

T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PATOLOJİ LABORATUVARLARI İÇİN SES KONTROLLÜ VE LAZER
BAŞLIKLİ TÖMLEŐİK LAM YAZICI GELİŞTİRİLMESİ**

Ferhat TOSLAK

YÖKSEK LİSANS TEZİ
BİLGİSAYAR MÖHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Mayıs 2019

Tezin Başlığı: Patoloji Laboratuvarları İçin Ses Kontrollü ve Lazer Başlıklı Tümeşik Lam Yazıcı Geliştirilmesi.

Tezi Hazırlayan: Ferhat TOSLAK

Sınav Tarihi: 30.05.2019

Yukarıda adı geçen tez jürimizce değerlendirilerek Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Sınav Jüri Üyeleri

Tez Danışmanı: **Dr. Öğr. Üyesi A. Fatih KOCAMAZ**
İnönü Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi A. Erhan AKKAYA
İnönü Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Ömer Faruk ALÇİN
Bingöl Üniversitesi

Prof. Dr. Halil İbrahim ADIGÜZEL

Enstitü Müdürü

ONUR SÖZÜ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “*Patoloji Laboratuvarları İçin Ses Kontrollü ve Lazer Başlıklı Tümleşik Lam Yazıcı Geliştirilmesi.*” başlıklı bu çalışmanın bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın tarafımdan yazıldığını ve yararlandığım bütün kaynakların hem metin içinde hem de kaynakça yöntemine uygun biçimde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

Ferhat TOSLAK



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

PATOLOJİ LABORATUVARLARI İÇİN SES KONTROLLÜ VE LAZER BAŞLIKLİ TÜMLEŞİK LAM YAZICI GELİŞTİRİLMESİ

Ferhat TOSLAK

İnönü Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

75+xi sayfa

2019

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi A. Fatih KOCAMAZ

Patoloji laboratuvarlarında hastalardan alınan dokular bazı işlemlerden geçtikten sonra lam üzerine alınarak mikroskopta incelenir. Lamın kod alanına protokol numarası, teknik kısaltmalar ve tarih gibi bilgileri içeren kodlar yazılmaktadır. Bu kodun doğru yazılıp doğru okunması ve kalıcı olması hasta güvenliği açısından çok önemlidir.

Laboratuvarlarda kodlama işi el yazısı ile kurşun kalem kullanılarak ya da lam yazıcı cihazlarla gerçekleştirilmektedir. El yazısı yönteminde silinebilme ve kişisel okuma-yazma farklılıkları nedeniyle hatalar meydana gelebilmektedir. Hataları en aza indirmek için lam yazıcı cihazlar kullanılmaktadır. Fakat bu lam yazıcı cihazları yüksek maliyetli, düşük kapasiteli, hantal ve sarf kullanım giderlerinin yüksek olması nedeniyle pek tercih edilmemektedir. Bu yazıcıların ara yüz yazılımları da esnek olmamakla birlikte istenilen yeterlilikte değildir. Piyasadaki lam yazıcıların tümünün ithal olması ayrıca bir dezavantajdır. Bu tez çalışmasında İnönü Üniversitesi TÖTM (Turgut Özal Tıp Merkezi) patoloji laboratuvarında görevli akademisyen ve patoloğların talebi ile bu durumlar göz önüne alınarak ses kontrollü ve lazerli bir lam yazıcı yazılım ve donanımı geliştirilmiştir. Bu yönüyle tez TÖTM patoloji laboratuvarı birlikteliği ile geliştirilmiş bir mühendislik çalışmasıdır.

Saha çalışmaları ile var olan lam yazıcıdan çıktı alınabilmesi için patoloğun operasyonu bırakarak bilgisayar ile temas etmek zorunda olduğu gözlemlenmiştir. Bu nedenle patoloğun operasyonu durdurulmaması ve elini bilgisayara sürerek hijyen kurallarını ihmal etmemesi için ara yüz yazılımına konuşma tanıma özelliği eklenmiştir.

Ara yüz yazılımının arka planına geçmiş işlemleri tutan bir veri tabanı, data matris üretme ve G kod oluşturma algoritmaları da eklenmiştir. Veri tabanı sayesinde geçmiş verilere erişim ve filtreleme seçenekleri getirilmiştir. Yapılan gözlemlerde TÖTM’de kullanılan lam yazıcıların veriyi sadece lam üzerine karakter olarak kodlayabildiği fakat dijital bir formatta (barkod vb.) kodlayamadığı görülmüştür. Laboratuvar yetkilileri tarafından geliştirilen

sistemde lamların tekrar hızlı bir şekilde bulunabilmesi için bu özelliğin eklenmesi istenmiştir. Lam yazıcı geliştirilmesi aşamasında yapılan mühendislik çalışmaları sırasında lam üzerine yazılan veriyi farklı formatlarda dijitalleştirme denemeleri (barkod, kare kod vb.) yapılmıştır. Denemelerde hız ve kodlama yapılacak alanın küçüklüğü göz önüne alınarak en uygun formatın data matris olduğu tespit edilmiştir.

Hali hazırda var olan sistemlerin yazdırma kafalarının farklı çeşitlerde olduğu görülmüştür. Bunlardan biri, bir freze ucunun lam yüzeyini kazıması ve talaş kaldırması ile yapılmasıdır. Bu yöntemde sadece karakter işlenebilmekte grafik çalışmaları (barkod, logo vb.) yapılamamaktadır. Ayrıca talaş kaldırması da istenmeyen bir durumdur. Bununla birlikte belli dönemlerde freze ucu değiştirilmesi gerekmektedir. Bir başka yöntem ise mürekkep püskürtme yöntemidir. Fakat lam, laboratuvar süreçlerinde birçok çözücü kimyasallara girmesi nedeni ile mürekkebi söken ve okunmayı etkileyen hatalara neden olabilmektedir. Tez kapsamında geliştirilen sistemde bu dezavantajları gidermek için lazer yazıcı kafası kullanılması hedeflenmiştir. Lazer yazma başlığı kullanılması sayesinde en ucuz lama da kodlama yapabilmesi ve cihaz sarf giderinin çok az olması nedeniyle benzerlerinden ayrılmaktadır. Sesli kontrol özelliği sayesinde kullanıcı kablosuz bir mikrofon ile iş akışını kesmeden ve yazıcı ile fiziksel bir temas kurmadan lam yazdırabilmektedir. Cihazın en ucuz lamı da kullanabilmesi ile lam sarf giderinde %71.25 oranında bir azalma gerçekleştirilebilmektedir. Ayrıca diğer cihazlarda kullanılan mürekkep ve ribon gibi cihaz sarf gideri olmadığı için geliştirilen sistem çok büyük ekonomik avantajlar sağlamaktadır.

Yazdırma alanının formatı yazılım üzerinde kullanıcı tarafından belirlenir. Bu formata uygun olarak, geliştirilen yazılım, karakter ve data matrisi uygun bir algoritma ile G koduna dönüştürür. Oluşturulan G kodların gömülü sisteme gönderilmesi ile yazdırma işlemi başlatılır. Besleme ünitesinden lamlar yazdırma alanına getirilir. Daha sonra lazer modülün gereken yerlerde açılıp kapatılmasıyla ve mekanik sistemin X-Y koordinatlarında hareket ettirilmesi ile kodlar lam üzerine yazdırılır. İşlem tamamlandıktan sonra yazdırılan lam tahliye ünitesine alınarak yazdırma işlemi sonlandırılır.

Var olan sistemlerin bir diğer dezavantajı ise; her bir lam yazıcısının kontrolü için mutlaka bir bilgisayara bağlı olma zorunluluğudur. Bu durum yatırım maliyetini ciddi oranda arttırmaktadır. Tez kapsamında geliştirilen lam yazıcı cihazında bilgisayar ihtiyacı bütünleşik platform ile sağlanarak makinenin içine yerleştirilmiştir. Böylece lam yazıcı harici bir bilgisayara ihtiyaç duymadan çalışabilecektir.

ANAHTAR KELİMELER: Lazerli lam yazıcı, konuşma tanıma, ses kontrollü, gömülü sistem, patoloji laboratuvarı

ABSTRACT

Master Thesis

DEVELOPING A VOICE CONTROLLED INTEGRATED SLIDE PRINTER WITH LASER PRINthead FOR PATHOLOGY LABORATORIES

Ferhat TOSLAK

İnönü University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Computer Engineering

75+xi pages

2019

Supervisor: Assit. Prof. A. Fatih KOCAMAZ

Tissue samples from the pathology laboratories are taken on the slides to be examined under microscope after some physical and chemical processes. The code field of this slide contains codes such as protocol number, some technical abbreviations and date. It is very important for patient safety that the code is permanent, correctly written and correctly read.

In the laboratories, the coding work is carried out by handwriting using pencil or slide printer devices. Errors can occur in the handwriting method due to erasure and personal writing and reading differences. Slide printer devices are used to minimize errors. However, these slide printers are not highly preferred because of their high cost, low capacity, cumbersome and high consumption costs. The interface software of these printers is not flexible and sufficient. It is also a disadvantage that the slide printers are imported. In this thesis, at the request of academicians and pathologists who work in the pathology laboratory of İnönü University TÖTM (Turgut Özal Medical Center), a sound-controlled and laser-based slide printer software and hardware were developed. In this respect, the thesis is an engineering study developed with the cooperation of TÖTM pathology laboratory. For this reason, speech recognition feature has been added to the interface software so that the pathologist does not stop the operation and not to neglect the rules of hygiene by touching his hand to the computer.

A database, data matrix and G code generation algorithms were added to the background of the interface software. The database provides to access historical data and filtering options. In the observations the slide printers which are used in TÖTM can print only character but not in digital format. Laboratory authorities wanted to add the feature to the developed system to find back slides fastly. During the engineering studies of the slide printer, digitalization experiments (barcode, data matrix etc.) were made in different formats. It is determined that the most suitable format is the data matrix by considering the speed and the small area of the coding area. There are different types of print head on existing systems. One

of them is engraving surface by milling. In this method only characters can be printed but graphic works can not be performed. Also sawdust scattering is not wanted. However, it is necessary to change the milling bit in certain periods. Another method is the ink jet method. But errors may occur by erased ink because of the slides are effected from chemicals in laboratory procces. Laser printhead is used to eliminate the disadvantages in the system which is developed in the scope of the thesis. Thanks to the use of laser writing head, the cheapest slide can also be printed and the device is separated from the similar ones due to the very small amount of consumables. Thanks to the voice control feature, the user can print a slide with a wireless microphone without interrupting the workflow and making physical contact with the printer. By the device can use the cheapest slide 71.25% consumable costreduction can be achieved. Besides, the developed sytem provides a lot of advantages because of there is not consumption as ribbon and ink.

The format of the print area is determined by the user on the software. In accordance with this format, the developed software converts the character and data matrix to G code with an appropriate algorithm. By sending the generated G-codes to the embedded system, the slides are moved from the feeder to the printing area. The codes are then printed on the slide by switching the laser module on and off at the appropriate locations and moving the mechanical system in X-Y coordinates. After the process is completed, the slide is taken to the drain unit and printing becomes finished.

Another disadvantage of existing systems is that each slide printer must be connected to a computer to be controlled. This situation increases the investment cost significantly. An intagrated platform is used in the machine instead an extenal computer need in the system which is developed in the scope of the thesis. This allows the printer to operate without the need for an external computer.

KEYWORDS: Laser slide printer, speech recognition, voice controlled, embedded system, pathology laboratory

TEŞEKKÜR

Tez alıŐmam sırasında bilgi ve tecrübeleriyle desteklerini esirgemeyen tez danıŐmanım Dr. Öğr. Üyesi Adnan Fatih KOCAMAZ'a;

Tezimin düzenlenmesi aşamasında yardımlarını esirgemeyen arkadaşlarım Dr. Öğr. Üyesi Emrah AYDEMİR ve Dr. Emrah DÖNMEZ'e;

İnönü Üniversitesi Turgut Özal Tıp Merkezi patoloji laboratuvarında yapılan saha araŐtırmalarında gösterdiği ilgi ve verdiği bilgiler vesilesiyle laboratuvar birim sorumlusu Mustafa HÜZ'e;

Tez alıŐması kapsamında tasarlanan sistemi FBA-2019-1694 numaralı Normal Araştırma Projesi olarak kabul edip maddi destek sunan İnönü Üniversitesi'ne;

Ayrıca bu süreçte sabır ve anlayıŐından ötürü her zaman yanımda olan sevgili eŐim Ebru TOSLAK'a ve çocuklarım Saliha ile Selim'e teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER	6
2.1. Patoloji	6
2.1.1. Patoloji laboratuvarları.....	6
2.1.2. Doku örneklerinin takibi	7
2.1.3. Patoloji laboratuvarlarında kullanılan lamlar	10
2.1.4. Patoloji laboratuvarlarında kullanılan cihazlar	11
2.1.5. Patoloji laboratuvarlarında kullanılan lam yazıcılar	11
2.2. Konuşma Tanıma	13
2.2.1. Konuşma tanıma sistemlerinin sınıflandırılması.....	14
2.2.2. Konuşma tanıma algoritmaları.....	15
2.2.2.1. Saklı markov modeli	15
2.2.2.2. Yapay sinir ağları	16
2.2.2.3. Dinamik zaman eşleştirme	18
2.2.3. Konuşma tanıma sistemi üreticileri.....	18
2.2.4. Google konuşma tanıma	18
2.2.5. Microsoft konuşma tanıma	19
2.3. Barkod Teknolojisi.....	21
2.4. Lazer Modül.....	22
2.5. Step Motorlar	24
2.6. CNC Makineleri.....	25
3. İLİŞKİLİ ÇALIŞMALAR	30
4. MATERYAL VE YÖNTEM.....	34
4.1. Geliştirilen Lam Yazıcı Sistemde Kullanılan Yazılımlar	37
4.1.1. Ara yüz yazılımı.....	37
4.1.1.1. Kullanıcı ana formu	41
4.1.1.2. Geçmiş kayıtlar formu	43
4.1.1.3. Konuşma tanıma ve metinden sese çevirme	44

4.1.1.4.	G koda dönüştürme algoritması	47
4.1.2.	Gömülü sistem yazılımı	52
4.2.	Lam Yazıcı Donanım	55
4.2.1.	Lam yazıcı donanımın genel yapısı	57
4.2.2.	Bütünleşik platform	58
4.2.3.	Step motor ve sürücü kartı	59
4.2.4.	Lazer modül ve TTL sürücü kartı	61
4.2.5.	Ekran ve dokunmatik panel	62
4.2.6.	Güç kaynağı	64
4.2.7.	Mekanik sistem	64
4.3.	Geliştirilen Sistemin Test Edilmesi.....	65
5.	SONUÇ VE TARTIŞMA	69
6.	KAYNAKLAR	70

SİMGELER VE KISALTMALAR

API	Uygulama geliştirme ara yüzü
BAP	Bilimsel araştırma projesi
CNC	Bilgisayarlı nümerik kontrol
FPC	Basılı esnek devre
GCP	Google bulut platformu
HDMI	Yüksek çözünürlüklü çoklu ortam ara yüzü
IFCC	Uluslararası Klinik Kimyası ve Tıp Laboratuvarı Federasyonu
IPS	Düzlem arası geçiş
JSON	JavaScript nesnesi gösterimi
NAP	Normal araştırma projesi
NATO	Kuzey atlantik antlaşması örgütü
Nd:YAG	Neomidyum doped yttrium aluminium garnet
PCB	Basılmış devre kartı
PWM	Sinyal genişlik modülasyonu
SDK	Yazılım geliştirme kiti
TÖTM	Turgut Özal Tıp Merkezi
TTL	Transistor-Transitor Lojik
USB	Evrensel seri veri yolu

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1.	Fiksatif sıvı içerisinde alınmış doku örneği	7
Şekil 2.2.	Doku takip cihazı	8
Şekil 2.3.	Bloklama cihazı	8
Şekil 2.4.	Parafin kullanılarak bloklanmış doku örnekleri.....	8
Şekil 2.5.	Mikrotom Cihazı.....	9
Şekil 2.6.	Doku boyama cihazı	9
Şekil 2.7.	Boyanmış doku örnekleri.....	10
Şekil 2.8.	Patoloji laboratuvarlarında kullanılan (a) rodajsız, düz (b) rodajlı, tek yüzeyi buzlu (c) rodajlı, boyalı lam örnekleri	10
Şekil 2.9.	Çeşitli firmaların ürettiği lam yazıcı cihazlar	12
Şekil 2.10.	Konuşma tanıma sisteminin temel mimarisi.....	14
Şekil 2.11.	Nd:YAG lazer	23
Şekil 2.12.	Karbondioksit lazer tüpü.....	23
Şekil 2.13.	Fiber lazer	24
Şekil 2.14.	Üniversal tip CNC tezgâhı	25
Şekil 2.15.	G kod Simülasyon görüntüsü.....	29
Şekil 3.1.	Kaset ve lam yazıcı	31
Şekil 3.2.	Lazerli lam yazıcı.....	31
Şekil 3.3.	Mürekkep püskürtmeli lam yazıcı	32
Şekil 3.4.	Termal transferli lam yazıcılar.....	32
Şekil 4.1.	Ses kontrollü lazerli lam yazıcının temel bileşenleri	35
Şekil 4.2.	Ara yüz yazılımında gerçekleştirilen işlemler	36
Şekil 4.3.	Gömülü sistem yazılımında yapılan işlemler.....	36
Şekil 4.4.	Geliştirilen lam yazıcı sistemde kullanılan yazılımların rolleri	37
Şekil 4.5.	Ara yüz yazılımının genel akış diyagramı	39
Şekil 4.6.	Ara yüzde gerçekleştirilen işlemler	40
Şekil 4.7.	Kullanıcı ana formu	41
Şekil 4.8.	Lam kod alanının ölçüleri	42
Şekil 4.9.	Data matrisin lazerli lam yazıcı ile lam üzerine işlenmesi.....	43
Şekil 4.10.	Geçmiş kayıtlar formu	44
Şekil 4.11.	“A” karakterinin binary resim olarak koordinat düzlemi üzerinde ifade edilmesi.....	47
Şekil 4.12.	“A” karakterinin vektör tabanlı olarak koordinat düzlemi üzerinde ifade edilmesi.....	48
Şekil 4.13.	Lam yazıcı için özel olarak oluşturulan font.....	49

Şekil 4.14.	G kodun (a) simülasyon görüntüsü, (b) baskıdan sonra lam üzerindeki görüntüsü	50
Şekil 4.15.	Data matrisi üzerinde bulunan parametreler	51
Şekil 4.16.	NuGet eklentisi ile üretilmiş data matrisi	51
Şekil 4.17.	Data matrisi G koda dönüştürme algoritması	52
Şekil 4.18.	Gömülü sistem ile kontrol edilen elemanlar	53
Şekil 4.19.	G kod yorumlayıcı algoritmanın akış diyagramı	54
Şekil 4.20.	Üretilen lam yazıcı prototipler	55
Şekil 4.21.	Prototipler kullanılarak yazdırılmış lamlar	56
Şekil 4.22.	Lam yazıcı genel görünümü	57
Şekil 4.23.	Lam yazıcı donanımın blok diyagramı	58
Şekil 4.24.	Bütünleşik platform (Lattepana).....	59
Şekil 4.25.	DRV8825 step motor sürücü	60
Şekil 4.26.	Mikro denetleyici, DRV8825 ve bipolar step motor bağlantı şeması.....	61
Şekil 4.27.	Nd:YAG Lazer modül ve TTL sürücü kartı	61
Şekil 4.28.	Mikro denetleyici, TTL sürücü, lazer modül ve güç kaynağı bağlantı şeması	62
Şekil 4.29.	7 inç IPS ekran.....	62
Şekil 4.30.	Ekranın display konnektörüne takılması.....	63
Şekil 4.31.	Kapasitif dokunmatik panel	63
Şekil 4.32.	(a) MGN12 minyatür araba, (b) MGN12 minyatür ray, (c) kayış kasnak seti.....	64
Şekil 4.33.	Lam besleme ve tahliye ünitesi.....	65
Şekil 4.34.	Windows speech platformunun eğitilmesi.....	66
Şekil 4.35.	Geliştirilen yazılım ile oluşturulan G kodların simülasyon çıktısı	68
Şekil 4.36.	Lazer başlıklı lam yazıcının (a) en pahalı ve (b) en ucuz lam üzerinde denenmesi	68

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1.	Lam çeşitleri ve adet fiyatları.....	11
Çizelge 2.2.	Konuşma tanıma için örnek kodlar	20
Çizelge 2.3.	Metinden sese çevirme için örnek kodlar.....	21
Çizelge 2.4.	Barkod çeşitleri	22
Çizelge 2.5.	CNC program yapısı.....	26
Çizelge 2.6.	G kodlar ve açıklamaları	27
Çizelge 2.7.	M kodlar ve açıklamaları.....	28
Çizelge 2.8.	Diğer kodlar ve açıklamaları	28
Çizelge 2.9.	B harfi için oluşturulan G kodlar.....	29
Çizelge 4.1.	Sesli komutlar ve işlevleri	45
Çizelge 4.2.	Kod parçası ve G kod çıktısı	50
Çizelge 4.3.	G kod kontrol komutları.....	53
Çizelge 4.4.	Nema 17HS4401 step motorun teknik özellikleri	60
Çizelge 4.5.	Yazdırılmak üzere belirlenen kodlar	67

1. GİRİŞ

Bilginin modern anlamda kullanılması için hazırlanma, işleme ve transfer edilme gibi işlemlerden geçtikten sonra kullanıcıların ihtiyacına yönelik faydalı bilgi durumuna dönüştürülmesi süreci bilişim sitemini meydana getirir [1]. Bilişim sitemleri girdi, işlem ve çıktıdan oluşur. Bilişim sitemlerinin temel girdileri çevre birimleri tarafından elde edilen verilerdir. Bu veriler daha anlamlı şekillere dönüştürülerek çıktı birimleri ile kullanıcılara sunulmaktadır. Bilişim teknolojileri bahsedilen özelliklerinden dolayı işletmelerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bilişim sistemleri işletmelerde sistem verimliliğinin artırılması, daha kaliteli mal ve hizmet sunulması, maliyetlerin büyük ölçüde azaltılması, bilgiyi referans alan yeni ürünlerin üretilmesi ve rekabet gücünün artırılmasına olanak sağlamaktadır [2].

Bilişim teknolojilerinin etkin bir şekilde kullanıldığı yerlerden bir de sağlık kurumlarıdır. Son yıllarda sağlık hizmetlerine olan talebin fazlalaşması nedeniyle ülkelerin milli gelirlerinin sağlık alanına ayırdıkları kısmı giderek artmaktadır. Ülkemizde de bu durum değişmemekle birlikte Sağlık Bakanlığı'nın bütçesi 2019 yılında bir önceki yıla göre %28.7 artarak 48 milyar 783 milyon TL olmuştur [3]. Kamu kaynaklarının sınırlılığı nedeniyle en gelişmiş ülkeler bile sağlık harcamalarında verimlilik, etkililik ve etkinlik kavramlarına odaklanmıştır. Sonuç olarak sağlık sektöründe bilişim teknolojilerine olan ihtiyacın sürekli olarak arttığı söylenebilir.

Sağlık bilişim sistemleri, tıp alanındaki yeniliklerin sonucunda üretilen verilerin bilgiye dönüştürülmesi, biçimlendirilmesi, paylaşılması sonucunda hastaların bakım ve tedavilerine en uygun şekilde karar verilmesi ihtiyacından ortaya çıkan yeni bir kavramdır. Sağlık bilgi sistemleri ile hastalar hakkında düşünme becerileri, tedavilerin seçilmesi, geliştirilmesi ve hastalıkların tarifinin yapılması gerçekleştirilmektedir [4]. Üretilen verilerin bir standart içinde güvenli bir şekilde iletimi ve diğer sağlık kurumları ve hastalar ile paylaşılması gerekmektedir.

Sağlık bilişim sistemleri iki kapsamda ele alınabilir. Bunlar klinik bilgi sistemleri ve teşhis-tedavi sistemleridir. Klinik bilgi sistemleri elektronik sağlık kayıtları, karar destek sistemleri, hemşire bilgi sistemleri, görüntü depolama sistemleri, klinik iletişim sistemleri, teletıp, vaka bilişimi, simülasyon uygulamaları, akıllı kart, hastane bilgi sitemleri gibi bileşenler içerir. Teşhis tedavi sistemleri ise tıbbi görüntüleme ve laboratuvar sitemleri gibi uygulamalardan oluşur [5].

Laboratuvar sistemleri, sağlık bilişim sistemleri içerisinde önemli bir yer tutar. Bu sistemde hasta adı, materyal özellikleri ve materyalin durumu gibi birçok aşama hakkında bilgiler depolanır. Böylece incelenen vaka sayısı, raporlama bilgileri, kullanılan toplam sarf

malzemeleri sayısı gibi bilgilere ulaşılabilmesi sağlanır. İyi tasarlanmış bir laboratuvar bilişim sistemi laborantların iş akışını düzenleyerek laboratuvarda yapılan çalışmalara kolaylık sağlayabilir [6,7].

Hastanelerde bulunan temel laboratuvar türleri şunlardır;

- **Biyokimya Laboratuvarı:** Moleküler düzeyde incelemeler gerçekleştirilir. Tahlil materyali olarak genellikle kan kullanılır.
- **Mikrobiyoloji Laboratuvarı:** Bu laboratuvarda gözle görülemeyecek düzeydeki hastalığa sebep olan mikroorganizmaların tespiti ve bunlara uygun ilaçların belirlenmesi sağlanmaktadır.
- **Hematoloji Laboratuvarı:** Kan ve kan üreten organların nasıl çalıştığını, yapısını ve hastalıkları burada incelenir. Özellikle kan değerlerinin tespitinden yola çıkarak hastalığın teşhis edilmesine yardımcı olur.
- **Patoloji Laboratuvarı:** Hastalıkların neden oluştuğunu, nasıl geliştiğini, doku ve organlarda meydana gelen yapısal ve işlevsel farklılıkların makroskobik ve mikroskobik olarak incelendiği yerdir.
- **Parazitoloji Laboratuvarı:** Parazit ve paraziter yaşamın incelendiği laboratuvarlardır. Genellikle bulaşma ihtimali sebebiyle ayrı bir birim olarak hastanelerde bulunur.

Patoloji laboratuvarlarının işleyişi diğer laboratuvarlardan farklılık gösterir. Hastalardan alınan örnekler belli kurallarla laboratuvara getirilir. Daha sonra uzun süreli özel işlemlerden geçirilerek mikroskobik incelemeye alınır. Bu laboratuvarlarda kullanılan cihazlar diğer laboratuvarlarda kullanılanlardan farklıdır [8].

Patoloji hastalık bilimi anlamına gelir. Dolayısı ile patoloji insanda bulunan organ, doku ve hücrelerde hastalık meydana geldiğinde oluşan farklılıkları tespit edip bu alandaki bilgileri kullanarak tanı koyan bilim dalıdır. Patoloji laboratuvarlarında yapılan inceleme sürecine “doku örneklerinin takibi” adı verilir. Bu süreç yedi aşamadan oluşur;

1. **Doku örnekleme:** Bu aşamada hastalık şüphesi olan dokunun tamamı, bir kısmı ya da sıvısı operasyon, iğne veya endoskop gibi yöntemlerle alınır. Hücrenin otolize (kendi enzimleri ile kendisini tahrip etmesi) uğramasını önlemek için küçük dokular fiksatifte konularak, büyük dokular ise +4°C’de muhafaza edilmelidir.
2. **Fiksasyon:** Doku takibi öncesinde dokular fikse edilir. Fiksasyon karmaşık kimyasal işlem basamaklarıdır. Fiksasyonun amacı dokunun bozulmadan ilk

haline en uygun yapıda kalmasını sağlamaktır. Fiksasyon süresi 2-6 saat arasında olmaktadır.

3. **Doku Takibi:** Daha önce hazırlanan doku örneklerinin içerisindeki suyun giderilerek yerine sertlik sağlayacak bir madde geçirilmesi ve sabit bir ortama gömülmesi amaçlanır. Bu işlem için doku takip cihazları kullanılmaktadır.
4. **Parafine Gömme:** Bu aşamada dokular protokol numarası yazılmış kasetlere alınarak parafin içerisine gömülür ve daha da sertleşmeleri için buzdolabına konulur.
5. **Kesit Alma:** Dokuların mikroskop ile incelenebilmeleri için mikrotom cihazlarında 4-6 mikron kalınlığında kesilmesi gerekir. Kesilen ince dokular su banyosuna alındıktan bir süre sonra üzerine kurşun kalem ya da otomatik lam yazma cihazları ile kod yazılmış lamlara alınırlar.
6. **Boyanma:** Bu aşamada lam üzerine alınan 4-6 mikron kalınlığındaki dokuların mikroskoplarda daha net görülebilmesi için boyama cihazı ile çeşitli kimyasallarla boyama işlemi gerçekleştirilir.
7. **Mikroskopi:** Tüm bu işlemlerden sonra dokular mikroskoplarda incelenebilecek duruma gelir. Doku örneklerinin takibi süreci uzman hekimin dokuyu mikroskopla incelemesinden sonra rapor yazması ile son bulur [9].

Dokuların takibi sürecinde kişiler ve cihazlar aşamalı olarak çalışmaktadırlar. 25 yıl önce hiç bilişim kullanılmadan tüm işlemler sınırlılıklar olmasına rağmen yine de gerçekleştirebiliyordu. Günümüzde de maddi imkânsızlıklardan dolayı hala eski sistemleri kullanan birçok laboratuvar mevcuttur. Geçmiş 25 yılda birçok patoloji uzmanı, teknisyeni ve öğrencisinin verdiği emeklerle patoloji alanında bilişim ile ilgili yenilikler sağlanmıştır. Bilişim ile ilgili çalışmalar mühendisler (bilgisayar, elektrik-elektronik, sistem) ve yazılımcıların alanına girmektedir. Fakat bu alanda hem patoloğların hem de bilişimcilerin bir arada bulunduğu bir yapıya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle 2014 yılında “Patoloji Dernekleri Federasyonu” himayesinde üyelerinin patoloğlardan oluştuğu ve gözlemci olarak bilişimcilerin de bulunduğu “Bilişim Çalışma Grubu” kurulmuştur [10].

Patoloji laboratuvarlarında bilişim, doku takip sürecinin neredeyse her aşamasında kullanılmaktadır. Patoloji laboratuvarlarında kullanılan cihazlar başlıca ses kayıt cihazı, parafin doku banyosu cihazı, mikrotom cihazı, doku takip cihazı, otomatik kaset yazma cihazı, otomatik lam yazma cihazı, otomatik boyama-kapama cihazı, frozen cihazı, alkol-ksilen geri dönüşüm sistemi ve formol geri dönüşüm cihazıdır [11].

Yukarıda verilen cihazlardan olan lam yazıcılar mikroskop lamları üzerine otomatik kodlama yapmak için kullanılır. Hastalardan alınan dokular laboratuvar adı, örnek numarası,

tarih ve teknik kısaltmalar gibi verilerin bulunduğu kaset ve lamlar üzerine alınır. Bu kod hasta ile örnek arasındaki kopmaması gereken bir bağıdır. Aynı zamanda takip sürecindeki bazı işlemler bu kodlar referans alınarak yapılır.

Patoloji laboratuvarlarında lamaların kodlanması için iki seçenek vardır. Birinci ve yaygın olan seçenek ekonomik olması ve yazılan kodun kimyasallardan etkilenmemesinden dolayı kurşun kalem kullanarak el ile yazmaktır. İkinci seçenek ise tamamı yurt dışından ithal edilen lam yazıcı cihazlardır. Lam yazıcı cihazlarda yazma işlemi mürekkeple, termal transferle ya da ince matkap ucu ile kazıma suretiyle yapılmaktadır. Üç yöntemin de avantajları ve dezavantajları mevcuttur.

Kurşun kalem kullanarak el ile yazma yönteminin avantajları, cihaz giderinin bulunmaması ve sarf gideri açısından piyasada kullanılan maliyeti düşük lamların kullanılabilmesidir. Dezavantajları ise kişisel yazım farklılıklarından kaynaklanan okuma hataları ve fiziksel etkilerle kodun silinebilme tehlikesinin olmasıdır. Lam yazıcı cihazların avantajları kodların okunaklı olması, lam üzerine kare kod basılabilmesi ve yazma işleminin hızlandırılmasıdır. Dezavantajları ise ithal edildikleri için çok pahalı olması, ara yüzlerinin hantal ve kullanışsız olması, sadece en pahalı olan kod alanı boyalı lamların kullanılması kısıtından dolayı sarf giderinin yüksek olmasıdır. Ayrıca termal transfer ve mürekkepli yazıcılarda kullanılan ribon ve mürekkep gibi ek sarf maliyetleri de dezavantajlar arasında sayılabilir. Bu durum ele alındığında özellikle ekonomik gerekçelerle Türkiye'deki 302 hastaneden 22 tanesinde lam yazıcı kullanılmakta diğerlerinde ise eski bir yöntem olan kurşun kalem kullanarak el ile lamlara kodlar yazılmaktadır [12]. Tüm bu bilgiler ışığında patoloji laboratuvarlarında kullanılan lamaların kodlanması için güncel teknolojilerden yararlanılarak ara yüz yazılımında insan bilgisayar etkileşimi için yeni yöntemler içeren, sarf gideri en az olan, kodların silinmesi gibi tehlikeleri ortadan tamamen kaldıracak, dışa bağımlılığı azaltacak, maliyeti uygun, yerli üretim bir lam yazıcı sistemine gereksinim duyulmaktadır.

Bu tez çalışmasında patoloji laboratuvarlarında kullanılan lamaların kodlanması için ses kontrollü, lazerli bir lam yazıcı yazılım ve donanımının üretilmesi gerçekleştirilmiştir. Bu sistem harici bir bilgisayara ihtiyaç duymayacak şekilde bütünleşik olarak tasarlanmıştır. Böylece fazladan bilgisayar maliyeti ortadan kaldırılmış, cihazın güç tüketimi azaltılmış ve alandan tasarruf edilmiştir. Geliştirilen yeni sistemin ara yüz yazılımında laboratuvar adı, tarih, yazdırılacak lam sayısı gibi bilgilerle birlikte protokol numarası ve teknik kısaltmalar için beş adet metin kutusu bulunmaktadır. Verilerin dokunmatik ekran, klavye ve fareye ek olarak konuşma tanıma ile de girilebilmesi sağlanmıştır.

Sesli kontrol patoloji laboratuvarı koşulları için lam yazıcılarda ihtiyaç duyulan bir özelliktir. Çünkü laboratuvar patoloğlar doku örnekleri için daha önce bahsedilen bir dizi

fiziksel ve kimyasal işlemler gerçekleştirirken ellerindeki işleri yarım bırakarak cihazın yanına gelip ekran, klavye ve fareye temas ederek lam yazdırması hem iş akışını yavaşlatmakta hem de hijyen açısından sakınca doğurmaktadır. Konuşma tanıma özelliği sayesinde patoloğun bulunduğu yerden ayrılmadan kablosuz mikrofon aracılığı ile lam yazdırabilmesi mümkün olmaktadır. Konuşma tanıma ile veri girişi yapmak için kontrol komutlarıyla birlikte rakamlar ve harfler tanımlanmıştır. Sesli komut için tanınacak olan harflerin tek sesli olması sebebiyle hataların önüne geçmek ve konuşma tanıma performansını artırmak için uluslararası bir iletişim standardı olan NATO (Kuzey Atlantik Antlaşması Örgütü) fonetik alfabesi kullanılmıştır [13]. Ses tanıma modülü olarak sürekli konuşma tanıma yapabilmesi, eğitilebilmesi, internet olmadan çalışabilmesi, dil bilgisi tanımlanarak sesli komutların sınırlandırılabilmesi, hafızada az yer kaplaması ve ücretsiz olması sebebiyle Microsoft Speech SDK (Yazılım Geliştirme Kiti) [14] kullanılmıştır.

Konuşma tanıma ile veri girişi için önce kontrol komutuyla istenilen metin kutusu seçilir ve NATO fonetik alfabesi ile sırasıyla karakterler söylenir. Yazdırılacak olan lam sayısı da söylendikten sonra tanınan metnin doğruluğunu test etmek için sesli komut verilir ve kodların metinden konuşmaya (text to speech) özelliği sayesinde kullanıcının kulaklık üzerinden dinlemesi sağlanır. Daha sonra kullanıcının kodun doğruluğunu onaylanmasından sonra yazdırma komutu vermesi ile birlikte yazma süreci başlar. Metin kutusu içindeki veriler ilk önce data matrisi olarak kodlanır. Data matrisi kod piksel tabanlı, metin kutuları içindeki karakterler ise vektör tabanlı olarak yazıcı sistemin en hızlı şekilde yazması amacıyla özel olarak geliştirilen fontun tanımlanmış olduğu G kodlara dönüştürülür. Bu kodlar seri port üzerinden G kod yorumlayıcı kontrol sistemine gönderilir.

Yazıcı sistemde lam besleme ve tahliye ünitelerinde kullanılmak üzere bir adet, X ve Y eksenlerinde hareketi sağlamak için iki adet olmak üzere toplam üç adet step motor kullanılmıştır. Lam yazma işlemi besleme ünitesinden bir adet lamın yazma alanına alınması ile başlar. Daha sonra port üzerinden gelen G kodlara göre lamın X ve Y koordinatlarında hareket ettirilmesi sayesinde lazerin gereken yerlerde açılıp kapanmasını sağlayarak karakterlerin lam üzerine kazınması gerçekleştirilir. Yazma işlemi lamın tahliye ünitesine alınması ile son bulur.

Yazma elemanı olarak ömrü ortalama 30000 saat olan 15 watt gücünde 450nm dalga boyuna sahip Nd:YAG (Neodymium-Doped Yttrium Aluminum Garnet) lazer kullanılmıştır. Bu lazerin kullanılmasında en ucuz lama da yazabilmesi, çalışma ömrünün uzun olması ve cihaz sarf giderinin bulunmaması özellikleri etkili olmuştur. Geliştirilen lam yazıcı diğer lam yazıcılara kısmen benzemekle birlikte, piyasadaki bütün lamları kullanabilmesi, konuşma tanıma özelliğinin bulunması ve yıllarca cihaz sarf giderinin bulunmaması nedeniyle özgün bir ürün olduğu söylenebilir.

2. KURAMSAL TEMELLER

Bu tez çalışmasında İnönü Üniversitesi TÖTM bünyesinde bulunan patoloji laboratuvarında görevli akademisyen ve patoloğların talebi üzerine patoloji laboratuvarlarında kullanılan mikroskop lamalarının kodlanması için ses kontrollü ve lazerli bir lam yazıcı yazılımı ile donanımı geliştirilmiştir. Bu kapsamda ilk önce TÖTM patoloji laboratuvarı ziyaret edilerek burada ne gibi işlemlerin yapıldığı, bu işlemlerde nasıl bir yol izlendiği, mikroskop lamalarının hangi aşamada ne amaçla kullanıldığı, lamaların maruz kaldığı fiziksel-kimyasal etkiler ve lamaların hangi yöntemlerle kodlandığı yerinde incelenmiştir. Daha sonra bu bilgilerden yola çıkarak piyasadaki lam yazıcılar kapsamlı bir şekilde araştırılarak avantaj ve dezavantajları karşılaştırılmıştır. Mevcut sistemlerin dezavantajları laboratuvar çalışanları ile birlikte değerlendirilmiş ve laboratuvar koşulları göz önüne alınarak geliştirilecek olan sistemin ses kontrollü ve lazerli olmasına karar verilmiştir. Bu sistemi üretmek için gerekli bilgiler bu bölümde verilmiştir. Patoloji ile alakalı bilgiler “Patoloji” başlığı altında, sesli kontrol özelliği olan bir ara yüz geliştirmek için konuşma tanıma yöntemleri ve algoritmaları ile konuşma tanıma sistemleri hakkındaki bilgiler “Konuşma Tanıma” başlığı altında, kodlanan verilerin makineler tarafından okunabilmesine olanak sağlayan barkod çeşitleri ve özellikleri ise “Barkod teknolojisi” başlığı altında verilmiştir. “Lazer Modül”, “Step Motorlar” ve “CNC Makineleri” başlıkları altında ise lam yazıcının donanım kısmında kullanılacak olan lazer modülden, motorların özelliklerinden ve iki eksenli CNC (Bilgisayarlı Nümerik Kontrol) makinelerden söz edilmektedir. Ayrıca CNC makinelerini programlamak için gerekli kodların tanımları ve nasıl kullanılacağına dair bilgiler de bu kısımda yer almaktadır.

2.1. Patoloji

Patoloji kelimesinin anlamı hastalık bilimidir. Canlıları oluşturan hücre, doku ve organlardaki bozuklukların incelenerek hastalığın tanımlanması patolojinin alanına girer [9]. Patolojik incelemeler hastanelerin bünyesinde bulunan ya da müstakil olarak çalışan patoloji laboratuvarlarında yapılır.

2.1.1. Patoloji laboratuvarları

Patoloji laboratuvarları hastalıkların neden oluştuğunun, nasıl geliştiğinin, doku ve organlarda meydana gelen yapısal ve işlevsel farklılıkların makroskobik ve mikroskobik olarak incelendiği yerdir. Patoloji laboratuvarlarının işleyişi diğer laboratuvarlardan farklılık gösterir. Hastalardan alınan örnekler belli kurallarla laboratuvara getirilir. Daha sonra “doku örneklerinin takibi” adı verilen uzun süreli özel işlemlerden geçirilerek mikroskobik incelemeye alınır. Bu laboratuvarlarda kullanılan cihazlar da diğer laboratuvarlarda kullanılanlardan farklıdır [8].

2.1.2. Doku örneklerinin takibi

Patoloji laboratuvarına getirilen doku örneklerinin hastalık hakkında tanı konulabilmesi için mikroskopta incelenebilecek hale getirilmesi gerekir. Dokunun laboratuvara getirilmesinden mikroskopta incelenerek tanı konulmasına kadarki sürece “doku örneklerinin takibi” adı verilir. Bu süreç yedi aşamadan oluşur. Her aşamanın kendi içerisinde barındırdığı birçok fiziksel ve kimyasal işlem vardır. Bu aşamalar sırasıyla şunlardır [9]:

- 1. Doku örnekleme:** Hastalık şüphesi olan dokunun tamamının, bir kısmının ya da sıvısının operasyon, iğne veya endoskop gibi yöntemlerle alınması işlemidir. Hücrenin otolize (kendi enzimleri ile kendisini tahrip etmesi) uğramasını önlemek için küçük dokular Şekil 2.1’de gösterildiği gibi fiksatif sıvı içerisine konularak, büyük dokular ise +4°C olan bir ortam içerisinde muhafaza edilmelidir.



Şekil 2.1. Fiksatif sıvı içerisinden alınmış doku örneği [9]

- 2. Fiksasyon (Tespit):** Doku takibi öncesinde dokular fikse edilir. Fiksasyon karmaşık kimyasal işlem basamaklarıdır. Formaldehit, osmium tetroksit, asetik asit, merkürük klorid gibi kimyasallar bu aşamada kullanılır. Fiksasyonun amacı dokunun bozulmadan ilk haline en uygun yapıda kalmasını sağlamaktır. Fiksasyon süresi 2-6 saat arasında olmaktadır.
- 3. Doku takibi:** Daha önce hazırlanan doku örneklerinin içerisindeki suyun giderilerek yerine sertlik sağlayacak bir madde geçirilmesi ve sabit bir ortama gömülmesi amaçlanır. Bu işlem için Şekil 2.2’de gösterilen doku takip cihazları kullanılmaktadır.



Şekil 2.2. Doku takip cihazı

- 4. Parafine gömme:** Bu aşamada dokular kaset yazma cihazları ya da el yazısı ile protokol numarası yazılmış kasetlere alınarak Şekil 2.3'te gösterilen bloklama cihazı ile Şekil 2.4'te gösterildiği gibi parafine gömüldükten sonra daha da sertleşmeleri için buzdolabına konulur.



Şekil 2.3. Bloklama cihazı



Şekil 2.4. Parafin kullanılarak bloklanmış doku örnekleri [15]

5. Kesit alma: Bloklanmış dokuların mikroskop ile incelenebilmeleri için Şekil 2.5'te gösterilen mikrotom cihazlarında 4-6 mikron kalınlığında kesilmesi gerekir. Kesilen ince dokular su banyosuna alındıktan bir süre sonra kurşun kalem ya da otomatik lam yazma cihazları ile kod yazılmış lamlara alınırlar.



Şekil 2.5. Mikrotom Cihazı

6. Boyama: Bu aşamada lam üzerine alınan 4-6 mikron kalınlığındaki dokuların mikroskoplarda daha net görülebilmesi için Şekil 2.6'da gösterilen boyama cihazı ile hematein ve ezoin kullanılarak boyama işlemi gerçekleştirilir. Boyanmış dokuların son hali Şekil 2.7'de gösterilmiştir.



Şekil 2.6. Doku boyama cihazı

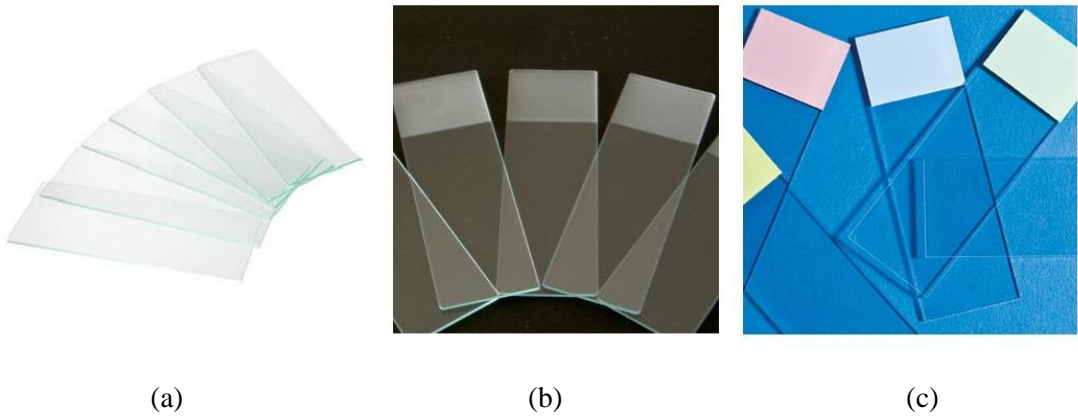


Şekil 2.7. Boyanmış doku örnekleri [15]

7. Mikroskopi: Tüm bu işlemlerden sonra dokular mikroskoplarda incelenebilecek duruma gelir. Doku örneklerinin takibi süreci uzman hekimin dokuyu mikroskopla incelemesinden sonra rapor yazması ile son bulur. Raporlar, bloklar ve preparatlar süresiz olarak arşivlenerek saklanır.

2.1.3. Patoloji laboratuvarlarında kullanılan lamlar

Doku örneklerinin takibi sürecinde mikrotom ile kesilen dokular daha önceden kodlanmış olan lamaların üzerine alınır ve boyama işleminden sonra mikroskopta incelenerek depolanır. Patoloji laboratuvarlarında kullanılan lamlar düz, rodajlı (kenarları traşlanmış), kod alanı buzlu ve kod alanı boyalı olmak üzere farklı özelliklere sahiptir. Şekil 2.8 (a)'da gösterilen lam düz cam şeklinde olup hiçbir özelliği bulunmamaktadır. Laboratuvarlarda genel kullanım amacıyla üretildiği için kod alanı bulunmaz. Şekil 2.8 (b)'de gösterilen lam üzerinde el yazısı ve kurşun kalemle yazmak için buzlanmış kod alanı bulunmaktadır. Şekil 2.8 (c)'de gösterilen lam ise mürekkep püskürtmeli, freze çakılı ya da termal transfer ribonlu lam yazıcı cihazlarda kullanılan kod yazma alanı boyalı olan lamdır.



Şekil 2.8. Patoloji laboratuvarlarında kullanılan (a) rodajsız, düz (b) rodajlı, tek yüzeyi buzlu (c) rodajlı, boyalı lam örnekleri

Bu lamlar incelendiğinde ilk olarak maliyetleri göze çarpmaktadır. Çizelge 2.1’de aynı markanın ürettiği farklı özellikteki lamlar ve fiyatları verilmiştir. Patoloji laboratuvarlarında yıllık 500000 adede kadar lam kullanıldığı bilinmektedir [16]. Dolayısı ile kullanılan lam çeşidine göre laboratuvar sarf giderinin ciddi anlamda etkilendiği söylenebilir.

Çizelge 2.1. Lam çeşitleri ve adet fiyatları [17]

Sıra Num.	Lam çeşidi	Marka	Adet Fiyatı
1	Rodajsız, düz	ISOLAB	11.5 kuruş
2	Rodajlı, tek yüzeyi buzlu	ISOLAB	13.8 kuruş
3	Rodajlı, renkli (boyalı)	ISOLAB	40 kuruş

2.1.4. Patoloji laboratuvarlarında kullanılan cihazlar

Patoloji laboratuvarlarında bilişim sistemleri, doku takip sürecinin her aşamasında kullanılmaktadır. Patoloji laboratuvarlarında bulunan bloklama cihazı, mikrotom cihazı, doku takip cihazı, boyama cihazı, alkol-ksilen geri dönüşüm cihazı, formol geri dönüşüm cihazı ve frozen cihazı doğrudan patolojik incelemeler için kullanılır. Ayrıca ses kayıt cihazı, otomatik kaset yazma cihazı ve otomatik lam yazma cihazı doku takip sürecini kolaylaştıran ve hızlandıran yardımcı cihazlardır [11].

2.1.5. Patoloji laboratuvarlarında kullanılan lam yazıcılar

“Patolojide Kalite Güvencesi Temel Elemanları” içerisinde “Laboratuvar ve Depolama” başlıklarının altında “lam kimliğinin her aşamada kontrolü ve kodların okunur olması” maddesi yer almaktadır [18]. Yine IFCC (Uluslararası Klinik Kimyası ve Tıp Laboratuvarı Federasyonu) tarafından belirlenen kalite göstergeleri modelinde "örnek kimliği" başlığı altında, yanlış kimlik numarası verilmiş örnek sayısının toplam örnek sayısına oranı birincil öncelikli (zorunlu) olarak gösterilmiştir [19]. Bu nedenle lamlarının doğru kodlanması ve doğru okunması laboratuvar içerisindeki iş akışının sağlıklı ilerleyebilmesi ve hasta güvenliği için çok önemlidir. El yazısı ve kurşun kalemle yazma yönteminde yanlış yazma ve okuma riskleri bulunduğundan lamların hızlı ve doğru bir şekilde kodlanmasını ve okunmasını sağlayan lam yazıcı cihazlara ihtiyaç duyulmaktadır.

Patoloji laboratuvarlarında kullanılan lamların kodlanması için birçok firma tarafından farklı teknikler kullanılarak üretilmiş lam yazıcı cihazlar bulunmaktadır. Bu cihazlarda yazdırma işlemi için mürekkep püskürtme, termal transfer ribon veya freze çakısı ile kazıma yöntemlerinden biri kullanılmaktadır. Lam yazıcı firmalarının tamamı yabancı menşeli olmakla birlikte Şekil 2.9’da sırası ile gösterilen Leica [20], Primera [21], Fa-Tech

[22], ThermoFischer [23] ve Vogel [24] firmalarının ürettiği cihazların ülkemizde satışa sunulduğu tespit edilmiştir.



Şekil 2.9. Çeşitli firmaların ürettiği lam yazıcı cihazlar

Mürekkep püskürtmeli cihazlar patoloji laboratuvarı şartları gözetilerek özel üretilmiş bir mürekkebi lam üzerine püskürtmek suretiyle, termal transfer ribonlu yazıcılar ısı etkisiyle ribon üzerindeki maddenin eriyerek karşı tarafa yapışması prensibiyle yazma işlemini yapar. Küçük freze çakısı yöntemi kullanan yazıcılar ise lam üzerindeki boyalı alanı kazıyarak yazma işlemini gerçekleştirir. Bahsedilen sistemler incelendiği zaman şu sonuçlar çıkarılabilir;

- Mürekkep veya ribon kullanan cihazlar yazma sırasında sarf malzemesi harcadıkları için sarf malzeme maliyetleri vardır. Özellikle mürekkepli yazıcıların kartuşları bitmese bile üç buçuk ayda bir yenilenmesi gerekmektedir ve mürekkep maliyetleri yüksektir [25,26].
- Doku örneklerinin takibi süresince mürekkep püskürtmeli ve termal transfer ribonlu yazıcıların lam üzerine yazdığı yazıların gerek fiziksel (ısı, kazıma), gerek kimyasal (boya ve çözeltiler) etki nedeniyle silindiği veya zarar gördüğü bilinmektedir.
- Freze uçlu sistemlerde her ne kadar cihaz sarf gideri az olsa da bu teknikle yazma zaman kaybına sebep olmakta, partikül dağılımı nedeni ile sağlık problemleri oluşturma riski taşımakta ve uç aşınması, yüzeye temassızlık gibi nedenlerle yazma hataları oluşturabilmektedir.
- Bütün cihazların katalogları incelendiği zaman sadece Çizelge 2.1’de gösterilen 3 numaralı lamı kullanabildiği görülmektedir [20-24]. Bu durum da seçme şansını ortadan kaldırmakta ve kullanıcıları en pahalı lam çeşidini kullanmaya mecbur bırakmaktadır.
- Cihazların tamamında fare, klavye ve dokunmatik ekran gibi fiziksel temas yoluyla veri girişi yapılmaktadır. Patoloji laboratuvarı ortamı düşünüldüğü zaman doku üzerinde çalışan personelin elindeki işi bırakıp fiziksel temas ederek veri

girişini yapması, işlemlerin yarıda kesilmesi sorununa ve hijyen açısından sıkıntılı bir durumun ortaya çıkmasına sebep olmaktadır.

Patoloji laboratuvarları için cihaz satın alınırken cihaz maliyeti, cihaz sarf gideri (ribon, mürekkep, freze çakısı) ve cihazda kullanılacak lam türlerinin göz önünde bulundurulması gerekir. Ülkemizde bazı patoloji laboratuvarlarında yıllık 500000'e varan lam kullanımı düşünüldüğü zaman cihaz sarf gideri ve cihazda kullanılacak olan lamın adet fiyatının cihaz seçimini etkileyeceği söylenebilir.

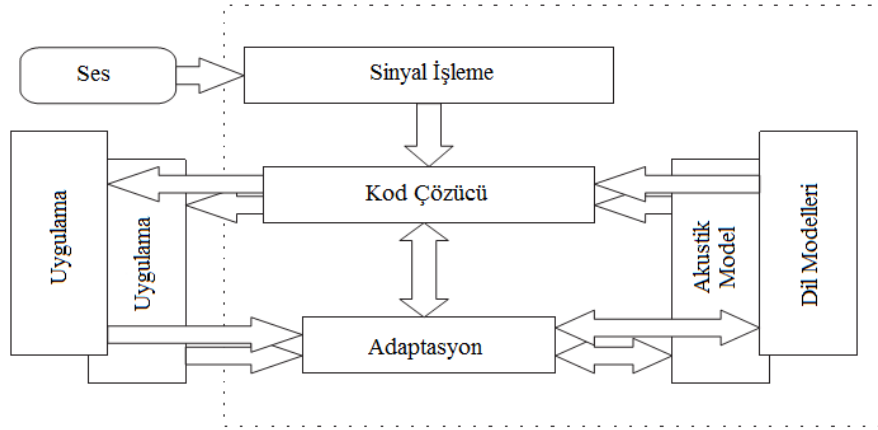
Türkiye'de yapılan bir araştırmaya göre 302 hastaneden sadece 22 tanesinde kaset ve lam yazıcı kullanıldığı tespit edilmiştir [16]. Lam yazıcı kullanılmayan hastanelerde mecburen el yazısı yöntemi kullanılmak zorundadır. Patoloji laboratuvarında kullanılan lam yazıcı cihazın maliyetinin 2011 yılı için 48800 Türk Lirası olduğu ve laboratuvarında kullanılan bütün cihazların maliyetine oranının %9.09 olduğu düşünülürse bu durumun sebebinin yüksek maliyet olduğu açıktır [11]. Tüm bu bilgiler ışığında yerli üretim, cihaz maliyeti ve cihaz sarf gideri en az olan, maliyeti düşük lamlara da yazabilen, kullanım esnekliği sağlayan ve hijyen açısından sıkıntı oluşturmayacak bir sisteme ihtiyaç olduğu söylenebilir.

Bu konu ile ilgili olarak lam yazıcılar incelendikten sonra gerçekleştirilen TÖTM patoloji laboratuvarı ziyaretinde patolog ve akademisyenlerle fikir alışverişi esnasında cihaz sarf giderini en aza indirerek en ucuz lama da kalıcı bir kodlama yapılabilmesi için geliştirilecek olan sistemde lazer modül kullanılmasına, kullanım esnekliği ve hijyeni sağlamak için ara yüz yazılımında sesli kontrol özelliği bulunmasına karar verilmiştir.

2.2. Konuşma Tanıma

Konuşma tanıma, sesli konuşma verisinin mikrofon vasıtası ile alınarak bilgisayar metinlerine dönüştürülmesi işlemidir. Konuşma tanımanın temeli 1937-1938 yıllarında geliştirilmiş olan Voder [27] örneğindeki gibi makineyi konuşturmaya yönelik çalışmalardır. Daha sonraki yıllarda özellikle işlemci hızı, depolama, ses kartı, mikrofon ve internet alanlarındaki gelişmelerle birlikte bu teknoloji akımlı insan-makine etkileşimine dönüşmüş ve günümüzde kullanılan konuşma tanıma sistemleri ortaya çıkmıştır. Konuşma tanıma teknolojileri kişisel bilgisayarlar, mobil cihazlar, komut ve kontrol sistemleri, çağrı yönlendirme, transkripsiyon işlemleri, belirli kelimeleri içeren konuşmaların tespiti, sesi bilgisayar metinlerine çevirme, ev otomasyonları, otomobiller, navigasyon sistemleri ve savaş uçakları gibi birçok alanda kullanılmaktadır [28]. Bu alanla ilgili yapılan çalışmalara bakıldığında, konuşma tanıma ile ilgili birçok makale bulunsa da Türkçe için yapılmış özel çalışmalar çok azdır. Çalışmaların çoğu İngilizce, Çince, İspanyolca, Almanca ve Fransızca gibi diller için yapılmıştır [29].

Ses kontrollü sistemlerin anahtarı konuşma tanıma teknolojisidir. Konuşma tanıma teknolojisinin gelişiminde genellikle istatistiki parametre modelini baz alan “saklı markov modeli”, şablon karşılaştırma tabanlı “dinamik zaman eşleştirme” yöntemi ve “yapay sinir ağları” kullanılmıştır [30]. Konuşma tanıma sisteminin temel mimarisi Şekil 2.10'da gösterilmiştir.



Şekil 2.10. Konuşma tanıma sisteminin temel mimarisi [31]

Bu mimaride mikrofondan ya da kaydedilmiş bir dosyadan alınan ses verisi olası kelimelerin başlangıç ve bitiş noktalarına göre kısımlara ayrılır. Kod çözücü parçalanan ses sinyallerinin akustik ve dil modellerini kullanarak hangi kelimelere karşılık geleceğini uygulamadan aldığı dil bilgisi içerisinden bularak tespit eder. Akustik modelde akustik, fonetik, mikrofon farklılıkları, ortam değişiklikleri, cinsiyet ve lehçe farklılıkları gibi özellikler tanımlıdır. Dil modelinde ise bir dilde bulunan bütün kelimeler, cümle yapıları ve dil bilgisi kuralları tanımlıdır. Ses tanıma sisteminin kullanıcıya göre eğitilmesinden sonra elde edilen yeni akustik ve dil bilgisi verileri adaptasyon bileşeni tarafından sisteme tanımlanarak gelişmiş bir ses tanıma performansının ortaya çıkması sağlanabilir.

2.2.1. Konuşma tanıma sistemlerinin sınıflandırılması

Konuşma tanıma programları kullanıcıların ihtiyaçlarına göre üç farklı yöntem kullanılarak oluşturulur. Bu yöntemler ayrık sözcük tanıma, sözcük yakalama sistemleri ve sürekli konuşma tanımadır [32].

- **Ayrık sözcük tanıma sistemleri:** Bu yöntemde genelde başlangıç ve bitiş belirgin olan tek kelimedenden ya da komuttan bahsedilebilir. Kelimeler arasında durak olmak zorundadır. Bu yöntem genelde belirli kelimeleri tanımada kullanılır. Kelimeler birbirinden bağımsız olarak ele alınır. Örnek olarak bir cihaza verilen dur, başla, git, sağ, sol, düz vb. gibi sesli komutlar gösterilebilir. Geliştirilen lam yazıcı sistemde bu yöntem kullanılmıştır.

- **Sözcük yakalama sistemleri:** Sürekli konuşma tanıma içinde bulunan belirli kelimeleri yakalama işlemidir. Dinamik zaman eşleştirme teknikleri kullanılarak şablonlarla olası başlangıç noktalarının eşleştirilerek kelimelerin yakalanması sağlanır.
- **Sürekli konuşma tanıma sistemleri:** Bu sistemde iki farklı yöntem olmakla birlikte biri sözcük bazında eşleştirme yapmayı hedeflerken diğeri cümlenin anlamıyla da ilgilenir. Bu nedenle kapsamlı dil bilgisi kurallarının da sistemde tanımlı olması gerekir. Bu noktada doğal dil işleme teknikleri kullanılır. Bu yöntemdeki zorluklar; kelimelerin başlangıç ve bitiş noktalarının belirgin olmaması, vurgulama ve duraklamaların bulunması, art arda gelen sözcüklerin birbirinden ayrılması, lehçe ve ağız farklılıkları olarak sıralanabilir.

2.2.2. Konuşma tanıma algoritmaları

Konuşma tanıma için kullanılan temel olarak üç farklı algoritma bulunur. Bunlar temelini Markov [33]'un attığı saklı markov modeli, Kruskal ile Liberman [34] tarafından tanımlanan dinamik zaman eşleştirme ve McCulloch ile Pitts [35] tarafından geliştirilen yapay sinir ağlarıdır.

2.2.2.1. Saklı markov modeli

Saklı markov modeli, konuşma verilerini istatistiki anlamda modelleyen bir yöntemdir. Saklı markov modeli, konuşma verilerini uygun bir şekilde matematiksel olarak formüle etme özelliğine sahip olduğu için konuşma tanımada gayet olumlu sonuçlar vermektedir. Saklı markov modelinde işlenecek olan vektörler zamana bağlı fakat birbirinden bağımsız verilerden oluşur. Saklı markov modeli, her biri olasılık dağılımlarıyla eşleşmiş olan sonlu durumlardan oluşmuştur. Durumlar arası oluşabilecek geçişler “geçiş olasılıkları” olarak ifade edilir. Durumlardaki gözlem ve sonuçlar durumlara bağlı olan olasılıklardan elde edilir. Dışarıdaki gözlemciler bu durumları göremedikleri için bu modele saklı markov modeli ismi verilmiştir [36].

Saklı markov modeli matematiksel olarak Denklem (2.1)'deki gibi ifade edilebilir. Bu modelde bulunan değişkenlerin tanımlamaları aşağıdaki gibidir [37, 38].

$$\lambda = \{N, M, A, B, \pi\} \quad (2.1)$$

N : Modelde bulunan durum sayısıdır. Durum kümesi $S = \{S_1, S_2, \dots, S_N\}$ şeklinde ifade edilir ve t anındaki durum q_t olarak gösterilir.

M : Ayrık gözlemlerin sembol sayısıdır. Bu semboller modelin fiziki sonuçlarını göstermektedir. Gözlem sembolleri kümesi $V = \{v_1, v_2, \dots, v_M\}$ şeklinde ifade edilir ve t anındaki sembol O_t olarak gösterilir.

A : Durumlar arası olası geçişlerin matrisidir. Modellenen verinin t anında i . durumda, $t + 1$ anında ise j . durumda bulunabilme ihtimalini ifade eder. $A = [a_{ij}]$ ifadesi Denklem (2.2) ile gösterilmiştir.

$$a_{ij} = P(q_{t+1} = S_j | q_t = S_i) \quad 1 \leq i, j \leq N \quad (2.2)$$

B : Gözlem sembollerinin olasılık dağılımıdır. Modellenen verinin t anında j . durumda bulunabilme olasılığına göre k sembolünün ortaya çıkabilmesi ihtimalidir. $B = [b_j(k)]$ ifadesi Denklem (2.3) ile gösterilmiştir.

$$b_j(k) = P(O_t = v_k | q_t = S_j) \quad \begin{array}{l} 1 \leq i, j \leq N \\ 1 \leq k \leq M \end{array} \quad (2.3)$$

Doğrudan gözlenemeyen durumların meydana getirdiği olasılık dağılımları ve gözlenebilen sembollerin gerçekleşme olasılıkları Denklem (2.4) ve (2.5) ile gösterilen şartları sağlar.

$$b_j(k) \geq 0, \quad \forall j, k \quad (2.4)$$

$$\sum_{k=1}^M b_j(k) = 1 \quad \forall j \quad (2.5)$$

π : İlk durum olasılık vektörü olarak adlandırılır. Modellenen verinin i . duruma karşılık gelme olasılığıdır. $\pi = [\pi_i]$ ifadesi Denklem (2.6) ile gösterilir.

$$\pi_i = P(q_1 = S_i) \quad 1 \leq i \leq N \quad (2.6)$$

2.2.2.2. Yapay sinir ağları

İnsan beyninin çalışma prensipleri göz önüne alınarak geliştirilen, belirli özelliklere sahip bağlantılar ile birbirine bağlanmış, her birinin kendi belleğine sahip olduğu işlem elemanlarından meydana gelen paralel ve dağıtılmış bilgi işleme yapılarına yapay sinir ağları denir [39]. Yapay sinir ağları bilgisayar bilimleri, elektrik-elektronik, matematik, fizik, psikoloji ve dilbilim gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Çalışma prensibi, bilinmeyen bir fonksiyonun modellenmesi üzerine kurulmuştur. Bilinmeyen fonksiyonun parametreleri olan

girişler ve çıkışlar veri dizisi olarak yapay sinir ağlarında sistemi eğitmek için kullanılır. Eğitilen sistemin bilinmeyen fonksiyonun çıktılarını üretebilmesi beklenir. Ses tanıma sistemlerinde de ses dalgalarına karşılık gelen kelimelerin tespit edilmesi ses dalgalarının işleme tabi tutulması sonucunda ortaya çıkan özellik vektörlerinin yapay sinir ağları kullanılarak gruplandırılmasıyla sağlanır [40]. Yapay sinir ağlarının bazı özellikleri konuşma tanımada kullanmak için çok caziptir. Bu özellikler şunlardır [41]:

- **Eğitilebilirlik:** Yapay sinir ağları herhangi bir girdi ve çıktı modeli arasındaki ilişki öğretilerek kullanılabilir. Konuşma tanımada konuşma kalıplarının fonem kategorilerine göre sınıflandırılması ile sistemin eğitilmesi buna örnek olarak verilebilir.
- **Genelleme:** Yapay sinir ağları yalnızca eğitim verilerini öğrenmez, aksine temel kalıpları da öğrenir. Böylece eğitim verilerinden yeni örneklerle genelleme yapabilir. Konuşma tanımada bu çok önemlidir çünkü akustik desenler asla tam olarak aynı değildir.
- **Doğrusal olmama:** Yapay sinir ağları, girdilerin doğrusal ve parametrik olmayan fonksiyonlarını hesaplayarak karmaşık veri dönüşümleri gerçekleştirilmesini sağlar. Konuşma, doğrusal olmayan bir işlem olduğu için bu özellik konuşma tanıma için gereklidir.
- **Sağlamlık:** Ağlar hem fiziksel hasara hem de gürültülü verilere karşı toleranslıdır. Aslında gürültülü veriler ağların daha iyi genellemeler oluşturmalarına yardımcı olabilir. Gürültü bir avantaj olarak düşünülebilir çünkü konuşma şekilleri genellikle gürültülüdür.
- **İstikrar:** Yapay sinir ağları, farklı girdi türlerini sisteme kolayca entegre edebilen tek tip bir işlemsel paradigma sunar. Bu da hem temel hem de kademeli konuşma girişlerini kullanmayı ve akustik ile görsel ipuçlarını bir sistemde birleştirmeyi sağlar.
- **Paralellik:** Ağlar doğası gereği oldukça paralel yapıdadır, bu yüzden özellikle paralel bilgisayarlarda yapılan uygulamalar için çok uygundur. Bu özellik konuşma verisi ya da diğer verilerin çok hızlı bir şekilde işlenmesini sağlamaktadır.

2.2.2.3. Dinamik zaman eşleştirme

Dinamik zaman eşleştirme yöntemi konuşma tanıma için yaygın olarak kullanılır. Bu yöntem genelde diğer sistemlerle birlikte kullanılarak doğruluk oranını artırmayı sağlar. Çalışma mantığı, konuşma ifadelerinin seslendirme sürelerinin daraltılması ya da genişletilmesi suretiyle referanslarla karşılaştırılması üzerine kuruludur. Aynı sözcük farklı zamanlarda aynı kişi tarafından söylene bile kaydedilen iki sinyalin aynı olması mümkün değildir. Sözcüğün süresi doğrusal olmayan bir yapıda genişleyebilir ya da daralabilir. Dinamik zaman eşleştirmedeki temel amaç referans şablonu ile sözcüğün başlangıç ve bitişi baz alınarak aynı zaman aralığında eşleştirilmesidir. Dinamik zaman eşleştirme, dinamik programlama yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilebilir [32].

2.2.3. Konuşma tanıma sistemi üreticileri

Piyasada Microsoft [42], Dragon Natural Speaking [43], PocketSphinx [44], Google Cloud Speech [45], Julius [46], Nuance [47], Kaldi [48] gibi konuşma tanıma sistemleri bulunmaktadır. Siri [49], Vlingo[50], S-Voice[51], Eva [52] hazır konuşma tanıma motorlarını kullanan çeviri yardımcılarıdır. Bunlara ek olarak AT&T [53], Avaya [54], M-Modal [55], Sestek [56] gibi firmalar konuşma tanıma ile ilgili sistemler geliştirmektedir [57]. Konuşma tanıma alanında en çok kullanılan teknolojileri üreten şirketler Google ve Microsoft'tur [58].

2.2.4. Google konuşma tanıma

Google konuşma tanıma için Cloud Speech to Text API (Uygulama Ara Yüz Modülü)'yü geliştirmiştir. Bu modül Google makine öğrenimi teknolojisi tarafından desteklenmekle birlikte kısa ya da uzun biçimlerdeki sesli konuşma verilerini metne dönüştürmektedir. Dönüştürmede kullanılan yöntem yapay sinir ağları modelidir. Gerçek zamanlı olarak mikrofondan ya da kaydedilmiş ses dosyasından alınan veriler internet üzerinden Google'ın sunucusuna gönderilerek burada işlenir ve istemciye metin olarak geri döndürülür. 120 dil ve lehçe için Google veri tabanları kullanılarak işlem yapılabilmektedir. Google Cloud Speech API içerisinde özel tasarlanmış dört farklı model vardır. Bu modeller şunlardır:

- **Command_and_search:** Sesli komut ve sesli arama gibi kısa ses verisi içeren sorgularda kullanılır.
- **Phone_call:** Telefon görüşmeleri sırasında kaydedilen sesler için üretilmiştir.
- **Video:** Videolardan elde edilen ve genellikle birden fazla konuşmacının olduğu ses verileri için idealdir.

- **Default:** Herhangi bir modelde yer almayan seslerin tanınması için geliştirilmiştir.

Google Cloud Speech API kullanımında her ay için ilk 60 dakikalık ses verisi ücretsiz olup, sonraki dakikalar 0.006 ABD doları/15 saniye olarak ücretlendirilmektedir. Google Speech API'yı kullanmak için önce Google hesabı ile giriş yapılır. Daha sonra GCP (Google Bulut Platformu)'de yani bir proje oluşturularak "Google Speech to Text" seçeneği aktifleştirilir. Proje için servis hesabı oluşturulduktan sonra JSON (JavaScript Nesnesi Gösterimi) formatında özel bir anahtar indirilir. Google uygulama referansı ortam değişkenine JSON dosyasının yolu tanımlanır. Son olarak Google Cloud SDK kurulumu yapılır [45].

2.2.5. Microsoft konuşma tanıma

Microsoft konuşma tanıma özelliklerini barındıran System.Speech isim uzayı .NET Framework 3.0 ve sonraki sürümlerde bulunmaktadır [59]. System.Speech isim uzayı kullanıcılara Microsoft'un Windows için geliştirdiği konuşma tanıma teknolojilerine kolay bir erişim imkânı sağlar. System.Speech isim uzayını kullanmak için önce .NET Framework 3.0 ve sonraki sürümlerden bir tanesi kurulur. Daha sonra Visual Studio projesinde referanslar kısmından System.Speech isim uzayı eklenir. System.Speech isim uzayında hem konuşma tanıma hem de metinden sese çevirme ara yüzleri bulunmaktadır.

Konuşma tanıma bir ses akışını alarak metne çevirme özelliğidir. Konuşma tanıma iki aşamada gerçekleşir. Birinci aşamada ses akışında bulunan olası konuşma verileri izole edilerek sayısal ifadelerle dönüştürülür. İkinci aşamada akustik model, sözlük ve dil modeli veri tabanlarında özel bir arama motoru ile sayısal ifadelerle karşılık aranır.

- Akustik model bir dilin akustik özelliklerini temsil eder. Bu model farklı kullanıcıların konuşma düzenlerine göre eğitilebilir.
- Sözlükte ise bir dilde bulunan bütün kelimeler telaffuzları ile birlikte yer alır.
- Dil modelinde bir dildeki kelimelerin anlamlı cümleler oluşturması için uyulması gereken kurallar tanımlanmıştır.

Konuşma tanıma için bir dildeki tüm kelimeleri tanımak yerine sadece geliştirilen uygulama için anlamlı olan kelimelerle sınırlandırmak için bir dil bilgisi tanımlanmalıdır. Böylece tanıma doğruluğu artırılır ve tüm tanıma sonuçlarının tanımlanmış olan dil bilgisi sınırlarında kalması sağlanır.

Bir konuşma tanıma uygulaması geliştirmek için sırasıyla şu adımlar gerçekleştirilir:

1. Speech.Recognizer türünden yeni bir sınıf tanımlanır.

2. Grammar.Builder ve Choises sınıflarındaki metotlar kullanılarak geliştirilen uygulamada tanınacak olan kelimeleri içeren dil bilgisi tanımlanır.
3. Oluşturulan dil bilgisi LoadGrammar() metodu kullanılarak sisteme yüklenir.
4. Konuşma tanıma işleminde dil bilgisinde bulunan kelimelerle eşleşme durumu için bir EventHandlerler (olay işleyicisi) örneği kaydedilir.
5. Konuşma tanıma olayı için bir işleyici oluşturulur.

Aşağıda konuşma tanıma için “one, two, three” kelimeleri ile sınırlandırılmış bir uygulamaya ait kod parçası Çizelge 2.2’de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Konuşma tanıma için örnek kodlar

```
private void Form1_Load(object sender, EventArgs e)
{
    SpeechRecognizer tanima = new SpeechRecognizer();
    Choices sayilar = new Choices();
    sayilar.Add(new string[] { "one", "two", "three" });
    GrammarBuilder gb = new GrammarBuilder();
    gb.Append(sayilar);
    Grammar g = new Grammar(gb);
    tanima.LoadGrammar(g);
    tanima.SpeechRecognized +=
    new EventHandler<SpeechRecognizedEventArgs>(sre_SpeechRecognized);
}

void sre_SpeechRecognized(object sender, SpeechRecognizedEventArgs e)
{
    MessageBox.Show("Söylediğiniz sayı:" + e.Result.Text);
}
```

Metinden sese çevirme ara yüzü iki aşamada çalışır. Birinci aşamada cümlelerin nerede başlayıp nerede bittiği, soru cümlesi olup olmadığı, özel isim içerip içermediği, cümle yapıları ve cümlenin zaman kalıpları gibi özellikleri gözetilerek analiz yapılır. Yapılan analizler sonucu ikinci aşamada cümlelerin özelliklerine göre seslendirme işlemi

gerçekleştirilir. Metinden sese çevirme özelliği Çizelge 2.3'te verilen kod parçası ile kullanılabilir.

Çizelge 2.3. Metinden sese çevirme için örnek kodlar





```
static void Main(string[] args)
{
    SpeechSynthesizer SeseCevir = new SpeechSynthesizer();
    SeseCevir.Speak("Hello World");
}
```

Geliştirilen lam yazıcı için ücretsiz olması, sadece 68 megabayt yer kaplaması, sistemin kullanıcıya göre eğitilebilmesi, tanınacak kelimelerin dil bilgisi tanımlanarak sınırlandırılabilmesi, internet olmadan çalışabilmesi ve Windows işletim sistemine entegre edilebilmesi nedenleriyle Microsoft Speech SDK kullanılmıştır [60].

2.3. Barkod Teknolojisi

Barkod teknolojisi verilerin makineler tarafından okunabilecek şekilde kodlanması üzerine kuruludur. İlgili sistemlere veri girişinin hatasız ve hızlı bir şekilde optik okuyucu veya kameralar aracılığı ile yapılmasını sağlar. Barkodların temel olarak Çizelge 2.4'te gösterildiği gibi bir boyutlu ve iki boyutlu olmak üzere çeşitleri mevcuttur. Bir boyutlu barkodlar bilgiyi yatay olarak X koordinatında, iki boyutlu barkodlar ise yatay ve dikey olarak X ve Y koordinatlarında depolar [61].

Çizelge 2.4. Barkod çeşitleri

Boyut	İsim	Şekil	Boyut
Bir boyutlu	Code-128		202x76=15352 Piksel
İki boyutlu	PDF417		240x45=10800 Piksel
	QR Kod		84x84=7056 Piksel
	Data matris		48x48=2304 Piksel

Patoloji laboratuvarlarında kullanılan lamaların kod alanının (20x26) mm² olduğu ve lam yazma hızı düşünülürse barkodun kod alanı üzerinde kapladığı yerin en az olması gerekmektedir. Çizelge 2.4'te gösterilen dört çeşit barkod "123456789" verisini içerecek şekilde oluşturulmuştur. Aynı veriyi içeren bu barkodlar karşılaştırıldığı zaman Data matrisin Code-128'e göre %84, PDF417'ye göre %79, QR Kod'a göre %67 daha az yer kapladığı görülmüş ve geliştirilen sistem için tercih edilmiştir. Data matris kodu üretmek için masaüstü uygulamaları, online yazılımlar ve uygulama geliştirmek için hazır eklentiler bulunmaktadır.

2.4. Lazer Modül

Lazer modül, yüksek yoğunluklu ışınlar göndererek kazımak (engrave) suretiyle lam üzerine yazma işlemini gerçekleştiren kısımdır. Yazma işlemi basit CNC sistem vasıtasıyla X ve Y koordinatlarında hareket ettirilen lazer modülün gerekli yerlerde açılıp kapatılması ile gerçekleştirilir. Farklı teknolojilerde üretilmiş üç çeşit lazer vardır:

- **Nd:YAG lazer:** Bu tür lazerler bir ışın tüpü ya da lazer diyotlar kullanılarak üretilen ışın demetlerinin optik olarak yönlendirilmesi ile oluşur. 1064 nm dalga boyunda ışık yayar ve hem darbeli hem de sürekli modda çalışabilir. En yaygın kullanılan lazer türlerinden biridir [62]. Şekil 2.11'de gösterilmiştir.



Şekil 2.11. Nd:YAG lazer

- **Karbondioksit lazer:** Geliştirilen en eski lazer teknolojisidir. İçinde karbondioksit, azot, nitrojen, hidrojen ve helyum gaz karışımı olan ve iki ucunda ayna bulunan bir tüpe elektrik verilerek üretilir. Dalga boyu kızılötesi alanda olduğu için gözle görünmez [63]. Şekil 2.12’de gösterilmiştir.



Şekil 2.12. Karbondioksit lazer tüpü

- **Fiber lazer:** Diyot veya kristallerle rezonatörde elde edilen lazer ışını fiber kablolar aracılığı ile galvo adı verilen elektronik kontrollü bir optik sisteme getirilir. Burada odaklama ve aynalar yardımı ile ışının istenilen noktaya yönltilmesi sağlanır [64]. Genellikle yüksek güçlü olarak üretilir. Birçok materyalde etkili olmakla birlikte özellikle metal üzerine markalama yapmak için kullanılır. Şekil 2.13’te gösterilmiştir.



Şekil 2.13. Fiber lazer

Yukarıdaki lazer modüller incelendiği zaman Nd:YAG lazer modülün diğerlerine nazaran az yer kapladığı, maliyetinin daha düşük olduğu görülerek bu modül temin edilmiş ve lam çeşitleri üzerinde denenerak başarılı sonuçlar alınmıştır. Böylece geliştirilecek olan sistemde Nd:YAG lazer kullanılmasının uygun olduğu kanaatine varılmıştır.

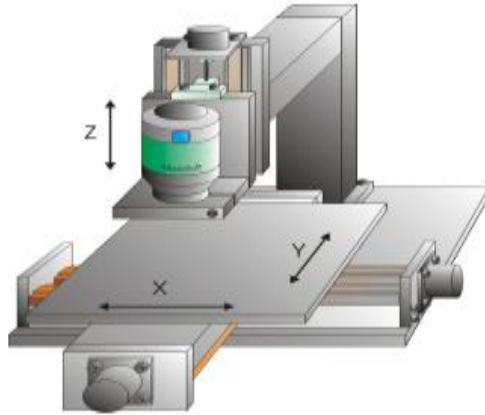
2.5. Step Motorlar

Step motorlar açısal konumunu adım adım değiştiren ve hassas sinyaller gönderilerek sürülebilen motorlardır. Bu adımlar, motorun girişlerine sinyaller gönderilerek elde edilir. Step motorun gönderilen her sinyalde ne kadar mesafe alacağı adım açısına bağlıdır. Adım açısı motorlara göre farklılık gösterir ve 90°, 45°, 18°, 7.5°, 1.8° olabilir. Motora gönderilen sinyallerin frekansı değiştirilerek motorun hızı ayarlanır. [65]. Step motorların dönüş yönü, devir sayısı, dönüş hızı gibi özellikleri mikroişlemci veya bilgisayar yardımıyla kontrol edilir. Bu özellikler sayesinde step motorlar çok hassas konum kontrolü gerektiren yerlerde kullanılırlar. Step motorlarının geri beslemeye ihtiyaç duymama, açık döngülü olarak kontrol edilebilme, basit yapıda olma ve bakım gerektirmeme gibi avantajları mevcuttur. Ancak bu avantajların yanında hareketinin darbeli olması, bazı durumlarda konum hataları meydana getirmesi ve elde edilecek gücün sınırlı olması gibi dezavantajları da mevcuttur. Teknik özelliklerine göre değişken relüktanslı, sabit mıknatıslı ve karışık (hibrit) yapılı olarak sınıflandırılır [66]. Step motorlar doğrudan mikro denetleyicilerin dijital çıkışlarına bağlanarak ya da step motor sürücülerini ile kontrol edilebilirler. Piyasada L298DC, DRV8825, A3967, ULN2003, TB6560, A4988, TMC2208 gibi step motor sürücü modülleri mevcuttur. Step motorları mikro denetleyiciler ile kontrol etmek için hazır kütüphaneler bulunmaktadır.

2.6. CNC Makineleri

Bilgisayar ve otomasyon teknolojilerinin çok hızlı geliştiği günümüzde tasarım gibi imalat sektörü de bu hıza ayak uydurmuş ve CNC makineleri yaygınlaşmaya başlamıştır. Tamamen bilgisayar ile kontrol edilen CNC'ler tasarlanan bir parçanın prototipini birkaç saat içerisinde üretebilmektedir. CNC makinelerinin avantajları arasında otomasyona imkân tanınması, iş parçalarının hassas ve sürekli olarak aynı ölçüde üretilmesi, yazılan programların sürekli hafızada tutulması, simülasyonun izlenebilmesi ve hızlı olması sayılabilir. CNC makinelerinin dezavantajları ise; pahalı olması, bozulma ihtimali, kullanım ve bakımı için uzman personel gereksinimidir.

CNC'ler tasarım ve işlev özelliklerine göre farklı yapıda olabilir. Bunlara örnek olarak köprü tipi CNC, üniversal tip CNC ve tek gövdeden hareket sistemli CNC verilebilir. CNC'leri oluşturan temel elemanlar ana gövde, yataklama sistemi, tahrik sistemi, hareket iletim sistemi ve elektronik kontrol ünitesidir. Üniversal tip CNC tezgahlarının basit yapısı Şekil 2.14'te gösterilmiştir. Bu tezgâh üç eksenli olarak tasarlanmış ve X, Y, Z eksenlerinde hareket ederek istenilen parçanın üretimini gerçekleştirebilmektedir [67].



Şekil 2.14. Üniversal tip CNC tezgâhı [67]

Elektronik kontrol ünitesi olarak CNC makineleri için özel olarak üretilmiş sistemler ya da genel amaçlı üretilen çeşitli mikro denetleyiciler kullanılabilir. CNC makineleri genel olarak Fanuc ve Siemens işletim sistemlerine göre programlanarak kontrol edilir. CNC program yapısı yan yana yazılan birtakım harf, rakam, matematiksel işlem ve noktalama işaretlerinden oluşur. Yan yana yazılan ve “;” işaretine kadar olan satırlara blok adı verilir. “N01 G90 G00 X100. Y26. Z50;” ifadesi bir bloku ifade eder. Program genel olarak dört kısımdan oluşur;

- **Giriş Bölümü:** Bu kısımda program numarası ve adı belirlenir.
- **Teknolojik Bilgiler:** Kesici takım, ilerleme hızı ve kesme hızı gibi bilgiler bu kısma yazılır.
- **Geometrik Bilgiler:** Kesici takımın veya işlenen parçanın konumunu, yapılacak hareketin şeklini ve yönünü belirten bilgilerin yazıldığı kısımdır.
- **Yardımcı Kodlar ve Program Sonu:** Bu kısımda ise CNC tezgâhının açılıp kapatılması, duraklatılması, iş milinin çalıştırılması, soğutucu suyun açılıp kapatılması gibi işlemler kontrol edilir [68].

Yukarıda anlatılan CNC program yapısı Çizelge 2.5'te gösterilmiştir.

Çizelge 2.5. CNC program yapısı [68]

Program kodları	İçerik
O9999 (Yüzey Frezeleme);	Program numarası ve adı
N102 G21 G17 G40 G80;	Başlangıç bölümü ve komutları
N104 G28 G91 X0. Y0. Z0.;	
N108T2 M6 (Yüzey Frezeleme);	
N110 G00 G90 G54 X30. Y40.;	
N112 G43 H2 Z50.;	
N114 M03 S800;	Devir sayısı ve ilerleme hızı bölümü
N116 G00 Z5. M08;	
N118 G01 Z-25. F800;	
N120 G42 D12 Y0.;	Ana program bölümü ve komutları
N122 X146. F150;	
N124 Y90;	
N126 X0.;	
N128 Y-20.;	
N130 G01 Y-30. G40;	
N132 G0 Z50. M09;	
N134 M05;	Program sonu ve komutları
N136 G28 G91 X0. Y0. Z0.;	
N138 M30;	

CNC programlamak için farklı görevlerde tanımlanmış olan G kodlar, M kodlar ve diğer kodlar kullanılır. G kodlar ile kesici ya da kazıyıcı elemanların doğrusal ya da dairesel hareketleri, hangi düzlemde işlem yapılacağı, tornalama çevrimleri, motor devri ve beklemler gibi özellikler kontrol edilir. CNC programlarında kullanılan G kodlar ve açıklamaları Çizelge 2.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 2.6. G kodlar ve açıklamaları [69]

G kod	Açıklama	G kod	Açıklama
G00	Talaş kaldırmadan hızlı ilerleme	G53	Tezgâh koordinat sistemi seçme
G01	Talaş kaldırarak ilerlemesi	G54- G59	İş parçası koordinat sistemini açma
G02	Saat ibresi yönünde dairesel hareket	G70	Bitiş paso çevrimi
G03	Saat ibresi tersi yönünde dairesel hareket	G71	Boyuna kaba tornalama çevrimi
G04	Bekletme	G72	Alından kaba tornalama çevrimi
G17	X-Y düzlemini seçme	G73	Profil tekrarlayarak kaba tornalama çevrimi
G18	X-Z düzlemini seçme	G74	Derin delik delme
G19	Y-Z düzlemini seçme	G75	Kanal açma çevrimi
G20	İnç sistemi	G76	Vida açma çevrimi
G21	Metrik sistem	G83	Kademeli delik delme çevrimi
G28	Tezgâhı referans noktasına gönderme	G96	Sabit kesme hızı kontrolü (Çapa göre tornalama)
G31	Atlatma komutu satır veya blok	G97	Sabit kesme hızı kontrolü iptali
G32	Sabit adımlı vida çekme	G90	Mutlak programlama
G40	Takım uç yarıçapı telafisi iptali	G91	Artışlı programlama
G41	Takım uç yarıçapı telafisi soldan	G98	mm/dak veya inç/dk. ilerleme
G42	Takım uç yarıçapı telafisi sağdan	G99	mm/dv. veya inç/dv. ilerleme

M kodlar da G kodlar gibi temel CNC kodlarından. Bu kodlar ile kesici ya da kazıyıcı takımın hareketleri kontrol edilmez. M kodlarla iş milinin çalıştırılması ve durdurulması, soğutma sıvısının açılıp kapatılması, programın başlatılıp sonlandırılması ve kesici takımın değiştirilmesi gibi yardımcı işlemler gerçekleştirilir. CNC programlarında kullanılan M kodlar ve açıklamaları Çizelge 2.7’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.7. M kodlar ve açıklamaları [69]

M kod	Açıklama	M kod	Açıklama
M00	Şartsız durdurma komutu	M21	Punta pin ucu geri
M01	İsteğe bağlı durdurma	M24	Parça sıkma
M02	Program sonu	M25	Parça bırakma
M03	Saat yönünde fener milinin dönmesi	M30	Ana program sonu
M04	Saatın tersi yönünde fener milinin dönmesi	M40	Prob kolu aşağı
M05	İş mili durdurma	M41	Prob kolu yerine
M06	Takım değiştirme	M45	Çubuk sürme
M07	İş mili üzerindeki soğutma sıvısını açma komutu	M46	Çubuk sürme sonu
M08	Soğutma sıvısını açma komutu taret üzerindeki	M86	Talaş konve ileri
M09	Soğutma sıvısını kapatma	M87	Talaş konve yönü durdur
M20	Punta Pin Ucu İleri	M98	Ana programa çağırma

M ve G kodlar kapsamında olmayan program numarası, satır sıra numarası, pozisyonlama fonksiyonları alt program numarası ve bazı parametrelerin tanımlandığı diğer ifadeler ve açıklamaları Çizelge 2.8’de gösterilmiştir.

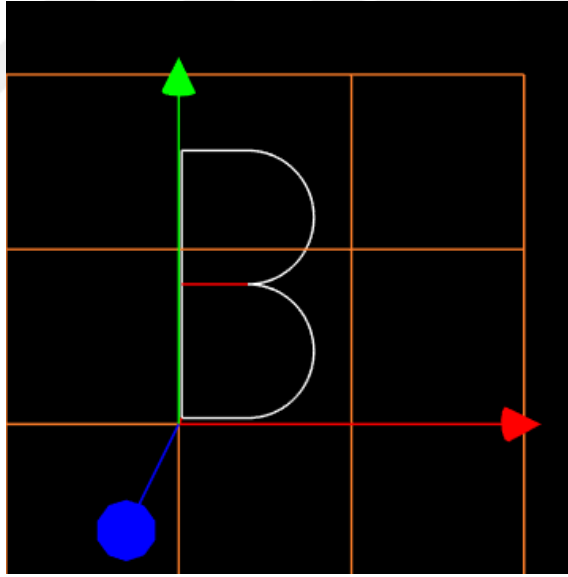
Çizelge 2.8. Diğer kodlar ve açıklamaları [70]

İfade	Açıklama	İfade	Açıklama
O	Program numarası	S	Ana fener milinin devir sayısı
N	Sıra numarası	T	Takım numarası ve takım ofset numarası
X, Y, Z	Eksen hareket komutları	P, U, X	Bekleme zamanı
U, W	Hareket mesafe ve yön komutları	P	Alt program çağırma numarası
I, K	Başlangıç noktasının yayın merkezine uzaklığı	P, Q	Birleşik tekrar çevriminde başlangıç ve bitiş numaraları
R	Daire yarıçapı	L	Alt program tekrar sayısı
F	Kesme ilerlemesi	A, D, I, K	Sabit çevrimlerdeki parametreler

Aşağıda düzlemsel bir yüzeye 8mm boyunda, 4mm eninde ve 1mm derinliğinde B harfi çizmek için gerekli kod parçası Çizelge 2.9’da verilmiş ve bu kodların simülasyondaki görünümü de Şekil 2.15’te gösterilmiştir.

Çizelge 2.9. B harfi için oluşturulan G kodlar

```
G0 X0 Y0;  
G1 M3;  
G1 Z-1;  
G1 X0 Y8;  
G1 X2 Y8;  
G2 X2 Y4 R2;  
G1 X0 Y4;  
G1 M5;  
G0 X2 Y4;  
G1 M3;  
G2 X2 Y0 R2;  
G1 X0 Y0;  
G1 Z1;  
G1 M5;
```



Şekil 2.15. G kod Simülasyon görüntüsü

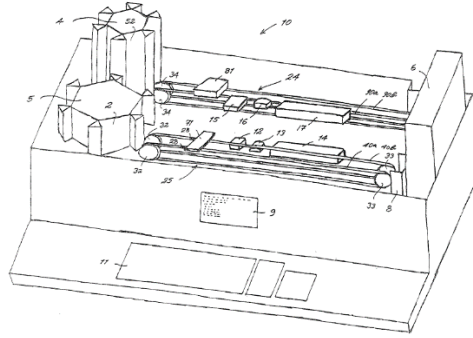
3. İLİŞKİLİ ÇALIŞMALAR

Patoloji laboratuvarlarında doku örnekleri, doku ile ilgili bilgilerin kodlandığı lamlar üzerine konularak mikroskoplarda incelenmektedir. Bu kodlar hasta ile doku örneği arasındaki ilişkiyi sağlar ve doğru yazılıp doğru okunması çok önemlidir. Patoloji laboratuvarlarında kullanılan lamların kodlanması için el yazısı ya da otomatik lam yazıcılar kullanılmaktadır. Yörükoğlu vd. [16]'nin yaptıkları çalışmada 302 hastaneden sadece 22 tanesinde kaset ve lam yazıcı cihaz olduğu tespit edilmiştir. Diğer 180 hastanede ise el yazısı kullanılmaktadır. Bu durumun temel sebebi olarak cihazların maliyetinin yüksek olması gösterilebilir. Çünkü Ak Ergün [11]'ün hazırlamış olduğu yüksek lisans tezinde otomatik lam yazma cihazının fiyatının 2011 yılı için 48800 Türk Lirası olduğu ve bu miktarın laboratuvarlarda kullanılan tüm cihazların maliyetinin yaklaşık %9'u olduğu görülmüştür.

El yazısının silinebilme ve kişisel yazım farklılıklarından kaynaklanabilecek yanlış yazma-okuma nedeniyle hata oranlarını artırarak toplam kalite göstergelerine negatif etki ettiği söylenebilir. Plebani vd. [19] çalışmalarında IFCC'nin preanalitik aşamadaki kalite göstergesine ait çizelgede hasta kimliklemesi başlığı altında hasta kimliğine ilişkin hatalı işlem sayısının toplam işlem sayısına oranının kalite göstergesi için birinci derecede öncelikli olduğunu belirtmişlerdir. Cararo ve Plebani [71] hasta güvenliğini tehdit eden etmenlerin laboratuvarlarda gerçekleşen kısmına odaklanmışlar ve 51746 analizden 393 tanesinde hata tespit ederek bu hataların 160 tanesinin laboratuvarlarda meydana geldiğini ortaya çıkarmışlardır. Preanalitik aşamada meydana gelen 99 hatanın 14 tanesinin (%14.14) kimlikleme hatası olduğu görülmüştür. Bununla ilgili olarak Yörükoğlu [18] patoloji laboratuvarlarında toplam kaliteden bahsederken arşiv başlığı altında blok ve lam etiketlerinin okunur olmasına özen gösterilmesi gerektiğini ve laboratuvarlarda standart olarak sekreteryal yazım sisteminin bulunması gerektiğini vurgulamıştır. Yine Bonini vd. [72] çalışmalarında tıbbi hataların son zamanlarda arttığına değinerek konuya laboratuvar özelinde yaklaşmışlardır. En çok hataların preanalitik ve postanalitik fazlarda gerçekleştiğini tespit etmişleridir. Birçok hata türü olmakla birlikte laboratuvarın kimya kliniği bölümünde bir yılda yapılan 120 hatanın 41 tanesinin (%34) yanlış kimlikleme nedeniyle olduğunu görmüşler ve ulaştıkları sonuca göre hataların azaltılması için uygun teknolojilerin kullanılmasını önermişlerdir.

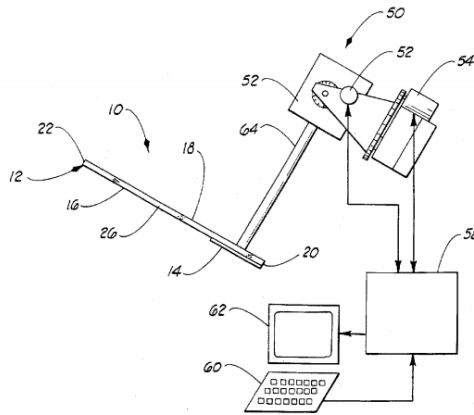
Lamların en doğru ve kalıcı şekilde kodlanmasını sağlamak için otomatik lam yazıcı cihazlar kullanılması gerekmektedir. Edwards [73] mikroskop lamlarına ve histoloji kasetlerine baskı yapabilen mürekkep püskürtmeli bir yazıcı sistem geliştirmiş ve patentini almıştır. Bu sistemde Şekil 3.1'de gösterildiği gibi lam ve kasetlerin tutulduğu besleme bölümleri, lam ve kasete baskı yapmak için farklı yazdırma modülleri, besleme ünitesinden lam ve kasetleri baskı alanına oradan da depolama alnına taşıyan bir mekanizma ile birlikte

yazdırma işlemi sonrasında lam ve kaset üzerindeki kod alanının özel bir reçine ile kaplanarak mürekkebin silinmesini engelleyen bir bölüm de bu sistemde yer almaktadır.



Şekil 3.1. Kaset ve lam yazıcı [73]

Kavanaugh [74] kod alanı boyalı mikroskop lamlarına Nd:YAG lazer kullanarak kodu ve bu kodun barkodunu yazdırmayı sağlayan bir sistem geliştirerek patentini almıştır. Şekil 3.2’de gösterilen lam yazıcı sistem veri girişi için bir klavye, işlemleri görmek için bir ekran, bilgisayarlı kontrol ünitesi, konumlandırma motorları ve lazer modülünden oluşmaktadır. Bu sistemin temel amacının kodlanan lamların sadece insan tarafından değil, barkod sayesinde makineler tarafından da okunabilmesi olduğu vurgulanmıştır.



Şekil 3.2. Lazerli lam yazıcı [74]

Halihazırda kullanılan lam yazıcı cihazlar genel itibarı ile mürekkep püskürtmeli veya termal transferli bir modülden, ara yüz yazılımından ve X-Y eksenlerinde hareketi sağlayan CNC benzeri bir mekanizmadan oluşmaktadır.

Mürekkep püskürtme yöntemi: Bu yöntemde kodlar mürekkebin bir kartuş aracılığı ile lam üzerine püskürtülmesi ile yazdırılmaktadır. Kullanılan mürekkep, kimyasal ve fiziksel etkilere dayanacak şekilde özel üretilmiş olup üç buçuk aylık bir kullanım ömrüne sahiptir. Şekil 3.3’te gösterilen bu yazıcılar kod alanı boyalı lam çeşidini kullanabilmekte ve ortalama dört saniyede bir lam basabilmektedir. Ayrıca barkod, logo ve alfa numerik karakterleri

desteklemektedir. Özel mürekkep gerektirdiği için cihaz sarf gideri yüksektir. Örnek olarak Leica firması tarafından üretilen IP S lam yazıcı gösterilebilir [20].



Şekil 3.3. Mürekkep püskürtmeli lam yazıcı

Termal transfer yöntemi: En yaygın kullanılan lam yazıcı yöntemidir. Isı etkisi ile ribon üzerindeki mürekkebin lam üzerine transfer edilmesi sayesinde baskı işlemi gerçekleştirilir. Kullanılan ribon genel kullanım amaçlı olduğundan kodların silinme riski mevcuttur. Şekil 3.4'te gösterilen bu cihazlar barkod, logo ve alfa numerik karakterleri de destekleyerek 300 dpi çözünürlüğünde baskı yapabilmektedir. Sadece kod alanı boyalı lamı kullanabilmekte ve ortalama beş saniyede bir lam basabilmektedir. Örnek olarak Primera, Fa-Tech, Thermoficher ve Vogel firmalarının ürettiği lam yazıcılar gösterilebilir [21-24].



Şekil 3.4. Termal transferli lam yazıcılar

Bahsi geçen lam yazıcılar ara yüzlerinde veri girişini klavye, fare ve dokunmatik ekran gibi fiziksel temas gerektiren yöntemleri kullanarak gerçekleştirmektedir. Patoloji laboratuvarı ortamı baz alındığında bu tür yöntemlerin hijyen ve iş akışı açısından sakıncalar doğuracağı söylenebilir. Bu durumun önüne geçmek için insan makine etkileşimi öğelerinden biri olan ses tanıma teknolojisinin kullanılması yerinde olacaktır.

Ses tanıma teknolojisi bilgisayar yazılımlarında [75], akıllı mekânlarda [76, 77], sağlık sektöründe [78], askeri alanlarda [79], mobil cihazlarda [80], robotlarda [60], otomotiv alanında [81], uzay teknolojilerinde [82] ve daha birçok alanda kullanılmakla birlikte her geçen gün bu alanlara bir yenisi eklenmektedir.

Ses tanıma teknolojisi son zamanlarda yazıcılarda da kullanılmaya başlamıştır. HP [83], Epson [84] ve Canon [85] firmaları tarafından üretilen bazı modellerde “Alexa” konuşma tanıma ara yüzü kullanılarak sesli komutların yerine getirilmesi sağlanmıştır. Bu işlemi yerine getirebilmek için önce mobil bir cihaza “Alexa” uygulamasının kurulması ve yazıcının e-mail adresinin bu uygulamada tanımlanması gerekmektedir. Böylece mobil cihaz üzerinden sesli komut ile yemek tarifleri, kontrol ve alışveriş listeleri, takvimler, oyunlar, formlar ve çocuklar için boyama sayfaları yazdırılabilmektedir.

Lam yazıcı cihazlarda yazdırma modülüne hareket vermek için CNC benzeri bir sistem kullanılmaktadır. CNC makineleri genelde endüstriyel üretimler için büyük ölçekli olarak tasarlanmıştır. Lam yazıcılarda kullanılan lamaların kod alanının $20 \times 26 \text{ mm}^2$ [17] olduğu göz önüne alınırsa daha küçük çaplı bir sistem geliştirilmesi yerinde olacaktır. Küçük ölçekli CNC cihazları ile ilgili çalışmalar şunlardır:

Demir vd. [67] yaptıkları çalışmada üç eksenli mini CNC freze tezgâhı tasarlamışlar ve imal etmişlerdir. Üretilen CNC’de X, Y ve Z eksenlerinde $200 \times 160 \times 180 \text{ mm}$ ölçülerindeki çalışma alanında hareketi sağlamak için üç adet SY85STH80-4208A NEMA34 step motoru, ZM-2H606 step motor sürücüsü kullanılmıştır. Hareket iletim sistemi için özel üretilmiş hassas bilyeli vidalar, kontrol ünitesi için MACH 3 yazılımı ve bu yazılımla uyumlu kontrol ünitesi kullanıldığı görülmektedir.

Qin [86]’in hazırlamış olduğu yüksek lisans tezinde küçük ölçekli ve düşük maliyetli bir CNC tezgâhı tasarladığı görülmüştür. Endüstriyel alanda küçük ölçekli ve yüksek hassasiyetli parçalara olan talebin arttığı ve buna bağlı olarak küçük ölçekli CNC tezgâhlarına olan ihtiyacın da aynı oranda arttığı bu tezde belirtilmiştir. Çalışma sonucunda 2000 Amerikan Doları’nın altında bir maliyetle üç eksenli mini bir CNC tezgâhın ortaya çıktığı ifade edilmiştir.

Madekar vd. [87] yapmış oldukları çalışmada elektronik devre kurmak için kullanılan PCB (Basılmış Devre kartı) üzerinde yol açmak için mini bir CNC tezgâhı tasarlamışlardır. Kontrol ünitesi olarak ATMEGA328 mikro denetleyicisi, tahrik elemanı olarak NEMA23 step motoru ve Easy Drive v4.4 motor sürücü modülü kullandıkları ifade edilmiştir.

4. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu tez çalışmasında İnönü Üniversitesi TÖTM patoloji laboratuvarında görevli patolog ve akademisyenlerin talebi üzerine patoloji laboratuvarlarında kullanılan lamaların kodlanması için bir lam yazıcı geliştirilmesi amaçlanmıştır. Geliştirilecek olan sistemin medikal ve bilişim alanlarını ilgilendiren çok branşlı bir çalışma olması nedeni ilk önce patoloji alanına alt yapı oluşturmak için İnönü Üniversitesi TÖTM'de bulunan patoloji laboratuvarı ziyaret edilmiştir.

Gerçekleştirilen ziyaret kapsamında patoloji laboratuvarının yapısı, burada yapılan işlemler, iş akışları, lamalar ve kullanılan lam yazıcı incelenmiştir. Yapılan gözlemlere göre patoloji laboratuvarı makroskopi ve mikroskopi olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Makroskopi bölümünde uzmanlar laboratuvara gelen dokudan uygun örnekler alarak kodlanmış kasetlere yerleştirmektedirler. Bu kasetler doku takibi ve bloklama işleminden sonra soğutularak mikroskopi bölümüne gönderilmektedir. Mikroskopi bölümünde ise doku örnekleri 4-6 mikron kalınlığında kesilerek kodlanmış lam üzerine alınmaktadır. Daha sonra bu dokular boyanmakta ve mikroskopta incelenerek rapor yazılmaktadır.

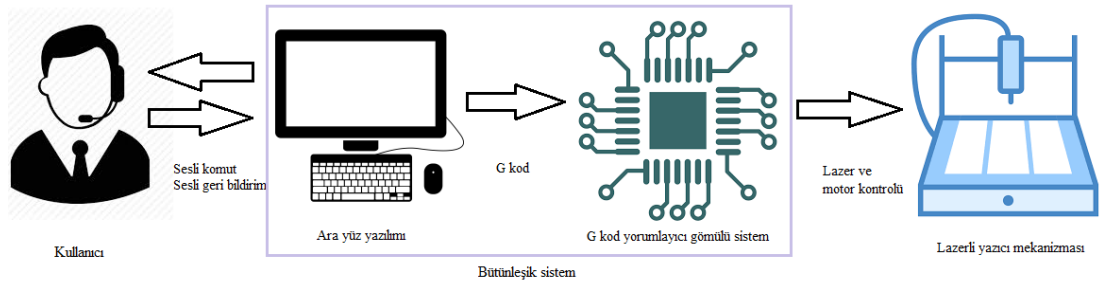
Mikroskop lamaları doku örneklerinin takibi sürecinde mikroskopi bölümünde kullanılmaktadır. Patologlar, lamaların kodlandıktan sonra -55 °C ile 60 °C arasında sıcaklıklara ve ksilen alkol, hematein, ezoin gibi kimyasallara maruz kaldığını belirterek bu durumun lam üzerindeki kodların silinmesine sebep olduğuna dikkat çekmişlerdir.

TÖTM patoloji laboratuvarında freze uçlu bir lam yazıcı cihaz kullanılmaktadır. Bu ve bunun gibi lam yazıcıları kullanmak için patologların yapmakta oldukları işleri yarıda bırakarak cihazın başına gelmeleri gerekmektedir. Ayrıca patologlar lam yazdırmak için ellerine bulaşmış kimyasallar ya da doku sıvıları ile klavye ve fare kullanmak zorunda kalmaktadırlar. Bunun ise hijyen kurallarına aykırı bir durum olduğu gözlemlenmiştir. Aynı durum patoloji laboratuvarındaki proje paydaşları tarafından da bir problem olarak tanımlanmış ve proje kapsamında bu problemin giderilmesi için de mühendislik çalışmaları yapılması istenmiştir.

Ayrıca kullanılan cihazların ara yüzlerinin hantal olduğu ve geçmiş kayıtları tutmadığı da gözlemlenmiştir. Bütün bu bilgilere ek olarak piyasadaki diğer lam yazıcılar hakkında araştırma yapılmış ve mürekkep püskürtmeli, termal transferli sistemlerin de olduğu tespit edilmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda patoloji laboratuvarlarında kullanılan lam yazıcıların tamamının ithal olduğu, sadece en pahalı olan rodajlı-renkli (boyalı) lamaları kullanabildiği ve bu cihazlara sadece klavye, fare ya da dokunmatik ekran kullanılarak veri girişinin yapılabildiği anlaşılmıştır. Ayrıca bu cihazların mürekkep ve ribon gibi sarf giderleri de bulunmaktadır.

Sonuç olarak hijyeni sağlamak ve iş akışını kesintiye uğratmamak için kablosuz mikrofon kullanılarak veri girişine olanak sağlayan ses kontrollü bir yazılım geliştirilmesine karar verilmiştir. Böylece patoloğların bir yandan diğer işleri yaparken bir yandan da fiziksel temas kurmadan lam yazdırabilmesi sağlanmıştır. Ayrıca donanım kısmında en pahalı olan rodajlı-renkli(boyalı) lama ek olarak en ucuz olan rodajsız-düz lamın da kullanılabilmesi, cihaz sarf giderinin olmaması ve lam üzerine yazdırılan kodların tamamen kalıcı olması için lazer yazma modülünün kullanılması uygun görülmüştür.

Geliştirilen ses kontrollü ve lazerli lam yazıcının temel bileşenleri Şekil 4.1'de verilmiştir. Bu sistemde kullanıcı kablosuz mikrofon aracılığı ile sesli komut vererek yazıcıyı uzaktan kontrol edebilmektedir. Ara yüz yazılımında ise mikrofondan alınan sesli ifadeler konuşma tanıma özelliği sayesinde bilgisayar metinlerine dönüştürülmektedir. Bilgisayar metinleri ve bu metinlerin data matrisleri G kodlara dönüştürülerek bütünleşik platformda bulunan gömülü sisteme gönderilmekte ve bu kodlar sayesinde lazer başlıklı mekanizma ile lamların yazdırılması sağlanmaktadır.

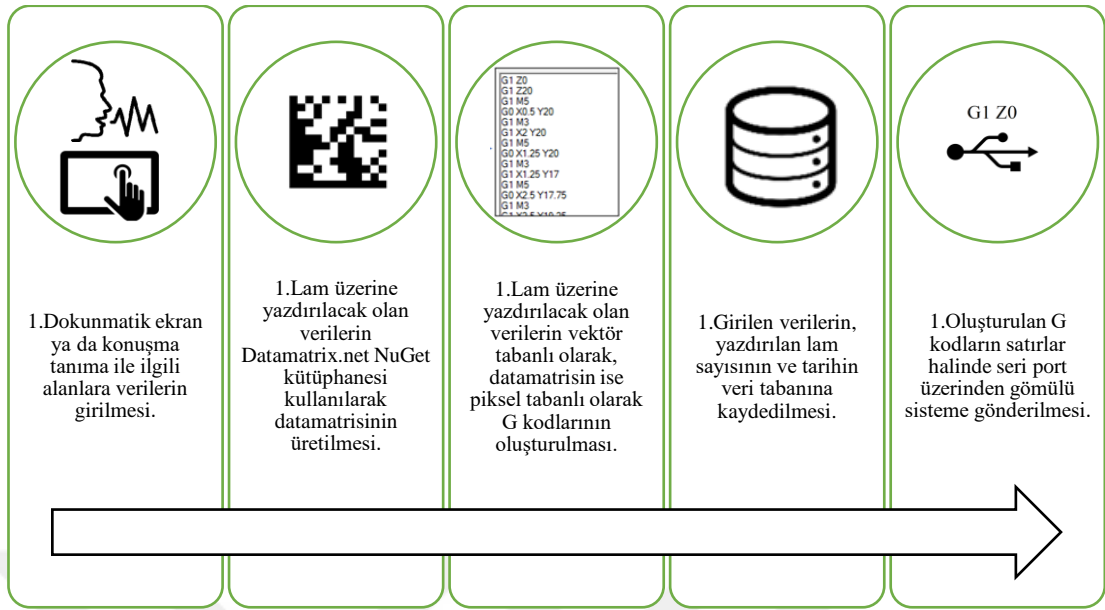


Şekil 4.1. Ses kontrollü lazerli lam yazıcının temel bileşenleri

Geliştirilen sistem yazılım ve donanım olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır:

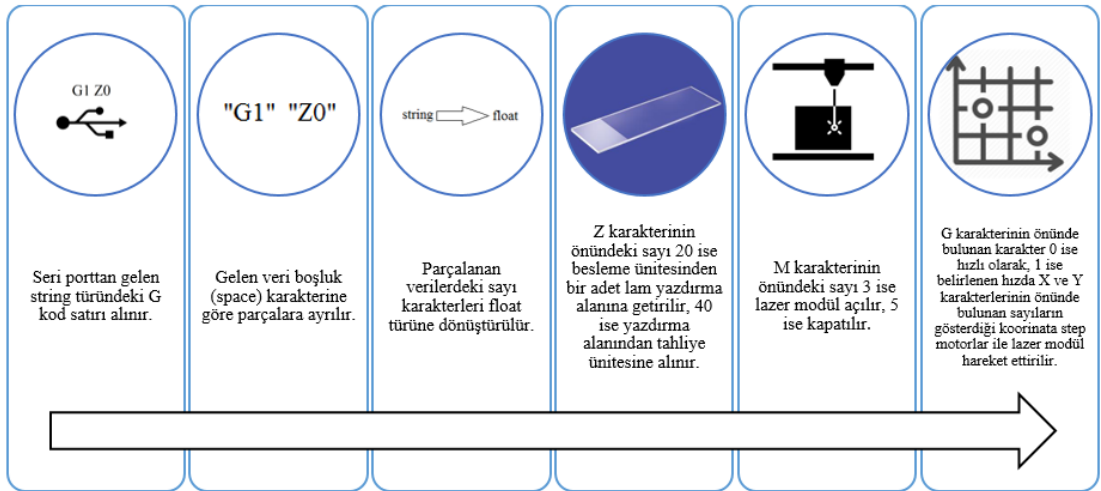
Yazılım kısmında ara yüz ve gömülü sistem yazılımları bulunmaktadır. Ara yüz yazılımı; veri tabanı, konuşma tanıma, data matris üretme ve G kod oluşturma algoritmalarını içerir. Gömülü sistem yazılımı ise kendisine gelen G kodları yorumlama ve bu kodlara göre yazıcı mekanizmasını ve lazer modülü kontrol etme özelliğine sahiptir.

Ara yüz yazılımında sırasıyla Şekil 4.2’de gösterilen işlemler gerçekleştirilmektedir.



Şekil 4.2. Ara yüz yazılımında gerçekleştirilen işlemler

Gömülü sistem yazılımında ise sırasıyla Şekil 4.3’te gösterilen işlemler gerçekleştirilmektedir.



Şekil 4.3. Gömülü sistem yazılımında yapılan işlemler

Donanım kısmı ise aşağıdaki bölümlerden oluşmaktadır:

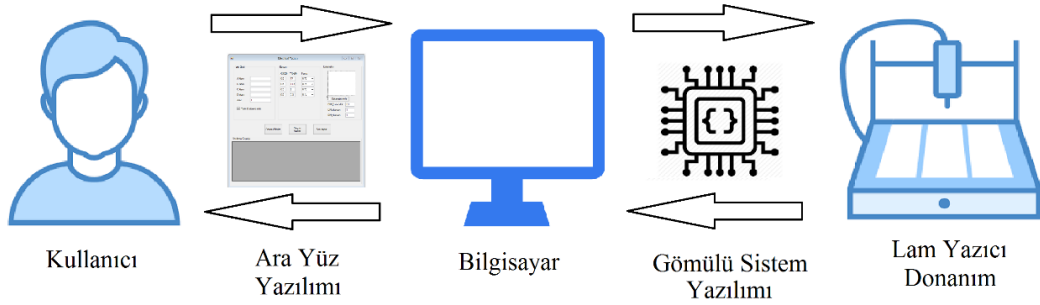
- Geliştirilen gömülü sistem yazılımı ile kontrol edilen (bilgisayar ve gömülü sistemi içeren) bütünleşik platform (Lattice)
- Yazıcı başlık olarak kullanılan lazer modül
- Lazer modülü X ve Y koordinatlarında ve lamı yatay olarak hareket ettiren üç adet step motor

- Güç kaynağı
- Dokunmatik panel ve ekran
- Hareketli aksamalar
- Bağlantı parçaları ile lam besleme ve tahliye ünitesi

Yazdırma işlemi lam besleme ünitesinden alınan lamın yazdırma alanına getirilmesi ile başlar, lazer modül ile yazdırma süreci ile devam eder, yazdırılan lamın tahliye bölümüne atılması ile sona erer.

4.1. Geliştirilen Lam Yazıcı Sistemde Kullanılan Yazılımlar

Geliştirilen sistemde ara yüz ve gömülü sistem olmak üzere iki adet yazılım bulunmaktadır. Şekil 4.4'te gösterildiği gibi ara yüz yazılımı kullanıcı ile bilgisayar arasındaki etkileşimi sağlayarak veri girişine ve sistemin kontrol edilmesine imkân tanır. Gömülü sistem yazılımı ise bilgisayar ile lam yazıcı donanım arasındaki etkileşimi sağlayarak sistemin istenilen şekilde çalıştırılmasını sağlar.



Şekil 4.4. Geliştirilen lam yazıcı sistemde kullanılan yazılımların rolleri

4.1.1. Ara yüz yazılımı

Lam yazıcı için geliştirilen ara yüz yazılımı kullanıcı ile bilgisayar arasındaki etkileşimi sağlayan kısımdır. Ara yüz tasarımı yapılırken patologların görüşleri dikkate alınmış ve diğer firmaların ürettiği ara yüzler de incelenmiştir. Bu sayede mevcut yazılımların eksiklikleri göz önüne alınarak daha kullanışlı bir ara yüz geliştirilmesi hedeflenmiştir. Geliştirilen ara yüzün özgün yönleri; konuşma tanıma özelliği içermesi, kod alanının kullanıcı tarafından dizayn edilebilmesi, yazdırılan kodları ve lam sayısını yazdırma tarihi ile veri tabanına kaydetmesidir.

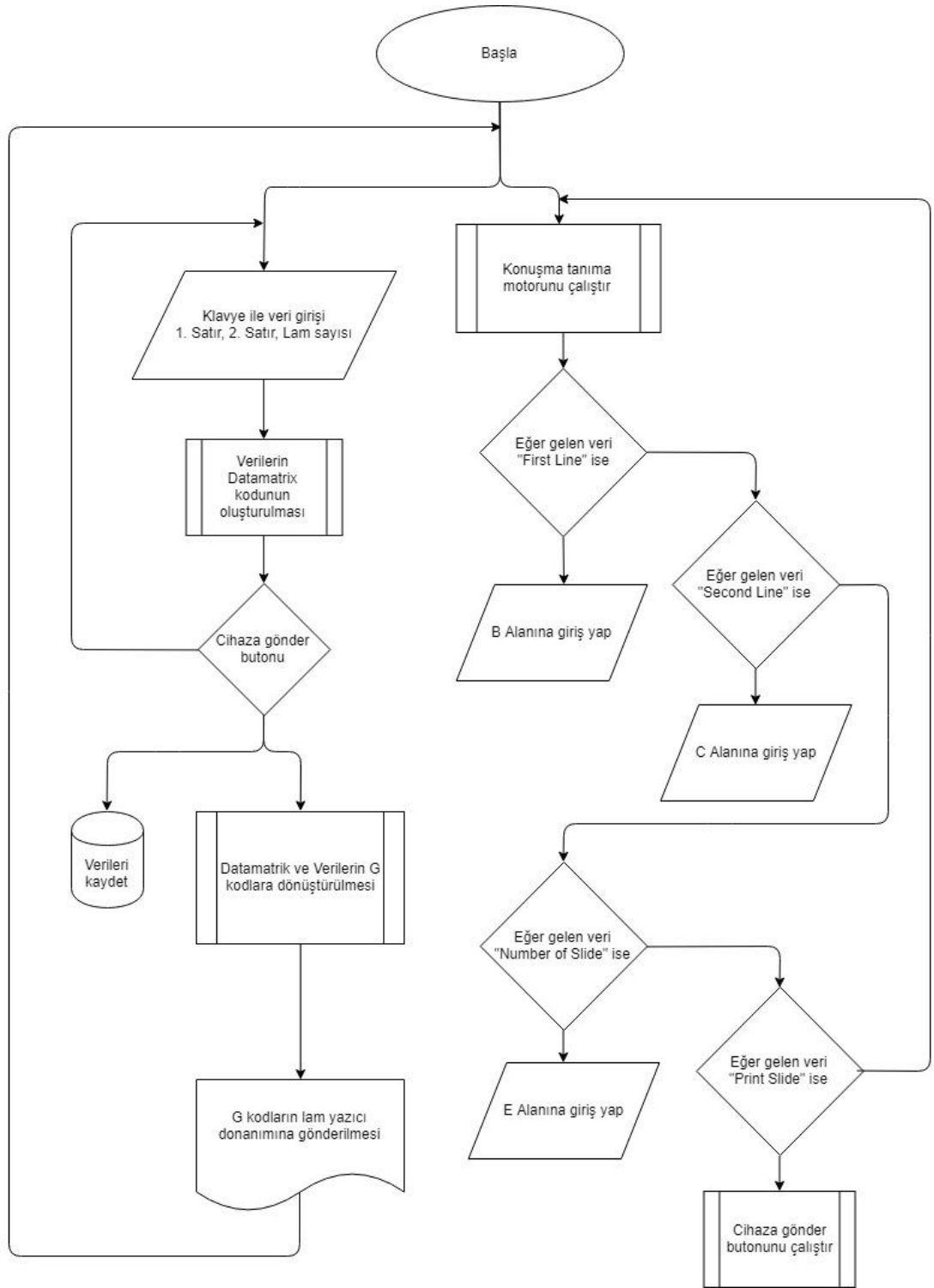
Konuşma tanıma özelliği lam yazıcılar için ilk defa bu çalışma ile kullanılmıştır. Bu sayede patologların kablosuz mikrofon ile lam yazıcıyı fiziksel temasa gerek kalmadan

uzaktan kontrol etmeleri sağlanmıştır. Böylece iş akışı kesintiye uğratılmadan hijyenik bir şekilde lamların kodlanması sağlanmıştır.

Kod alanının kullanıcı tarafından tasarlanabilmesi ise farklı laboratuvarlarda kullanılan prosedürlere uyum sağlayabilmesi için önemli bir özelliktir. nk patoloğlardan alınan bilgilere patoloji laboratuvarlarında lamların kodlanması için belli bir standardın bulunmadığı söylenebilir.

Geliştirilen sistemde lam kodlamak için girilen veriler bütünleşik platformun bilgisayar kısmındaki veri tabanında tutulmaktadır. Böylece piyasada bulunan lam yazıcıların aksine yazdırılan lamlarla alakalı istatistiklerin elde edilmesi ve bu istatistiklere göre planlama yapılması gerçekleştirilebilmektedir. Ara yüz yazılımı için tasarlanan genel algoritmanın akış diyagramı Şekil 4.5'te gösterilmiştir.

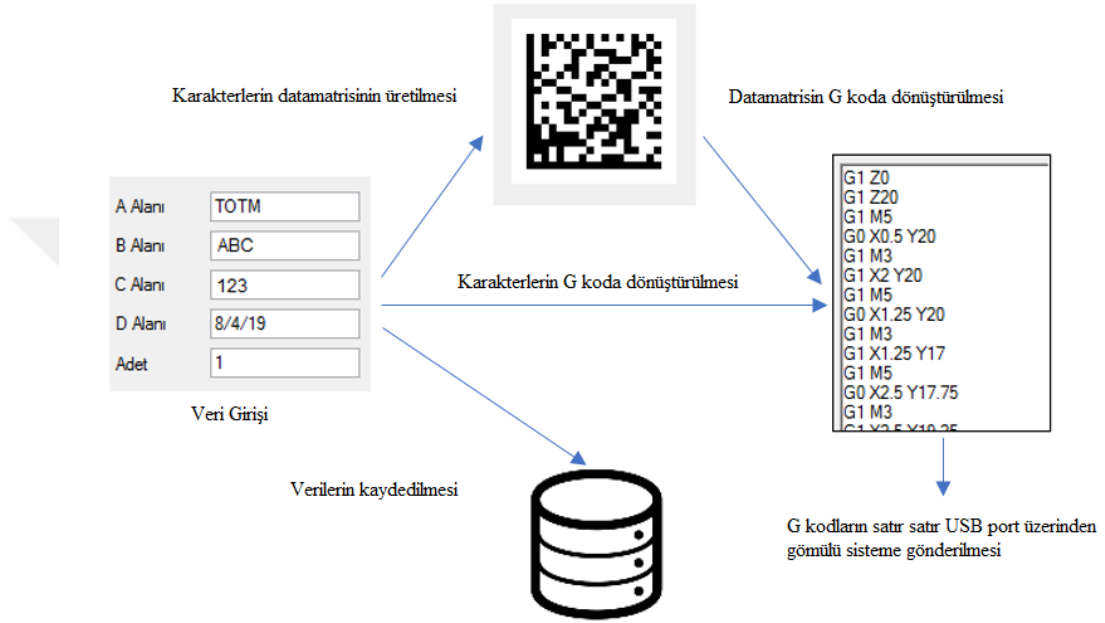




Şekil 4.5. Ara yüz yazılımının genel akış diyagramı

Lam yazıcının çalıştırılmasıyla ara yüz yazılımının bulunduğu bütünleşik platforma enerji verilmektedir. Bütünleşik platformun bilgisayar kısmında bulunan işletim sistemi açıldıktan sonra lam yazıcı ara yüzü otomatik olarak başlatılacak şekilde ayarlanmıştır. Geliştirilen sistemde veri girişi için dokunmatik ekrana ek olarak konuşma tanıma için Microsoft Speech SDK [42] kullanılmıştır. Programın işletim sistemi tarafından

başlatılmasıyla konuşma tanıma motoru da otomatik olarak aktifleştirilmektedir. Konuşma tanıma özelliği istenildiği zaman ara yüzde bulunan “sesi kapat/aç” butonu ile kapatılıp açılabilir. Konuşma tanıma teknolojisi ile ses sinyalleri text metinlerine dönüştürülmektedir. Konuşma tanıma motorunun dil bilgisi kısmında kontrol ve veri girişi komutları tanımlanmıştır. Kontrol komutları ile metin kutusu seçimi, silme, lam yazdırma, metin kutusundaki verilerin metinden sese dönüştürme işlemleri gerçekleştirilmektedir. Algoritmada gerçekleşen işlemler Şekil 4.6’da gösterilmiştir.



Şekil 4.6. Ara yüzde gerçekleştirilen işlemler

Bu işlemlerin ilki veri girişi komutları (Çizelge 4.1) ile seçilen metin kutusuna karakterlerin sesli olarak girilmesidir. Veri girişi işlemi bittikten sonra sesli olarak yazdırma komutunun (Çizelge 4.1) verilmesiyle birlikte elde edilen metin, yazdırılacak olan lam sayısı ve yazdırma anının tarih bilgileri veri tabanına kaydedilmektedir. Lam üzerine kodlanan verinin dijitalleştirilerek barkod okuyucu sistemler ile de okunabilmesi için data matrisinin üretilmesi gerekmektedir. Bu nedenle lama yazdırılacak olan verilerin data matrisi ara yüzde Datamatrix.Net NuGet [88] eklentisi ile resim formatında oluşturulmuştur. Ayrıca kod verileri vektör tabanlı yazdırma yöntemine göre bu tez kapsamında tasarlanan yazı fontu baz alınarak ara yüz yazılımının arka planında çalışan algoritma ile G kodlara dönüştürülmektedir. Resim formatında üretilen data matrisin G koda dönüştürülmesi ise piksel tabanlı yöntemle çalışan farklı bir algoritma kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Son olarak zengin metin kutusunda oluşturulan G kodlar satırlar halinde USB port üzerinden gömülü sisteme gönderilmektedir.

Lam yazıcı sistemin ara yüz yazılımı Visual Studio .Net platformu üzerinde, C# dilinde geliştirilmiştir. Ara yüz yazılımı iki formdan oluşmaktadır. Kullanıcı ana formunda veri girişi için metin kutuları ve kontrollerin sağlandığı butonlar ve geçmiş kayıtlar penceresi bulunmaktadır. Geçmiş kayıtlar formunda da girilen tarih aralığına göre geçmiş kayıtlar listelenmektedir. Ara yüzün arka planında ise konuşma tanıma motoru, verileri data matris kodu ile G kodlara çeviren algoritmalar ve girilen verilerin tutulduğu bir veri tabanı bulunmaktadır.

4.1.1.1. Kullanıcı ana formu

Kullanıcı ana formunda Şekil 4.7’de gösterildiği gibi veri girişi, veri konumu, data matris kodu ve yazdırma geçmişi alanları ile kontrol butonları bulunmaktadır.

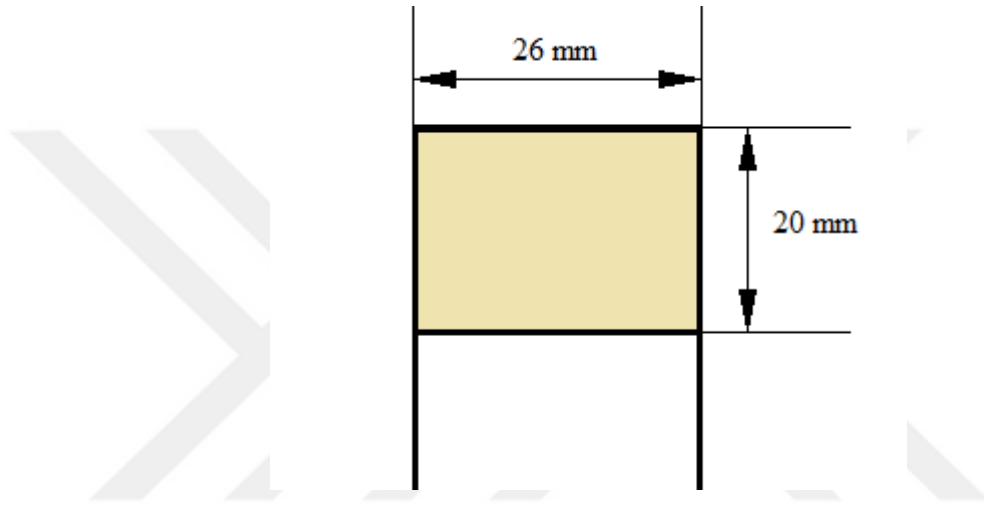
X(0-26)	Y(0-20)	Puntó
0.5	17	0.75
0.5	11.5	0.75
0.5	6	0.75
0.5	0.5	0.75

Şekil 4.7. Kullanıcı ana formu

Veri girişi bölümünde lam üzerindeki kod alanına yazdırılacak olan verilerin girilmesi için dört adet metin kutusu tanımlanmıştır. Genel itibarı ile A Alanına laboratuvar isminin kısaltması, B Alanına protokol numarası, C Alanına doku ile ilgili teknik kısaltmalar, D alanına ise günün tarihi otomatik olarak ya da elle girilebilmektedir. Laboratuvar ismi ve tarih

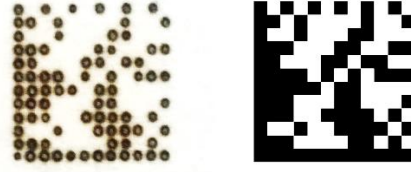
gibi sabit değerler içerdiği için A ve D alanlarında konuşma tanıma ile veri girişi özelliği bulunmamaktadır. Sadece B ve C alanları ile bastırılması istenen lam adedi kısmında konuşma tanıma özelliği bulunmaktadır.

Konum bölümünde ise her alanın lam üzerindeki koordinatlarının belirlenmesini sağlayan metin kutuları ve karakterlerin boyutunu ayarlamak için punto seçenekleri bulunmaktadır. Lam kod alanının ölçüleri Şekil 4.8’de gösterilmiştir. Bu nedenle konum ayarları yapılırken belirlenen koordinatların X eksenini için 0-26 mm aralığında, Y eksenini içinse 0-20 mm aralığında girilmesi gerekmektedir. Bu özellik sayesinde kullanıcıya kod alanını istediği gibi tasarlama imkânı sunulmuştur.



Şekil 4.8. Lam kod alanının ölçüleri

Kodlanan lamaların insanların yanı sıra optik okuyucular ve kameralar aracılığı ile makineler tarafından da okunabilmesi için data matris kodu ara yüz yazılımına eklenmiştir. Data matris kodunun seçilme sebebi aynı ölçekli diğer barkod çeşitlerine göre aynı veriyi daha küçük alanda saklayabilmesidir. Data matris kodun kapladığı alan aynı ölçekli diğer barkodlarla karşılaştırıldığında Code-128’e göre %84, PDF417’ye göre %79, QR Kod’a göre %67 daha az yer kapladığı yapılan araştırmalarda görülmüştür. Geliştirilen lam yazıcıda veri saklamada çok büyük alana ihtiyaç duyduğu için barkod ile deneme yapılmamıştır. Kapladıkları alanların düşüklüğü ve sakladığı veri miktarının yüksekliği nedeni ile kare kod ve data matris barkod teknolojileri ile yazdırma denemeleri yapılmış, yazdırma hızı performansları karşılaştırılmıştır. Bu amaçla her iki barkod teknolojisi G kodlarına dönüştürölerek yazdırma hızını etkileyen farklı algoritmalar ile lam üzerine yazdırma denemeleri yapılmıştır. Fakat kare kodun her farklı yazdırma algoritması kombinasyonunda data matrise oranla daha yüksek sürelerde yazdırma yaptığı görülmüştür. Bunun sebebi olarak data matrisin lam üzerine kodlama yaparken data matrisi oluşturan her bir siyah karenin sadece bir lazer atımı ile kodlanması en önemli sebeptir. Bu nedenle data matris tercih edilmiştir. Data matrisin lam yazıcı ile lam üzerine işlenmiş hali Şekil 4.9’da verilmiştir.



Şekil 4.9. Data matrisin lazerli lam yazıcı ile lam üzerine işlenmesi

Barkodlar aynı ölçekte oluşturulduğu için alanları ile data matrisi oluşturan kare sayısı arasında doğru bir orantı vardır. Bu nedenle en az kare ile en çok veriyi içeren data matris kullanılarak lazerle yapılan işaretleme sayısı azaltılabilmektedir. Dolayısı ile yazdırma için geçen süre de aynı oranda azaltılarak hızlı bir kodlama yapılması sağlanmıştır.

Uygulama ara yüzünde bulunan data matris kısmında yazdırılacak olan verilerin data matris kodu görüntüsü, bu kodun lam üzerindeki konumunu belirleyen koordinat girişi ve data matris kodunun çözünürlüğü ayarları bulunmaktadır. Data matris çözünürlüğü (noktalar arası mesafe) ayarı üretilen farklı sistemlerde tasarım farklılıklarından kaynaklanan uyumsuzluklar için kalibrasyonu sağlamak için eklenmiştir. Data matris üretmek için ara yüz yazılımında DataMatrix.net NuGet yazılımı [88] kullanılmıştır. Yazdırılacak olan koda data matris eklenmek istenirse “Data matris ekle” seçeneğinin aktifleştirilmesi gerekmektedir.

Ayrıca kullanıcı ana formunda yazdırma geçmişi ve kontrolleri sağlamak için üç adet buton bulunmaktadır. Cihaza gönder butonu ile zengin metin kutusunda tutulan G kodların satırlara ayrılarak string türünde bir dizi içerisine alındıktan sonra her seferinde bir satır olmak üzere USB port üzerinden lam yazıcı cihaza gönderilmesi ve verilerin veri tabanına kaydedilmesi gerçekleştirilmektedir. Bilgisayar ile gömülü sistem arasında veri transferi seri olarak gerçekleştirildiği için baud rate her iki sistemde de 9600 olarak tanımlanmıştır. Geçmiş kayıtlar butonu ile tarih aralığı girilerek kaydedilmiş verileri görüntülemek için geçmiş kayıtlar formu açılmaktadır. Sesi aç/kapat butonu ile de konuşma tanıma özelliğinin kapatılıp açılması sağlanmaktadır. Bu butonlardan sadece cihaza gönder butonunun sesle kontrol edilme özelliği mevcuttur. Diğer butonlar lam yazdırma esnasında kullanılmadığı için sesle kontrol edilme özelliği bulunmamaktadır. Ses kontrollü bir sistem tasarlarken en çok dikkat edilecek olan nokta sesli komutları asgari ihtiyaç dâhilinde kullanmaktır. Çünkü tanınacak komut sayısı arttıkça komutların karışması ihtimali de artmaktadır.

4.1.1.2. Geçmiş kayıtlar formu

Geçmiş kayıtlar formu Şekil 4.10’da gösterilmiştir. Bu formda tarih aralığı girilerek veri tabanından filtreleme yapılabilir ve ilgili kayıtlar listelenebilir. Veriler id, birinci satır (B alanı), ikinci satır (C alanı), lam sayısı ve tarih sütunlarından oluşan tek tablolular bir veri tabanında tutulmaktadır. Excel’e aktar butonu ile verilerin Excel formatına aktarılarak ayrıntılı

olarak incelenebilmesi sağlanmıştır. Geçmiş kayıtların tutulması ile kullanılan lam sayıları ve doku üzerinde yapılan işlemler hakkında istatistiki bilgilerin analiz edilebilmesi mümkün kılınmaktadır.

Şekil 4.10. Geçmiş kayıtlar formu

4.1.1.3. Konuşma tanıma ve metinden sese çevirme

Konuşma tanıma ve metinden sese çevirme özellikleri için Microsoft Speech SDK [42] kullanılmıştır. Bunun için ilk önce bu SDK'nın indirilip kurulması gerekmektedir. Ayrıca bu SDK'nın kullanıldığı bilgisayarda .Net Framework 3.0 veya üzeri sürümlerin ve kullanılacak olan dil paketlerinin yüklü olması gerekir. Konuşma tanıma için "Speech.Recognition", metinden sese çevirme özellikleri için "Speech.Synthesis" isim uzayları kullanılmıştır. Konuşma tanıma için tekil ve çoklu olmak üzere iki mod bulunmaktadır. Tekil modda her seferinde bir adet sesli ifade tanınırken çoklu modda sürekli tanıma işlemi gerçekleştirilir. Geliştirilen sistemde kullanılan komutların tamamı bir ya da iki kelimedenden oluştuğu için tekil mod kullanılmıştır.

Microsoft Speech SDK'nın en önemli özelliğinin ihtiyaca göre dil bilgisi tanımlanabilmesi olduğu söylenebilir. Bu özelliği kullanmak için belirlenen komutların string türünde bir dizide tanımlanması gerekir. Böylece konuşma tanıma motoru herhangi bir sesli ifadeye karşılık gelen metni bulabilmek için kullanılan dilin tüm kelimelerini taramak yerine sadece belirlenen kelimeler arasından en uygun sonucu getirmektedir. Bu özellik sayesinde konuşma tanıma işleminin daha hızlı ve daha doğru bir şekilde gerçekleştirilmesi sağlanmaktadır.

Patoloji laboratuvarlarında lamlara yazılan kodların belli bir standardı yoktur. Aynı zamanda lam üzerinde bulunan kod alanı çok küçük olduğu için teknik ifadeler genellikle

birkaç harften oluşmaktadır. Bu nedenle kontrol komutları dışında kalan veri girişi ifadelerinin tek tek karakterler şeklinde girilmesi kararlaştırılmıştır. Sistem bu şekilde tasarlandıktan sonra doğru sonuçlar verip vermediği test edilmiştir. Test sonucunda tek sestem oluşan ifadelerin tanınmasında yanlış sonuçlar ortaya çıktığı görülerek bu sorunun çözülmesi için araştırmalar yapılmış ve bu tür durumlar için oluşturulmuş uluslararası bir standart olan NATO fonetik alfabesinin [13] kullanılmasına karar verilmiştir. Bu alfabede her harfe karşılık gelen ve birbiri ile karışmayacak şekilde seçilmiş kelimeler bulunmaktadır. NATO fonetik alfabesindeki kelimeler dil bilgisinde tanımlandıktan sonra sistem tekrar denenmiş ve sorunun ortadan kalktığı görülmüştür. Geliştirilen lam yazıcı sistem için belirlenen kontrol ve veri girişi komutları işlevleri ile birlikte Çizelge 4.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Sesli komutlar ve işlevleri

	Sesli komutlar	İşlevi
Kontrol Komutları	First line	B alanını seç
	Second line	C alanını seç
	Number of slide	Lam sayısını seç
	Print slide	Yazdır
	Okay	Seçili satırı oku
	Read all	Tamamını oku
	Reset text	Seçili satırı sil
	Reset all	Tamamını sil
	Veri Girişi Komutları	Zero
One		1
Two		2
Three		3
Four		4
Five		5
Six		6
Seven		7
Eight		8
Nine		9
Alfa		A
Bravo		B
Charlie		C
Delta		D
Echo		E
Foxtrot		F
Golf		G
Hotel	H	
India	I	

Çizelge 4.1. (Devam)

Veri Girişi Komutları	Juliett	J
	Kilo	K
	Lima	L
	Mike	M
	November	N
	Oscar	O
	Papa	P
	Quebec	Q
	Romeo	R
	Sierra	S
	Tango	T
	Uniform	U
	Victor	V
	X ray	X
	Whiskey	W
	Yankee	Y
Zulu	Z	

Kontrol komutları ile ara yüzde bulunan metin kutularının seçimi, yazdırma komutu, girilen verilerin sesli olarak okunması işlemleri ve yanlış girilen verilerin tamamının veya seçilen satırın silinmesi sağlanmaktadır. Veri girişi komutları NATO fonetik alfabesinden ve İngilizce rakamlardan oluşmaktadır. Böylece istenilen sayı ya da harf karakteri sesli komut ile girilebilmektedir. Konuşma tanıma motoru tarafından algılanan rakamlar sayısal ifadeler olarak, kelimelerin ise ilk harfleri alınarak metin kutusuna girilmesi sağlanmıştır.

Örnek olarak sesli kontrol ve konuşma tanıma ile üç adet lamın B alanına “ABC”, C alanına ise “123” ifadelerini yazdırmak için kullanıcı ve bilgisayar arasında şu diyalog gerçekleştirilir:

- Kullanıcı:** “First line”
Bilgisayar: “First line is selected”
Kullanıcı: “Alfa, Bravo, Charlie, Okay”
Bilgisayar: “A, B, C”
Kullanıcı: “Second line”
Bilgisayar: “Second line is selected”
Kullanıcı: “One, Two, Three, Okay”
Bilgisayar: “One, Two, Three”
Kullanıcı: “Number of slide”
Bilgisayar: “Number of slide is selected”

Kullanıcı: “Three, Okay”

Bilgisayar: “Three”

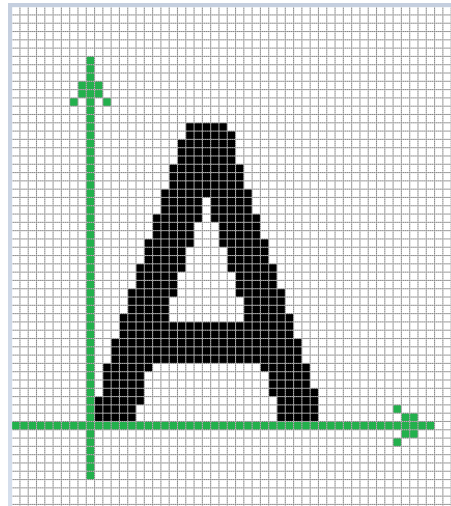
Kullanıcı: “Print slide”

Bilgisayar: “It is printing”

4.1.1.4. G koda dönüştürme algoritması

Geliştirilen lam yazıcının donanım kısmı iki eksenli CNC benzeri bir mekanizma olarak tasarlanmıştır. Bu tür mekanizmalar G kodlar ile kontrol edilen bir gömülü sistem içerir. Bu sebeple ses tanıma ya da dokunmatik ekran ile girilen verilerin G kodlar olarak ifade edilerek gömülü sisteme gönderilmesi gerekmektedir. Karakterlerin G kodlarla ifade edilmesi için piksel tabanlı ve vektör tabanlı olmak üzere iki yöntem bulunmaktadır.

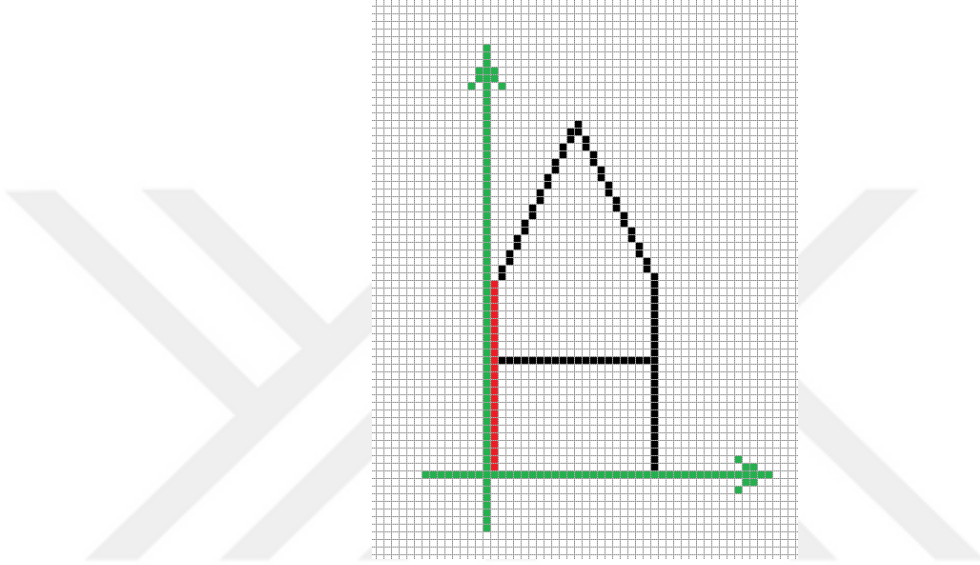
Piksel tabanlı yöntemde kodlanacak karakterler ilk önce binary türünde bir resme çevrilir. Resimde bulunan bütün piksellerin binary değeri ile X ve Y koordinatları belirlenerek bu değerler ile G kodlar oluşturulur. Örnek olarak Şekil 4.11’de verilen karakterin (0,0) pikselinin G kod olarak ifade edilmesi istenirse G0 X0 Y0; G0 M3; G0 M5; kodlarını oluşturacak bir algoritma geliştirilmesi gerekmektedir. Bu kod ile önce lazer başlık G0 X0 Y0 komutu ile koordinat düzleminde (0,0) noktasına konumlanmakta, piksel değeri eğer “1” (siyah) ise G0 M3 komutu ile lazer atımı yapmakta, “0” (beyaz) ise G0 M5 komutu ile boş bırakılmaktadır. Bu yöntemin avantajı her tür karakterin lam üzerine basılabilmemesini sağlamasıdır. Dezavantajı ise her piksel için ayrı ayrı işlem yapılmasından dolayı yazdırma hızı ve okunabilirliğinin düşük olmasıdır.



Şekil 4.11. “A” karakterinin binary resim olarak koordinat düzlemi üzerinde ifade edilmesi

Vektör tabanlı yöntemde ise karakterler vektörel olarak tanımlanmaktadır. Karakteri oluşturan her çizgi için başlangıç ve bitiş koordinatları belirlenerek lazer modülün başlangıç noktasında açılması ve bitiş noktasında kapatılması ile iki nokta arasında vektörel bir hareket

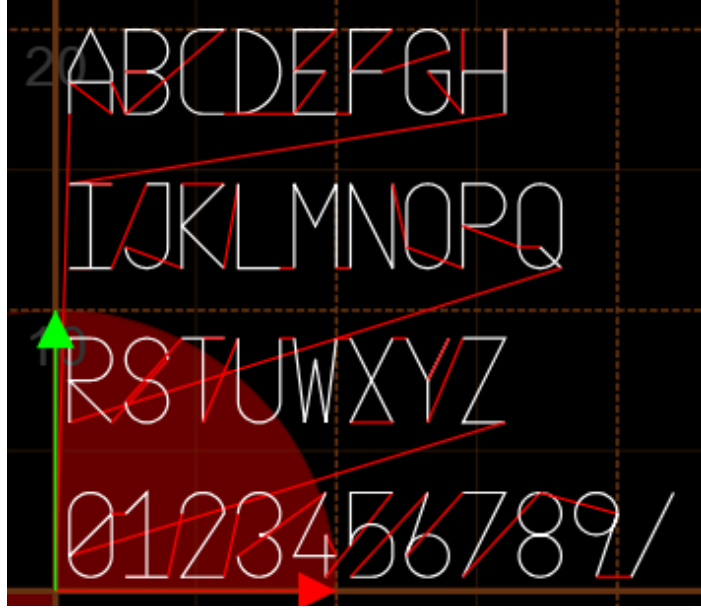
ile çizgi çizilmesi sağlanmaktadır. Şekil 4.12’de verilen karakterin kırmızı ile gösterilen parçası G kodlar ile ifade edilmek istenirse G0 X0 Y0; G0 M3; G1 X0 Y25; G0 M5; kodlarını oluşturacak bir algoritma geliştirilmesi gerekmektedir. Bu kod ile lazer modül önce G0 X0 Y0 komutu ile koordinat düzleminde (0,0) noktasına konumlanmakta G0 M3 komutu ile lazer açılmakta G1 X0 Y25 komutu ile lazer modül açıkken koordinat düzleminde (0,25) noktasına hareket ettirilmektedir. G0 M5 komutu ile de lazerin kapatılması sağlanmaktadır. Bu yöntemin avantajı okunabilirliğinin ve yazdırma hızının yüksek olmasıdır. Dezavantajı ise basılması istenen bütün karakterlerin tek tek G kod olarak tanımlanması gerekliliğidir.



Şekil 4.12. “A” karakterinin vektör tabanlı olarak koordinat düzlemi üzerinde ifade edilmesi

Tez kapsamında yapılan araştırma-geliştirme çalışmalarında her iki yöntem ayrı ayrı denemiştir. Fakat bazı yazdırma durumlarının vektör tabanlı yöntem ile daha hızlı ve efektif çalıştığı, bazı yazdırma durumlarının ise piksel tabanlı yöntem olması durumunda daha hızlı ve efektif çalıştığı tespit edilmiştir. Bu nedenle ara yüz yazılımı her iki yöntemin de hibrit formatta kullanıldığı bir model ile kurgulanmıştır. Bu bağlamda karakterler için en efektif yöntem olarak vektör tabanlı, data matris için ise piksel tabanlı olduğu belirlenmiş ve yazılım buna göre kurgulanmıştır. Böylece her iki yöntemin de avantajlarından faydalanılmıştır.

Lam yazıcıda kullanılacak olan tüm karakterler geliştirilen lam yazıcı için özel olarak tasarlanarak Şekil 4.13’te gösterilen font oluşturulmuştur. Bu font oluşturulurken lam kod alanı göz önünde bulundurularak her karakter genişliği en az olacak şekilde eşit olarak tasarlanmıştır. Karakterler lam üzerine iki eksenli bir mekanizma ile yazdırılacağı için yazdırma hızını artırmak amacı ile olabildiğince yatay ve dikey çizgiler uzun tutulmuştur. Çünkü iki eksenli sistemler çapraz ve yuvarlak hareketleri düz hareketlere göre daha yavaş yapmaktadır. Genel olarak font tasarımı yapılırken okunabilirlik ve hız faktörleri göz önüne alınmıştır.

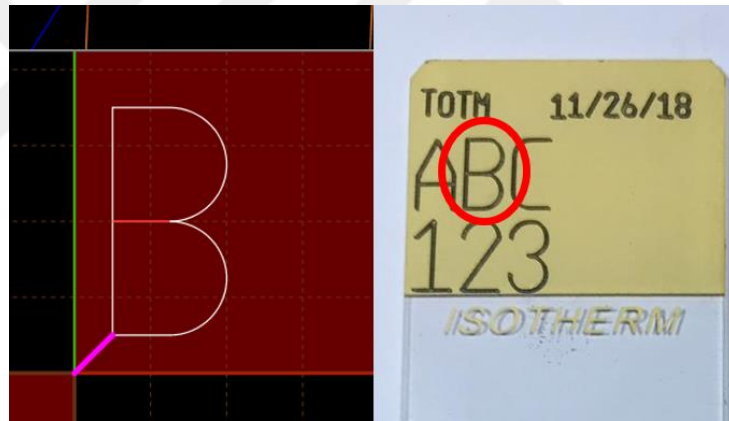


Şekil 4.13. Lam yazıcı için özel olarak oluşturulan font

Bir sonraki aşamada girilen karakterlerin bu fonta uygun olarak G kodlara dönüştürülmesini sağlayan bir fonksiyon tanımlanmıştır. Bu fonksiyon içinde kullanılacak olan tüm karakterlerin G kod karşılıkları bulunmaktadır. G kodları oluşturmak için dört tane parametre bulunmaktadır. Bu parametreler X koordinatı, Y koordinatı, punto ve karakter değişkenlerdir. Bu parametreler sayesinde lam kod alanının kullanıcı tarafından tasarlanabilmesi sağlanmıştır. X-Y koordinatları ve punto verisi “Kullanıcı Ana Formu” ekranında veri girişi bölümünden alınmaktadır. Karakterler ise alanlar için oluşturulan metin kutularından sırayla alınıp parametre olarak fonksiyona gönderilmektedir. Böylece her karakter için oluşturulan G kodlar bir zengin metin kutusunda alt alta sıralanmaktadır. Çizelge 4.2’de fonksiyon içerisinde “B” karakteri için tanımlanmış olan kod parçası ile $X=0.5$, $Y=0.5$ koordinatlarında ve 0.75 punto ile oluşturulan G kod çıktısı verilmiştir. Ayrıca Şekil 4.14’te G kodların simülasyon görüntüsü ve lam üzerine yazdırılmış hali gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. Kod parçası ve G kod çıktısı

Kod parçası	G kod çıktısı
<pre>richTextBox1.AppendText("G1 M5" + "\n" + "G0 X" + a + " Y" + b + "\n" + "G1 M3" + "\n" + "G1 X" + a + " Y" + (b + 4 * punto) + "\n" + "G1 X" + (a + 1 * punto) + " Y" + (b + 4 * punto) + "\n" + "G2 X" + (a + 1 * punto) + " Y" + (b + 2 * punto) + " R" + punto + "\n" + "G1 X" + a + " Y" + (b + 2 * punto) + "\n" + "G1 M5" + "\n" + "G0 X" + (a + 1 * punto) + " Y" + (b + 2 * punto) + "\n" + "G1 M3" + "\n" + "G2 X" + (a + 1 * punto) + " Y" + b + " R" + punto + "\n" + "G1 X" + a + " Y" + b + "\n");</pre>	<pre>G1 M5 G0 X0.5 Y0.5 G1 M3 G1 X0.5 Y3.5 G1 X1.25 Y3.5 G2 X1.25 Y2 R0.75 G1 X0.5 Y2 G1 M5 G0 X1.25 Y2 G1 M3 G2 X1.25 Y0.5 R0.75 G1 X0.5 Y0.5</pre>

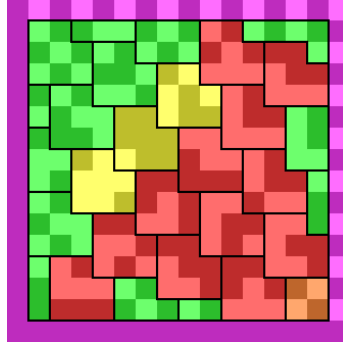


(a)

(b)

Şekil 4.14. G kodun (a) simülasyon görüntüsü, (b) baskıdan sonra lam üzerindeki görüntüsü

Ara yüz yazılımında Datamatrix.net NuGet [89] eklentisi ile girilen karakterlerin resim formatında data matrisi oluşturulmaktadır. Data matriste yer alan siyah ve beyaz kareler karakterlerin ASCII karşılıklarının ikilik tabana çevrilmesi ile oluşturulmaktadır. Siyah kareler "1" beyaz kareler "0" verisini temsil etmektedir. Şekil 4.15'te gösterildiği gibi karakterler data matris üzerinde yeşil renkli olarak ifade edilen, sekiz bitten oluşan ve çapraz şekilde konumlandırılan gruplar halinde yer almaktadır. Data matrisi çevreleyen magenta renkli kısım barkod okuyucu tarafından referans alınarak okuma işlemi gerçekleştirilmektedir. Sarı renkli kısımlar dolgu, kırmızı renkli kısımlar ise hata düzeltme için kullanılır. Ayrıca turuncu ile gösterilen yer ise kullanılmayan bölümdür.



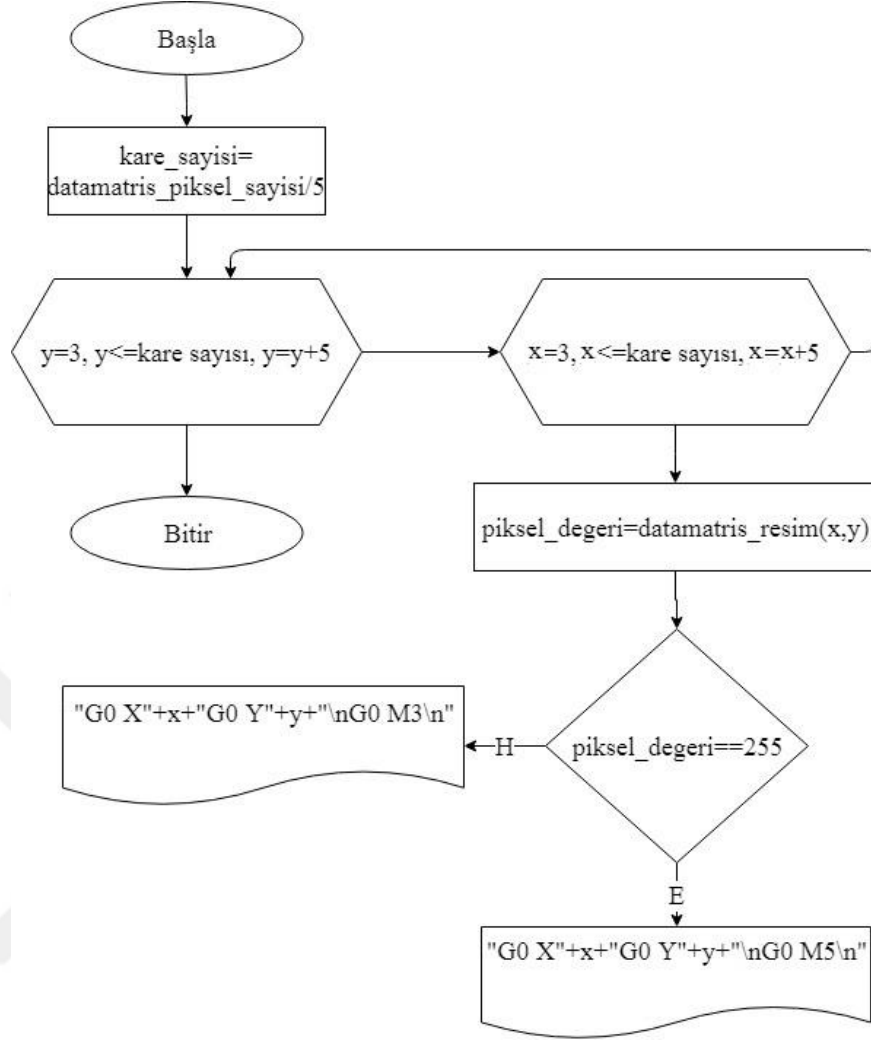
Şekil 4.15. Data matris üzerinde bulunan parametreler [89]

İçerdiği karakter sayısına göre üretilen data matrisin boyutu 8x8 ile 144x144 arasında değişmektedir. İncelemeler sonucunda NuGet eklentisi ile üretilen data matrisin boyutu ne olursa olsun siyah ve beyaz karelerin 5x5 piksel boyutunda olduğu görülmüştür. Dolayısı ile 8x8 boyutundaki bir data matris için 40x40 piksel boyutunda bir resim üretilmektedir. Resim formatındaki data matrisin G koda dönüştürülmesi için boyutun azaltılıp, yazdırma hızının artırılması göz önünde bulundurularak piksel tabanlı yöntem sadeleştirilerek kullanılmıştır. Ara yüz yazılımının arka planında her piksel için G kod oluşturmak yerine data matrisi oluşturan 5x5 piksel boyutundaki karelerin ortasındaki piksel değeri alınarak örnekleme yapmak suretiyle G kod tanımlanması gerçekleştirilmiştir. Böylece 25 piksellik veri 1 piksel ile temsil edilerek yazdırma hızının 25 kat artırılması sağlanmıştır. Şekil 4.16'da NuGet eklentisi ile oluşturulan 80x80 piksel boyutunda ve binary resim formatında bir data matris gösterilmiştir.



Şekil 4.16. NuGet eklentisi ile üretilmiş data matris

Bu data matris iki boyutlu bir dizi olarak düşünülürse dizinin boyutunu bulabilmek için data matris piksel sayısını beş ile bölmek yeterli olacaktır. Verilen data matris için $80/5=16$ olduğundan bu data matrisin yatayda ve dikeyde 16 kareden oluştuğu anlaşılmaktadır. İki boyutlu dizilerden sırayla veri okumak için iç içe iki adet döngü kullanılması gerekmektedir. Elde edilen çıkarımlara göre data matrisi G koda dönüştüren bir algoritma Şekil 4.17'de gösterildiği gibi geliştirilmiştir.



Şekil 4.17. Data matrisi G koda dönüştürme algoritması

Bu algorithma data matrisin boyutu hesaplandıktan sonra iç içe iki adet döngü kullanılmıştır. Dıştaki döngü dikey olarak Y koordinatında ilerlemekte, içteki döngü ise yatay olarak X koordinatında ilerlemektedir. Döngülerde kullanılan x ve y değerleri, karelerin ortasındaki pikseli referans almak için üçten başlayıp beşer beşer artarak ilerlemektedir. Böylece her adımda karelerin koordinat verileri ve ortasındaki piksel değeri okunarak G kodlar oluşturulmaktadır. Eğer piksel değeri 255(beyaz) ise G0 M5 komutu ile lazer kapatılmakta, değilse G0 M3 komutu ile lazer açılmakta ve bir lazer atımı gerçekleştirilmektedir.

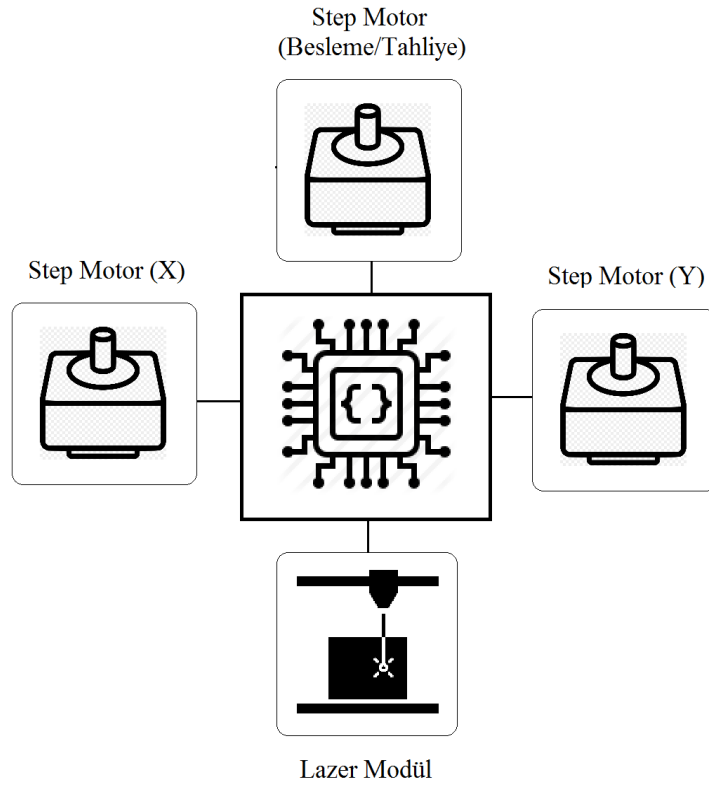
4.1.2. Gömülü sistem yazılımı

Lam yazıcı cihazda bulunan bütünleşik platformun elektronik kontrol ünitesi hafızasında bulunan gömülü sistem yazılımı G kod interpreter (yorumlayıcı) olarak adlandırılır. Bu yazılım USB port üzerinden string formatında satır satır gelen G kodları yorumlayarak donanımda bulunan lazer modül ve step motorları kontrol eder. G kod yorumlayıcı için belirlenen kontrol komutları ve işlevleri Çizelge 4.3'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.3. G kod kontrol komutları

G kod	İşlev
Z0	Yeni bir lam almak için hazır bekler.
Z20	Besleme ünitesinden bir adet lamı yazma alanına getirir.
Z40	Yazma ünitesindeki lamı tahliye ünitesine getirir.
M3	Lazer modülü açar.
M5	Lazer modülü kapatır.
G0	Lazer modül kapalıyken doğrusal hareketi sağlar
G1	Lazer modül açıkken doğrusal hareketi sağlar.
R	Dairesel hareketi sağlar.

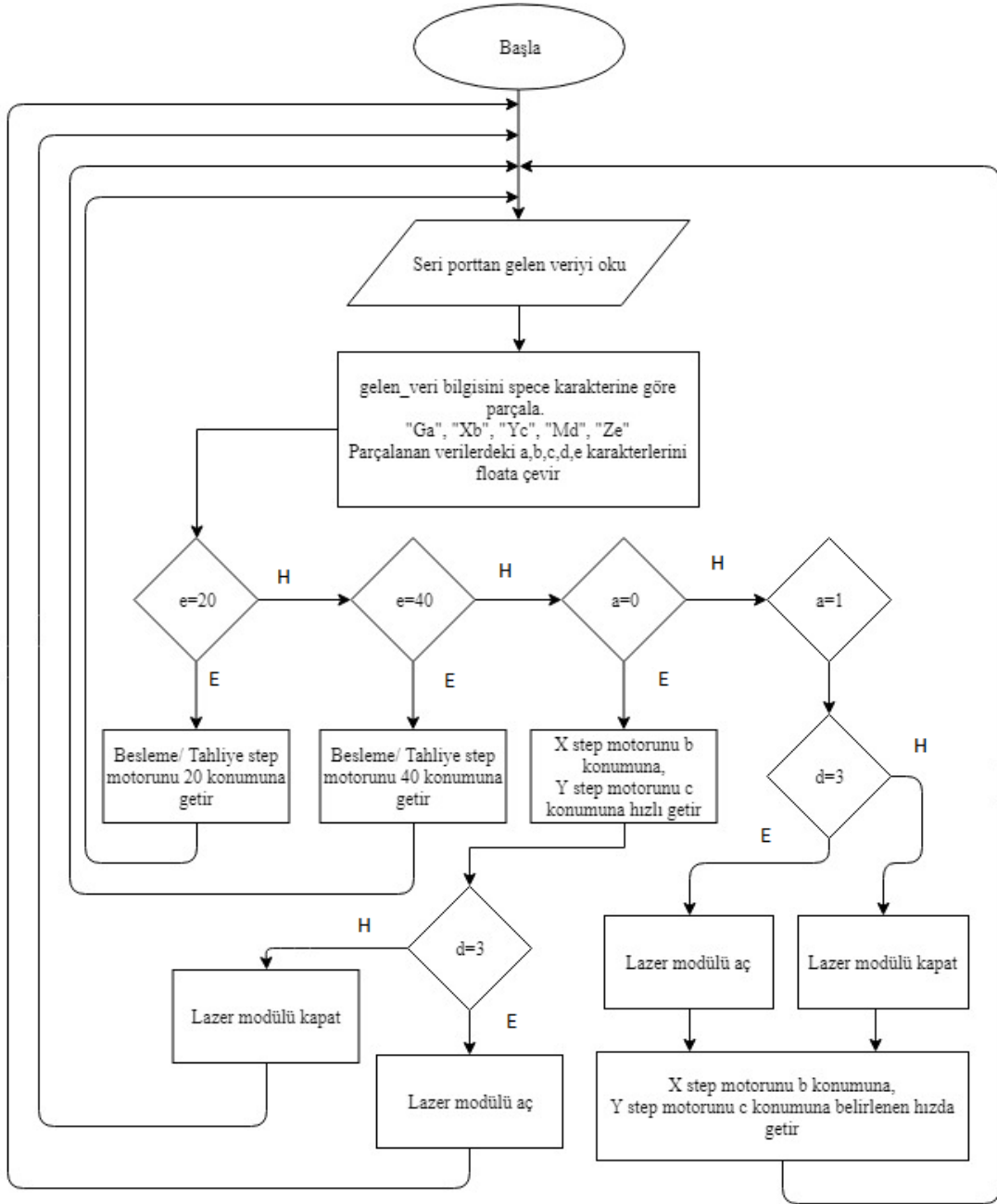
Şekil 4.18’de gösterildiği gibi gömülü sisteme bağlanmış üç adet step motor ve bir adet lazer modül bulunmaktadır. Step motorlardan iki tanesi lazer modülün bağlı olduğu mekanizmayı X ve Y koordinatlarında hareket ettirmek için bir tanesi de lam besleme ve tahliye ünitesi için kullanılmaktadır.



Şekil 4.18. Gömülü sistem ile kontrol edilen elemanlar

G kod yorumlayıcı yazılımının başlangıç kısmında her step motor için iki, lazer modülü açıp kapatmak için de bir olmak üzere toplamda yedi adet dijital pin tanımlanmıştır. Step motorları sürmek için gömülü sistem yazılımında hazır olarak bulunan step motor kütüphanesi kullanılmıştır. Böylece step motorların adım sayıları, yönleri ve hızları kontrol edilebilmektedir. Yapılan tasarıma ve kullanılan step motorun türüne göre adım sayısına karşılık gelen hareket miktarı değişmektedir. Bu nedenle geliştirilen sistemin kalibrasyon ayarları gömülü sistem yazılımı ile sağlanır. Ayrıca tanımlamalar kısmında USB port

üzerinden gelen veriler için baud rate ara yüz yazılımında da olduğu gibi 9600 olarak belirlenmiştir. USB port üzerinden gelen veriler “Ga Xb Yc Md Ze” formatındadır. String türünde alınan veri Şekil 4.19’da gösterilen G kod yorumlayıcı algoritma tarafından işlenir.



Şekil 4.19. G kod yorumlayıcı algoritmanın akış diyagramı

Algoritma seri porttan gelen veriyi okumakla başlamaktadır. Bu veri string bir ifade olduğu için “boşluk” (space) karakterine göre parçalara ayrılır. G, X, Y, M, Z kodlarının önünde bulunan a, b, c, d, e karakterleri float türüne dönüştürülür.

“e” değişkenindeki veri “20” olarak gelirse besleme ünitesinden bir adet lam yazdırma alanına getirilmekte, “40” olarak gelirse yazdırma alanında bulunan lam tahliye ünitesine

alınmaktadır. “a” verisi “0” olarak gelirse step motorların (b,c) konumuna hızlı bir şekilde hareket etmesi, “1” olarak gelirse de (b,c) konumuna gömülü sistemde belirlenen hızla hareket etmesi sağlanır. “d” verisi “3” olarak gelirse lazer modül açılmakta, “5” olarak gelirse de kapatılmaktadır. Böylece uygulama ara yüzünde girilen verilerin lam üzerine lazer modül ile yazdırılması işlemi tamamlanmış olmaktadır.

4.2. Lam Yazıcı Donanım

Lam yazıcı donanım ara yüz yazılımında oluşturulan yordamlara göre lam yazdırma işini gerçekleştiren elektronik kontrollü mekanik bir cihazdır. Piyasadaki cihazlar genel olarak elektronik kontrol ünitesi, yazdırma başlığı, hareketli mekanizma ve motorlar ile birlikte tasarıma göre lam besleme ve lam tahliye ünitesinden oluşmaktadır.

TÖTM patoloji laboratuvarında yapılan incelemeler, patoloğlardan alınan veriler ve piyasadaki lam yazıcıların incelenmesinden sonra beklentileri karşılayabilecek bir lam yazıcı için donanım tasarımı çalışmaları yapılmıştır. Tasarım sürecinde farklı teknolojilerdeki kontrol kartları, yazdırma başlıkları ve motorlar incelenmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda Şekil 4.20’de gösterilen üç adet prototip sırasıyla üretilmiştir.



Şekil 4.20. Üretilen lam yazıcı prototipler

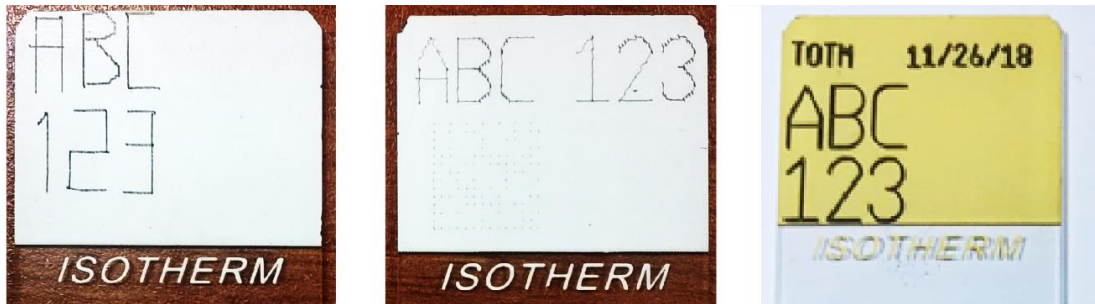
İlk prototipte yazdırma başlığı olarak 500 miliwatt gücünde bir lazer modül kullanılmıştır. Bu sistemde lazer modül sabit olduğu için yazdırma işlemi SG90 servo motorlar kullanılarak lamın X ve Y koordinatlarında hareket ettirilmesi ile sağlanmıştır. Motor gücü düşük olduğu için ağır olan lazer modül yerine hafif olan lamın hareket ettirilmesi tercih edilmiştir. Gömülü sistem olarak Atmega328 mikro denetleyiciye sahip bir kontrol kartı kullanılmıştır. Ayrıca lazer modülü açıp kapatmak için katı hal rölesi kullanılmıştır. Bu prototipte lazer gücünün yetersiz kalması sebebiyle sadece rodajlı, renkli(boyalı) lam kullanılabilir. Ayrıca servo motorlar 0° ile 180° arasında tamsayı değerlerde dönebildiği için lam kod alanı 180x180 biçiminde adreslenebilmektedir. Bu durum da hareket alanının kısıtlanmasına yol açmaktadır. Ayrıca ara yüz yazılımı harici bir bilgisayarda tutulmakta ve konuşma tanıma ya da klavye ile alınan veriler “<123;ABC>” formatında string bir ifade ile USB port üzerinden gömülü sisteme gönderilmektedir. Bütün karakterler gömülü

sistemde tanımlanmıştır. Böylece gelen string veri karakterlere ayrılmakta ve her karakter için tanımlı işlemler gerçekleştirilmektedir. Bahsedilen dezavantajlar nedeniyle bu prototipin kullanılması uygun bulunmamıştır.

İkinci prototipte birinciden farklı olarak servo motorlar yerine L298N sürücü kartı ile kontrol edilen düşük güçlü step motorlar kullanılmıştır. Ara yüz yazılımında konuşma tanıma ya da klavye ile alınan veriler G kodlara dönüştürülerek gömülü sisteme gönderilmektedir. Bu özellik sayesinde geliştirilen ara yüz yazılımı G kod ile çalışan birçok sisteme uyumlu hale getirilmiştir. Bu prototipte ayrıca data matris kodlama özelliği de bulunmaktadır. Yine bahsedilen dezavantajlar nedeniyle bu prototipin de kullanılması uygun bulunmamıştır.

Önceki prototiplerden elde edilen tecrübelerle ilk profesyonel prototipin üretimi için İnönü Üniversitesi BAP (Bilimsel Araştırma Projesi) birimine, TÖTM patoloji laboratuvarından oluşan bir ekiple NAP (Normal Araştırma Projesi) yazılmıştır. Bu proje kapsamında mekanik tasarım ve elektronik kart dizaynları hizmet alımıyla sağlanmıştır. Bu prototipte lazer gücü 15 watt olan ve TTL (Transistör-Transistör Lojik) sürücü kartı ile kontrol edilen bir lazer modül ve önceki motorlardan daha güçlü olan Nema17 step motorları kullanılmıştır. Böylece yazdırma hızı ve hassasiyeti artırılarak rodajsız, düz lamın da kullanılabilmesi sağlanmıştır. Ayrıca lam yazdırılırken güçlü motorların kullanılması sayesinde lazer modül hareketli hale getirilmiş lam ise sabitlenmiştir. Bu prototipte bilgisayar ve gömülü sistemi birlikte içeren bütünleşik bir platformun cihazın içinde kullanılması sayesinde harici bilgisayara olan ihtiyaç da ortadan kaldırılmıştır. Böylece maliyet, güç tüketimi ve alandan tasarruf sağlanmıştır. Ara yüz yazılımına veri girişi için konuşma tanıma özelliğinin yanında dokunmatik ekran bulunmaktadır. Bahsedilen özelliklere ek olarak lam besleme ve tahliye ünitesi bu prototipe eklenmiştir.

Şekil 4.21’de sırasıyla üretilen prototipler kullanılarak yazdırılmış lamlar gösterilmiştir.



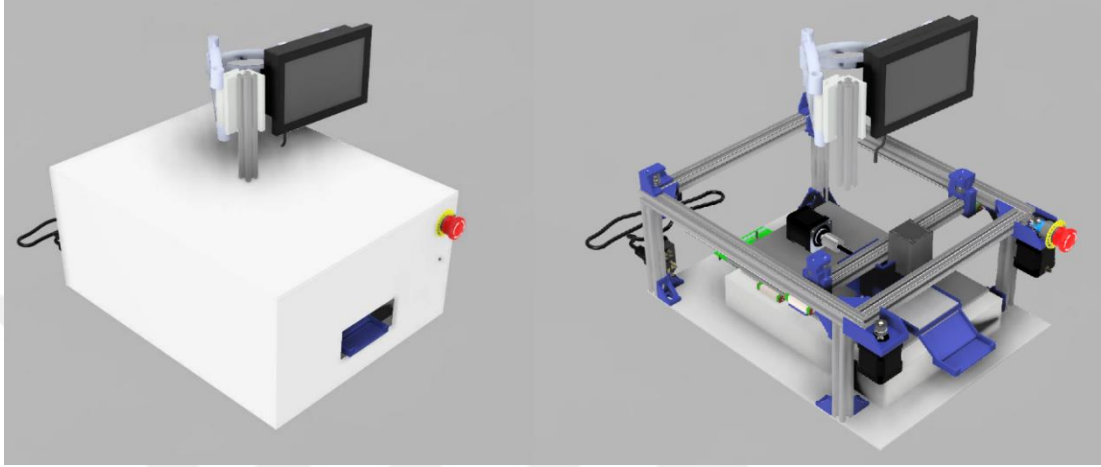
Şekil 4.21. Prototipler kullanılarak yazdırılmış lamlar

Sonuç olarak “rodajlı, renkli (boyalı)” ve “rodajsız, düz” lam çeşitlerini kullanabilmesi, hızlı olması, harici bilgisayar gerektirmeyen bütünleşik bir platforma sahip

olması, lam besleme ve tahliye ünitesinin bulunması ve lam yazdırma kalitesi nedeniyle ses kontrollü lam yazıcı için üçüncü prototip kullanılmıştır.

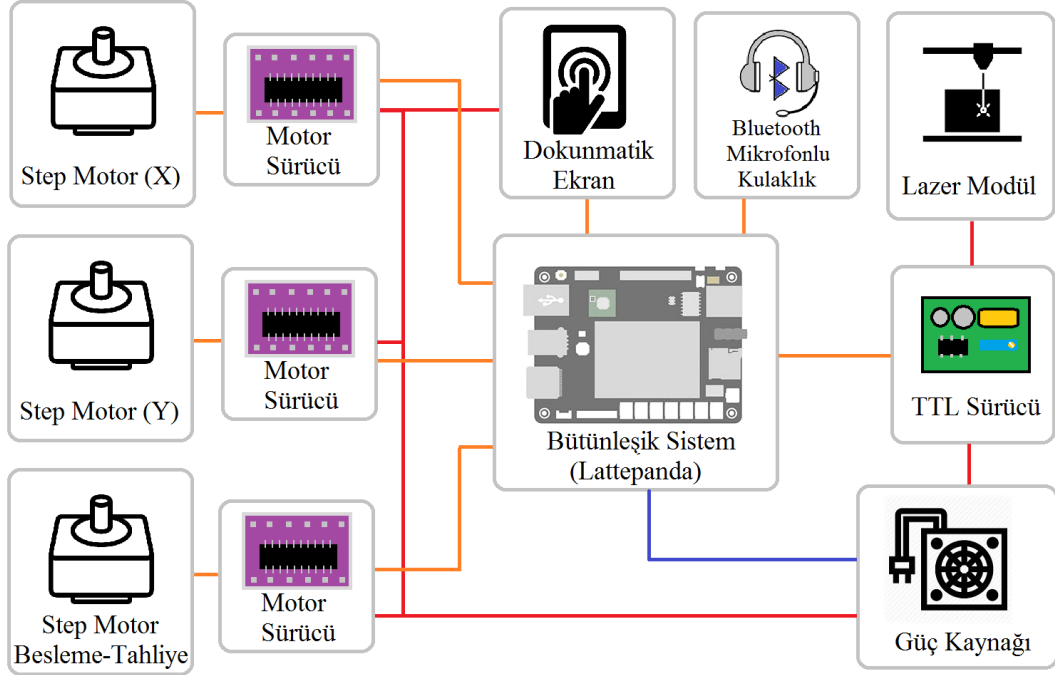
4.2.1. Lam yazıcı donanımın genel yapısı

Lam yazıcı donanım için üretilen prototiplerin üzerinde yapılan testlerden sonra patoloji laboratuvarının ihtiyaçlarına göre Şekil 4.22’de gösterilen sistem tasarlanmıştır.



Şekil 4.22. Lam yazıcı genel görünümü

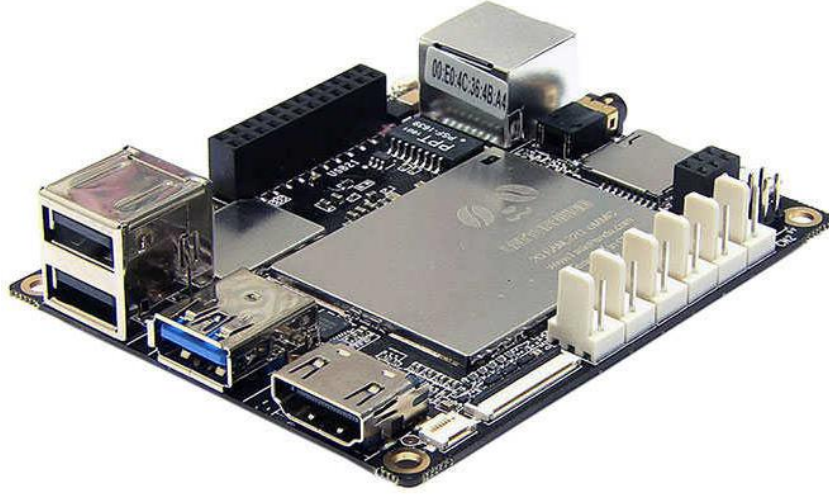
Geliştirilen lam yazıcı donanım genel olarak Şekil 4.23’teki blok diyagramda gösterildiği üzere bütünleşik platform tarafından kontrol edilen TTL sürücü kartı ile birlikte bir adet 15 watt lazer modül, iki tanesi X-Y koordinatlarında hareketi sağlayan, bir tanesi ise besleme ve tahliye ünitesinde kullanılan olmak üzere DRV 8825 sürücüleri ile birlikte toplam üç adet step motor, 220 volt alternatif akımı 5-12 V doğru akıma çeviren bir güç kaynağı, iki ekseninde hareketi sağlayan mekanik aksam, dokunmatik ekran, Bluetooth mikrofonlu kulaklık ve lam besleme-tahliye ünitesinden oluşmaktadır.



Şekil 4.23. Lam yazıcı donanımın blok diyagramı

4.2.2. Bütünleşik platform

Lam yazıcı için kullanılan yazılımlar Şekil 4.24'te gösterilen LattePanda isimli bütünleşik bir platformda çalıştırılmaktadır [90]. Güç kaynağından alınan 5 volt değerindeki doğru akımla ile beslenen bütünleşik platform 88x70 mm boyutlarındaki tek PCB üzerinde bulunan iki kısımdan oluşur. Birinci kısım, üzerinde Windows 10 işletim sistemi ve geliştirilen ara yüz yazılımının bulunduğu entegre bilgisayardır. Bu bilgisayarda 1.8 Ghz hızında çalışan dört çekirdekli Intel Atom işlemci, 2GB ram, 32 GB hafıza, iki adet USB 2.0, bir adet USB 3.0, bir adet HDMI, Wi-Fi ve Bluetooth bulunmaktadır. İkinci kısım ise kontrol ünitesi olarak kullanılan ve G kod yorumlayıcı yazılımının bulunduğu 16 Mhz hızında çalışan, ATmega32u4 mikro denetleyici, 32 KB hafıza içeren gömülü sistemdir. Multimedia, ses tanıma, veri tabanı gibi performans isteyen işlerde entegre bilgisayar kısmı; hassas zamanlama, motor sürme, analog veri okuma gibi donanımsal ihtiyaçlarda ise ikinci kısım kullanılmaktadır [91]. Bu sistem sayesinde harici bir bilgisayara ihtiyaç duyulmadan tüm sistemin kontrol edilmesi sağlanmıştır. Böylece hem maliyet ve lam yazıcının kapladığı alan azaltılmış hem de elektrik tüketiminden tasarruf edilmiştir.



Şekil 4.24. Bütünleşik platform (LattePanda)


LattePanda üzerinde elektronik kontrolleri sağlamak için 20 adet dijital pin bulunmaktadır. Bu pinlerden altı tanesi step motorları sürmek için, bir tanesi de lazer modülü açıp kapatmak için kullanılmıştır. Ayrıca ara yüze konuşma tanıma ile veri girişini sağlamak için kullanılan Bluetooth mikrofonsuz kulaklık bütünleşik platformda bulunan Bluetooth modülüne kablosuz olarak bağlanabilmektedir. Veri girişini el ile yapmayı sağlayan dokunmatik panel touch konnektörüne, program görüntüsünü veren ekran ise display konnektörüne takılmıştır.

4.2.3. Step motor ve sürücü kartı

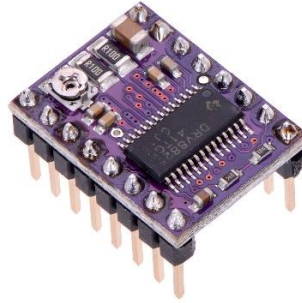
Piyasada çeşitli özelliklerde üretilmiş olan step motorlar bulunmaktadır. Bu motorlar genel olarak unipolar ve bipolar olarak iki grupta ele alınabilir. Unipolar motorlarda her faz için iki adet sargı bulunmaktadır. Bu sargılardan bir tanesi akım yönünü ayarlamak için kullanılır. Böylece akım yönü değiştirilmeden motorun yönü değiştirilebilmektedir. Unipolar step motorlarda genellikle beş ya da altı tane kablo bulunur. Bipolar step motorlarda ise faz başına bir adet sargı bulunmaktadır. Motor yönünü değiştirmek için akım yönünün değiştirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle sürücü devre olarak H köprüsü kullanılmaktadır. Bipolar step motorlarda dört adet kablo bulunmaktadır. Aynı boyutlardaki unipolar ve bipolar karşılaştırılırsa bipolar olanın torkunun daha yüksek olduğu söylenebilir [92]. Bu nedenle bipolar step motorlar 3D yazıcılarda ve mini CNC cihazlarında sıklıkla tercih edilmektedir. Step motor seçilirken dikkat edilmesi gereken bir diğer özellik de adım açısıdır. Adım açısı ile tork doğru orantılı olarak değişmektedir. Bu nedenle geliştirilecek olan sisteme göre bir seçim yapılması uygun olacaktır.

Geliştirilen sistem için yukarıda bahsedilen parametrelere göre teknik özellikleri Çizelge 4.4’te verilen Nema 17HS4401 step motor seçilmiştir.

Çizelge 4.4. Nema 17HS4401 step motorun teknik özellikleri [93]

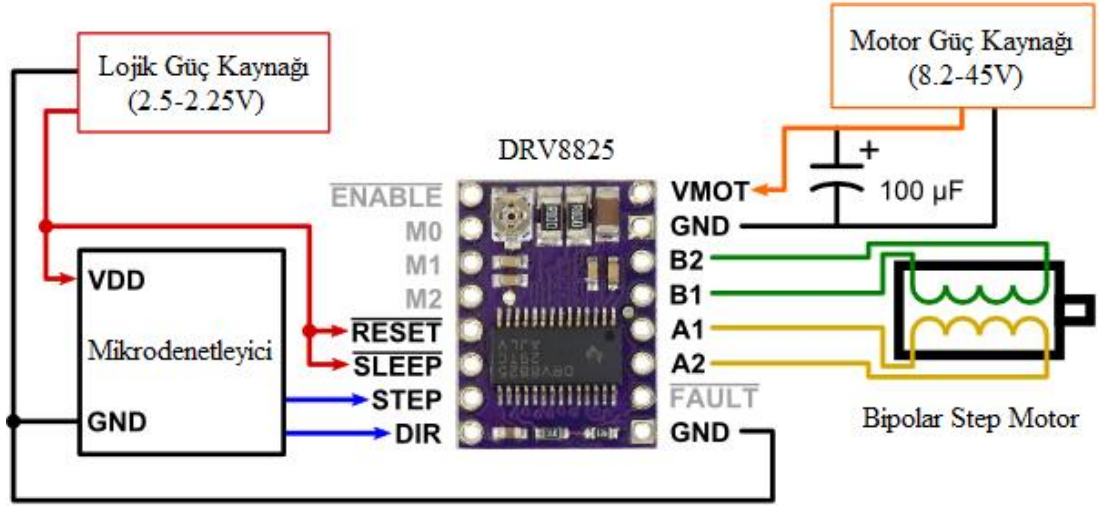
	Model	17HS4401
	Tip	Bipolar
	NEMA boyu	17
	Step açısı	1.8
	Motor uzunluk	40mm
	Çalışma akımı	1.7A
	Faz direnci	1.5Ohm
	Faz induktansı	2.8mH
	Tutunma torku	40N.cm
	Tetik torku	2.2N.cm
	Rotor ataleti	54 g.cm ²
	Kablo sayısı	4
	Ağırlık	280 g.

Mikro denetleyicilerin pinlerindeki voltaj ve akım yeterli olmadığı için step motorları kontrol edebilmek için motor sürücülere ihtiyaç bulunmaktadır. Geliştirilen sistemde kullanılan Nema 17HS4401step motoru sürmek için Şekil 4.25’te gösterilen DRV8825 step motor sürücü tercih edilmiştir.



Şekil 4.25. DRV8825 step motor sürücü

Bu sürücü üzerinde mikro denetleyiciden adım sinyallerini alan “STEP” ve yön sinyalini alan “DIR” isimli iki adet pin bulunmaktadır. İhtiyaca göre bekleme (SLEEP), resetleme (RESET) ve mikro step (M0, M1, M2) pinleri de kullanılabilir. Mikro denetleyici, DRV8825 sürücü ve bipolar motorun bağlantı şeması Şekil 4.26’da gösterilmiştir.

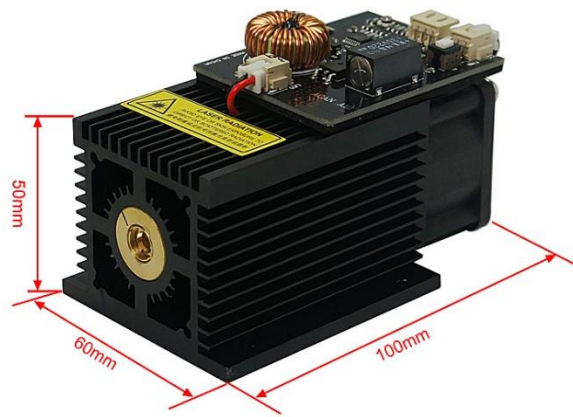


Şekil 4.26. Mikro denetleyici, DRV8825 ve bipolar step motor bağlantı şeması [94]

Bu sürücü ile step motorun adım açısı 1/32 oranında küçültülerek daha hassas konumlama sağlanabilmekte, 8.2V ve 45V aralığındaki besleme gerilimleri ile birçok step motor sürülebilmektedir. Ayrıca kısa devre, yüksek sıcaklık ve aşırı akım korumaları sayesinde sürücünün zarar görmesi engellenmiştir.

4.2.4. Lazer modül ve TTL sürücü kartı

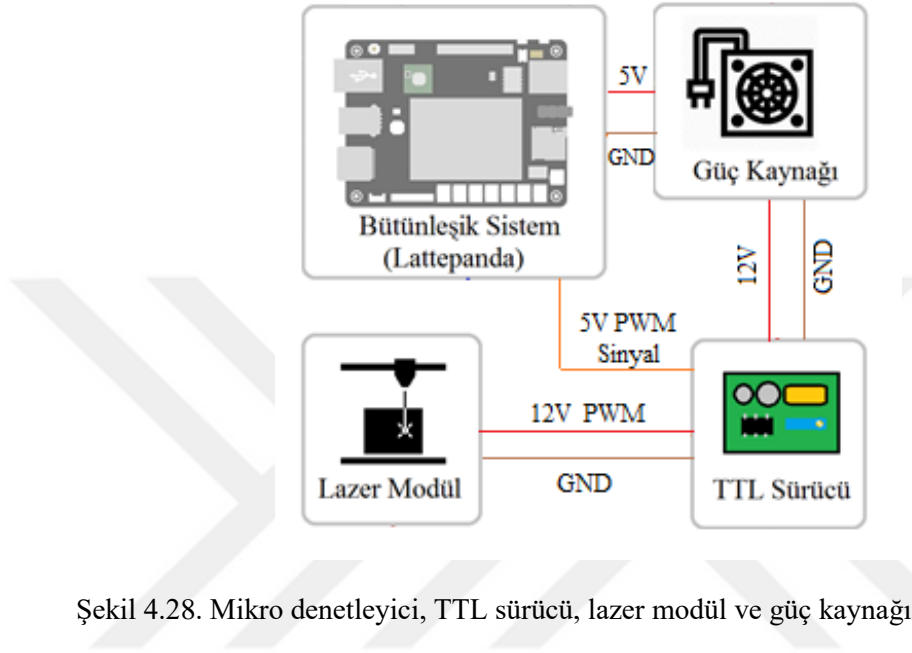
Lazer modül olarak fiber, ve karbondioksit lazerler hakkında yapılan araştırmalar sonrasında maliyet, boyut ve geliştirilen sistem için yeterli olması sebebiyle Şekil 4.27'de gösterilen 15 watt gücünde Nd:YAG lazer modülü yazdırma başlığı olarak kullanılmıştır.



Şekil 4.27. Nd:YAG Lazer modül ve TTL sürücü kartı [95]

Bu modül lazeri üreten çekirdek, metal muhafaza, soğutucu pervane ve lazer ışınlarını istenilen noktaya odaklayan optik mekanizmadan oluşmakta ve TTL sürücü kartı ile birlikte gelmektedir. Çalışma voltajı 12V olup 3A akım çekmektedir. Mikro denetleyicilerin pinleri

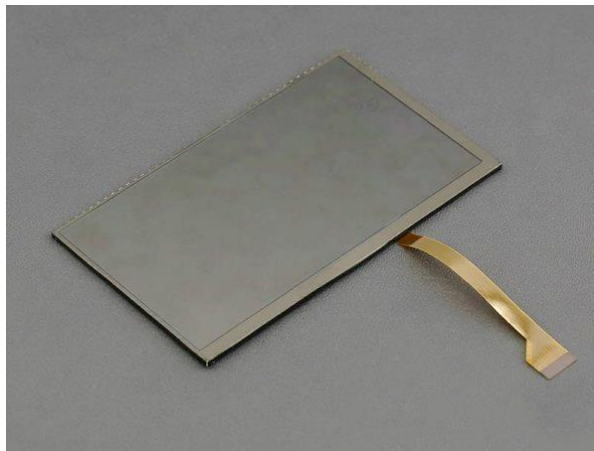
lazer modülü sürece kadar güçlü olmadığı için TTL sürücü kullanılması gerekmektedir. PWM (Sinyal Genişlik Modülasyonu) özelliği olan bir pin kullanılarak TTL sürücü ile lazerin yazdırma etkililiği ayarlanabilmektedir. Mikro denetleyici, TTL sürücü, lazer modül ve güç kaynağının bağlantı şeması Şekil 4.28’de gösterilmiştir. Bağlantı yapılırken eğer TTL sürücü ile mikro denetleyici farklı güç kaynaklarından besleniyorsa mikro denetleyici ile TTL sürücünün GND pinlerinin kısa devre yaptırılması gerekmektedir.



Şekil 4.28. Mikro denetleyici, TTL sürücü, lazer modül ve güç kaynağı bağlantı şeması

4.2.5. Ekran ve dokunmatik panel

Ara yüz yazılımının görüntüsünü almak için Şekil 4.29’da gösterilen ve LattePanda ile uyumlu olarak üretilmiş olan 7 inç, 1024x600 çözünürlüğünde bir IPS (düzlem içi geçiş) ekran kullanılmıştır. IPS özelliği sayesinde ekrana nereden bakılırsa bakılsın görüntünün net olarak görülmesi sağlanmaktadır.



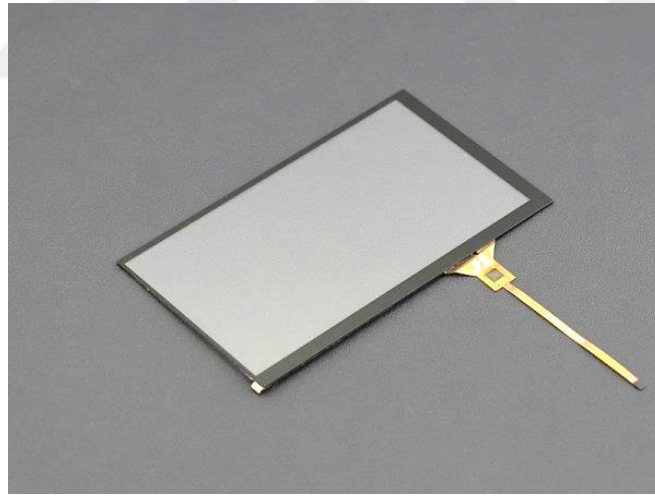
Şekil 4.29. 7 inç IPS ekran [96]

Bu ekran için harici bir güç beslemesi kullanılması gerekmemektir. Ekranla birlikte gelen FPC (Basılı esnek devre) kablosu hem data hem de güç kablosu olarak kullanılmaktadır. Bu kablo Lattepada üzerinde display konektörüne Şekil 4.30'da gösterildiği gibi takılmaktadır. FPC kablolar çok hassas olduğu için konektöre takarken çok dikkatli olunmalıdır.



Şekil 4.30. Ekranın display konektörüne takılması [96]

Dokunma verisinin alınabilmesi için ekran ile birlikte Şekil 4.31'de gösterilen kapasitif dokunmatik panel kullanılması gerekmektedir.



Şekil 4.31. Kapasitif dokunmatik panel [96]

7 inç ekranlarla uyumlu olarak üretilen bu panel 200 milyon kez dokunma dayanıklılığına, en az %85 ışık geçirgenliğine ve 16 ms tepki süresine sahiptir. Dokunma verisini sisteme göndermek için FPC kablosu ile Lattepada üzerinde bulunan touch konektörüne takılması gerekmektedir.

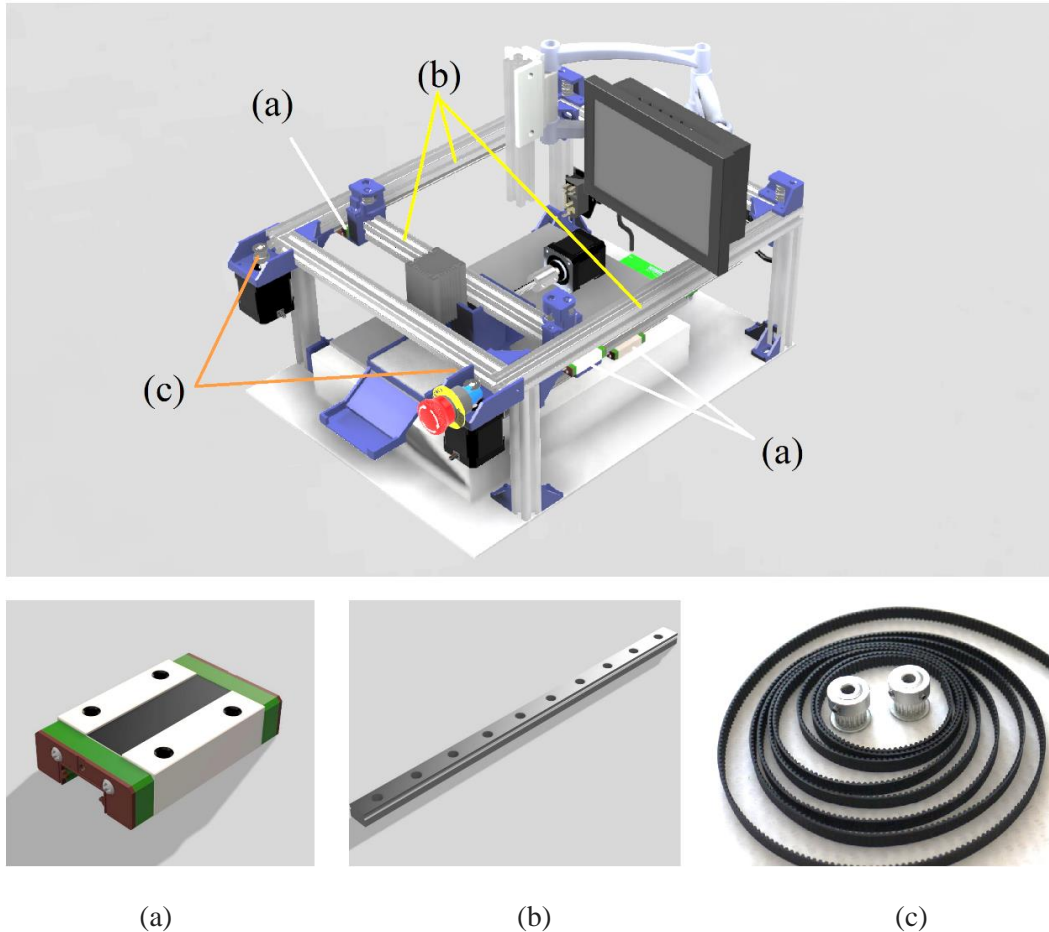
4.2.6. Güç kaynağı

Geliştirilen lam yazıcı donanımında 300 watt güç kaynağı kullanılmıştır. Bu güç kaynağı 220V alternatif akımı 12V ve 5V DC akıma dönüştürmektedir. Step motorlar ve lazer modül için 12V, bütünleşik platform için 5V çıkışları kullanılmaktadır.

4.2.7. Mekanik sistem

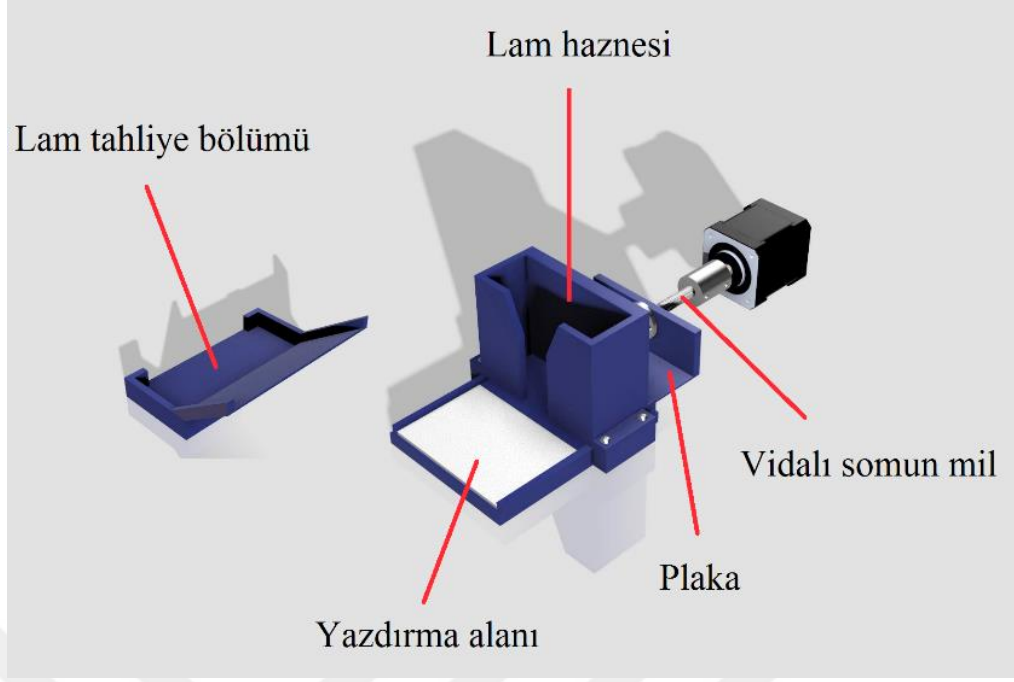
Mekanik sistem lazer modülün bağlı olduğu platformun konumlanmasını sağlayan hareketli parçalar, lam besleme ve tahliye ünitesi ile bağlantıları sağlayan yardımcı elemanlardan oluşmaktadır.

Lazer modülün hareket etmesini sağlayan parçalar, Şekil 4.32’de gösterilmiştir. Bu parçalar X ve Y ekseninde sürtünmeyi en aza indirerek kolay hareketi sağlayan üç adet MGN12 minyatür araba, bu arabaların üzerinde hareket ettiği üç adet MGN12 minyatür ray, motor hareketini raylara aktaran iki adet kayış kasnak setinden oluşmaktadır.



Şekil 4.32. (a) MGN12 minyatür araba, (b) MGN12 minyatür ray, (c) kayış kasnak seti

Lam besleme ve tahliye ünitesi Şekil 4.33’te gösterildiği gibi lam haznesi, yazdırma alanı, vidalı mil somun, lamı yazdırma alanına iten plaka ve tahliye bölümünden oluşmaktadır.

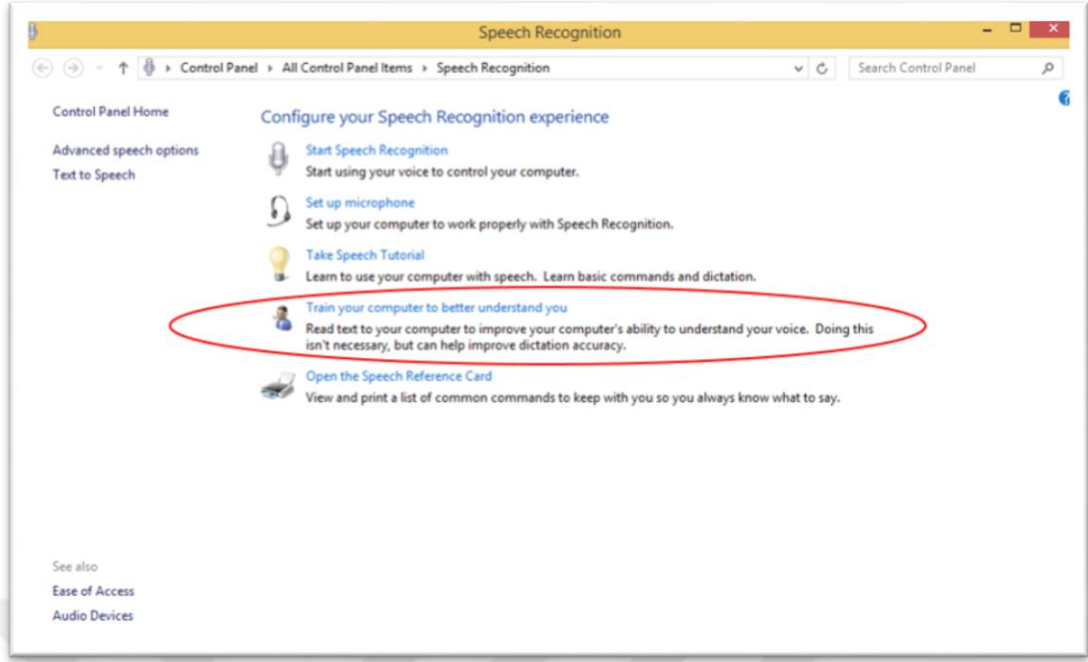


Şekil 4.33. Lam besleme ve tahliye ünitesi

Besleme ve tahliye ünitesinde lam haznesinden alınan bir adet lam, yazdırma alanına alınmakta, yazdırma işinin tamamlanmasından sonra da tahliye bölümüne gönderilmektedir. Lamın yatay düzlemdeki bu hareketi bir adet step motor ile gerçekleştirilmektedir. Step motorun dönme hareketi vidalı mil somun sayesinde doğrusal harekete dönüştürülmekte ve bu somuna bağlı plaka lamı belirlenen konumlara getirmektedir. Lam haznesinin kapasitesi lamın ağır bir malzeme olması nedeniyle 50 ile sınırlandırılmıştır. Her seferinde en alttaki lamın alınması göz önünde bulundurulursa haznedeki lam sayısı arttıkça alınacak olan lam üzerinde oluşan baskı da artmakta ve sıkışmalara neden olabilmektedir. Piyasada satılan lamlar 50 adetlik paketler halinde bulunmaktadır. Böylece her seferinde bir paket lam hazneye yerleştirilebilmektedir.

4.3. Geliştirilen Sistemin Test Edilmesi

Geliştirilen ses kontrollü ve lazer başlıklı lam yazıcı TÖTM'de çalışan proje ortağı patologlar tarafından denenmiştir. Sesli kontrol özelliği kullanılmadan önce bir defaya mahsus olmak üzere Windows speech platformunun kullanıcı tarafından eğitilmesi gerekmektedir. Bu işlem Şekil 4.34'te gösterilen pencereden yapılmaktadır. Sistemin eğitilmesi sırasında daha önceden tanımlanmış olan cümleler kullanıcıya sesli olarak tekrar ettirilmekte ve kullanıcı özelliklerine göre akustik model uyarlanmaktadır. Böylece kullanıcıya özel bir model oluşturulmakta, konuşma tanıma hızının ve doğruluk oranlarının artması sağlanmaktadır.



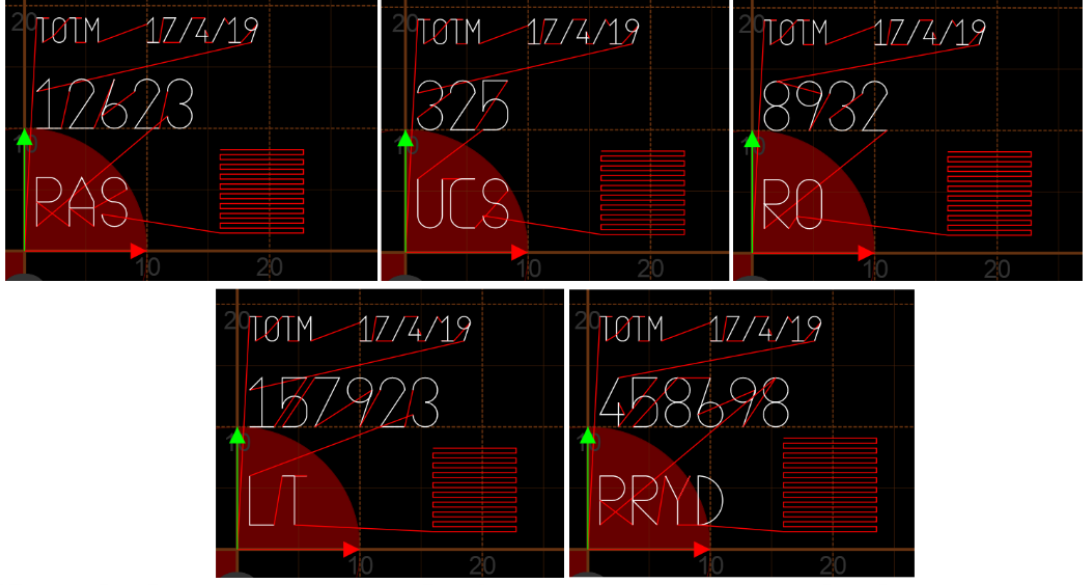
Şekil 4.34. Windows speech platformunun eğitilmesi

Konuşma tanıma platformu eğitildikten sonra lam üzerine TÖTM patoloji laboratuvarından alınan beş adet kodun konuşma tanıma ile özelliği kullanılarak geliştirilen yazılım ile G kodlarının oluşturulması kararlaştırılmıştır. Bunun için her kodda bulunan verilerin lam kod alanında nereye geleceği ve büyüklüğü ile ilgili ayarlamalar Çizelge 4.5'te gösterildiği gibi belirlenmiştir.

Çizelge 4.5. Geliştirilen yazılımda denenmek üzere belirlenen kod verileri

Kod	A alanı			B alanı			C alanı			D alanı			Data matris Koordinat (X,Y)
	Veri,Punto, Koordinat(X-Y)			Veri,Punto, Koordinat(X-Y)			Veri,Punto, Koordinat(X,Y)			Veri,Punto, Koordinat(X,Y)			
12623 PAS	TOTM	0.5	1-17	12623	1	1-10	PAS	1	1-2	Tarih	0.5	10-17	15-0.5
325 UCS	TOTM	0.5	1-17	325	1	1-10	UCS	1	1-2	Tarih	0.5	10-17	15-0.5
8932 RO	TOTM	0.5	1-17	8932	1	1-10	RO	1	1-2	Tarih	0.5	10-17	15-0.5
157923 LT	TOTM	0.5	1-17	157923	1	1-10	LT	1	1-2	Tarih	0.5	10-17	15-0.5
458698 PRYD	TOTM	0.5	1-17	458698	1	1-10	PRYD	1	1-2	Tarih	0.5	10-17	15-0.5

Ara yüzde bulunan A alanına “TOTM” verisi sabit olarak klavye ile girilmiş ve tarih ekle seçeneği aktifleştirilerek D alanına da o günün tarihinin otomatik olarak ara yüz tarafından girilmesi sağlanmıştır. Ayrıca data matris ekle seçeneği de işaretlenerek kodlarla birlikte girilen karakterleri içeren bir data matris yazdırılması sağlanmıştır. Tüm bu ayarlamalar bir defaya mahsus olarak kullanıcı tarafından yapıldıktan sonra konuşma tanıma ile B, C alanlarına ve lam sayısı kısmına veri girişi gerçekleştirilmiş ve kod verilerinin G kodları oluşturularak Şekil 4.35’teki simülasyon çıktısı elde edilmiştir. Daha sonra Çizelge 2.1’de gösterilen 1 ve 3 numaralı, en pahalı ve en ucuz lamlar kullanılarak prototip olarak geliştirilen lam yazıcı test edilmiş ve yazdırma işlemi her iki lam üzerinde de başarı ile gerçekleştirilmiştir. Yazdırılan lamların görüntüsü Şekil 4.36’da verilmiştir.



Şekil 4.35. Geliştirilen yazılım ile oluşturulan G kodların simülasyon çıktısı



(a)

(b)

Şekil 4.36. Lazer başlıklı lam yazıcının (a) en pahalı ve (b) en ucuz lam üzerinde denenmesi

5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada patoloji laboratuvarlarında kullanılan mikroskop lamalarının ses kontrollü ve lazer yöntemi ile kodlanması amacıyla bir lam yazıcı için yazılım ve donanım sistemi geliştirilmiştir. Ara yüz yazılımı üzerinden konuşma tanıma ya da klavye ile girilen verilerin ve üretilen data matris kodun G kodlara çevrilerek lam yazıcı donanımına gönderilmesi ile lazer yöntemi kullanılarak lamın başarılı bir şekilde kalıcı olarak yazdırılması sağlanmıştır.

Geliştirilen lam yazıcı mürekkep püskürtmeli ve termal transferli yazıcılar ile kıyaslandığı zaman yazılım ve donanım olarak birçok avantaja sahiptir. Bunlardan birincisi ve en göze çarpanı ses kontrollü olmasıdır. Konuşma tanıma teknolojisi bu çalışma ile ilk defa lam yazıcılarda kullanılmıştır. Aynı zamanda diğer sistemlerde bulunmayan bir özellik olarak geçmiş işlemler veri tabanında tutulabilmektedir. Böylece laboratuvarında kullanılan lamlar ve yapılan işlemler hakkında istatistikler elde edilebilmektedir. Ayrıca kod alanının kullanıcı tarafından tasarlanabilmesi ek bir özellik olarak ara yüz yazılımına eklenmiştir. Geliştirilen sistemin bir diğer avantajı da cihaz sarf giderinin yok denecek kadar az olmasıdır. Mürekkepli lam yazıcılarda kullanılan mürekkep özel olarak üretildiği için hem pahalıdır hem de üç buçuk aylık bir kullanım ömrü bulunmaktadır. Termal transferli lam yazıcılar ise ribon kullandıkları için fazladan bir maliyet oluşmaktadır. Freze mantığı ile kazıma yapan lam yazıcılar ise data matris gibi şekilsel verileri lam yüzeyine yazamamaktadır. Bu sistemde yazdırma ünitesi için kullanılan Nd:YAG lazer modülün ortalama 30000 saat çalışma ömrü olduğundan yıllarca cihaz sarf gideri olmadan kullanılabilmesi mümkündür. Lazer teknolojisinin kullanılmasıyla birlikte doğrudan cam üzerine kazımak suretiyle kodlama yapılabildiği için geliştirilen lam yazıcı ile yazdırılan kodların piyasadakilerin aksine silinme ihtimali tamamen ortadan kaldırılmıştır. Yine bu özellik sayesinde tüm lam çeşitlerinin geliştirilen sistem tarafından kullanılabilmesi ile lam sarf maliyeti açısından %71.25'lik bir azalma gerçekleştirilmiştir. Çünkü piyasadaki sistemler sadece kod alanı boyalı olan en pahalı lam çeşidini kullanabilmektedir. Ayrıca geliştirilen sistemde bilgisayar ve gömülü sistemi bir arada içeren bütünlük bir platform dâhili olarak kullanılmıştır. Böylece harici bir bilgisayar gereksinimi ortadan kaldırılarak maliyet, alan ve güç tüketiminden tasarruf edilmiştir. Tüm bunlara ek olarak diğer cihazların ithal olmasına karşın geliştirilen sistemin yerli bir ürün olması ile seri üretime geçildiği zaman ülkemizin dışa bağımlılığı bir nebze de olsa azaltılabilecektir.

Gelecek çalışmalarda aynı sistemin patoloji laboratuvarlarında kullanılan kasetlerin kodlanması için uyarlanması gerçekleştirilebilir. Ayrıca patoloji laboratuvarı için lam ve kaset yazıcı cihazların da dâhil olduğu tüm süreçleri kapsayacak bir otomasyon sistemi geliştirilerek belli standartları olan bütüncül bir yapı oluşturulabilir.

6. KAYNAKLAR

- [1] D. Demirhan, *İşletmelerde Stratejik Bilgi Sistemleri Yönetimi ve Rekabet Üstünlüğü Elde Edilmesindeki Rolü*, **Ege Akademik Bakış Dergisi**, 2:2 (2002) 117-124.
- [2] H. Elibol, *Bilişim Teknolojileri Kullanımının İşletmelerin Organizasyon Yapıları Üzerindeki Etkileri*, **Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**, 13 (2005), 155-162.
- [3] Anonim. (2018). <https://www.saglik.gov.tr/TR,50291/saglik-bakanligi-2019-butcesi-tbmmde-kabul-edildi.html> (Son erişim tarihi: 12 Nisan, 2019).
- [4] N. Baykal. (2005). <https://www.sisoft.com.tr/haber/page?SYF=Detay&hb=1197> (Son erişim tarihi: 12 Nisan, 2019)
- [5] H. K. Güleş ve M. Özata, *Sağlık Bilişim Sistemleri*, Nobel, Ankara, 2005, 89.
- [6] W. H. Henricks, *Laboratory Information Systems*, **Surgical Pathology Clinics**, 8:2 (2015), 101-108.
- [7] M. Amin and R. Dhir, *Data Representation, Coding, and Communication Standards*, **Surgical Pathology Clinics**, 8:2 (2015), 109-121.
- [8] Tahir Hayta. *Hastane Laboratuvarları*, Yüksek Lisans Tezi, Beykent Üniversitesi, Türkiye, 2015.
- [9] Ş. O. Özdamar ve B. Bahadır, “Patoloji ve Laboratuvar, Doku Örneklerinin Takibi, Boyanma”, A.T. Koparal (Ed.), *Genel Patoloji* içinde, T.C. Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, (2010), s. 3-48.
- [10] S. Sarıoğlu, *Patoloji için bilişim*, **Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi**, 30:3 (2016) 16-20.
- [11] F. Ak Ergün, *Faaliyet Tabanlı Maliyetleme ve Patoloji Laboratuvarı Uygulaması*, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Türkiye, 2011.
- [12] A. Usubütün, S. Üner, F. Harorlu, E. Özer, S. Tuzlalı, A. Ruanca ve K. Yörükoğlu, *Pathology laboratories staff workload evaluation in Turkey: a survey study*, **Türk Patoloji Dergisi**, 27:2 (2011) 98-105.
- [13] Anonim. (2018). https://www.nato.int/cps/en/natohq/news_150391.htm (Son erişim tarihi: 13 Nisan, 2019).
- [14] Anonim. (2009). <https://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=10121> (Son erişim tarihi: 13 Nisan, 2019).
- [15] Mustafa Nurmhammed. *Histopatoloji imgelerinin bilgisayar destekli değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi Türkiye, 2015.
- [16] K. Yörükoğlu, S. Üner, F. Harorlu ve A. Usubütün, *Pathology laboratories productivity evaluation in Turkey*, **Türk Patoloji Dergisi**, 27:3, (2011), 235-245.
- [17] Anonim. (2019). <https://www.labor.com.tr/kategori/laboratuvar-cam-malzemeleri#labels=1252-2> (Son erişim tarihi: 13 Nisan, 2019).
- [18] K. Yörükoğlu, *Quality assurance in pathology laboratories*, **Aegean Pathology Journal**, 2 (2005) 86-97.
- [19] M. Plebani, L. Sciacovelli, A. Aita and M.L. Chiozza, *Harmonization of pre-analytical quality indicators*, **Biochemia medica**, 24:1 (2014) 105-113.
- [20] Anonim. (2019). <https://www.leicabiosystems.com/histology-equipment/specimen-labeling-products/products/leica-ip-s/> (Son erişim tarihi: 13 Nisan, 2019).

- [21] Anonim. (2019). <http://primera-healthcare.eu/tr/signature-slide-printer.html> (Son erişim tarihi: 13 Nisan, 2019).
- [22] Anonim. (2019). <https://www.biyosistem.com.tr/lam-yazma-cihazı/> (Son erişim tarihi: 13 Nisan, 2019).
- [23] Anonim. (2019). <https://www.thermofisher.com/order/catalog/product/A83900001> (Son erişim tarihi: 13 Nisan, 2019).
- [24] Anonim. (2019). <http://haslab.ch/wp-content/uploads/2017/10/Pathologie-und-Paraffin-Haslab.pdf> (Son erişim tarihi: 13 Nisan, 2019).
- [25] Anonim. (2018). [https://www.sakura.eu/SakuraWebsite/media/Document/Product-catalogue-\(GB\).pdf](https://www.sakura.eu/SakuraWebsite/media/Document/Product-catalogue-(GB).pdf) (Son erişim tarihi: 13 Nisan, 2019).
- [26] Anonim. (2013). https://www.biosystems.ch/Steps/StepsFile.aspx?fn=%5C%5CVM001STEPS%5CSteps_Share%5CStepsDokuAblage%5CBiosystems%5CSAAITEM%5C11%5C11304%5Cba326c32-0c0b-4559-a4a7-168e7d1b0d24.pdf (Son erişim tarihi: 13 Nisan, 2019).
- [27] Anonim. (2018). <https://en.wikipedia.org/wiki/Voder> (Son erişim tarihi: 13 Nisan, 2019).
- [28] W. Ghai and N. Singh, *Literature review on automatic speech recognition*, International Journal of Computer Applications, 41:8 (2012) 42-50.
- [29] H. Çakır, B. Okutan, *Ses Kontrollü Web Tarayıcı*, **Bilişim Teknolojileri Dergisi**, 4:1 (2011) 13-18.
- [30] X. Yuan and J. Fan, Design and implementation of voice controlled tetris game based on Microsoft SDK, International Conference of Multimedia Technology (ICMT), Hangzhou, Luly 26-28,(2011), pp. 275-278.
- [31] X. Huang and L. Deng, “An Overview of Modern Speech Recognition”, N. Indurkha (Ed.), in *Handbook of Natural Language Processing*, CRC, (2010), 339-366.
- [32] N. Yalçın. *Konuşma Tanıma Teorisi ve Teknikleri*, **Kastamonu Eğitim Dergisi**, 16:1 (2008) 249-226.
- [33] G. L. Kouemou, *History and theoretical basics of hidden Markov models*, Intech, Rijeka, 2011, 5-7.
- [34] W. S. Culloch and W. A. Pitts, *A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity*, **Buttetin of Mathematics and Biophysics**, 5 (1943) 115-133.
- [35] B. J. Kruskal and M. Liberman, “The Symmetric Time-Warping Problem: From Continuous To Discrete”, D. Sankoff (Ed.), *Time Warps, String Edits, and Macromolecules: The Theory and Practice of Sequence Comparisons*, Addison-Wesley, Massachusetts, 1983 p. 125-161
- [36] Ö. Yakar, R. Aşlıyan, *Saklı Markov Modeli Kullanarak Türkçe Konuşma Tanıma*, **Akademik Bilişim**, 16 (2016) 1-7.
- [37] L. Rabiner, B.H. Juang, *Fundamentals of Speech Recognition*, Prentice Hall, New Jersey, 1993, 321-385.
- [38] Erkan Uslu, *Gizli Markov modeli ile geniş sözlüklü sürekli konuşma tanıma*, Yüksek Lisans Tezi, Tıldız Teknik Üniversitesi, 2007.
- [39] G.P.S.N. Malikoğlu, *Artificial Intelligence 1, Birsen*, İstanbul, 2002, 1-158.
- [40] Murat Kemal Baygün, *Türkçe komutları tanıyan ses tanıma sistemi geliştirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, 2006.

- [41] Joe Tebelskis, Speech recognition using neural networks, Doktora Tezi, Carnegie Mellon Univeristy, 1995.
- [42] Anonim. (2018). <https://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=10121> (Son erişim tarihi: 14 Nisan, 2019).
- [43] Anonim. (2018). <https://www.nuance.com/dragon.html> (Son erişim tarihi: 14 Nisan, 2019).
- [44] Anonim. (2018). <https://pypi.org/project/pocketsphinx/> (Son erişim tarihi: 14 Nisan, 2019).
- [45] Anonim. (2018). <https://cloud.google.com/speech-to-text/> (Son erişim tarihi: 14 Nisan, 2019).
- [46] Anonim. (2018). https://julius.osdn.jp/juliusbook/en/desc_overview.html (Son erişim tarihi: 14 Nisan, 2019).
- [47] Anonim. (2018). <https://www.nuance.com/mobile/speech-recognition-solutions.html#> (Son erişim tarihi: 14 Nisan, 2019).
- [48] Anonim. (2018). <http://kaldi-asr.org/> (Son erişim tarihi: 14 Nisan, 2019).
- [49] Anonim. (2018). <https://www.apple.com/tr/siri/> (Son erişim tarihi: 14 Nisan, 2019).
- [50] Anonim. (2018). <https://vlingo.io/> (Son erişim tarihi: 14 Nisan, 2019).
- [51] Anonim. (2018). <https://www.samsung.com/global/galaxy/what-is/s-voice/> (Son erişim tarihi: 14 Nisan, 2019).
- [52] Anonim. (2018). <https://www.voicea.com/> (Son erişim tarihi: 14 Nisan, 2019).
- [53] Anonim. (2018). <https://www.att.com/gen/sites/ipsales?pid=17755> (Son erişim tarihi: 14 Nisan, 2019).
- [54] Anonim. (2018). <https://www.att.com/gen/sites/ipsales?pid=17755> (Son erişim tarihi: 14 Nisan, 2019).
- [55] Anonim. (2018). <https://mmodal.com/speech-solutions/> (Son erişim tarihi: 14 Nisan, 2019).
- [56] Anonim. (2018). <https://www.sestek.com/> (Son erişim tarihi: 14 Nisan, 2019).
- [57] C. Patel and S. Kopparapu, Reusing automatic speech recognition platform for resource deficient languages, International Conference on Signal Processing and Communication Systems (ICSPCS), Gold Coast, Dec. 15-17, (2014), pp.1-5.
- [58] P. Lange and D. Suendermann-Oeft, Tuning Sphinx to outperform Google's speech recognition API, Conference on Electronic Speech Signal Processing (ESSV), March, 1-10 (2014), pp.1-10.
- [59] Anonim. (2018). [https://docs.microsoft.com/tr-tr/previous-versions/office/developer/speech-technologies/hh323805\(v%3doffice.14\)](https://docs.microsoft.com/tr-tr/previous-versions/office/developer/speech-technologies/hh323805(v%3doffice.14)) (Son erişim tarihi: 14 Nisan, 2019).
- [60] R. Marin, P. Vila, P. J, and A. Marzal, Automatic speech recognition to teleoperate a robot via Web, International Conference on Intelligent Robots and Systems, Lausanne, Oct, (2002), pp. 1278-1283.
- [61] J. Z. Gao, L. Prakash, and R. Jagatesan, Understanding 2d-barcode technology and applications in m-commerce-design and implementation of a 2d barcode processing solution, International Computer Software and Applications Conference (COMPSAC), Beijing, July 23-27, (2007), pp.49-56.
- [62] Anonim. (2018). https://en.wikipedia.org/wiki/Nd:YAG_laser (Son erişim tarihi: 14 Nisan, 2019).

- [63] Anonim. (2018). https://en.wikipedia.org/wiki/Carbon_dioxide_laser (Son erişim tarihi: 14 Nisan, 2019).
- [64] Anonim. (2018). <https://malzemebilimi.net/fiber-lazer.html> (Son erişim tarihi: 14 Nisan, 2019).
- [65] T. Kenjo, *Stepping Motors and Their Microprocessor Controls*, Clarendon, Oxford, 1984, 620-625.
- [66] M. Demirtaş, *Bilgisayar kontrollü güneş takip sisteminin tasarımı ve uygulaması*, **Politeknik Dergisi**, 9:4, 247-253.
- [67] M. Demir, M. Kuncan ve H. M. Ertunç, 3 eksenli mini cnc freze tezgâhı tasarımı ve imalatı, Otomatik Kontrol Ulusal Toplantısı, Eylül 36-28, (2013), pp.1231-1235.
- [68] Komisyon, *CNC Frezede Programlama*, Millî Eğitim Bakanlığı, Ankara, 2013, 12-13.
- [69] Komisyon, *CNC Torna İşlemleri I*, Millî Eğitim Bakanlığı, Ankara, 2012, 16-17.
- [70] Anonim. (2018). <http://cncmanual.com/daewoo-puma-450-cnc-programlama-rehberi-cnc-torna-egitimi-renkli/> (Son erişim tarihi: 14 Nisan, 2019).
- [71] P. Carraro and M. Plebani, *Errors in a stat laboratory: types and frequencies 10 years later*, **Clinical chemistry**, 53:7 (2007) 1338-1342.
- [72] P. Bonini, M. Plebani and F. Ceriotti and F. Rubboli, *Errors in laboratory medicine*, **Clinical Chemistry**, 48:5 (2002) 691-698.
- [73] P. S. Edwards, *Printing on microscope slides and histology cassettes*, US Patent 6 615 763, October 2005.
- [74] C. P. Kavanaugh, *Microscope slide having bar code indicia inscribed thereon*, US Patent 5 683 786, November 1997.
- [75] H. Çakır ve B. Okutan, *Ses kontrollü web tarayıcı*, **Bilişim Teknolojileri Dergisi**, 4:1 (2011) 13-18.
- [76] H. AlShu'eili, S. G. Gupta and S. Mukhopadhyay, Voice recognition based wireless home automation system, in International Conference on Mechatronics (ICOM), Kuala Lumpur, May 17-19, (2011) pp.1-6.
- [77] T. Tamura and T. Hisakuni, Developing a distance education support system-switching multiple media devices automatically under voice control, in International Conference on Advanced Learning Technologies, Joensuu, August 30-September 1, (2004) pp.886-867.
- [78] S. C. Miller, *Remote control of a medical device using speech recognition and foot controls*, US Patent 7 127 401, October 2006.
- [79] D. F. Gordon, Voice recognition and systems activation for aircrew and weapon system interaction, in IEEE Conference on Aerospace and Electronics, Dayton, May 21-25 (1990) pp.744-748.
- [80] M. B. Hoy, *Alexa, siri, cortana, and more: An introduction to voice assistants*, **Medical reference services quarterly**, 37:1, 81-88.
- [81] Y. Zhang, J. J. Faneuff, W. Hidden, J. T. Hotary, S. C. Lee and V. Iyengar, *Automobile speech-recognition interface*, US Patent 7 826 945, November 2010.
- [82] Salazar, G. A. (2018), *Considerations for Implementing VoiceControlled Spacecraft Systems through a Human-Centered Design Approach*. Proje no: NASA/TM-2018-219980

- [83] Anonim. (2018). <https://www8.hp.com/us/en/printers/alexa.html> (Son erişim tarihi: 14 Nisan, 2019).
- [84] Anonim. (2018). <https://epson.com/voice-activated-printing-from-alexa-siri-google-assistant> (Son erişim tarihi: 14 Nisan, 2019).
- [85] Anonim. (2018). <https://www.usa.canon.com/internet/portal/us/home/explore/printing-innovations/amazon-alexa> (Son erişim tarihi: 14 Nisan, 2019).
- [86] Wei Qin, *Design and analysis of small-scale cost effective CNC milling machine*, Yüksek Lisans Tezi, University of Illionis, USA, 2013.
- [87] K. J. Madekar, K. R. Nanaware, P. R. Phadtare and V. S. Mane, *Automatic mini CNC machine for PCB drawing and drilling*, **International Research Journal of Engineering and Technology**, 3:2 (2016) 1106-1110.
- [88] Anonim. (2018). <https://www.nuget.org/packages/DataMatrix.net/0.4.2> (Son erişim tarihi: 14 Nisan, 2019).
- [89] Anonim. (2019). https://en.wikipedia.org/wiki/Data_Matrix (Son erişim tarihi: 14 Nisan, 2019).
- [90] Anonim. (2018). www.lattepanda.com (Son erişim tarihi: 14 Nisan, 2019).
- [91] E. Aydemir, *Lattepanda ile Arduino ve PC kodlama*, **Eğitim**, 2018, 123.
- [92] Anonim. (2019). http://www.robotiksystem.com/step_motor_cesitleri.html (Son erişim tarihi: 02 Mayıs, 2019).
- [93] Anonim. (2019). https://pdf1.alldatasheet.com/datasheetpdf/view/1131976/MOTION_KING_/17HS4401.html (Son erişim tarihi: 02 Mayıs, 2019).
- [94] Anonim. (2019). <https://www.pololu.com/product/2133> (Son erişim tarihi: 02 Mayıs, 2019).
- [95] Anonim. (2019). <https://tr.aliexpress.com/item/15W-High-Power-Laser-Module-445-450nm-Blue-Laser-Head-Laser-Engraving-for-DIY-CNC-Laser/32867452116.html?spm=a2g10.10010108.1000016.1.42e8185ff4rvQ9&isOrigTitle=true> (Son erişim tarihi: 02 Mayıs, 2019).
- [96] Anonim. (2019). <https://www.direnc.net/7-inch-1024x600-ips-display-for-lattepanda> (Son erişim tarihi: 02 Mayıs, 2019).

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Ferhat TOSLAK

Doğum Yeri ve Tarihi: Ermenek/1987

Adres: Yenice Mahallesi Terme Caddesi No:45 Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi TBMYO Merkez/KIRŞEHİR

E-Posta: ferhattoslak@ahievran.edu.tr

Lisans: Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Bilgisayar Sistemleri Öğretmenliği

Mesleki Deneyim ve Ödüller

Öğr. Gör.	Şırnak Üniversitesi, Şırnak Meslek Yüksekokulu	2012-2013
Arş. Gör.	Şırnak Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi	2013-2015
Öğr. Gör.	Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, TBMYO	2015-Halen

TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR/SUNUMLAR

-Toslak, F., Kocamaz, A. F., Dönmez, E., (2017). Designing and developing a voice controlled laser printer to code microscope slides which is used in pathology laboratories (pp: 32). *International Conference on Research in Education and Science (ICRES)*, May 18-21, 2017, Aydın.