenmesinin ardından Eyleyici1=1, Eyleyici2=1 konumuna gelir, kaydırak sağa doğru çekilir ve mozaik taşı düz konumu kanala gelecek şekilde bırakılır. Şekil 4.6’da mozaik taşlarının ters olarak yanıl bant üzerine düşmesini sağlayan konum belirleme eyleyicilerinin ileri konumdaki çalışma şekli verilmektedir.



Şekil 4.6. Tasarlanan kaydırak mekanizmasının ileri konumu.

Kaydırak mekanizmasının geri veya ileri konumları için (kanal açıkken), kontrol kanalından taşların düşmesini engellemek ve görüntülerinin alınmasını sağlamak amacıyla bir adet durdurma eyleyicisi kullanılmıştır. Bu eyleyici, kanal içerisindeki taşı uygun konumda durdurarak kameranın net bir görüntü almasını sağlar. Mekanizma içerisinde bulunan kameradan alınan görüntünün işlenerek ters/düz durum bilgisinin algılanması için hazırlanan yazılım, makinenin yazılımsal tasarımı bölümünde verilmektedir.

4.3. YANAL BANT KAYIŞ-KASNAK MEKANİZMASININ TASARIMI

Kaydırdan, ters yüzeyi yukarıya gelecek şekilde bant üzerine düşen mozaik taşları, bir bant üzerinde ilerleyerek bandın sonunda bulunan sıralama kutusunda resme uygun bir şekilde dizilmektedir. T5-2200-16 mm standardı triger kayış üzerine düşen taşların banttan düşmemesi için bandın dışında mozaik taşlarının sığabileceği boyutta bir kanal kullanılmıştır.

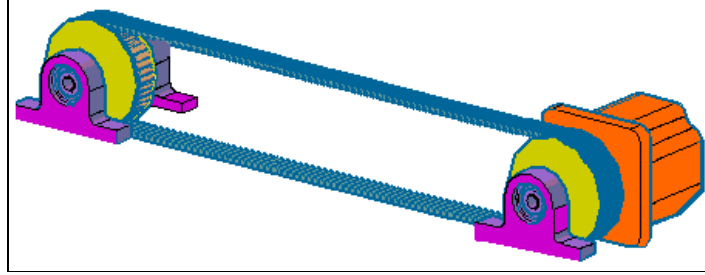
Yanal bandın hareketinin sağlanması amacıyla içerisinde rulman bulunan karşılıklı iki adet 24-L-100 standardı kasnak ve bu kasnaklardan birine, mili kaplin işlemi ile yataklanmış bir adet adım motoru bulunmaktadır. Konveyör bant uygulamaları için AA (Alternatif Akım) motorları geniş bir yelpazede kullanım alanına sahiptir. Hız kontrolü gerektiren uygulamalar için AA veya fırçasız DA motorları kullanılabilir. Hassas konumlandırma gerektiren uygulamalarda ise adım motorlarının kullanımı idealdir. Çizelge 3.2’de AA, DA ve adım motorun karşılaştırma tablosu verilmektedir [12].

Eldeki imkanlar dahilinde otomatik mozaik dizme makinesinde adım motorlarının kullanılması tercih edilmiştir. Adım motoru olarak, Pacific Scientific firmasının ürettiği, NEMA (National Electrical Manufacturers Association–Ulusal Elektriksel İmalatçılar Derneği) 23 standardı Powermax-II serisi, tutma torku 1.51 Nm, tam adım açısı 1,8° ve her bir dönme hareketi 200 tam adım olan adım motoru kullanılmıştır. Yanal banda hareket veren adım motorunun mili, sabit bir hızla bilgisayar denetiminde döndürülmektedir. Bu hız 0,04 m/s olarak gerçekleştirilen deneme çalışmaları sonucunda tespit edilmiştir.

Çizelge 4.1. AA, DA ve Adım motorların karşılaştırılması.

AA Motor	DA Motor	Adım Motor
1. Sabit bir hızda dönme hareketi sağlar.	1. Kolaylıkla motor hızı ayarlanabilir.	1. Hassa konum kontrolü sağlar.
2. Tek veya çift yönlü olarak çalışabilir.	2. Geniş hız aralığına sahiptir.	2. Karmaşık hareketlerin üstesinden gelir.
3. Kullanımı kolaydır.	3. AC motorlara göre sunduğu çözümler daha fazladır.	3. Güvenilirliği yüksektir.
4. Evrensel güvenlik standartlarına uygundur.		4. Kapalı devre, iki fazlı ve 5 fazlı paket yapıları mevcuttur.

Şekil 4.7’de tasarlanan kayış-kasnak mekanizması verilmektedir.



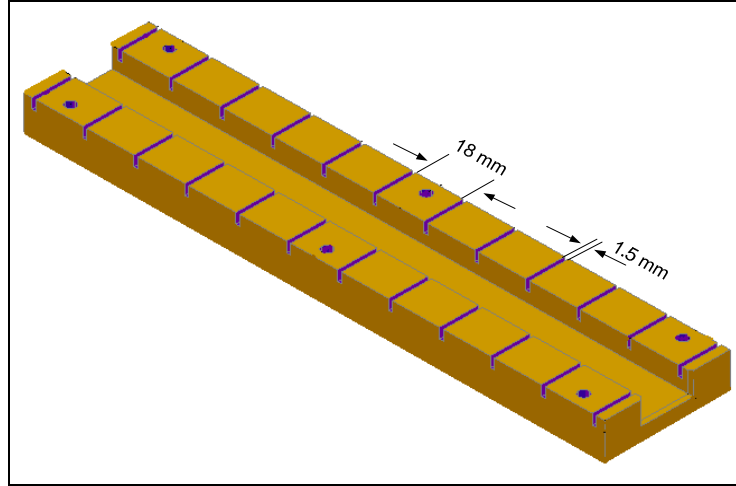
Şekil 4.7. Tasarlanan kayış-kasnak mekanizması.

Mekanizmada bulunan adım motoru kontrol eden elektronik devre tasarımı makinenin kontrolünü sağlayan elektronik devrelerin tasarımı başlığı altında açıklanmaktadır.

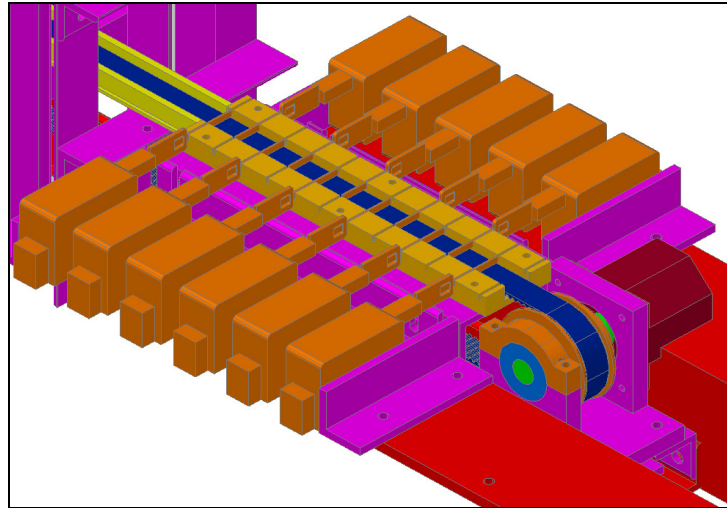
4.4. SIRALAMA KUTUSU MEKANİZMASININ TASARIMI

Kaydırdaktan bant üzerine bırakılan mozaik taşları, yanal bandın son kısmında 11 adet mozaik taşından oluşan bir satırlık dizme işlemini gerçekleştirmek üzere sıralama kutusunun üzerinde sıralama eyleyicileri aracılığıyla sıralanırlar. Bu sıralama

eyleyicileri, modüler yapıda olan makinenin diğer modülleri tarafından doldurulan veya doldurulacak olan konumların boş bırakılmasını ve bulunduğu modüldeki mozaik taşlarının uygun konumlara yerleştirilmesini sağlar. Modüler yapıdaki makine için her taşın, belirlenen konuma doğru bir şekilde yerleştirilmesi amacıyla 11 adet eyleyici kullanılmıştır. Bu eyleyicilerin uçlarına 1,5 mm kalınlığında metal çubuklar bağlanmıştır. Bağlanan çubuklar, mozaik taşlarını istenen konumda durdurmalarının yanı sıra, taşların arasında bulundurulması gereken harç boşluklarını oluşturmaktadırlar. Şekil 4.8’de tasarlanan sıralama kutusu mekanizmasının yataklama parçası verilmektedir.



Şekil 4.8. Tasarlanan sıralama kutusunun yataklama parçası.



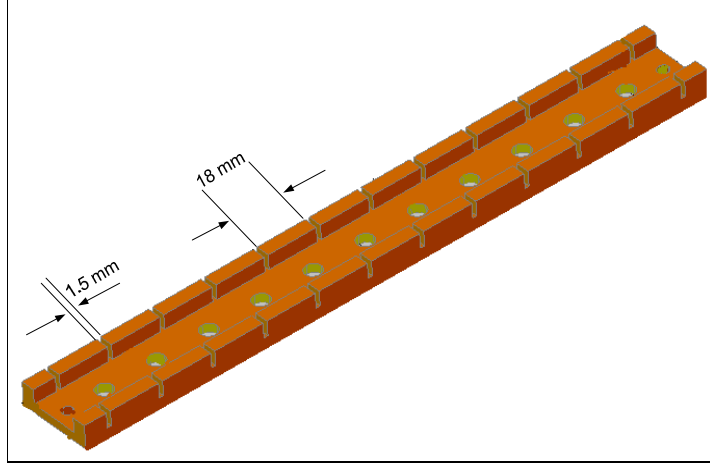
Şekil 4.9. Tasarlanan sıralama kutusu mekanizmasının genel görünümü.

Gerçekleştirilen çalışmada 17x17 mm boyutunda mozaik taşları kullanıldığından, emme kuvvetinin etkisi göz önüne alınarak bir taşın sığabileceği yataklama aralığı olarak 18 mm uygun görülmüştür. Harç boşluklarını oluşturan ve sıralama eyleyicilerinin uçlarında bulunan çubuklar için, mozaik taşlarının yatakladığı aralıkların yan taraflarında 1,5 mm boşluk bırakılmıştır. Yataklama parçasının dış kenarlarına, sıralama eyleyicilerinin yerleştirilmesiyle Şekil 4.9’da görülen sıralama kutusu mekanizması oluşturulur.

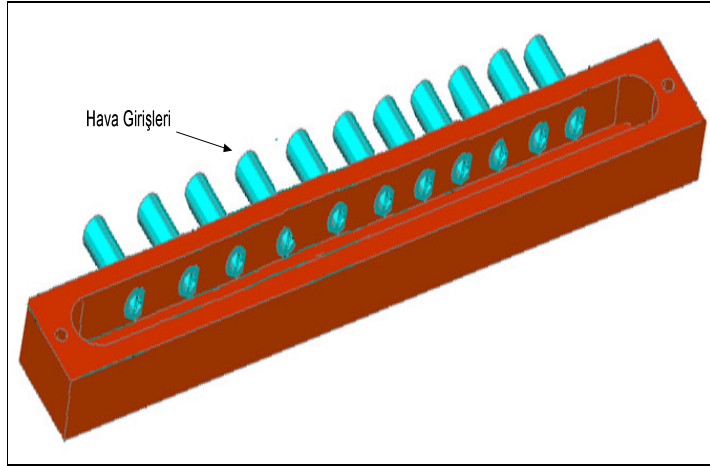
4.5. PNÖMATİK MEKANİZMANIN TASARIMI

Pnömatik mekanizmalar, üretim ortamlarında iş parçasının bağlanması, malzemelerin taşınması ve montaj hattı çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Festo, Euro, Vickers ve Norgren gibi pnömatik sistemler üreten firmaların kataloglarında, uçlarına vakumlu tutucular yerleştirilmiş pnömatik mekanizmalar bulunmaktadır [13]. Ancak eldeki imkanlar dahilinde alüminyum blok ve metal parçalardan işlenerek bir pnömatik mekanizmanın tasarlanması tercih edilmiştir. Bu pnömatik mekanizma, yan bant üzerinden gelen mozaik taşlarının, sıralama kutusu içerisinde eyleyiciler tarafından sıralanmasının ardından, taşların yerinden alınıp ana bant üzerine bırakılmasını sağlayan mekanizmadır. Pnömatik mekanizma olarak, Sıralama kutusu üzerinde bulunan 11 adet mozaik taşının kompresör tarafından emme kuvvetiyle vakumlanarak, pnömatik mekanizma üzerine alınmasını ve sıralama kutusu ile pnömatik mekanizma arasındaki hava akışını sağlayan emme kabına ait yataklama parçası Şekil 4.10’da verilmektedir. Tasarlanan parçada, 11 adet mozaik taşına emme kuvvetinin uygulanabilmesi için 11 adet delik bulunmaktadır. Deliklerin taşın üzerine gelen kısımlarında, emme kuvvetiyle alınan taşların daha iyi bir şekilde tutulabilmesi ve taşınabilmesi için aralara bölmeler eklenmiştir.

Pnömatik mekanizmanın emme kabına, kompresörün oluşturduğu emme kuvvetini aktaran parça Şekil 4.11’da verilmektedir. Parça üzerinde, her bir mozaik tanesi için ayrı hava girişi kanalları açılmıştır. Bu kanallardan giren hava, yataklama parçasında bulunan deliklerden geçerek sıralama kutusu üzerindeki mozaik taşlarına ulaşmaktadır. Aynı zamanda bu parça, pnömatik mekanizmanın yataklama parçasının kapağı konumundadır.



Şekil 4.10. Tasarlanan pnömatik mekanizmanın emme kabına ait yataklama parçası.

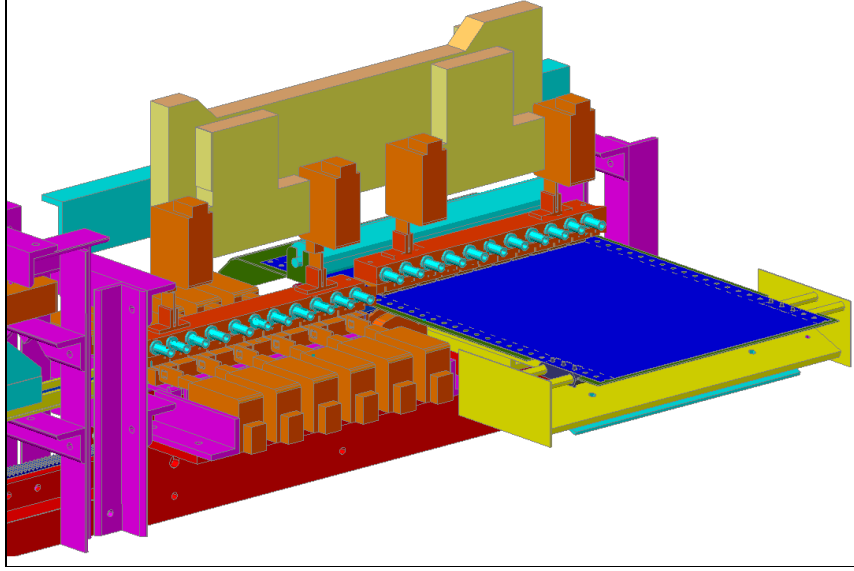


Şekil 4.11. Tasarlanan pnömatik mekanizmaya hava girişini sağlayan parça.

Pnömatik mekanizma tarafından kompresörden gelen çekme kuvvetiyle mozaik taşlarının üzerinde bulunduğu sıralama kutusundan alınması, ana bant üzerine bırakılması ile tekrar pnömatik mekanizmanın başlangıç konumuna getirilmesi aşamalarında gerekli olan aşağı itme ve yukarı çekme hareketlerinin gerçekleştirilmesinde elektriksiz olarak kontrol edilen iki adet eyleyici kullanılmıştır. Bu eyleyiciler, pnömatik mekanizmanın sağ ve sol kısımlarına eklenmiştir.

Pnömatik mekanizmanın, sıralama kutusu ile ana bant arasındaki hareketinin sağlanmasında adım motoru kullanılmıştır. Pnömatik mekanizmanın, sıralama kutusu ile ana bant arasındaki hareketinin sınırlarını ise, mekanizma üzerinde bulunan

sonlandırma anahtarları belirlemektedir. Şekil 4.12’de tasarlanan pnömatik mekanizmanın genel görünümü verilmektedir.



Şekil 4.12. Tasarlanan pnömatik mekanizmanın genel görünümü.

Pnömatik mekanizmanın emme kabını oluşturan parçaların tasarımı gerçekleştirilirken, mozaik taşlarının bulunduğu konumundan emme kuvvetiyle alınabilmesi için aşağıda verilen formüller kullanılarak, emme kabının mozaik taşına uygulaması gereken tutma kuvveti hesaplanmıştır.

$$F_H = m \cdot (g + a) \cdot S \quad (4.1)$$

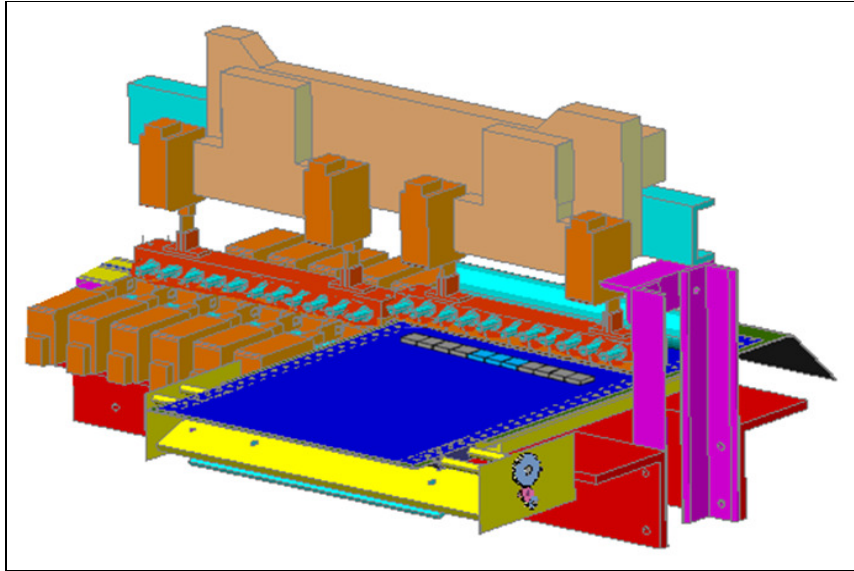
$$F_H = (P_o - P_u) \cdot A \cdot n_3 \cdot \eta \cdot z \cdot \frac{1}{S} \quad (4.2)$$

Eşitlik 4.1 ve Eşitlik 4.2’de verilen denklemlerde F_H tutma kuvveti (N), m mozaik taşının ağırlığı (kg), g yer çekimi ivmesi (m/s^2), a emme kabının ivmesi (m/s^2), z emme kabı sayısı, S güvenlik faktörü, P_o atmosfer basıncı (N/m^2), P_u vakum basıncı (N/m^2), A emme alanı (m^2), n_3 bozulma katsayısı (0,6-0,9), η sistemin verimini ifade etmektedir [14,15].

4.6. ANA BANT MEKANİZMANIN TASARIMI

Mozaik taşlarının, 11 satır ve 11 sütundan oluşan kalıpları meydana getirecek şekilde düzgün bir şekilde üzerine dizildiği mekanizmadır. Ana bant mekanizmasının gerçekleştirdiği tek yönlü hareket, bilgisayar tarafından kontrol edilen bir adım motoru kullanılarak sağlanır. Bu adım motoru, 11 satır ve 11 sütundan oluşan kalıbın her bir satırının, pnömatis mekanizma tarafından ana bant üzerine bırakılmasının ardından 17 mm ve harç boşluğu olarak belirlenen aralığın toplamı kadar bir mesafe hareket sağlamaktadır. Adım motorunun sağladığı hareketin, mozaik taşlarının üzerine bırakıldığı, kenarları delikli kağıda aktarılması için nokta vuruşlu yazıcılarda bulunan tırtıklı kayışlar kullanılmıştır.

Mozaik taşlarının üzerine bırakıldığı kenarları delikli kağıdın, taşların bırakıldığı yüzeyinin yapışkan bir malzemeye kaplanması gerekmektedir. Bu amaçla ana bant mekanizmasına, üzerinde dökülen yapışkan malzemeyi kağıdın her noktası eşit şekilde dağıtacak bir döner merdane eklenmiştir. Bu döner merdane sayesinde, ana bant mekanizmasında oluşturulan kalıpların kayma nedeniyle şekillerinin bozulmasının önüne geçilmiştir. Şekil 4.13’de tasarlanan ana bant mekanizmasının genel görünümü verilmektedir.



Şekil 4.13. Tasarlanan ana bant mekanizmasının genel görünümü.

4.7. OTOMATİK MOZAİK DİZME MAKİNESİNİN TASARIMDAN İMALATINA GEÇİLMESİ

Otomatik mozaik dizme makinesine ait parçaların AUTOCAD 2010 teknik çizim programından, yapılan hesaplamalara göre tasarlanmasının ardından, çeşitli malzemeler kullanılarak makinenin imalatı gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.14. İmal edilen sıralama kutusu mekanizması.

Şekil 4.14’de sıralama kutusu mekanizmasının elektriksel eyleyicilerle birlikte imal edilmiş resmi verilmektedir. Sıralama kutusu mekanizmasının yataklama parçasının imalatında alüminyum malzeme kullanılmıştır. Blok halindeki alüminyum malzeme, freze tezgahında işlenerek üzerinde taşların geçebileceği genişlikte (18 mm) bir kanal, sıralama eyleyicilerinin geçebileceği 1,5 mm genişlikte 12 adet aralık ve bu aralıkların arasında mozaik tanesinin sığabileceği 18 mm boşluklar oluşturulmuştur.

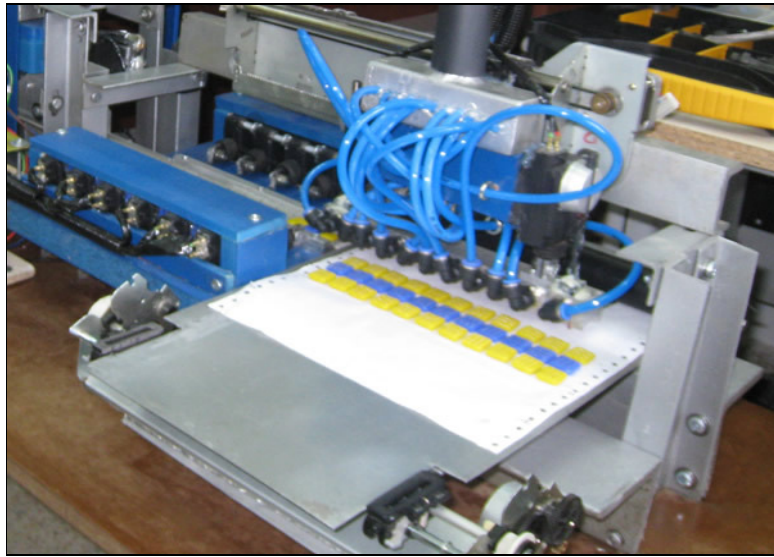
Şekil 4.15’de kaydırak mekanizmasının, konum belirleyici eyleyiciler ve mavi kutu içerisine yerleştirilmiş taşın görüntüsünü algılayan kamera ile birlikte imal edilmiş resmi verilmektedir. Kaydırak mekanizması imal edilirken alüminyum malzeme kullanılmıştır. Blok halindeki alüminyum malzeme, freze tezgahında işlenerek üzerinde kaydırak mekanizmasını oluşturan, 18x5 mm ölçülerinde bir kanal, bu

kanaldan taşların düşmesini engellemek için bir kapak ve üç konumlu kaydırak mekanizması parçası imal edilmiştir.



Şekil 4.15. İmal edilen kaydırak mekanizması.

Kanal üzerinde 8 mm çapında bir delik delinerek durdurucu eyleyicinin kanalın içindeki taşı durdurması sağlanmıştır. Durdurucu eyleyicinin durdurduğu taşın, ters veya düz yönünün kamerayla algılanabilmesi içinde kapak içerisinde 20x5 mm ölçülerinde bir açıklık bırakılmıştır. Bu açıklıktan taşın fotoğrafı çekilmektedir.

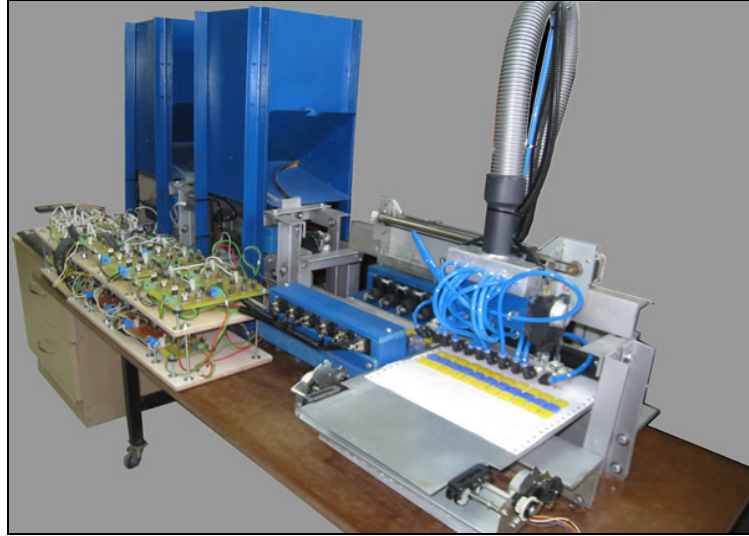


Şekil 4.16. İmal edilen pnömatik ve ana bant ve mekanizmaları.

Şekil 4.16’da pnömatik ve ana bant mekanizmalarının, hava girişleri ve dizilen mozaik taneleri ile birlikte imal edilmiş resmi verilmektedir.

Pnömatik mekanizmanı emme kabına ait yataklama parçasının ve emme kabının üst kapağı konumundaki hava girişin sağlayan parçanın imalatında, alüminyum malzeme kullanılmıştır. Blok halindeki alüminyum malzeme işlenerek, taşların içine girebileceği 18x5 mm ölçüsünde bir kanal, bu kanalın içinde 11 adet mozaik tanesinin girebileceği yuvalar oluşturulmuştur. Bu yuvaların her birinde kompresörden gelen havayla taşların çekilmesinin sağlanması için 5 mm genişliğinde delikler bulunmaktadır.

Ana bant mekanizmasının imalatında, 3 mm kalınlığında metal saç kullanılmıştır. Bu metal saç işlenerek A3 boyutundaki kenarları delikli bir kağıdın sığabileceği ölçülerde bir düzlem oluşturulmuştur. Bu düzlemin üzerine, nokta vuruşlu yazıcılarda kullanılan ve kağıdın deliklerine girerek kağıdın ileri doğru çekilmesini sağlayan mekanizma ve bu mekanizmaya hareket veren adım motoru ilave edilmiştir.



Şekil 4.17. İmal edilen otomatik mozaik dizme makinesi.

Otomatik mozaik dizme makinesinin iskeletini oluşturan şase aksamının imalatında 30x30 mm köşebentler kullanılmıştır. Bu köşebentler; yanal bant üzerindeki kayışı içinde bulunduran ve taşların bu kayış üzerinde düşmeden ilerlemesini sağlayan

kanalın, kaydırak mekanizmasında bulunan sıralama eyleyicilerinin, durdurma eyleyicilerinin, bir ağız bunkerlere bakan, diğer ağız kaydırığın üzerinde bulunan kanalın, sıralama kutusu mekanizmasının, pnömatik mekanizmanın, ana bant mekanizmasının, belirlenen konumlarına yerleştirilebilmesini ve sabit durmasını sağlamaktadır. Şekil 4.17’de imalatı gerçekleştirilen otomatik mozaik dizme makinesinin genel görünümü verilmektedir. Makinenin mekaniksel aksamının imalatında kullanılan malzemelerin maliyeti 850 TL’dir. Bunun yanı sıra, makinenin elektronik devrelerinde kullanılan malzemelerin, elektriksel eyleyicilerin ve adım motorların maliyeti 650 TL’dir. Alüminyum blokların işlenmesi için gerekli olan torna işçiliği ücreti 500 TL’dir. Böylelikle otomatik mozaik dizme makinesinin toplam maliyeti 2000 TL olarak belirlenmektedir.

BÖLÜM 5

MOZAİK DİZME MAKİNESİNİN ELEKTRONİK DEVRELERİNİN TASARIMI

Geliştirilen otomatik mozaik dizme makinesinin ana bandı, yanal bandı ve pnömatik mekanizmasında adım motorları, kaydırak mekanizması ve sıralama kutusunda ise elektriksel eyleyiciler kullanılmaktadır. Makinede kullanılan bu adım motorlarının ve elektriksel eyleyicilerin, bilgisayardan alınan veriler doğrultusunda kontrol edilmeleri gerekmektedir. Kontrol verilerinin birimler arasında iletiminde, endüstrideki otomasyon uygulamalarında sıklıkla kullanılan PLC (Programmable Logic Controller-Programlanabilir Lojik Deneteyici)'lerden Siemens firmasının ürettiği 128 adet giriş ile 128 adet çıkışa sahip S7-200 veya Delta firmasının ürettiği 128 adet giriş ile 128 adet çıkışa sahip DVP-12SA serisi PLC'lerinin kullanımı tercih edilebilirdi [16,17]. Ancak eldeki imkanlar dahilinde, 14 giriş ve 55 çıkıştan oluşan bir mikrodenetleyicili kontrol biriminin kullanımı tercih edilmiştir. Bu amaçla, bilgisayardan alınan verileri sürücü devrelere aktaran mikrodenetleyicili bir USB (Universal Serial Bus-Evrensel Seri Veri Yolu) arabirimi, bu arabirimle seri olarak haberleşen yardımcı işlemci birimleri, optik izolasyonlu adım motor sürücü devreleri ve H-Köprü eyleyici sürücü devreleri tasarlanmıştır.

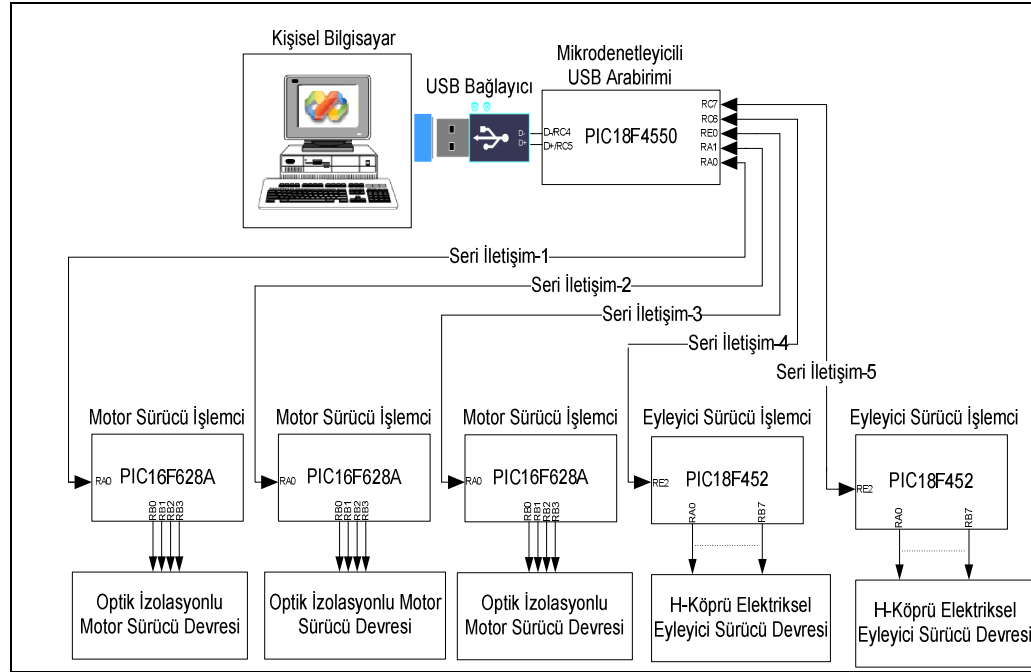
5.1. MİKRODENETLEYİCİLİ USB ARABİRİMİ TASARIMI

Mikrodenetleyicili USB arabirimi, bilgisayardan gelen veriler doğrultusunda, makinedeki adım motorları ve elektriksel eyleyicileri kontrol eden yardımcı işlemci birimlerine gerekli verilerin seri olarak iletilmesini sağlamaktadır. Arabirimde bulunan mikrodenetleyici ana işlemci konumundadır.

USB aracılığıyla bilgisayar ile haberleşen ana işlemci, yardımcı işlemci durumundaki motor sürücü işlemcilerine, kontrol ettikleri adım motorlarının hız ve hareket

bilgilerini, diğer yardımcı işlemci durumundaki eyleyici sürücü işlemcilerine, eyleycilerin bulunması gereken konum bilgilerini seri olarak bildirir.

Mikrodenetleyicili USB arabiriminde, mikrodenetleyici olarak microchip firmasının ürettiği ve USB aracılığıyla haberleşme özelliğine sahip PIC18F4550 entegresi, motor sürücü işlemci olarak microchip firmasının ürettiği PIC16F628A entegresi, eyleyici sürücü işlemcisi olarak ise PIC18F452 entegresi kullanılmıştır. Tasarlanan mikrodenetleyicili USB arabirimin ve sürücü işlemcilerin aralarındaki veri akışına ait blok diyagram Şekil 5.1’de verilmektedir.



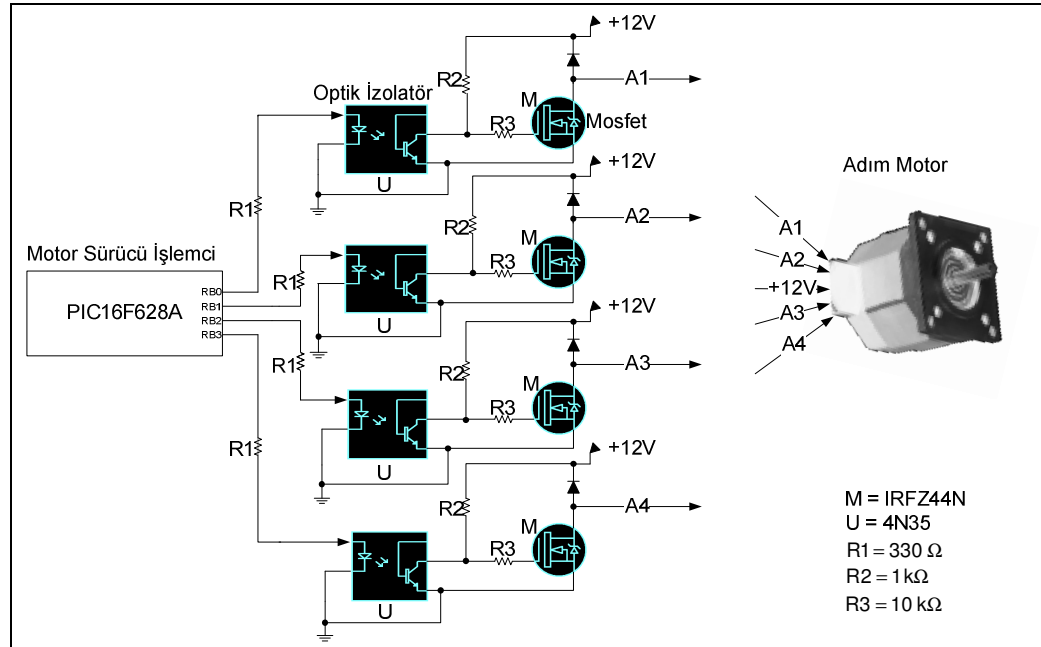
Şekil 5.1. İşlemci devreler arasındaki veri akışı blok diyagramı.

Tasarlanan mikrodenetleyicili USB arabiriminin, bilgisayar ve motor sürücü işlemcilerle veri iletimi Proteus 7.5 elektroniksel tasarım-simülasyon programında simüle edilmiş, birimler arası haberleşme sağlanmış ve istenen kontroller gerçekleştirilmiştir. USB arabiriminde ve motor sürücü devresinde kullanılan mikrodenetleyicilerin programlanabilmesi gerekli olan kodlar, CCS PIC C dilinde yazılmıştır [16]. USB arabiriminde kullanılan mikrodenetleyici için özel USB iletişim kodları bulunan dosyalar kütüphaneye eklenmiştir.

5.2. OPTİK İZOLATÖRLÜ ADIM MOTOR SÜRÜCÜ DEVRESİNİN TASARIMI

Adım motorlarının makinede kullanılma nedenleri, tam ölçüm ve hareket gerektiren uygulamalar gerekli hassasiyeti sağlamalarıdır. Bu motorların gerçekleştirilen çalışmadaki kontrol süreçleri şu şekildedir; bilgisayardan USB bağlantısı aracılığıyla ana işlemciye, buradan da seri olarak motor sürücü işlemciye gelen adım motorun hız ve hareket durumuna ait kontrol verileri motor sürücü işlemcide işlenerek optik izolatörlü motor sürücü kartına aktarılır. Optik izolatörlü sürücü devresi de adım motorun sürülmesini sağlar. Böylelikle adım motorun kontrol süreci tamamlanmış olur.

Şekil 5.2'de tasarlanan optik izolasyonlu motor sürücüsüne ait devre şeması verilmektedir. Tasarlanan devre, Proteus 7.5 elektroniksel tasarım-simülasyon programında simüle edilerek adım motorun dönmesi sağlanmıştır.



Şekil 5.2. Optik izolatörlü motor sürücü devre şeması.

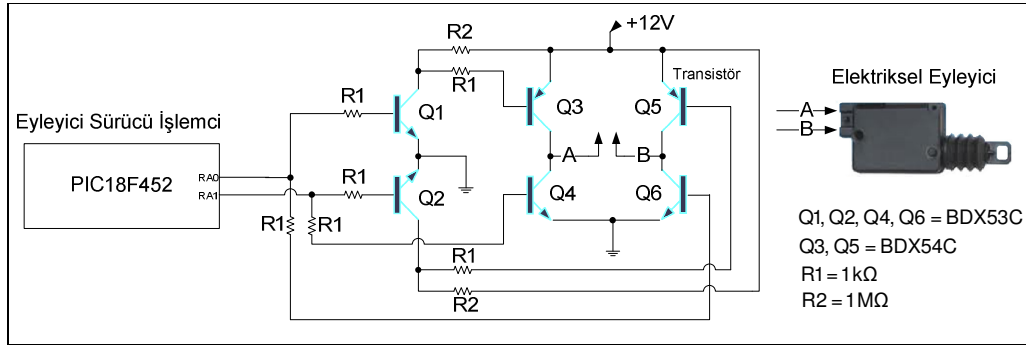
Otomatik mozaik dizme makinesinde 3 ayrı unipolar (tek kutuplu) adım motorun birbirinden bağımsız olarak kontrol edilmesi gerektiğinden, toplamda 3 adet motor

sürücü devre kartı kullanılmaktadır. Bu devre kartlarında yüksek anahtarlama frekanslarında çalışma özelliğine sahip olan MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor-Metal Oksit Yarıiletkenli Alan Etkili Transistör)'ler kullanılmaktadır [18]. Bu MOSFET'ler belirli bir sıralamada ve belirli zaman aralıklarında anahtarlanarak, adım motorun kutuplarına faz verilmesini sağlar. Böylelikle motor, dönme hareketini gerçekleştirir.

Optik izolasyonlu motor sürücü devresinde kullanılan optik izolatörler, işlemci kısmı ile daha yüksek gerilimde çalışan anahtarlama kısmı arasındaki elektriksel yalıtımı sağlamaktadır.

5.3. H-KÖPRÜ ELEKTRİKSEL EYLEYİCİ SÜRÜCÜ DEVRESİNİN TASARIMI

Otomatik mozaik dizme makinesinin bir çok yerinde kullanılan, elektriksel olarak kontrol edilebilen eyleyicilerin kontrol edilmesi için sürücü bir devreye ihtiyaç vardır. Bu eyleyicilerin iç yapısında 12V DA gerilimle çalışan bir DA motoru bulunduğundan, H-köprü sürücü devresi eyleyicilerin sürülmesi için uygundur. Şekil 5.3'de tasarlanan H-köprü eyleyici sürücüsüne ait devre şeması verilmektedir.



Şekil 5.3. H-köprü eyleyici sürücü devre şeması.

Elektriksel olarak kontrol edilebilen eyleyiciler iki türde hareket gerçekleştirir. Bunlardan birincisi itme, ikincisi ise çekme hareketidir. Bilgisayardan gelen veriler doğrultusunda belirlenen bir eyleyiciye ait H-köprü sürücü devresine itme veya çekme hareketi için gerekli olan veriler gönderilir. Bu verilere göre eyleyici

yapısında bulunan mili ileri iterek veya geri çekerek gerekli olan işlemi gerçekleştirir. Makinenin sıralama kutusu, kaydırak ve pnömatik mekanizması kısımlarında, bu iki konumlu hareketten yararlanılmaktadır. Tasarlanan H-köprü eyleyici sürücü devresinin Proteus 7.5 elektronik tasarım-simülasyon programında simülasyonu gerçekleştirilmiş ve 12V ile çalışan bir DA motorunun istenen hareketi vermesi sağlanmıştır. Çalışmada 19 adet elektriksel eyleyici bulunduğundan eyleyici sürücü işlemcisi olarak 2 adet PIC18F452 mikrodenetleyicisi kullanılmıştır.

Elektriksel eyleyicinin miline ileri itme veya geri çekme hareketlerinin yaptırılması için, eyleyici sürücü işlemcisinin iki pininden 1-0 veya 0-1 verilerinin alınması gerekmektedir. Bu verilerden birinin sürücü devre tarafından alınmasıyla Q3 ile Q6 veya Q4 ile Q5 H-köprü transistör çiftlerinden biri iletime geçer ve eyleyicinin mili hareket eder. Geliştirilen makinede, hareket ettirilecek eyleyicinin belirlenmesi ve hareket ettirilmesi süreçleri bilgisayar denetiminde gerçekleştirilmektedir.

BÖLÜM 6

MOZAİK DİZME MAKİNESİNİN YAZILIMSAL TASARIMI

Geliştirilen otomatik mozaik dizme makinesinde, bilgisayara yüklenen bir dijital fotoğrafın, seçilen renklerdeki mozaik taneleriyle, bilgisayar denetiminde otomatik olarak makineye dizdirilmesi hedeflenmiştir. Bilgisayar denetimli bir makinenin kontrolü için, istenen boyut ve renk çeşidi bilgilerinin girildiği, dizilecek mozaik kalıplarının oluşturularak veri tabanına kaydedildiği, veri tabanına kaydedilmiş bilgilerin kullanılarak makinenin çalışmasının simüle edildiği ve elektronik devre kartlarına kontrol komutlarının gönderildiği bir yazılım geliştirilmiştir.

Geliştirilen yazılım, resim işleme, simülasyon ve kontrol olmak üzere üç modülden oluşmaktadır. Bu yazılımların tamamı C# görsel programlama dilinde yazılmıştır. Yazılımda nesneye yönelik programlama teknikleri kullanılarak, her işlem için bir nesne oluşturulmuş ve aynı işlemin tekrar edilmesi durumunda, daha önceden hazırlanan nesne çağrılarak işlem gerçekleştirilmiştir. Böylelikle yazılım, tekrarlı kodlardan arındırılmış ve dinamik bir yapı haline getirilmiştir.

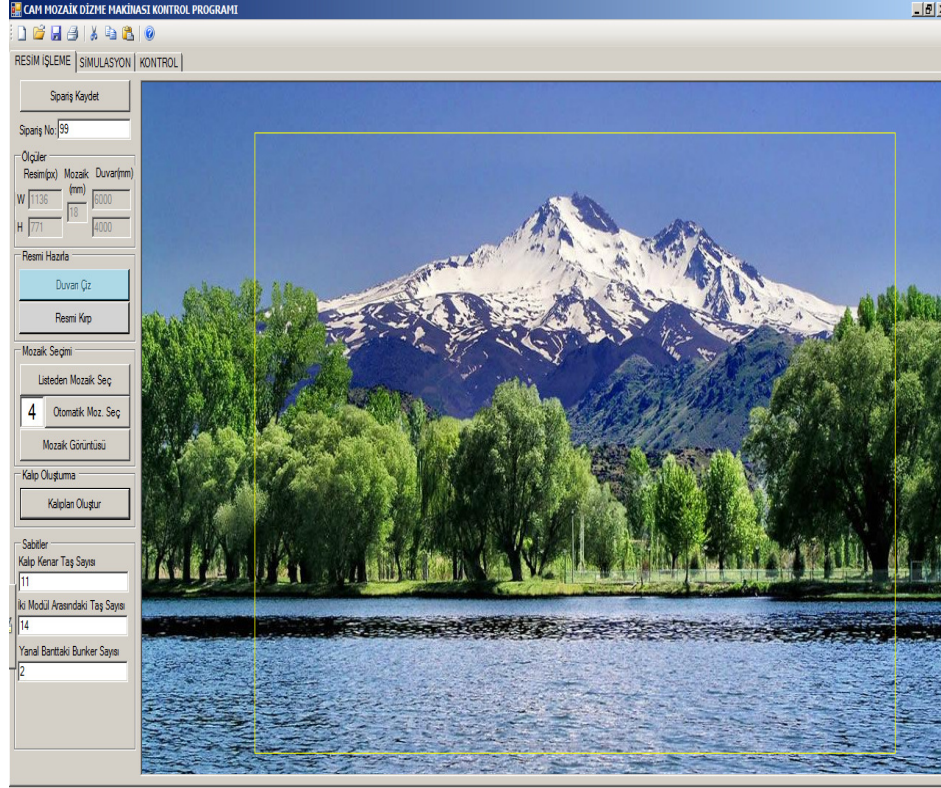
6.1. RESİM İŞLEME BÖLÜMÜ

Geliştirilen makinenin en önemli özelliklerinden birisi, herhangi bir fotoğrafın mozaik kalıplarına dönüştürülebilmesidir. Bu amaçla çekilen dijital fotoğrafın bir takım işlemlerden geçirilmesi gerekmektedir.

6.1.1. Baskı Alanının Seçilmesi

Mozaik kalıplarıyla temsil edilecek bir fotoğrafın, tümünün baskıya girmesi yerine bir kısmının baskıya girmesi talep edilebilir veya resim kenar ölçüleri ile dizilecek olan duvarın ölçüleri orantılı olmayabilir. Böyle bir durumda, duvarın

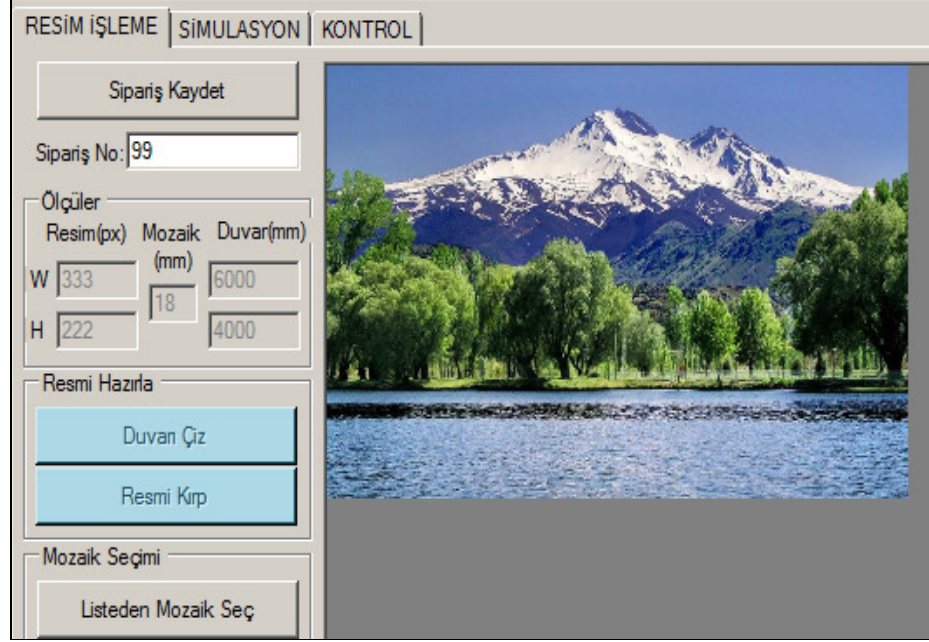
Ölçüleriyle orantılı olarak resmin kırılması gerekir. Bu amaçla programa öncelikle basılacak duvarın ölçüleri girilmektedir. Programın formuna yüklenen resmin üzerine bilgisayarın faresi ile gelinerek, istenilen alan seçilir. Kenarları basılacak duvarla orantılı olan bir dikdörtgen çerçeve kullanılarak resmin istenen kısmının seçilmesi gerçekleştirilmiş olur. Şekil 6.1’de resmin baskıya girmesi istenen bölümünün seçilmesi işlemi gösterilmektedir.



Şekil 6.1. Resmin baskıya girmesi istenen bölümünün seçilmesi.

6.1.2. Resmin Yeniden Boyutlandırılması

Resmin baskıya girecek alanı seçildikten sonra, seçilen alanın en ve boy uzunluğunu belirleyen kenar piksel sayıları ile duvarda mozaik taneleri kullanılarak oluşturulacak resmin kenar mozaik sayıları aynı olmalıdır. Bunu sağlamak için resmin istenen kenar piksel ölçülerine küçültülmesi gerekir. Resmin istenen kenar ölçülerine göre küçültülmüş hali Şekil 6.2’de verilmektedir. Resimdeki her bir piksel, bir mozaik tanesine karşılık gelmektedir.



Şekil 6.2. Resmin kırılıp boyutlarının duvar üzerine döşenecek mozaik taneleri ile aynı sayıda piksellere dönüştürülmesi.

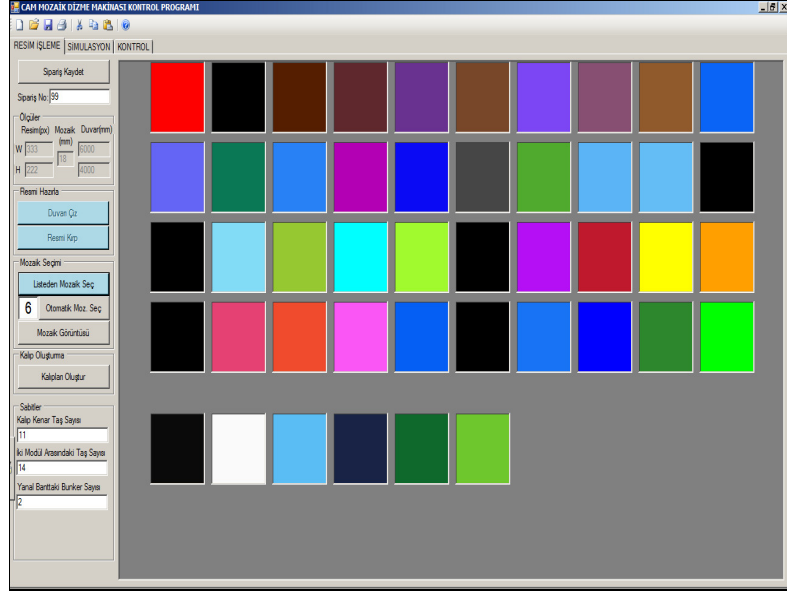
6.1.3. Resmin Mozaik Renklerine Dönüştürülmesi

Resmin üzerindeki renklerin, kullanılması kararlaştırılan mevcut mozaik renklerine dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu amaçla resmin üzerindeki her bir pikselin RGB (Red, Green, Blue-Kırmızı, Yeşil, Mavi) renk kodları okunmakta. Bu renkler baskıya girecek olan mozaik tanelerinin renkleriyle karşılaştırılmakta ve resim üzerindeki tüm renkler, eldeki mevcut mozaik renklerinden en yakın olanlara dönüştürülmektedir. Bu işlem iki şekilde yapılmaktadır.

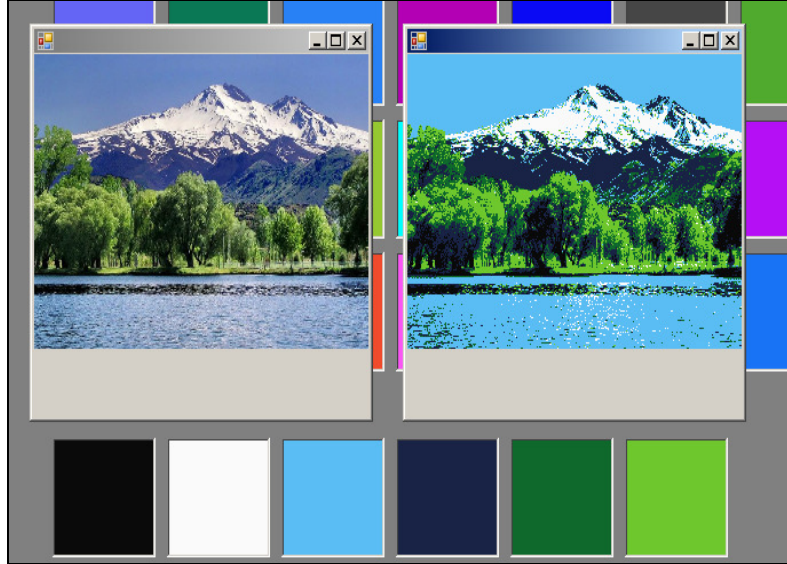
- 1- Kullanılacak mozaikler, kullanıcı tarafından mevcut mozaik renkleri arasından elle seçilebilir.
- 2- Kullanıcı tarafından baskıya girecek renk sayısı programa girildikten sonra, program mevcut mozaikler arasından, en çok kullanılan mozaik renklerini otomatik olarak seçebilmektedir.

Şekil 6.3'de mevcut mozaik renklerinden, kullanılacak olan renkteki mozaik tanelerinin seçilmesi gösterilmektedir. Örnekte mevcut 40 adet rengin arasından 6 adet renk seçilmiştir. Şekil 6.4'de renk seçimlerine göre resmin mozaik renklerine

dönüştürülmüş hali verilmektedir.

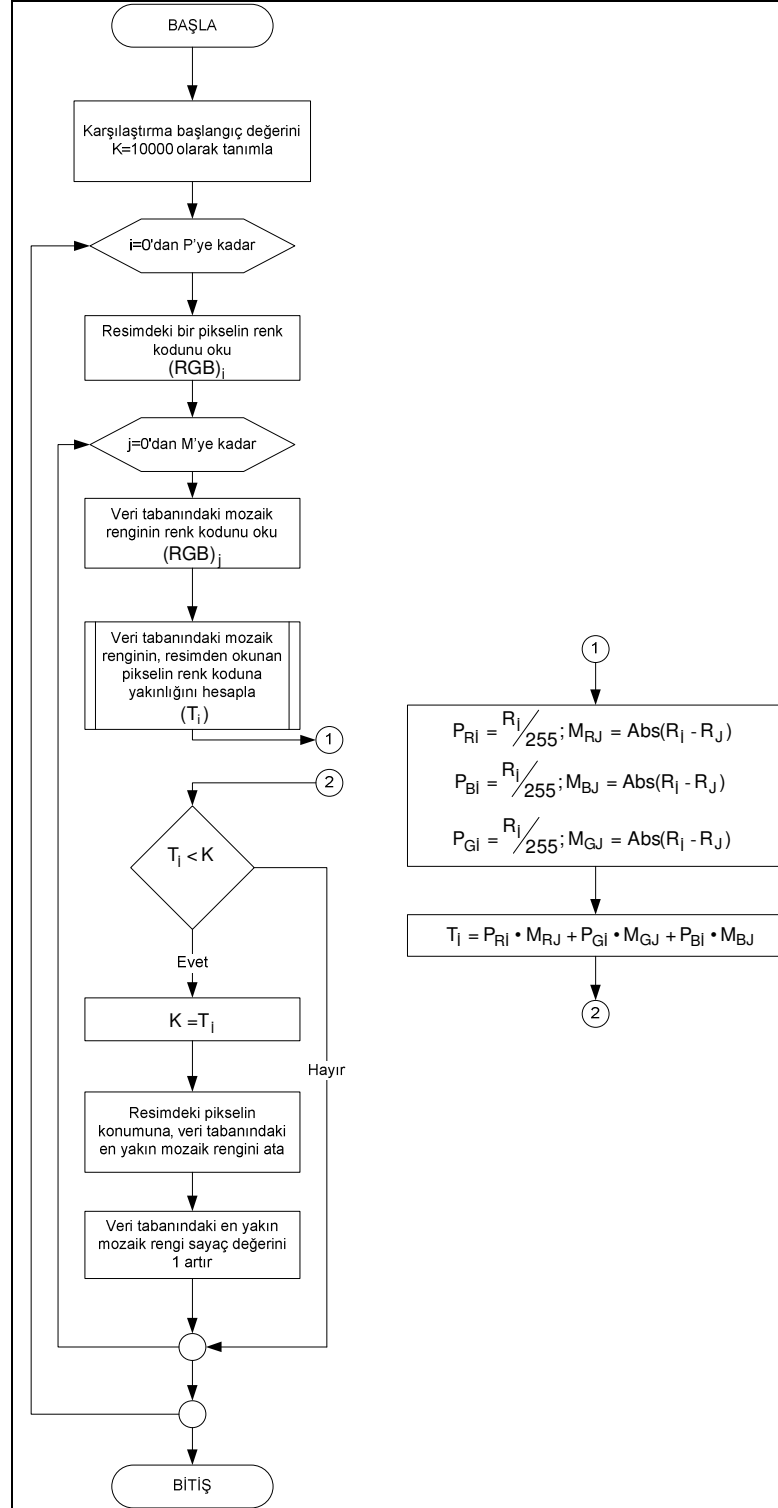


Şekil 6.3. Mevcut mozaik renklerinden, kullanılacak olan renkteki mozaik tanelerinin seçilmesi.



Şekil 6.4. Renk seçimlerine göre resmin mozaik renklerine dönüştürülmesi.

Baskıya girecek olan mozaik renklerinin otomatik olarak seçilmesi durumunda, resimdeki renge en yakın mozaik taşı renginin belirlenmesi için geliştirilen algoritma Şekil 6.5’de verilmektedir.



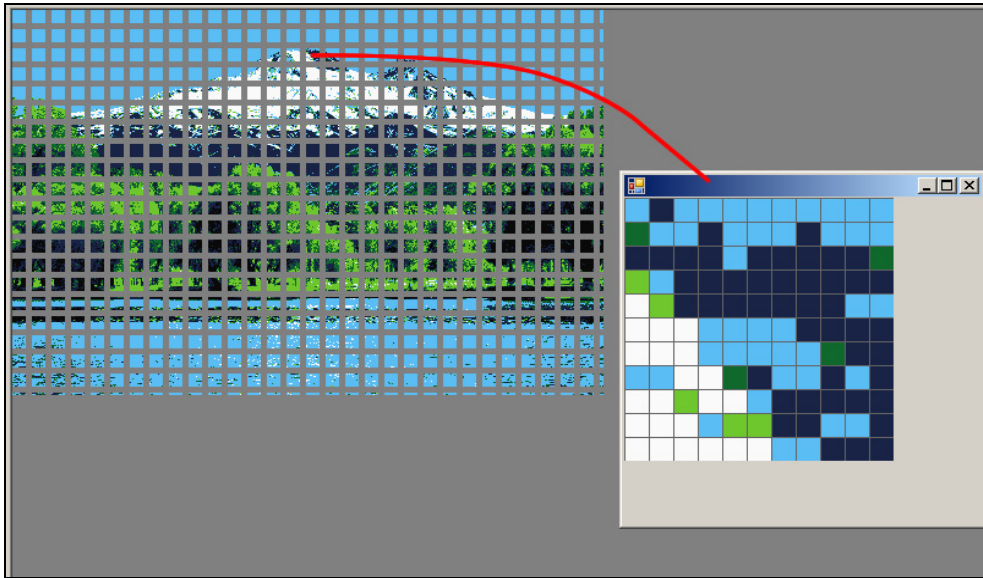
Şekil 6.5. Otomatik en yakın renk belirleme algoritması.

Geliştirilen en yakın renk belirleme algoritmasında, veri tabanındaki mozaik renginin, resmin okunan pikseline olan yakınlığının hesaplanmasında, resimdeki

pikselin RGB (Red, Green, Blue-Kırmızı, Yeşil, Mavi) renk bileşenlerinin her biri için, 0 ile 255 aralığında değişen renk skalasındaki ağırlık oranları (P_{R_i} , P_{G_i} , P_{B_i}) hesaplanır. Sonraki aşamada veri tabanındaki mozaik renginin her bir renk bileşeni ile resimden okunan pikselin her bir renk bileşeninin farkı (M_{R_i} , M_{G_i} , M_{B_i}) hesaplanır. Bu farklar, daha önce belirlenmiş olan renk bileşeni ağırlık oranlarıyla çarpılır ve çarpım sonuçları toplanır. Elde edilen değer (T_i), resimden okunan bir piksel için veri tabanındaki her bir mozaik renge göre hesaplanır. En küçük T_i değerini sağlayan veri tabanındaki mozaik rengi, resimden okunan pikselin rengine en yakın olan renk olarak tespit edilir.

6.1.4. Resmin Kalıplara Bölünmesi

Basılacak her bir kalıbın piksel kenar sayısı ile aynı olacak şekilde resim kalıplara bölünür. Basılan kare şeklindeki kalıpların kenarlarında 11 adet mozaik tanesi bulunmaktadır. Bu nedenle baskıya girecek resim kenar uzunluğu 11 adet pikselden oluşan parçalara ayrılmıştır. Renk dönüşümlerinin gerçekleştirilmesinin ardından oluşturulan 11 satır, 11 sütundan oluşan kalıplar Şekil 6.6'da gösterilmiştir.



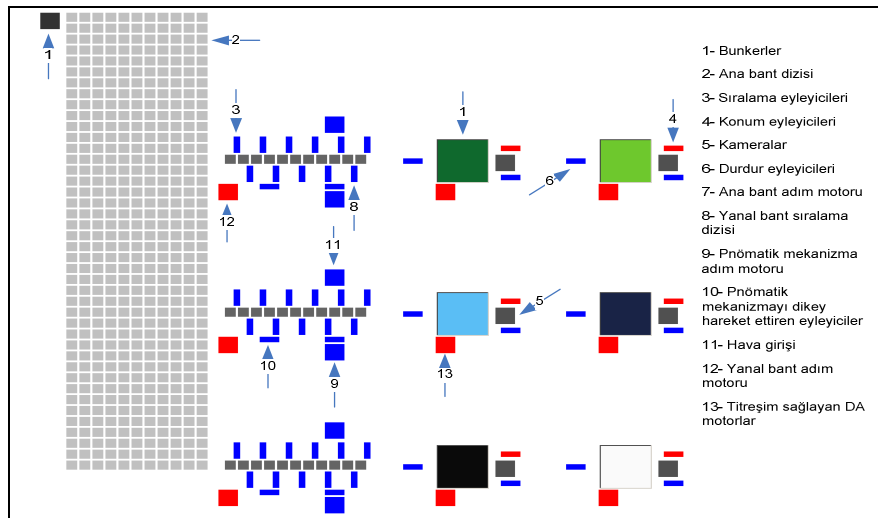
Şekil 6.6. Mozaik renklerine dönüştürülmüş resmin kalıplara bölünmesi ve bir kalıbın detay görünümü.

6.2. SİMÜLASYON MODÜLÜ

Makinenin çalıştırılıp bilgisayar tarafından kontrolüne başlamadan önce, üretimin tüm aşamalarının bilgisayar tarafından bir simülasyonunun yapılması gerekmektedir. Simülasyonun çalıştırılması esnasında zaman istenildiği hızda ölçeklendirilmiştir. Normal zamanın 1/1000 hızında çalıştırılıp simülasyonu yapılarak, kısa sürede üretimin aşamaları test edilmektedir. Simülasyona bağlı olarak, kontrol elemanlarının hangi sıra ve hangi zaman aralığı ile çalıştırılacağına ilişkin bilgisi üretim dosyasına kaydedilmektedir. Daha sonra bu dosya aşağıdaki işlemleri gerçekleştirmek için kullanılmaktadır.

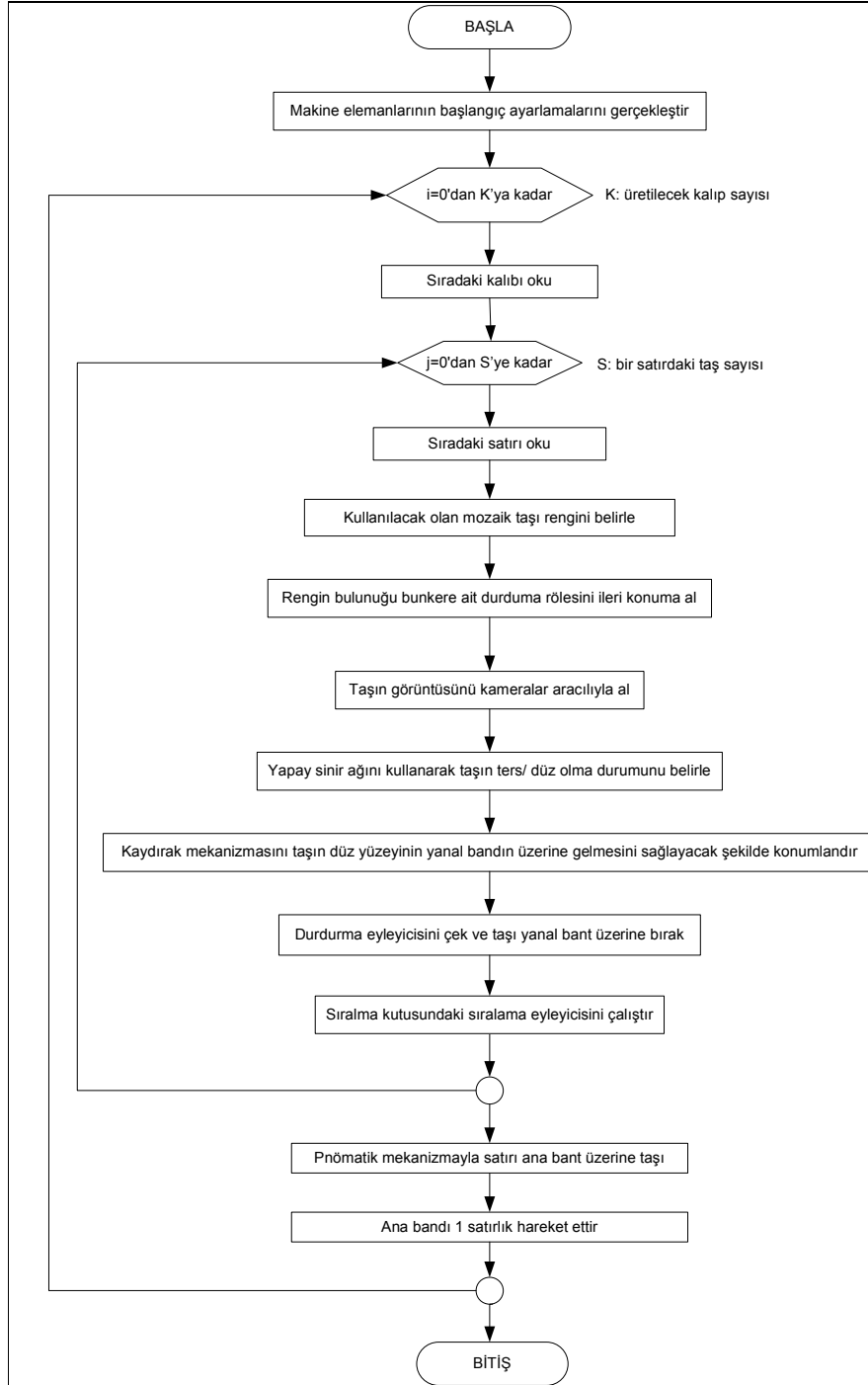
- 1- İstendiği zaman üretimin bir ön izlemesinin yapılması ve üretim zamanının tespit edilmesi.
- 2- Makinenin çalışması esnasında üzerindeki elemanların zamana bağlı olarak kontrolünün gerçekleştirilmesi.
- 3- Üretim esnasında gerçek zamanlı olarak üretim aşamalarının izlenebilmesi.

Üretim dosyasını oluşturabilmek için üretim aşamalarını oluşturan bir algoritma geliştirilmiştir. Üretim dosyası oluşturulurken, simülasyon ekranı üzerinde çalışma aşamaları takip edilebilmektedir.



Şekil 6.7. Makinenin mozaik dizme simülasyonu ve simülasyon işlemi sırasında kontrolü gerçekleştirilen makineye ait kısımlar.

Şekil 6.7’de simülasyon esnasında kontrolü yapılan makinenin bazı kısımları gösterilmektedir. Simülasyon modülünün, makinenin çalışmasını eş zamanlı olarak simüle etmesi için geliştirilen programa ait algoritma Şekil 6.8’de verilmektedir.



Şekil 6.8. Makinenin mozaik dizme simülasyonu program algoritması.

6.3. KONTROL MODÜLÜ

Geliştirilen yazılımda, makinede bulunan adım motorlar, eyleyiciler ve DA motorların tamamının bilgisayardan kontrol edilmesi ve makinenin kaydırak mekanizmasındaki kameradan alınan mozaik taşı görüntüsüne göre ters veya düz olma durumunun yapay sinir ağlarıyla belirlenmesi için yazılım içerisinde bir kontrol modülü oluşturulmuştur. Bu modül, resmin işlenerek mozaik kalıplarına dönüştürülmesinin ardından üretim sürecine giren makinedeki elektronik kartlara kontrol verilerinin iletilmesini sağlamaktadır.

6.3.1. Kontrol Verilerinin USB Haberleşmesi Aracılığıyla Elektronik Devre Kartlarına İletilmesi

Kontrol verilerinin, bilgisayardan mekanizmaları kontrol eden elektronik kartlara aktarılması sürecinde, önceki bölümlerde de değinildiği gibi USB haberleşmesinden yararlanılmıştır. USB haberleşmesinde veri iletimi hızı 480 Mbit/s kadar ulaşabilmektedir [19].

Yazılımda bulunan resim işleme modülü içerisinde, resim bir yandan mozaik kalıplarına dönüştürülürken diğer yandan üretim için gerekli bilgileri içeren üretim dosyası oluşturulur. Bu dosyada belirlenen kontrol zaman dilimleri, kontrol edilecek elemanın çalışma zamanlarını içermektedir. Dosyadan alınan verilerin C# yazılımdan, USB aracılığıyla ana işlemci konumundaki PIC18F4550 mikrodenetleyicisine aktarılması için “mpusbapi.dll” kütüphanesi C# programında çağrılır. Böylelikle USB haberleşmesi için gerekli olan DLL (Dynamic Link Library- Dinamik Link Kütüphanesi) fonksiyonları programa dahil edilmiş olur. Bu fonksiyonlar kullanılarak, verilerin iletilmesinde kullanılan bilgisayar arabelleğine (buffer) kontrol verilerinin yazılmasını veya okunmasını sağlar. Ana işlemci üniteye bilgisayardan gelen verilerin alınabilmesi için, “pic_18usb.h” kütüphanesi ve “usb.c” sınıfı CCS PIC C programlama dilinde yazılan programa dahil edilir [20]. Böylelikle USB arabelleğinde bulunan kontrol verilerinin okunması ve gerekli durumlarda bu arabelleğe kontrol verilerinin yazılması sağlanır. Gerçekleştirilen çalışmada, bilgisayar ve ana işlemci arasında karşılıklı olarak 22 byte'lık veri

kümelere iletimi ile kontrol verilerinin birimler arasında aktarımı sağlanmış olur.

Ana işlemci tarafından alınan kontrol verileri seri olarak yardımcı işlemcilere aktarır. Ana işlemci ve yardımcı işlemci birimler arasındaki seri veri iletiminin sağlanması için, CCS PIC C dilinde “rs232” fonksiyonu kullanılarak seri iletişim kanalının alıcı ve verici pinleri ile veri iletim hızı (baudrate) belirlenir. Seri olarak haberleşen birimler arasındaki veri iletim hızı aynı olmalıdır [20].

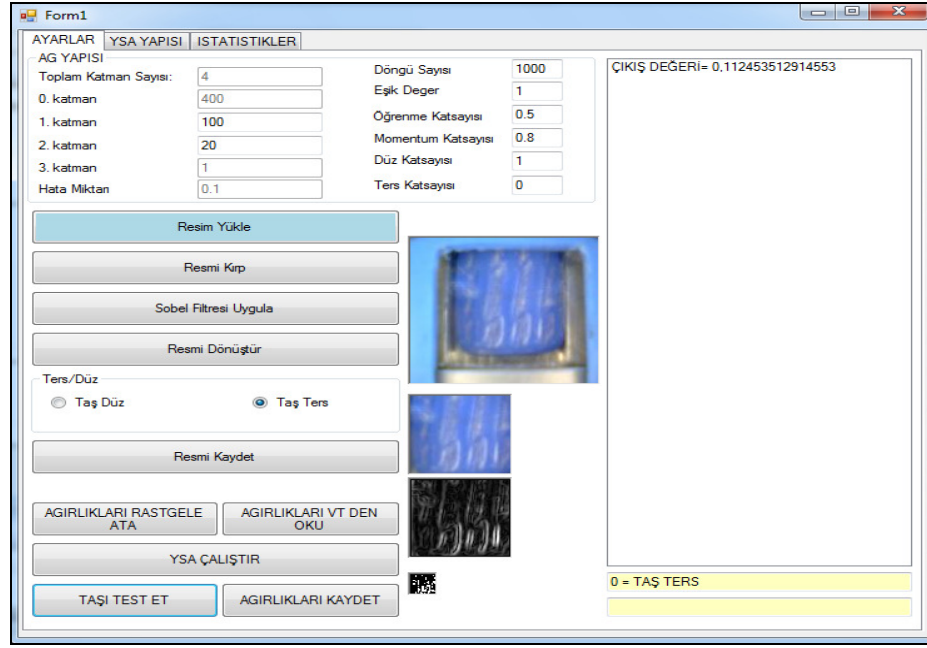
Üretim devam ederken çalıştırılan ve durdurulan sistemler eş zamanlı olarak simülasyon ekranı üzerinden takip edilebilmektedir.

6.3.2. Mozaik Taşlarının Ters ve Düz Yönlerinin Yapay Sinir Ağları İle Algılanması

Yapay zeka tekniklerinin hızla gelişimi ile birlikte endüstriyel görüntü işleme uygulamalarında yeni çalışma alanları ortaya çıkmıştır. Bu çalışma alanlarında, yapay zeka tekniklerinden biri olan yapay sinir ağlarını içeren görüntü işleme sistemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Yapay sinir ağları kullanılarak gerçekleştirilen görüntü tanıma uygulamaları, %93 ile %99 aralığında doğrulukla kesin sonuçlar vermektedir [21-24].

Makinenin çalışması esnasında, yanıl bantın üzerine bunkerden düşen taşlar, ters veya düz konumlu olarak rastgele düşmektedir. Normalde taşların bant üzerine düşerken kağıda yapışacak yüzeyin (düz parlak yüzey) altta, pürüzlü mat yüzeyin (bu yüzey inşaat uygulamasında duvara yapıştırma esnasında sıvanın içine girmektedir) ise üste gelmesi gerekmektedir. Taşların istenilen şekilde bant üzerine bırakılabilmesi için ters ve düz yönlerinin kontrol edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla, kaydırak mekanizmasının üst kısmında (kontrol kanalı içerisinde) kapalı bir kutu içerisinde bulunan, kendinden aydınlatmalı bir kamera ile taşların görüntüsü alınarak ölçüleri 80x80 piksel boyutlarına düşürülmektedir. Elde edilen görüntü, bir kenar algılama algoritması olan sobel filtresinden geçirilerek taşın parlak ve mat yüzeyinin ana hatları ortaya çıkarılır. Yazılımla, filtrelenmiş görüntünün 20x20 piksel ölçülerindeki bir parçası alınarak siyah ve beyaz renklere dönüştürülür. Daha

sonra renk bilgileri yapay sinir ağına uygulanarak taşın ters veya düz olma durumu belirlenir. Şekil 6.9’da kameradan görüntüsü alınan mozaik taşının yüzeyinin belirlenmesi işlemi için yapay sinir ağını eğitmeye ve ağı eğitimi sonucunda elde edilen ağırlık değerlerini veri tabanına kaydetmeye olanak sağlayan yazılıma ait ara yüz verilmektedir.

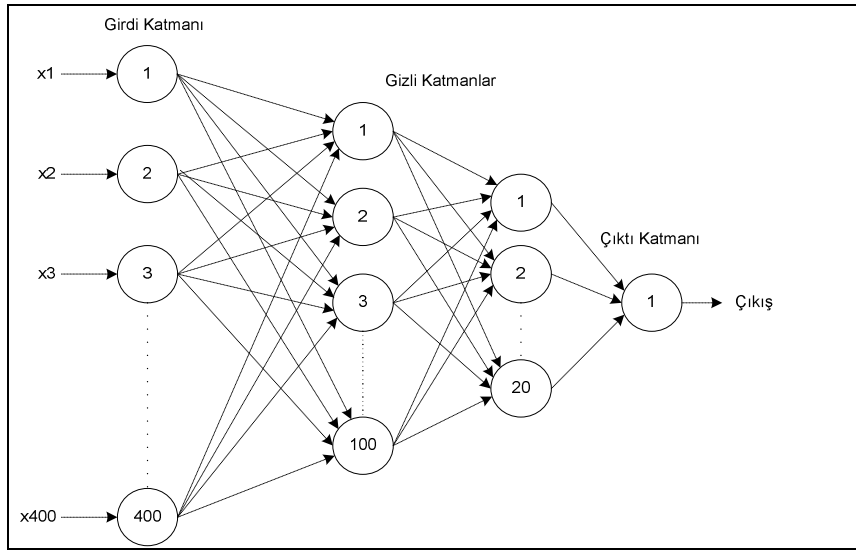


Şekil 6.9. Mozaik taşlarının ters veya düz yüzeylerinin yapay sinir ağı aracılığıyla belirlenmesi amacıyla geliştirilen yazılıma ait ara yüz.

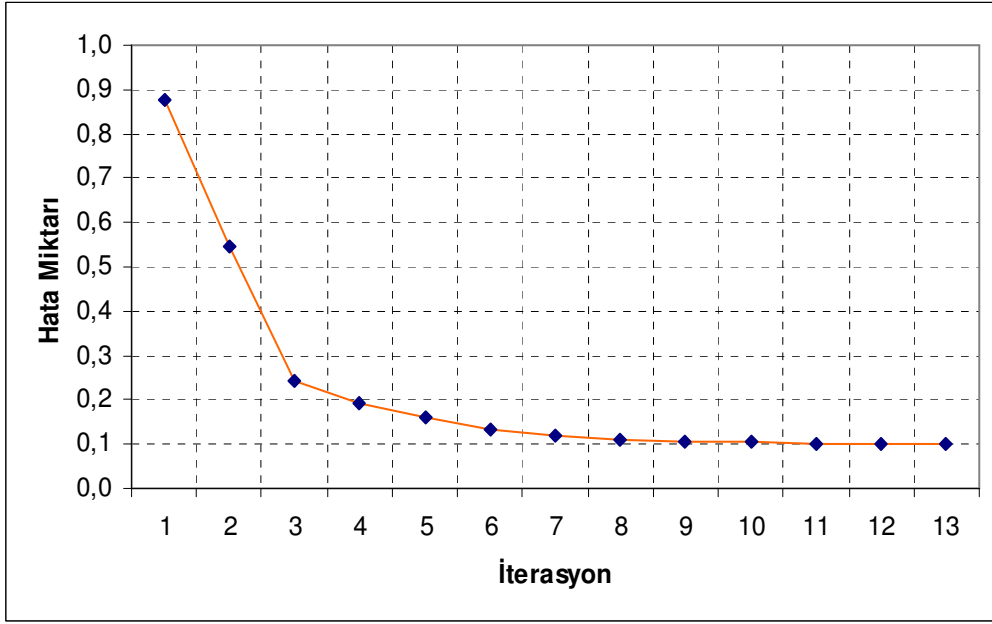
Gerçekleştirilen çalışmada ileri beslemeli sinir ağı kullanılmaktadır. Yapay sinir ağı kullanılarak gerçekleştirilen görüntü tanıma çalışmalarının %85’inde ileri beslemeli sinir ağları tercih edilmiştir [22-27]. İleri beslemeli sinir ağının hesapsal kolaylığı ve kolayca eğitilebilmesi büyük avantaj sağlamaktadır. İleri beslemeli sinir ağına kullanılacak gizli katman sayısı ve her gizli katmandaki kaç nöron olacağı probleme göre farklılık göstermektedir. İleri beslemeli sinir ağı tasarımında birden fazla gizli katman kullanmak iyi sonuçlar vermemektedir. Ancak öğrenme süresinin çok uzun olması durumunda gizli katman sayısı artırılmalıdır. Tasarlanan ağı yapısında 2 gizli katman bulunmaktadır. Bu gizli katmanlarda kullanılacak nöron sayısının bulunması formülize edilmiştir. Üç Katmanlı ileri beslemeli bir sinir ağına m çıkış nöron sayısı, n giriş nöron sayısı ise gizli katmandaki nöron sayısı (GKNS); $GKNS = \sqrt{m \cdot n}$ ’dir. Eğer gizli katman sayısı iki ise birinci gizli katmandaki nöron

sayısı $GKNS1=mr^2$ eşitliğinden bulunur. İkinci gizli katmandaki nöron sayısı ise $GKNS2=mr'$ 'dir. Buradaki r değeri; $r = \sqrt[3]{n/m}$ eşitliğinden elde edilir [28-29]. Kullanılan ağın giriş nöron sayısı 400, çıkış nöron sayısı 1 ve gizli katman sayısı iki olduğundan birinci gizli katmandaki nöron sayısı 100 ikinci gizli katmandaki nöron sayısı 20 olarak seçilmektedir. Ağın girişine uygulanan parametreler -1 veya 1 değerlerine sahip parametrelerdir. Bu parametreler pikselin siyah veya beyaz olma durumuna göre belirlenir. Şekil 6.10'da taşların ters veya düz olma durumlarının belirlenmesi için kullanılan ileri beslemeli sinir ağının yapısı verilmektedir.

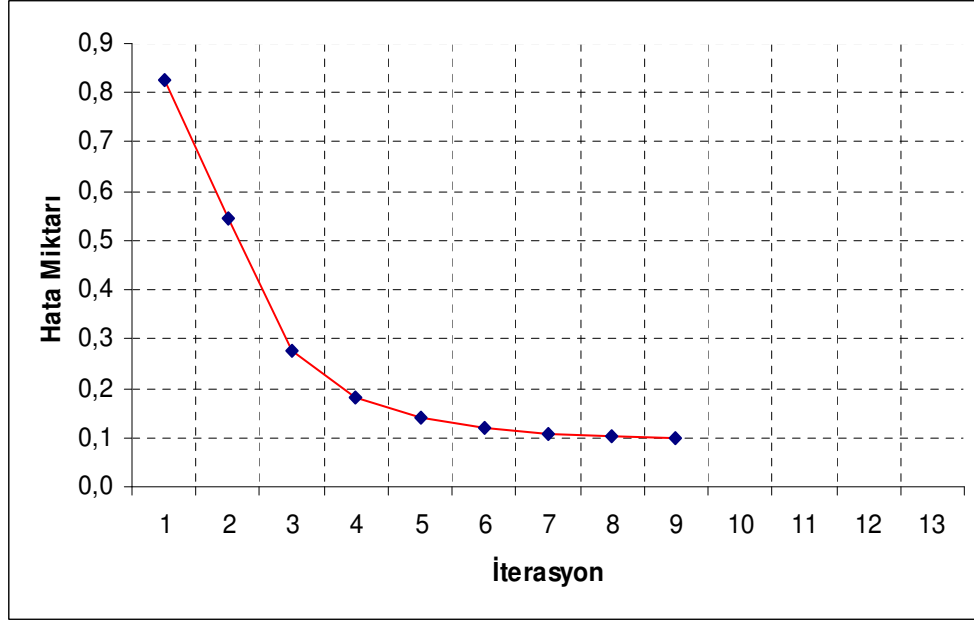
Ağın eğitiminde veri seti olarak 100 adet mozaik taşına ait ters ve düz yüzey görüntüleri kullanılmıştır. Ağırlık değerlerinin belirlenmesinde, en yaygın kullanılan öğrenme algoritması olan geri yayılım (back propagation) algoritmasından yararlanılmıştır. Rastgele ağırlık değerleri atanan ağa, mozaik taşının düz ve ters yüzeyinin tanıtılması sürecinde elde edilen hata değişim grafikleri sırasıyla Şekil 6.11 ve Şekil 6.12'de verilmektedir. 100 adet mozaik taşına ait ters ve düz yüzey görüntülerinden elde edilen veri setiyle ağın eğitiminin ardından, eğitim verileri için ağın başarımlı oranı %97 olarak belirlenmiştir. Ağın eğitiminde kullanılmayan 20 adet mozaik taşına ait, ters ve düz yüzey görüntülerinden oluşan test amaçlı veri setiyle ileri beslemeli sinir ağının testinin gerçekleştirildiği durumda ise, %90 başarıyla mozaik taşlarının yüzeyleri tespit edilmiştir.



Şekil 6.10. İleri beslemeli sinir ağının yapısı.



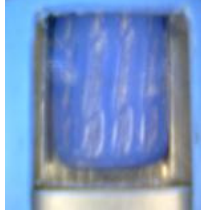
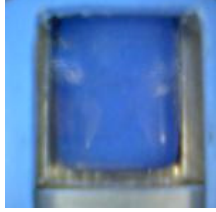



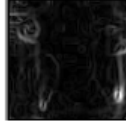




Şekil 6.11. Yapay sinir ağına taşın düz yüzeyinin tanıtılmasına ait hata grafiği.



Şekil 6.12. Yapay sinir ağına taşın ters yüzeyinin tanıtılmasına ait hata grafiği.

Çizelge 6.1’de kamera ile görüntüsü alınan taşların YSA(Yapay Sinir Ağı) ile ters/düz kontrolünün yapılması için gerekli olan görüntü işleme aşamaları verilmektedir.

Çizelge 6.1. Kamera ile görüntüsü alınan taşların YSA ile ters/düz kontrolünün yapılması için görüntünün işlendiği aşamaları.

Pürüzlü mat yüzey	Parlak Düz yüzey	Uygulanan işlem
		2,5 cm mesafeden Kamera ile alınan gerçek görüntü (150x150 piksel).
		Resim merkezinden ortalı olarak kırılmış resimler (80x80 piksel).
		Resmin sobel filtresinden geçirilmesiyle elde edilen görüntü (80x80 piksel).
		Resimlerin işlenecek 20x20 piksel boyutlarına küçültülmesi.
		Küçültülen resmin siyah ve beyaz alanlara dönüştürülmüş gerçek boyutlardaki görünümü (20x20 piksel).

YSA'nın girdi katmanına 400 tane piksele ait renk bilgisi, 0 beyazı, 1 siyahı temsil edecek şekilde verilmektedir. Bu girdiler iki ayrı ara katmandan geçirilerek çıktı katmanına uygulanmakta ve çıktı katmanından alınan değere göre taş ters veya düz konumda olduğu kodlanmaktadır. Bu kodlanan bilgi doğrultusunda makinenin kaydırak mekanizmasında bulunan konum belirleme eyleyicileri hareket ettirilerek kaydırığın konumu ayarlanmaktadır.

YSA ile taşın ters veya düz olma durumu belirlendikten sonra, yanal bant üzerine taşların ters yüzeyinin yukarı gelecek şekilde bırakılması gerekmektedir. Bu amaçla geliştirilen kaydırak sistemi iki adet eyleyici ile kontrol edilmektedir. Taşın

durumuna bağlı olarak kaydırak 3 konumdan birinde tutulmaktadır. Bunlar ileri, nötr, geri konumlarıdır. Üç konumu en az sayıda eyleyici ile kontrol edebilmek için kaydırak mekanizması geliştirilmiştir. Ayrıca kaydırak üzerindeki ilk taş bırakılırken üstteki diğer taşların düşmesini engellemek için bir adet durdurucu eyleyici mekanizmaya eklenmiştir.

Geliştirilen mozaik dizme makinesinde iki adet bunker sistemi bulunduğundan, makinede iki kaydırak mekanizması ve bu kaydırak mekanizmalarında da iki adet kamera bulunmaktadır. Bu nedenle yazılımın kontrol modülünde iki ayrı kameradan alınan görüntüler YSA'ya uygulanarak, taşların ters ve düz olma durumları belirlenmektedir.

BÖLÜM 7

SONUÇLAR

Geliştirilen otomatik mozaik dizme makinesi, firmalarda elle yapılan birçok işlemi otomatik hale getirmiştir. Ayrıca daha önceki yapılan uygulamalardan farklı olarak birçok yenilik ortaya koymuştur. Bu işlemler aşağıda maddeler halinde sunulmuştur.

- 1- Resmin işlenecek kısmının belirlenmesi, kullanılacak mozaik renklerine karar verme, mozaik görüntülü resmin oluşturulması gibi tüm yazılımsal işlemler otomatik yapılmaktadır.
- 2- Mozaiklerin bunkerlerden alınıp sıraya dizilmesi, ana bant üzerinde yapışkanlığı kağıda konulması ve kalıpların oluşturulması işlemleri otomatik yapılmaktadır.
- 3- Kalıpların üretim sistemi, sürekli olarak, yanal bant ve ana bant sistemi kullanılarak yapılmaktadır. Yanal bant sistemi modüler hale getirilip, istenilen renk sayısına ve üretim hızına bağlı olarak artırılabilir. Üretim hızı istenen seviyeye artırıldığında makinenin ticari anlamı yükselecektir.
- 4- Ticari olarak üretilen birçok makine karmaşık düzensiz renkte kalıpları üretmesine rağmen, geliştirilen makinede istenen bir fotoğraf veya deseni farklı iki renkte üretilen durumdadır.

Başlangıç olarak iki farklı renkte üretim yapabilme özelliğine ve tek yanal banda sahip bir makine geliştirildiğinden bir kalıbın oluşturulması için geçen süre üretim esnasında ayarlanabilir olmaktadır. Bu sürenin belirlenmesinde yanal banttaki adım motorun devri, taşın kaydırdıktan mekanizmasından banda bırakılma zamanı, pnömomatik mekanizmanın taşları vakumlayarak ana bant üzerine iletme zamanı ve ana bandın motor devri etkin unsurlardır. Geliştirilen makinenin, bir kalıbı üretmesi esnasında öncelikli olarak makinenin başlangıç ayarlarının yapılması gerekmektedir. Makinenin başlangıç ayarlamalarının yapılması aşamasında geçen süre 40 saniyedir.

Bu aşamada elektriksel eyleciler ve pnömatik mekanizma başlangıç konumlarını almaktadır. Başlangıç ayarlamalarının yapılmasının ardından, 11 adet mozaik taşından oluşan satırın, sıralama kutusu üzerinde dizilmesi aşamasına geçilmektedir. Makinenin sıralama kutusu üzerinde, bir satırın dizilmesi sırasında geçen süre 2 dakika 42 saniyedir. Mozaik taşlarının sıralama kutusunda sıralanmasının ardından pnömatik mekanizmanın taşları ana bant üzerine taşıması aşamasına geçilmektedir. Pnömatik mekanizma tarafından, taşların sıralama kutusu üzerinden alınarak ana bant üzerine taşınması işlemi sırasında geçen süre 34 saniyedir. Sonuç olarak, makinenin 11 satır ve 11 sütundan oluşan bir kalıbı oluşturması sırasında geçen toplam süre, öncesinde başlangıç ayarlamalarının yapıldığı ilk kalıp için 36 dakika 18 saniye, sonraki kalıplar için 35 dakika 38 saniyedir. Kalıpların üretilmesi sırasında geçen sürenin uzun olmasının yanı sıra makine bazı konularda sınırlı kalmaktadır. Bu konular geliştirmeye açık olup, yapılabilecek geleceğe yönelik çalışmalarla birlikte şu şekilde özetlenebilir;

- 1- Makinede kullanılan taşların büyüklükleri ve şekilleri sabittir. Burada kullanılan taşlar 17 mm'lik kare taşlardır. Farklı büyüklükte taşları kullanabilmek için makinenin tasarım ölçülerinin değiştirilmesi gerekmektedir. Kullanılan yanal bant makinenin daha geniş bir alana yayılmasına neden olmaktadır. Burada kullanılan sistemlerin (bunker, kaydırak ve pnömatik mekanizmaları), ana bant üzerine uygun bir tasarımla geliştirilerek alınması hem makinenin daha az yer kaplamasına, hem de görünüm ve kullanımının daha efektif hale gelmesine neden olacaktır.
- 2- Bu konuda yapılacak sonraki çalışmalara ışık tutması için bu makineden farklı olarak, taşları profesyonel pnömatik mekanizmalar ile bant üzerine dizen çeşitli sistemler geliştirilebilir.
- 3- Makinenin modül sayısı, renk çeşitliliği ve farklı boyutlardaki mozaik taşlarıyla çalışma uygunluğu artırılarak, mozaik kalıpları üretimi gerçekleştiren firmalardaki ortalama günlük üretim miktarı olan 1000 m²'lik mozaik kalıbı üretimi hedefine ulaşılabilecektir.

KAYNAKLAR

1. Dierks, L., “Making mosaic: design, techniques and projects”, *Sterling Publishing Company*, New York, USA, 8-16 (1997).
2. Spagnolo S., Ambrosini D. and Paoletti D., “An NDT electro-optic system for mosaics investigations”, *J. Cultur Investigations*, 4: 369-376 (2003).
3. Galli A., Martini M., Montanari C. and Sibilila E., “Thermally and optically stimulated luminescence of early medieval blue-green glass mosaic”, *Radiat. Meas.*, 38: 799-803 (2004).
4. Oral A. and Inal, E.P., “Marble mosaic tiling automation with a four degrees freedom of Cartesian robot”, *Robotic and Computer-Integrated Manufacturing, Elsevier Inc.*, 25: 589-596 (2009).
5. İnal E.P. ve Oral, A., “Robot ile mozaik dizme otomasyonu”, Yüksek Lisans Tezi, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Balıkesir, Türkiye, 50-54 (2006).
6. Oral A. and Erzincanlı F., “Computer-assisted robotic tiling of mosaics”, *Robotica*, 22: 235-239 (2004).
7. Oral, A., “Patterning automation of square mosaics using computer assisted of SCARA robot”, *Robotica*, 1-7 (2009).
8. Kaya, B., Berkay A. and Erzincanlı F., “Robot assisted tiling of glass mosaics with image processing”, *Industrial Robot: An International Journal, Emerald Inc.*, 32: 388-392 (2005).
9. Navon R., “Process and quality control with a video camera, for a floor-tilling robot”, *Automation in Construction, Elsevier Inc.*, 10: 113-125 (2000).
10. Internet: Andemento Inc. “Tilemyzer Productivity Through Automation” <http://www.tilemyzer.com/demo.html> (2011)
11. Demir, B. E. ve Çayiroğlu İ., “Bilgisayar destekli tam otomatik mozaik dizme makinesinin tasarımı ve imalatı”, *Uluslararası Bilim Ve Teknoloji Konferansı, ISTEK 2010*, Kıbrıs, 1: 173-180 (2010).
12. İnternet: Oriental Motor USA Corp. “Motor Applications” <http://www.orientalmotor.com/applications/conveyor-belt.html> (2011).

13. Tekiner Z. ve Korkut İ., “Bilgisayar destekli pnömatik devre tasarımı”, Turk J. Engin. Environ Sci, **TÜBİTAK**, 25: 31-38 (2001).
14. İnternet: Festo Inc. “Vacuum Technology”
http://www.festo.com/cat/tr_tr/data/PDF/EN/VN_EN.PDF (2010).
15. İnternet: Festo Inc. “Pneumatic Connection Technology”
http://www.festo.com/cat/tr_tr/data/PDF/EN/ES_EN.PDF (2010).
16. İnternet: Delta Electronics Inc. “Programmable Logic Controller”
http://www.delta.com.tw/product/em/control/plc/controlplc_main.asp
(2010).
17. İnternet: Siemens Inc. “Totally Integrated Automation For Productivity”
<http://www.siemens.com/entry/cc/en/> (2010).
18. Çiçek S., “CCS C ile PIC programlama”, *Altaş Yayıncılık*, İstanbul, 15-33 (2007).
19. Boylestad, R. ve Nashelsky L., “Elektronik elemanlar ve devre teorisi”, *M.E.B.*, Ankara, 268-277 (1994).
20. Axelson J., “USB complete: the developers guide”, *Lakeview Research*, 110-120 (2009).
21. İnternet: CCS Türkiye Portal Ve Destek “CCS C İle PIC Programlama”
<http://ccspic.com/ccs-c-dersleri/ccs-c-dersleriseri-port-kullanimi.html>
(2010).
22. Carpenter G., “Neural network models for pattern recognition and associative memory”, *Elsevier Inc*, 2: 243-257 (1989).
23. Duranton, M., “Image processing by neural network”, *IEEE Computer Society*, 16: 12-19 (1996).
24. Jain, A. K., Jianchang M. and Mohiuddin, K. M.; “Artificial neural networks: a tutorial”, *IEEE Computer Society*, 29: 31-44 (1996).
25. Egmont Petersen, M., de Ridder, D. and Handels, H., “Image processing with neural networks-a review”, *Elsevier Inc.*, 35: 2279-2301 (2002).
26. Ahmadi F., Zoj V., Ebadi H. and Moktharzade M., “The application of neural networks image processing, and CAD based facilities in automatic road extraction and vectorization from high resolution satellite images”, *The International Archives Of the Photogrammetry, Remote Sensing And Spatial Information Sciences*, 37: 585-591 (2008).

27. Mkhtarian, H. and Kamaya H., “Artificial intelligence, image processing and pattern recognition on Webost”, Master Thesis, *Hachinobe National College Of Techonology*, Tokyo, Japan, 55-74 (2008).
28. Masters, T., “Practical Neural Network Recipes in C++”, *Morgan Kaufmann*, 1: 77-116 (1993).
29. Bayır, R., “Yapay zeka teknikleri kullanılarak marş motorlarında hata teşhisi”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-55 (2005).

ÖZGEÇMİŞ

Batıkan Erdem DEMİR 1986 yılında Ankara’da doğdu; ilk ve orta öğrenimini aynı şehirde tamamladı. Yıldırım Beyazıt Anadolu Teknik Lisesi Telekomünikasyon Bölümü’nden mezun oldu. 2003 yılında Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Bölümü’nde lisans öğrenime başlayıp 2008 yılında bölüm birinciliği ile mezun oldu. Aynı yıl Karabük Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Bölümü Elektronik Anabilim Dalı’nda araştırma görevlisi olarak göreve başladı. 2009 yılında Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalı’nda yüksek lisans öğrenimine başladı. Halen Karabük Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Bölümü’nde araştırma görevlisi olarak görev yapmakta ve lisansüstü eğitimine devam etmektedir.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : Karabük Üniversitesi
Teknik Eğitim Fakültesi
Balıklarkayası Mevkii / KARABÜK
Tel : (0370) 4338200–2385
E-posta : edemir@karabuk.edu.tr