

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOİSTATİSTİK VE TIBBİ BİLİŞİM ANABİLİM DALI

ETKİN VE EKONOMİK BİR LABORATUVAR TÜPÜ
SIRALAMA VE KAYIT MAKİNESİ GELİŞTİRİLMESİ

Mehmet ÖZTÜRK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

2019-ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOİSTATİSTİK VE TIBBİ BİLİŞİM ANABİLİM DALI

ETKİN VE EKONOMİK BİR LABORATUVAR TÜPÜ
SIRALAMA VE KAYIT MAKİNESİ GELİŞTİRİLMESİ

Mehmet ÖZTÜRK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN
Prof. Dr. Ahmet YARDIMCI

Bu tez Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından TYL-2018-3145 proje numarası ile desteklenmiştir.

“Kaynakça gösterilerek tezinden yararlanılabilir”

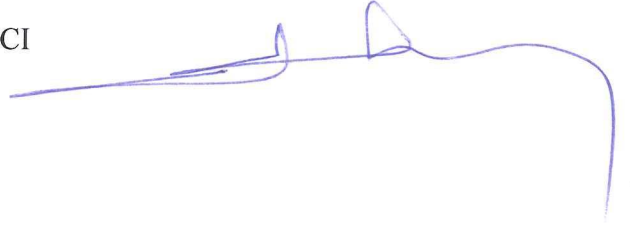
2019-ANTALYA

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne;

Bu çalışma jürimiz tarafından Biyoistatistik ve Tıbbi Bilişim Anabilim Dalı, Tıp Bilişimi Programında yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 18/06/2019

İmza

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ahmet YARDIMCI
Akdeniz Üniversitesi



Üye : Doç. Dr. Uğur BİLGE
Akdeniz Üniversitesi



Üye : Prof. Dr. Abdülkadir ÇAKIR
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi



Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun/...../..... tarih ve/..... sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Narin DERİN

Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı beyan ederim.

Öğrenci

Mehmet ÖZTÜRK

İmza

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Ahmet YARDIMCI

İmza

TEŞEKKÜR

Bu yüksek lisans çalışması Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından yüksek lisans tezleri kapsamında, “Etkin ve Ekonomik Bir Tüp Sıralama ve Kayıt Makinesi Geliştirilmesi” isimli TYL-2018-3145 nolu proje olarak desteklenmiştir.

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesi sırasında yazılım konusundaki büyük desteklerinden ötürü Dr. Öğr. Üyesi Abdülkadir KOÇER, Dr. Öğr. Üyesi İlker ÜNAL ve Akdeniz Üniversitesi Hastanesi Bilgi İşlem Sorumlusu Mustafa COŞKUN’a, mekanik tasarım ve montaj konusundaki emekleri için Tekniker Muhittin BİLGİN’e, atölye ve laboratuvar imkânları desteklerinden dolayı Akdeniz Üniversitesi Hastanesi Merkez Laboratuvarı ve Akdeniz Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Müdürlüğü’ne, maddi desteklerinden dolayı Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü’ne sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca yüksek lisans eğitimim boyunca bilgi birikimlerini ve manevi desteklerini esirgemeyen başta danışmanım Prof. Dr. Ahmet YARDIMCI olmak üzere Tıp Fakültesi Biyoistatistik ve Tıbbi Bilişim Anabilim dalı tüm öğretim elemanlarına ve aileme çok teşekkür ederim.

ÖZET

Amaç: Bu çalışmada amaç klinik laboratuvar testlerinde pre-analitık süreçte merkez laboratuvara otomatik numune giriş kaydı, numune sıralaması, sınıflandırması ve kontrolü yapan daha ekonomik, yerli teknoloji bir makine alternatifin geliştirilmesidir.

Yöntem: Çalışma kapsamında amaçlanan hizmeti optimum düzeyde gerçekleştirebilmek için öncelikle ülkemizde yaygın kullanılan, kolay erişilebilir, çoğunluğu yerli malı malzemeler kullanılacak şekilde bir elektromekanik tasarım ve prototip üretimi gerçekleştirilmiştir. İkinci olarak bu elektromekanik üniteyi kontrol eden programlanabilir denetleyici programı yazılarak mekanik düzeneklerin beklenen verimlilikte çalışması sağlanmıştır. Daha sonra tüp kapak rengi ve barkod okuma işlemi yaparak TCP/IP protokolü üzerinden Akdeniz Üniversitesi hastane bilgi yönetim sistemi ve laboratuvar bilgi sistemi ile iletişim kurabilen yazılım oluşturulmuştur. Tüm bileşenlerin birlikte çalışabilirliğini ve etkinliğini test amacıyla üniversite hastanesi merkez laboratuvarında kullanılmakta olan benzer bir endüstriyel model ile 100 adet deneme numunesi her iki makinede de kullanarak işlem hızı (numune/saat) ve hata oranı (%) açısından karşılaştırmaları yapılmıştır.

Bulgular: Çalışma sırasında yaygın yöntem olan renk ve barkod okuma için iki ayrı endüstriyel sensör kullanımı yerine dijital bir kameradan alınan görüntü üzerinden yazılımla her iki okumanın gerçekleştirilebildiği görülmüştür. Bu bulgu yaygın kullarımdakine göre mekanik düzeneğin de basitleşmesine sebep olmuş, bu sayede önemli oranda ekonomi ve özgünlük sağlanmıştır.

Sonuç: Çalışma sonunda yüksek yerlilik oranında, benzerlerine göre çok daha ekonomik olarak tasarlanan mekanik tasarımın ve oluşturulan yazılımların piyasadaki pahalı ve ithal örneklere yakın bir performans sağladığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Görüntü işleme, Barkod okuma, Renk okuma, Tüp Sınıflandırma.

ABSTRACT

Objective: The aim of this study is to develop a more economical and domestic technology machine alternative which makes automatic tube sorting and registration in a core laboratory.

Method: Firstly, an electromechanical design and prototype production, which are widely used in our country and which are mostly used in domestic goods, have been realized in order to achieve the desired level of service at optimum level. Secondly, the programmable logic controller program that controls this electromechanical unit is written and the mechanical mechanisms are provided to operate at the expected efficiency. Then, the software which can communicate with hospital information management system and laboratory information system via TCP/IP protocol has been created by making tube cap color and barcode reading process. Finally, for the purpose of testing the interoperability and effectiveness of all components, a similar industrial model was used in the University Hospital Central Laboratory to compare the process rate (sample/hour) and error rate (%) by using 100 pieces of the same trial samples tubes.

Results: At this study, instead of using two separate industrial sensors for color and barcode reading which is a common method, it can be seen that both readings can be performed by software via a digital camera. This finding led to the simplification of the mechanical system according to the common use, thus providing a significant degree of economy and originality.

Conclusion: At the end of the study, it was seen that the software and the mechanical design which are realized provides a performance close to the expensive and imported samples in the market.

Key words: Image processing, Barcode reading, Color reading, Tube sorting.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
TABLOLAR DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR	viii
1. GİRİŞ	1
1.1. Türkiye’de Laboratuvar Otomasyonu	1
1.2. HBYS Yazılımları	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Laboratuvar Süreçleri ve Otomasyon	3
2.2. Tüp Sınıflandırma ve Kayıt Sistemi Makinesi Çalışma Prensibi	5
3. GEREÇ ve YÖNTEM	8
3.1.Çalışmada Kullanılan Malzeme ve Gereçler	8
3.1.1. Donanımlar	8
3.1.2. Konstrüksiyon Malzemeleri	9
3.1.3. Yazılımlar	10
3.2. Yöntem	10
4. BULGULAR	12
4.1.Okuma Düzenegi Tasarımı	12
4.2. Yükleme Ünitesi Tasarımı	13
4.3. Gövde Tasarımı	15
4.3.1. Şasi	15
4.3.2. Konveyör Bant Sistemi	17
4.4. Otomasyon Projesi Tasarımı	19

4.5. PLC Yazılımı	21
4.6. HMI Yazılımı	23
4.6.1. Barkod ve Kapak Rengi Okuma	24
4.7. Test Çalışması	26
5. TARTIŞMA	29
5.1. Geliştirilen Prototipin Güçlü Yönleri	31
5.1.1. Yüksek Kapasiteli Geniş Çıkış Bölmeleri	32
5.1.2. Sürgülü Kapak Eğimli Zemin Kullanım Kolaylığı	32
5.1.3 Yedek Parça Temininde Kolaylık	32
5.1.4. Esnek Kapasite Mimarisi, Bölme Sayısı	32
5.1.5. Kapak Rengi Tanıma Fonksiyonu	32
5.1.6 Dahili Bilgisayar	32
5.2. Zayıf Yönleri	33
5.2.1. Düşük Hız	33
5.2.2. Endüstriyel Şartlara Uygun Olmayan Gövde	33
5.2.3. Uzun Dönem Çalışma Testi Eksikliği	33
5.2.4. Yükleme Haznesi Tasarımında Eksiklik	33
5.2.5. Mekanik Gürültü	34
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	35
KAYNAKLAR	37
EKLER	38
EK 1: PLC Programı	
EK 2: Şartname Örneği	
ÖZGEÇMİŞ	48

TABLolar DİZİNİ

Tablo 3.1.	Donanımlar	8
Tablo 3.2.	Konstrüksiyon Malzemeleri	9
Tablo 3.3.	Yazılımlar	10
Tablo 4.1.	PLC Adresleri	23
Tablo 4.2.	Tüp Sayıları	27
Tablo 4.3.	Karşılaştırma Testi Tablosu	27
Tablo 4.4.	Test Numune Bilgileri	28
Tablo 5.1.	Teknik Özellikler Karşılaştırması	31

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1.	Laboratuvar Süreçleri	4
Şekil 2.2.	HCTS2000 Fotoğraf	5
Şekil 2.3.	HCTS2000 Detay	5
Şekil 2.4.	Blok diyagram	6
Şekil 4.1.	Okuma Silindirleri MUT	12
Şekil 4.2.	Okuma Silindirleri CORELAB	12
Şekil 4.3.	Okuma Silindirleri 3	13
Şekil 4.4.	Okuma Silindirleri 4	13
Şekil 4.5.	Yükleyici 1	13
Şekil 4.6.	Yükleyici 2	13
Şekil 4.7.	Yükleyici Tasarımı Çizimi	14
Şekil 4.8.	Yükleyici Fotoğrafı	14
Şekil 4.9.	Yükleme Ünitesi	14
Şekil 4.10.	Şasi Tasarımı	16
Şekil 4.11.	Makine Şasi Montajı	17
Şekil 4.12.	Konveyör Bant Sistemi	18
Şekil 4.13.	Otomasyon Projesi Bağlantı Şeması	20
Şekil 4.14.	PLC Yazılımı ve Editörü	22



SİMGELER ve KISALTMALAR

HBYS	:	Hastane Bilgi Yönetim Sistemi
HMI	:	İnsan Makine Arabirimi
LIS	:	Laboratuvar Bilgi Sistemi
PLC	:	Programlanabilir Denetleyici



1. GİRİŞ

1.1. Türkiye’de Laboratuvar Otomasyonu

Türkiye’de laboratuvar otomasyon sistemlerinin kullanımı yaygın olmasına rağmen bu sistemlerin çoğunluğunun ithal teknoloji cihazları kullanması, yatırım ve işletme maliyetlerinin çok yüksek olmasına sebebiyet vermektedir. Bu sistemlerin altyapı, teknik destek ve işletme maliyetleri halen birçok sağlık kuruluşu için satın alma sınırlarını zorlamaktadır. Çoğu hastane bu altyapıyı satın almak yerine uzun vadede daha yüksek bedeller ödenecek olsa da kiralama yoluna gitmektedir. Bu maliyetler toplam sağlık hizmeti harcamalarının da yükselmesine yol açmaktadır.

Yapılan bu tez çalışması ile numune tüpü ayrıştırma, sıralama, sınıflandırma ve kayıt işlemlerini yapan, kabul edilebilir derecede etkin ancak daha ekonomik bir makine geliştirilmesi hedeflenmiştir. Geliştirilen makinenin elektronik ve mekanik aksamaları diğer sektörlerce de kullanılan, seri imalatı ve yaygınlığı sebebiyle ucuzlamış, tedarik zincirinde kolay bulunabilen, mümkün oldukça özel tasarım gerektirmeyen parçalardan imal edilmiştir. Makinenin kullandığı ve uyumlu olduğu yazılımlar bu konudaki standartlara uygun, Türkiye’de yaygın kullanılan altyapıdan seçilmiştir.

1.2. HBYS Yazılımları

Türkiye’de SGK ve Sağlık Bakanlığı yönetmeliklerine uygun altyapıda geliştirilmiş birçok yerli Hastane Bilgi Yönetim Sistemi yazılımı kullanılmaktadır. Bu yazılımlar ulusal bilgi iletişim standartlarının yanı sıra uluslararası PACS, HL7, SNOMED, DICOM gibi standartları da destekleyecek şekilde geliştirilmektedirler. HBYS yazılımı geliştiren programcılar bu sistemde kullanılacak cihazlar ile haberleşebilmek için makine üreticisinin geliştirdiği arayüz yazılımlarına ihtiyaç duyarlar. HBYS yazılımlarının tümünde laboratuvar modülleri de bulunmaktadır. Laboratuvar modülleri birçok analiz cihazı ile iletişim halindedir. Laboratuvar sistemlerinde ASTM, HL7 ve diğer protokoller kullanılmaktadır.

Bu tez çalışmasında geliştirilen makine arayüz yazılımı HBYS programlarından Mia-Med Laboratuvar modülü ile haberleşmektedir.

Geliştirilen makinenin satın alma ve işletme maliyetleri düşük olması, yazılımlarının yerli kaynaklarla geliştirilmesi hastanelerin bu makineye sahip olmalarını kolaylaştıracak, teknik servis hizmetleri ve yedek parçaların yerel firmalarca sağlanması bu sektördeki dışa bağımlılığı azaltacaktır.

Geliştirilen makinenin özellikleri, kullanım testi sonuçları bu konuda başarısını kabul ettirmiş makinelerden biri olan Almanya menşeli MUT HTCS 2000 modelinin özellikleri ile karşılaştırılmış, tatmin edici sonuçlar sağlamıştır. HCTS 2000 7 ayırma ve 1 çıkış ünitesine sahiptir, işlem hızı saatte ortalama 1500 numunedir.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. Laboratuvar Süreçleri ve Otomasyon

Yoğun hasta trafiği yaşanan hastanelerde poliklinik ve servis hastalarında hastalık teşhisi ve tedavi takibinde son derece önemli olan kan tahlillerinin hızlı ve hatasız yapılabilmesine katkı sağlamak üzere laboratuvar otomasyon sistemlerinden yararlanılmaktadır (Feist, 2011). Laboratuvar otomasyon sistemi hastalardan alınan kan numunelerinin Hastane Bilgi Yönetim Sistemine (HBYS) kaydının oluşturulması, hızlı ve güvenli şekilde hastane birimlerinden merkez laboratuvara taşınması, merkez laboratuvarda hekimin yaptığı tahlil istemi doğrultusunda çalışılacak tahlil tipine göre ayrıştırılıp öncelik sırasına göre sıralanması, analizlerin gerçekleştirilip sonuç raporlarının HBYS'ne otomatik aktarılması işlemlerini kapsamaktadır. Günümüzde bu aşamaların hepsi insan hatasını en aza indirmek amacıyla makineleşmiştir. Bu makineler farklı hastane bilgi sistemi yazılımları ile iletişim kurarak otomatik kayıt, kontrol ve analiz yapabilmektedir.

Laboratuvar otomasyon sistemleri kullanıldıkları hastanelerde teçhizat maliyetlerini az miktarda arttırırken personel maliyetlerini büyük oranda azaltarak toplamda %12,97 gibi bir tasarruf sağlamaktadır. Ayrıca acil olan ve olmayan tahlil istem-sonuç dönüş (turnaround time) sürelerini önemli ölçüde kısaltmaktadır (Archetti ve arkadaşları, 2017).

Laboratuvar tahlillerinde örneklerin alımından analiz cihazına yerleştirildiği zamana kadar geçen sürenin iki saati aşmaması tahlil sonuçlarının doğruluğu açısından önemli bir faktördür (Uçar ve arkadaşları, 2016; Büyüktaş, 2014). Bu tez çalışmasında geliştirilen makine özellikle bu sürenin “preanalitik süreç” kısaltılmasında büyük rol oynamaktadır.

Şekil 2.1'deki Laboratuvar süreçlerinde ilk 8 basamak preanalitik süreç, sonraki 3 basamak analitik, son 2 basamakta postanalitik süreç olarak tanımlanmaktadır (Arslan ve Köseoğlu, 1998).

Klinisyenin laboratuvar testlerini istemesi
Test istek formunun örnek alma birimine ulaşması
Hastadan analiz örneğinin alınması
Hasta örneklerinin transportu
Laboratuvara hasta örneklerinin kabulü
Hasta örneklerinin işlenmesi (serum, plazma ayırımı v.s.)
Analiz örneklerinin elde edilmesi ve ön hazırlık
Örneklerin cihazlara dağıtımı
Analizöre yükleme
Test sonuçları
Verilerin gerçekliklerinin kontrolü
Veri transportu
Klinisyenin yorumu

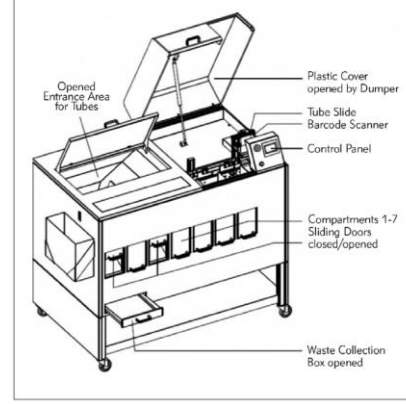
Şekil 2.1 Laboratuvar Süreçleri

Laboratuvar otomasyonunda tahlil sonucu geri dönüş süresinin ve personel kaynaklı hataların azaltılmasında numune tüpü ayrıştırma, sıralama ve kayıt işlemlerinin önemli bir yeri vardır (Uçar ve arkadaşları, 2016).

Bu konuda Uçar ve arkadaşları Ankara Dışkapı Eğitim Araştırma Hastanesi Merkez Laboratuvarında bulunan bir tüp sıralama ve kayıt cihazının (HCTS2000 MK2, m-u-t AG, Wedel, Germany, Şekil 2.2 ve 2.3) 12 ay süreyle makine kullanımı öncesi ve sonrası numune hazırlama süreçlerini izlemişler ve yaptıkları çalışmanın sonucunda bu makinenin kullanımı sayesinde numune hazırlamada gecikmelerin ve hataların anlamlı düzeyde azaldığını gözlemlemişlerdir.



Şekil 2.2 HCTS2000 Fotoğraf



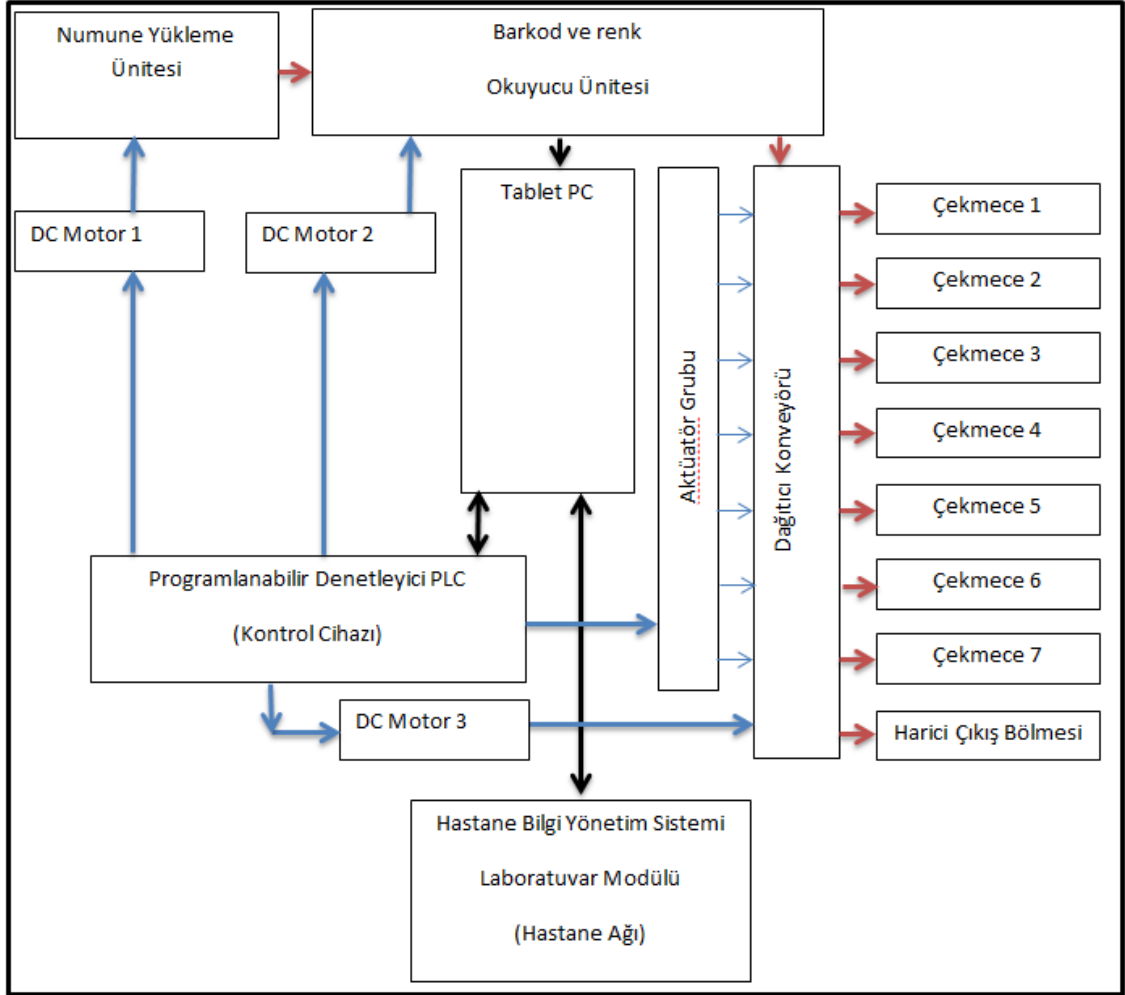
Şekil 2.3 HCTS2000 Detay

2.2. Tüp Sıralama ve Kayıt Makinesinin Çalışma Prensibi

Bu çalışmada geliştirilen makine; tüm hastane birimlerinden merkez laboratuvara ulaştırılan tahlil numunelerinin merkez laboratuvarına kabulünü gerçekleştirmek için tüplerinin üzerindeki barkodları okumaktadır. Okunan koda göre Hastane Bilgi Yönetim Sisteminde (HBYS) kayıtlı ilgili hastaya yapılan tahlil istemi bilgisine ulaşılır. İstenen testlere göre makine kontrol panelinden laboratuvar yönetimince girilen kurallar doğrultusunda numuneler yedi farklı numune biriktirme bölümlerine otomatik ayrıştırılır. Yedi ayrı bölme için tanımlanan kurallara uymayan, barkodu okunamayan, HBYS de tahlil istemi yapılmamış veya hatalı yapılmış olanlar ise sekizinci bölmeye (çıkış bölmesine) ayrılır.

Şekil 2.1’de işlem akış sırasına göre karışık numune tüpü yığını (yaklaşık 50-100 Adet) makinenin numune yükleme bölümüne boşaltılır. Birinci konveyör (Yükleme Ünitesi) numuneleri tek sıra halinde okuma ünitesine aktarır. Okuma ünitesinde CCD sensörlü (Kameralı) barkod okuyucu barkodu ve kapak rengini okur ve kod bilgisini TCP/IP protokolünde Ethernet portu üzerinden HBYS yazılımının LIS bileşenine aktarır. HBYS ye bağlanarak numuneye ait istem bilgisini ve yapılacak test bilgilerini alır. Laboratuvar yönetiminin belirlediği kurallara göre numunenin hangi bölmeye gönderileceğine karar verir. LIS den gelen numunenin ayrılacağı çekmece numarası USB port üzerinden RS485 Modbus protokolü ile kontrol cihazına aktarılır. Numune tüpü ilgili bölmenin üzerinden geçerken PLC (Programlanabilir Kontrol Cihazı) den komut alan aktüatör (Elektrik uyarısı ile hareket eden mekanik kol) hareket ederek numune tüpünü ilgili

çekmeceye iter. Aşağıda verilen şekil 2.4'deki blok şemada numune işlem sırası kırmızı oklar ile, veri iletişim yolları siyah oklar ile, kontrol sinyalleri ise mavi oklar ile gösterilmiştir.



Şekil 2.4 Blok Diyagram

Bu çalışmada sistem performansını etkileyen en önemli faktörlerden biri barkod okuyucunun performansıdır. Kameralı barkod okuyucuların performansı da görüntü kalitesi (çözünürlük), görüntü analiz algoritması (yazılım) ve okunan etiket baskı kalitesine bağlıdır (Safran, 2008). Bu çalışmada yüksek çözünürlüklü (1024x768, 30fps) bir kamera, 150 dpi çözünürlükte termal basılmış etiketler kullanılmıştır.

Ayrıca barkod okuyucu kadar etiket bilgileri formatı da numunelerin doğru tanınmasını etkilemektedir. Bu konuda geliştirilen yeni standart AUTO12 standardıdır. Diğer standartlara göre önemli ölçüde hataları azaltmaktadır (Hawker, 2011). Ancak yapılan çalışmada Akdeniz Üniversitesi Hastanesin etiket bilgilerinde bu standardı kullanmadığı için bununla ilgili herhangi bir işlem yapılamamıştır.

Barkod okuyucu yazılım modülü UPC-E, Code 128, Code 39 gibi yaygın kullanılan birçok standardı desteklemektedir (Sharma ve arkadaşları, 2011).

Sistemde kullanılan yazılımlar:

1. Programlanabilir denetleyici yazılımı:

Makinenin çalıştırılması, durdurulması, donanım hatalarının tespiti ve uyarısı, konveyör motorlarının kontrolü, bilgisayardaki uygulama yazılımından gelen bilgiye göre tüp ayrıştırıcı aktüatörlerin kontrolü işlemlerini yapan yazılımdır. Program PLC üreticisinin sağladığı editör yazılımı ile oluşturulmuştur.

2. HMI Yazılımı:

USB port üzerindeki kameradan gelen görüntüden görüntü analiz yöntemleri ile barkod bilgisini ve renk bilgisini oluşturur, Ethernet portu üzerinden TCP/IP protokolü ile HBYS ağına bağlanarak barkod ve kapak rengi bilgisi gönderir, LIS sunucusundan gelen yanıtı göre çekmece bilgisini PLC kontrol cihazına iletir. Makinenin temel çalışması ile ilgili gerekli anahtar, buton, gösterge ve hata mesajlarının gösterimini ve kontrolünü sağlayarak kullanıcı ile makine arasındaki iletişimi sağlar. Makinenin konfigürasyon ayarlarının yapılmasını ve çalışma modlarının seçimini sağlar. Makinenin anlık iş akışını gösterir. C-Sharp ortamında oluşturulmuştur.

Bu yazılım Hastane bilgi yönetim sistemi (HBYS-HIS) ile Laboratuvar Bilgi Yönetim Sistemi (LBYS-LIS) arasındaki bilgi geçişini ve doğrulamasını sağlamaktadır. (Sharma ve arkadaşları, 2011).

3. GEREÇ ve YÖNTEM

3.1. Çalışmada Kullanılan Malzeme ve Gereçler

3.1.1. Donanımlar

Çalışmada Tablo 3.1’de belirtilen donanımlar kullanılmıştır.

Tablo 3.1 Prototipte Kullanılan Donanımlar

Malzeme	Açıklama, Özellik	Miktar
Mini PC	Homitech eBox-C Z8350, 2GB Ram, 32GB SSD, 7” Mini PC, Dokunmatik ekran, 1280x800 IPS, WiFi, Bluetooth, 1xHDMI, 4xUSB2.0, Ethernet	1 Adet
PLC	Delta DVP14SS211T ve DVP08SN11R 16 Dijital Giriş/14 Dijital Çıkış, RS 485 Modbus haberleşme	1 Adet
Kapasitif Sensör	DC24V Besleme, NPN M18mm, 10mm algılama mesafesi	1 Adet
Aktüatörler	DC 24V, 10mm lineer hareket mesafeli	9 Adet
Güç Kaynakları	24Vdc 10A SMPS Güç kaynağı	1 Adet
	12Vdc 2.1A Güç Kaynağı Homitech PC için	1 Adet
Enkoder	DC 24V, 1000 pals/tur, doğrusal artırımı enkoder	1 Adet
Optik Sensör	DC 24V 0-50cm Kırmızı ışık Alıcı/Verici tip fotosensör	1 Adet
Kamera	2MP, 30fps, USB, manuel focus ayarlı WebCam	1 Adet
Anahtarlama Elemanları	24VDC 8A Röle,	2 Adet
	22mm Acil Stop, Start ve Güç butonları	3 Adet
DC Motor Sürücü Kartı	0-36VDC PWM Analog Modül (Yükleme ünitesi motor hız kontrolü için)	1 Adet
DC Motorlar	24VDC 60rpm 10mm mil çaplı. (Konveyör Bandı için)	1 Adet
	24VDC 60rpm 10mm mil çaplı. (Yükleme Ünitesi için)	1 Adet
	24VDC 65rpm 6mm mil çaplı (Okuyucu Ünitesi için)	1 Adet
RS485-USB dönüştürücü	PLC-PC Seri port haberleşmesi için	1 Adet

3.1.2. Konstrüksiyon Malzemeleri

Çalışmada geliştirilen makine şasi konstrüksiyonunda Tablo 3.2'deki malzemeler kullanılmıştır.

Tablo 3.2 Konstrüksiyon Malzemeleri

Malzeme	Açıklama, Özellik	Miktar
Alüminyum Profil	20x20mm kutu, 6m boy	4 Adet
	20x40mm L, 6m boy	2 Adet
	20x40mm H, 6m boy	2 Adet
	25x4mm U, 6m boy	1 Adet
Dakota Panel (Foreks)	330x150cm 10mm kalınlıkta Sıkıştırılmış PVC köpük levha	2 Adet
Pleksiglas Panel	180*150cm 8mm kalınlıkta Şeffaf Pleksiglas levha	1 Adet
Kayış, kasnak ve rulmanlar	6mm çaplı yuvarlak Poliüretan Kayış	6 Metre
	10cm çaplı, 3cm genişliğinde Delrin (Polioksimetilen) Kasnak	2 Adet
	Rulmanlar çeşitli çap ve özellikte hareketli mafsallarda kullanılmıştır.	8 adet
	GT2 Kayış 280mm çap 5mm kalınlıkta kapalı tip okuyucu ünite kullanılmıştır.	1 Adet
Diğer montaj malzemeleri	Çeşitli vida, cıvata, somun, tij, köşe birleştirici v.b. malzemeler montaj esnasında kullanılmıştır.	Muhtelif

3.1.3. Yazılımlar

Çalışma ile geliştirilen makinede Tablo 3.3'teki yazılımlar kullanılmıştır.

Tablo 3.3 Yazılımlar

Yazılım	Açıklama
Microsoft Windows 10	Mini PC işletim sistemi olarak kullanılmıştır.
Microsoft C# 6.0	Makine kontrol ve haberleşme yazılımının (HMI yazılımı) geliştirilmesinde editör olarak kullanılmıştır.
Delta Electronics Inc. WPLSoft 2.33	Makinedeki PLC'yi programlamak için kullanılmıştır.
Autodesk Autocad 2010	Makine şasi tasarımı çizimleri için kullanılmıştır.
Solidworks 2018	Yükleme ünitesi tasarımı çizimleri için kullanılmıştır.
Sürücü yazılımları	RS 485-USB Çevirici Windows 10 sürücü yazılımı USB Kamera Windows 10 sürücü yazılımı

3.2. Yöntem

Çalışmada öncelikle elektronik malzemeler ve bilgisayar satın alınıp, numune barkod ve kapak rengi okuma, Hasta bilgi sistemine kayıt, istem sorgulama işlemleri için yazılım çalışmaları tamamlanmıştır.

İkinci aşamada barkod okuma işlemi için uygun mekanik düzenek tasarımı, prototip üretimi ve test işlemleri yapılmıştır.

Üçüncü aşamada ise konveyöre (Tüp taşıma bandı) tüp yükleme ünitesi mekanik düzenek tasarımı, prototip üretimi ve test işlemleri yapılmıştır.

Dördüncü aşamada konveyörden laboratuvar yönetimince belirlenen kurallara göre farklı sınıflandırılmış ve 7+1 adet bölmeye tasnif işlemleri mekanik düzeneği tasarımı, prototip üretimi ve test işlemleri yapılmıştır.

Son olarak tüm bileşenler uyumlu çalışabilecek şekilde tekerlekli, yekpare bir gövdeye yerleştirilmiş ve optimizasyon ayarları yapılmıştır.

Optimum çalışma koşullarında numune işleme kapasitesi (numune/saat) ölçülmüş, 100 adet numune ayırma işleminde tanımlanamayan, yanlış tanımlanan veya hatalı

ayrıştırılan tüp sayısı sayılarak sistemin hata oranı tespit edilmiştir. Saptanan kapasite ve hata değerleri benzer makinelerin kapasite ve hata değerleri ile karşılaştırılmıştır.

Makinenin geliştirilmesinin 1. Aşamasında (yazılım çalışmaları) Akdeniz Üniversitesi Hastanesi Bilgi İşlem Merkezi ile koordineli bir çalışma yapılmıştır. Hastanenin kullandığı Mia-Med Hastane bilgi sisteminde tanımlı barkodlara sahip 100 adet deneme tüpü ile hastanede halen kullanılmakta olan MUT HTC 2000 makinesinde kayıt, sıralama ve sınıflandırma işlemine tabi tutulmuş, işlem süresi ölçülmüştür. İşlem sonundaki sıralama ve sınıflandırma sonuçları not edilmiştir. Daha sonra aynı numuneler bu çalışmada geliştirilen makine ile işleme tabi tutularak işlem süresi ölçülmüş, işlem sonunda sıralama ve sınıflandırma kontrol edilmiş, değerler karşılaştırılmıştır. Değerler tablosu sonuçlar bölümünde gösterilmiştir.

4. BULGULAR

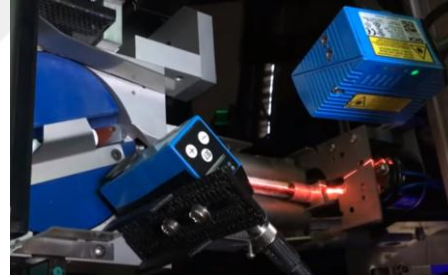
4.1. Okuma Düzeneği Tasarımı

Silindirik bir yapıda olan numune tüpleri üzerine yapıştırılan etiketlerdeki barkodları gerek kamera ile gerekse endüstriyel lazer barkod okuyucular ile okumanın en tercih edilen yolu tüpü iki silindir üzerinde çevirerek okumadır. Piyasada kullanılmakta olan tüm benzer makineler bu yöntemi tercih etmiştir.

Şekil 4.1’de MUT HCTS2000 modeli okuma düzeneğinde (Youtube video, https://www.youtube.com/watch?time_continue=2&v=juKdHttLuZYv, Erişim tarihi 2018/09/20), Şekil 4.2’de ise CoreLab Refleks modeli okuma düzeneğinde tüpü döndüren okuma silindirleri görülmektedir. (Youtube Video, https://www.youtube.com/watch?v=1J_tm2hwxRA, Erişim Tarihi 2018/09/20).



Şekil 4.1 Okuma Silindirleri MUT

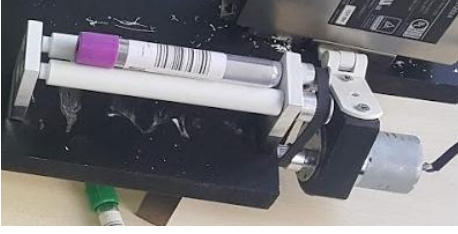


Şekil 4.2 Okuma Silindirleri CORELAB

Çalışmada okuma işlemi için Şekil 4.3 de görülen okuma düzeneği geliştirilmiştir. 16 mm çapında, 21 cm uzunluğunda iki alüminyum silindir alüminyum plakalar arasına 8 mm iç çapında rulmanlar ile yataklanarak birbirine paralel olacak şekilde yerleştirilmiştir. 280 mm çapında kapalı GT2 kayış ve 16mm çaplı GT2 kasnaklar yardımı ile okuma ünitesi DC motora bağlanmıştır. Motor hızı 65 devir/dakikadır. Yapılan test çalışmasında bu hızın okumada sorun yaratmadığı görülmüştür.

İlk çalışmalarda beyaz renkli olan silindirler okuma testleri sırasında renk okumayı güçleştirmiş, gri tonlarında karışıklıklara yol açmıştır. Bu sebeple silindirler ve tüm okuma düzeneği bölümü yansıma yapmayan mat siyah renkte boyanmıştır. Böylece renk karıştırma olasılığı ortadan kalkmıştır.

Tüpler dönerken kayma ve kullanıma bağlı boya aşınması olmaması için silindirler siyah renkli daralan kablo makaronu (Poliolefin) ile kaplanmıştır (Şekil 4.4).



Şekil 4.3 Okuma Silindirleri 3



Şekil 4.4 Okuma Silindirleri 4

4.2. Yükleme Ünitesi Tasarımı

Çalışmada numune tüplerini okuyucu üniteye birer birer yüklemeye yarayan ünite tasarımı için piyasadaki benzer makinelerde 2 farklı tip yükleyici mekanizma örneği kullanıldığı saptanmıştır. Bunlardan biri birbirine paralel hareketli plakalar yardımı ile merdivene benzer bir yapıda diğeri ise taşıyıcı yuvalı dairesel konveyör şeklindedir. Merdivene benzeyen örnek şekil 4.5, diğeri ise şekil 4.6 da görülmektedir.

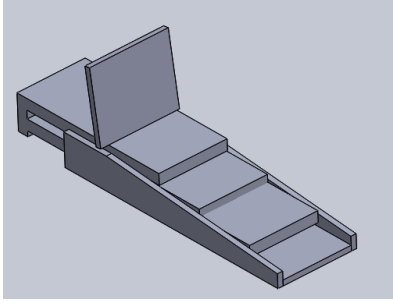


Resim 4.5 Yükleyci 1



Resim 4.6 Yükleyci 2

Yapım kolaylığı ve ekonomi açısından hareketli plaka yöntemi tercih edilmiş, piyasada dekota olarak adlandırılan PVC köpük malzemeden yükleme ünitesi tasarlanmıştır. Çizimler Solidworks programı ile yapılmıştır. Şekil 4.7 de tasarım, Şekil 4.8 de ise üretilen prototipin fotoğrafı görülmektedir.



Şekil 4.7 Yükleyici Tasarım çizimi



Şekil 4.8 Yükleyici Fotoğrafi

Hareket mekanizması 24 VDC motor miline eksantrik olarak bağlı bir mafsal yardımı ile 178 mm strok değerinde ileri geri hareket sağlanmıştır. Mesafe ayarını yükleyici hazne üzerinde yapabilmek için mafsal ile hareketli tabla arasına ters pasolu bir vidalı mil kullanılmıştır. Şekil 4.9’da Motor bağlantısı, yükleme haznesi ve yükleyici görülmektedir.



- Yükleme Haznesi
- Yükleyici sabit plaka çifti
- Yükleyici hareketli plaka çifti
- Çift taraflı küresel mafsal ve vidalı mil
- Eksantrik mil bağlantısı
- Yükleyici Motoru

Şekil 4.9 Yükleme Ünitesi

Yükleme ünitesi motoru 24Vdc, 60 devir/dak hızında, redüktörlü, 80 W gücünde, 10 Nm tork değerinde, 2.5 Kg ağırlığında bir motordur. Piyasada kamyon ve iş makinelerinde silecek veya cam kaldırma motoru olarak da kullanılmaktadır. Otomotiv sanayi ürünleri

yüksek satış adetleri sebebi ile benzer özellikteki endüstriyel makinelerde kullanılan motorlara göre iki ila üç kat daha ekonomik temin edilebilmektedir. Bu sebeple hem yükleyici motoru hem de bant motoru olarak bu çalışmada özellikle tercih edilmiş. Bu sayede benzerlerine oranla ekonomi sağlanmıştır.

Motorun hız kontrolü için 0-36 VDC giriş voltajını 10 A'e kadar PWM (Puls Width Modulation - Pals genişlik modülasyonu) yöntemi ile %10 - %100 çıkış değerine ayarlayabilen bir sürücü devre kartı kullanılmıştır. Üzerindeki potansiyometre yardımı ile 24 VDC motor besleme gerilimini saniyede 1.300 ila 13.000 (PWM frekansı:13KHZ) kez açıp kapatma sayısını ayarlayarak dc motorun istenen hızda dönmesini sağlamaktadır. Genel amaçlı üretilen bu modüller bireysel satın almalarda bile 25-35TL (~ 6 USD) gibi çok ekonomik fiyatlar ile sağlanabilmektedir.

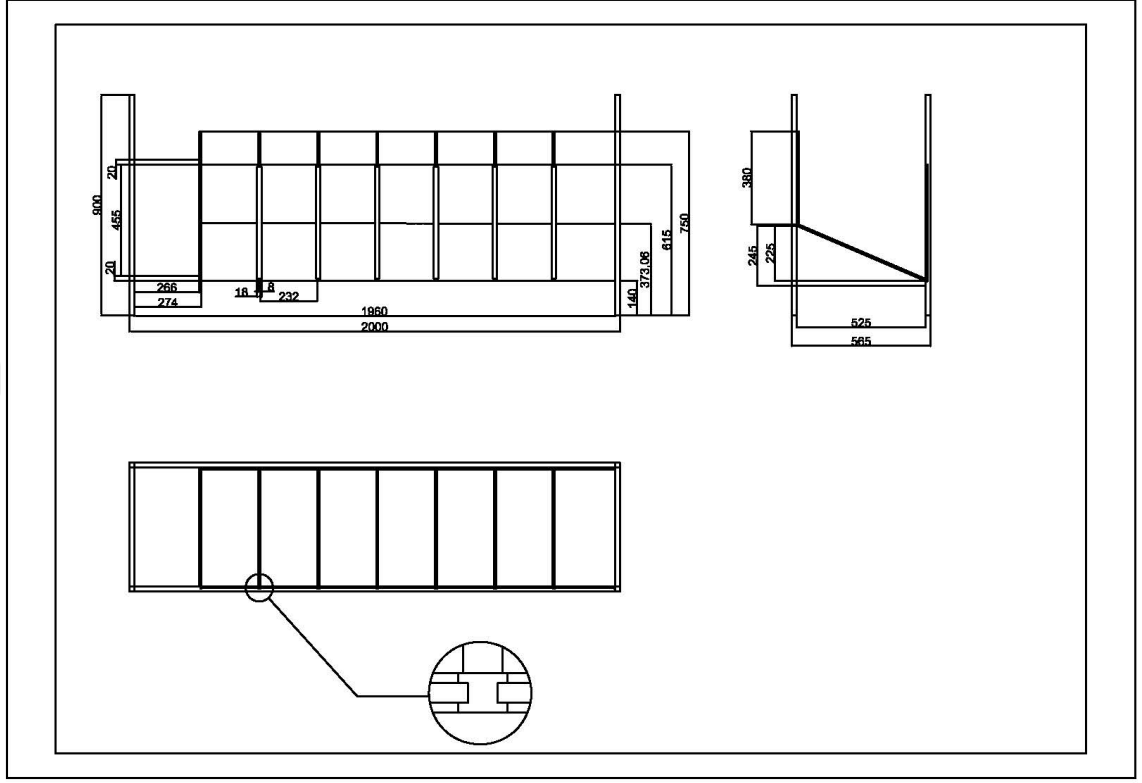
4.3. Gövde Tasarımı

Makine gövdesi şasi ve konveyör bant bileşenlerinden oluşturulmuştur.

4.3.1. Şasi

Makinedeki tüm üniteleri taşıyacak olan gövdenin en önemli parçası şasidir. Proje bütçesindeki kısıtlılıktan dolayı prototipin geliştirilmesinde taşıyıcı şasi malzemeleri paslanmaz çelik yerine alüminyum profil olarak seçilmiştir. Kaplama malzemesi olarak kolay işlenebilir, hafif ve ekonomik olan PVC köpük panel levha (Dakota ya da Foreks olarak ta adlandırılır) kullanılarak taşınacak toplam yük son derece azaltılmıştır. Ancak fiziksel darbe ve yangına karşı bu malzemelerin dayanımı düşüktür. Bu durum makine henüz bir test prototipi olarak tasarlandığından bu çalışma için bir dezavantaj yaratmamaktadır.

Autodesk AutoCAD 2010 programı ile oluşturulan şasi tasarımı Şekil 4.10’da verilmiştir.



Şekil 4.10. Şasi tasarımı

Şasi bir adet yükleme ve 7 adet numune biriktirme bölümünden oluşmaktadır. Biriktirme bölümleri (Çekmece) zemini öne doğru eğimli yapılmıştır. Bölmelerin ön kısmında 8mm kalınlıkta, şeffaf pleksiglas kapaklar yukarı/aşağı sürgülüdür. Bu sayede boşaltmak için bölmenin önüne numunenin taşınacağı kabı yerleştirip bölmenin kapağı yukarı doğru çekildiğinde bölmedeki tüm numuneler taşıma kabına kendiliğinden düşmektedir. Bu pratik tasarım özelliği Akdeniz Üniversitesi Hastanesi Merkez Laboratuvarı çalışanları tarafından önerilmiştir. Laboratuvar çalışanları kullandıkları makinede çekmece boşaltma sırasında makinenin çalışmayı durdurduğunu, boşaltmadan sonra tekrar başlatılması gerektiğini, bu sebeple gecikmelerin meydana geldiğini belirtmişlerdir. Geliştirilen prototipte bölmelerden herhangi biri boşaltılırken makine çalışmasını kesintisiz sürdürebilmektedir.

Şekil 4.11’de montaj aşamasında şasi fotoğrafı yer almaktadır.



Şekil 4.11 Makine Şasi Montajı

Makine laboratuvar içinde kolay yer değiştirebilmesi amacı ile 6 adet kendi etrafında dönebilen tekerlekli olarak tasarlanmıştır.

4.3.2. Konveyör Band Sistemi

Konveyör tasarımında 6mm çapında, yuvarlak kesitli poliüretan kayışlar tercih edilmiştir. 10cm çapındaki bir çift kasnak üzerinde sessiz bir çalışma sağlanmıştır. Numune taşıma sırasında yükten dolayı esneme yapmaması için alüminyum U profil ile desteklenmiştir. 24Vdc redüktörlü motor 60 devir/dakika hızında konveyörü döndürmektedir. 80W gücünde, 10Nm tork değerine sahip motor taşıma yükü açısından yeterli olmaktadır. Şekil 4.12’de konveyör sistemi fotoğrafı ve üzerindeki elemanlar gösterilmiştir.

Aktüatör: Bant üzerindeki numuneyi ilgili bölmeye itmek için kullanılır. 24Vdc selenoid bobinden ibarettir. Strok mesafesi 12mm.’dir, enerjilendiğinde manyetik alan kuvveti ile doğrusal hareket eder, enerji kesildiğinde yay kuvveti ile geri gelir.

Kapasitif Sensör: 10mm mesafede önünden geçen numuneyi algılamak için kullanılır. Metrik 18mm çapındadır.



Şekil 4.12 Konveyör bant sistemi

Enkoder: Her bir turda 1000 pals çıkış veren enkoder bant üzerindeki numunenin konumunu algılamakta kullanılır. Kapasitif sensör önünden numune geçtiği anda aktüatörlerin sayaçları enkoderden gelen palsleri sayarak mesafeyi tayin eder ve ilgili çekmecenin önüne gelince aktüatörü enerjileyerek numuneyi düşmesi gereken çekmeceye düşürür. Mesafe ölçüm hassasiyeti şu şekilde hesaplanır.

Enkoder disk çapı: 50mm, Çevresi $2 \times 3,14 \times 25\text{mm} = 157\text{mm}$

Enkoder mesafe ölçüm hassasiyeti $157/1000 = 0.157\text{mm}$ bulunmaktadır.

Kapasitif sensör ile 1. Çekmecenin aktüatörü arasındaki mesafe 250mm, 1. Çekmeceye numune ayrılabilmesi için 1.Aktüatör sayacı; $250/0.157=1592$ pals sayıcı değerine ulaştığında tüpün ön kısmı 1. Aktüatörün hizasındadır. Sayaç $1592 + 159 = 1751$ değerini gösterdiğinde ise tüp aktüatörü 25mm geçmiştir, bu anda enerjilenen aktüatör tüpü çekmeceye düşürebilecektir.

Tasarımda kullanılan bu algılama ve hesaplama düzeneği bant motorunun adım kontrollü motor olma zorunluğunu ortadan kaldırmış üretim maliyetlerinde önemli ekonomi sağlamıştır. Yaygın kullanılan örneklerde bu işlem için servo ya da step motor ve sürücüsü kullanılmaktadır, iki yöntem arasındaki fiyat farkı en az 5 katıdır.

4.4. Otomasyon Projesi Tasarımı

Makinenin tüm elektrik ve elektronik bileşenlerinin elektrik ve haberleşme bağlantılarının ayrıntılı olarak gösterildiği otomasyon şeması şekil 4.13'te verilmiştir.

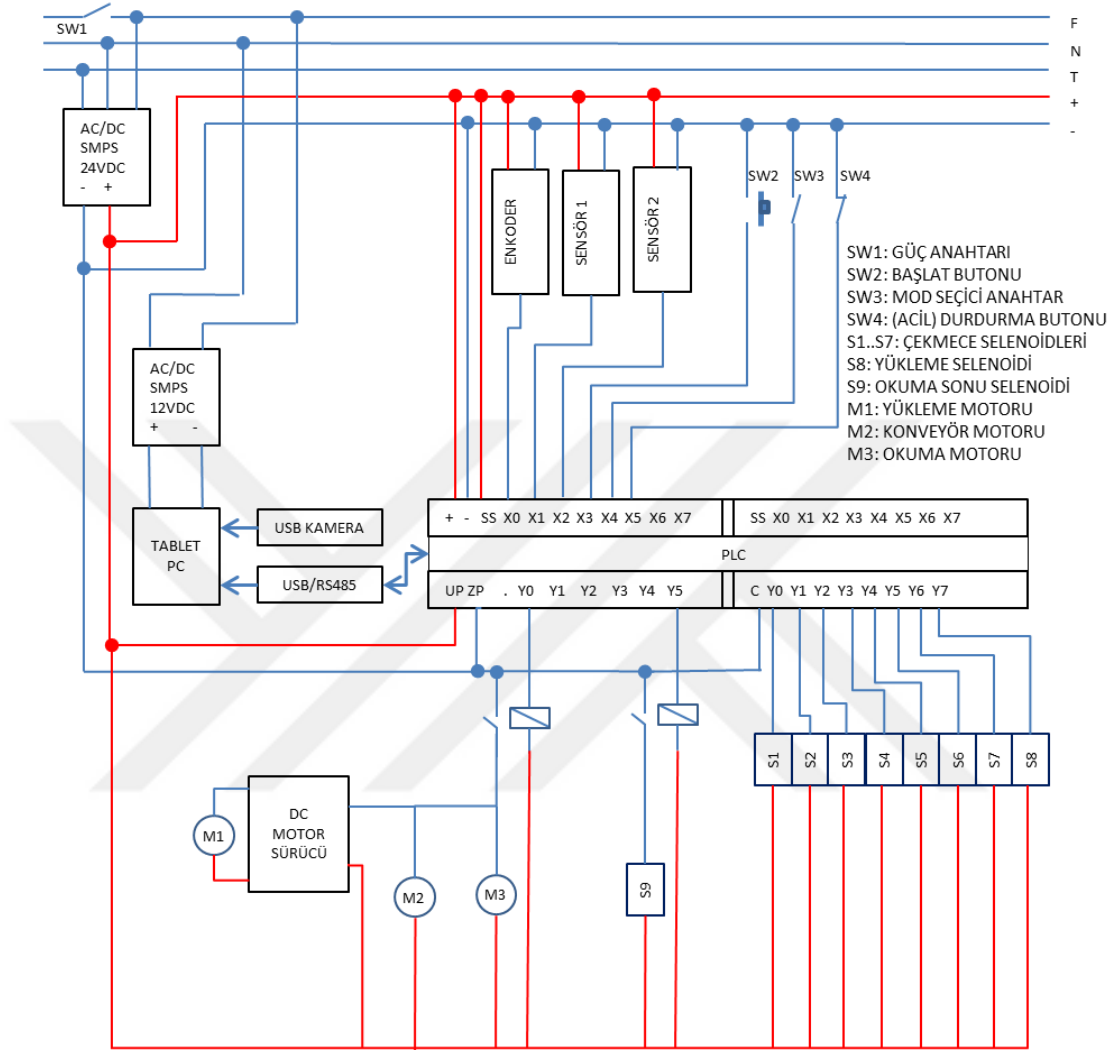
Makine hastane laboratuvarlarında yaygın kullanılan 220V 50Hz tek fazlı, topraklı şebeke standardına uygun olacak şekilde tasarlanmıştır. Tüm gövde ve el ile ulaşılabilen bölgeleri topraklama yapmak suretiyle emniyetli çalışması sağlanmıştır. Elektrikli bileşenlerin hemen hemen hepsi elektrik çarpmasında canlılara zarar vermeyecek 24 VDC zayıf akım standardında seçilmiştir. 220V bulunan kısımlar ise kolay erişilemeyecek noktaya konumlandırılmış ve bağlantıların tümünün yalıtımı sağlanmıştır. Tüm elektrik ve elektronik bileşenleri CE güvenlik sertifikalı ürünlerden seçilmiştir.

Güç Kaynağı 1: 24 VDC, 10 A sürekli çıkış kapasiteli, 240 W gücünde, switch mode tipinde, ray montaj uyumlu, çıkış kısa devre korumalı bir üründür. Sistemde yer alan maksimum akım ihtiyacı şu şekilde hesaplanmıştır.

Bant Motoru: 1.5 A, okuyucu motoru 0.5 A, konveyör motoru 1.5 A, aktüatörler 1 A (aynı anda en fazla 4 aktüatör çalışabilir) $\times 4 = 4$ A, PLC ve diğer bileşenler 0,2 A

Toplam: $1.5+0.5+1.5+4+0.2= 7.8$ A, buna göre güç kaynağı 10 A seçilmiştir.

OTOMASYON PROJESİ BAĞLANTI ŞEMASI



Şekil 4.13 Otomasyon projesi bağlantı şeması

Güç Kaynağı 2: Mini bilgisayar beslemesi için 12Vdc adaptördür.

Mini PC (Tablet PC): İntel Z dört çekirdek işlemcili, 7 inç dokunmatik ekranlı bu PC projede uygulama yazılımını çalıştıran, kameradan aldığı görüntünün analiz edilmesini sağlayan, hastane ağına Ethernet portu üzerinden, PLC ye USB – RS 485 çevirici ile bağlanan en önemli bileşendir.

PC ve yazılım yardımı ile farklı endüstriyel işlevler yerine getiren sanal enstrümantasyon mimarisi bir çok uygulamada yaygın olarak kullanılmaktadır. Kan analiz cihazları, tıbbi görüntüleme cihazları bu uygulamalara birer örnek oluştururlar.

Bu çalışmada gerekli iletişim ihtiyaçları bu mimarinin tercih edilmesi ile en ekonomik çözüm olmuştur. Piyasadaki örneklerde bu mimari kullanılmamış, yerine iletişim yetenekleri gelişmiş kontrol üniteleri kullanılmıştır, bu ürünler için ödenen fiyat farkı çalışmamızdaki yönteme göre en az iki katıdır. Çalışmada kullanılan mini PC yaklaşık 1000TL (160 USD) iken Ethernet portlu ve dokunmatik ekranlı en ucuz PLC 2000 TL (320 USD) civarındadır.

4.5. PLC Yazılımı

Çalışmada Delta Elecrtonics firmasının DVP14SS211T kodlu PLC ana modülü ve DVP08SN11R kodlu 16 Dijital Giriş/14 Dijital Çıkış özellikli ilave modülü kullanılmıştır. RS 485 Modbus haberleşme yeteneğine sahip PLC için yazılan program aynı firmanın WPL Soft 2,3 versiyonu editöründe oluşturulmuştur.

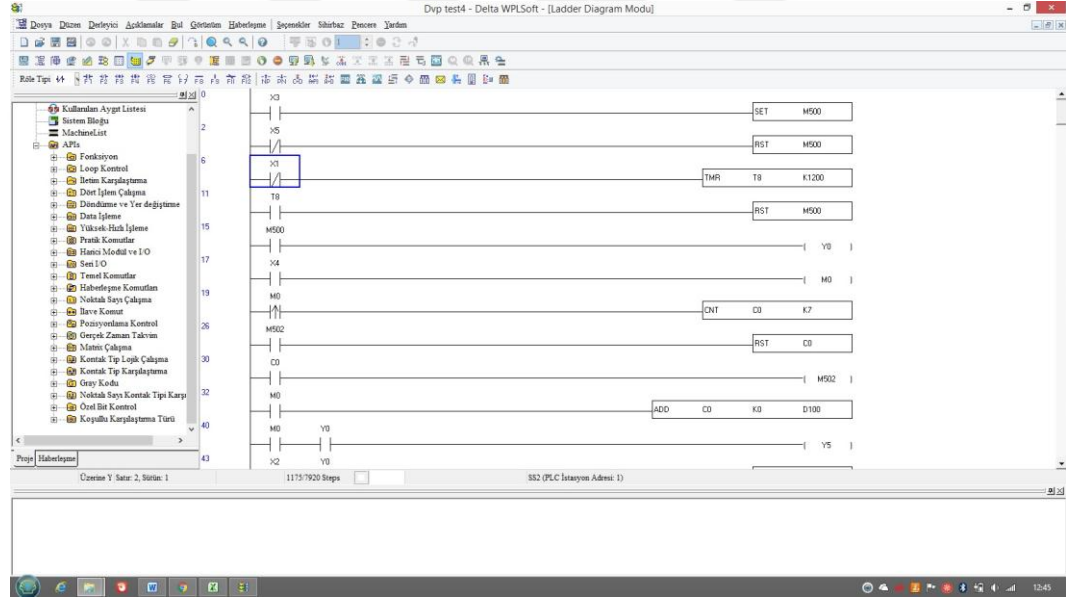
Program PLC nin girişlerine bağlı anahtar, buton ve sensörlerden aldığı bilgilere göre PLC nin çıkışına bağlı yükleme motoru, okuma motoru, konveyör motoru ile 9 adet tüp itme aktüatörünü kontrol etmektedir.

Çalışma fonksiyonları şu şekildedir:

- 1) Sistem enerjilendiğinde otomatik olarak PLC ve mini PC arasındaki Modbus protokolünde haberleşme iletişimini kontrol eder iletişim sağlıklı ise başlat butonundan gelecek komutu bekler.
- 2) Başlat butonuna basıldığında tüm motorlar aktif olur. Yükleme haznesindeki tüpler sıra ile okuyucu alanına taşınır.
- 3) İlk tüp yükleme haznesinden okuyucu silindirlere düştüğünde optik sensör yükleme mekanizmasının çıkışını kapatan aktüatörü aktif ederek okuma sırasında gelebilecek ikinci tüpün gelişini engeller.
- 4) Tüp silindirler üzerinde dönerken kamera barkodu ve rengi okur PC deki program PLC nin D100 nolu adresine çekmece bilgisini gönderir bu anda okuma tamamlandığı için silindir üzerindeki tüp konveyöre itilir.
- 5) Konveyörde harekete başlayan tüp konveyör üzerindeki sensör tarafından algılanır ve gideceği çekmecenin (D100 adresindeki değer) zamanlayıcısını başlatır.

- 6) Tüp atılacağı çekmecenin önüne geldiğinde zamanlayıcı hedef süreye ulaştığı için ilgili çekmecenin aktüatörünü aktifleştirir ve tüpün çekmeceye düşmesi sağlanır.
- 7) Tüp okuma 3 saniyeden fazla sürerse tüp D100 adresine 00 değeri yazılır ve tüp konveyör çıkışına yönlendirilir.
- 8) 2 dakika boyunca konveyöre tüp yüklemesi olmaz ise sistem otomatik olarak durdurulur.
- 9) ON Line modda barkoda ve renge göre Off Line modda ise kapak rengine göre sorgulama yapmadan her bir rengi farklı çekmelere ayırıştırır. Ancak bu modda acil istemler ayırıştırılamaz.

Yazılımın ve editörün ekran görüntüsü Şekil 4.14 de görülmektedir. PLC yazılımı kodları Ek 1 de verilmiştir.



Şekil 4.14 PLC yazılımı ve editörü

PLC yazılımında kullanılan Giriş/Çıkış ve Bellek haritası Tablo 4.1 de verilmiştir.

Tablo 4.1 PLC Adresleri

Adres	Özellik	Açıklama
X0	1 bit	Enkoder
X1	1 bit	Konveyör Sensörü
X2	1 bit	Yükleme haznesi çıkışı Optik sensör
X3	1 bit	Başlat Butonu
X4	1 bit	Mod seçici anahtar (On Line- Off Line)
X5	1 bit	Stop butonu
Y0	1 bit	Motorlar
Y5	1 bit	Tüp Durdurucu
Y20-27	1 bit	Aktüatörler
M0	1 Bit	Tüp okundu belirteci
D100	16 bit	Çekmece numarası veri adresi

4.6. HMI Yazılımı

Bu yazılım kameradan gelen görüntüden barkod numarasını okur, kapak rengini okuyup LIS'e gönderir, LIS ten gelen çekmece bilgisini PLC nin D100 adresine gönderir. Her kod sorgulama işlemi sonunda M0 adresine bir pals gönderir.

Akdeniz üniversitesi hastanesi Hastane bilgi yönetim sistemi programı olarak Mia Med programını, Laboratuvar bilgi sistemi olarak ise MiaMed programının LIS modülünü kullanmaktadır.

Mia Med tarafından laboratuvarında kullanılan HTC 2000 Cihazı için yazılmış web servis laboratuvar kurallarına göre aşağıda verilen fonksiyonlara göre çekmece numarası göndermektedir.

Tanımsız, hatalı veya diğer kurallara uymayan çekmece no: 00,

Acil Servis, PCR, Sirolimus Everilimus çekmece no: 01,

Acil Biyokimya, Acil 2 Testleri, Tokluk, Eserelimen çekmece no: 02,

Acil Rutin Sedim, Sedim, Hemogram çekmece no: 03,

Acil, Rutin, Hemogram çekmece no: 04,

Rutin serumlar çekmece no: 05,

Siklopronin, Takrolimus çekmece no: 06,

Yayma, Koaglasyon, Çocuk Hematoloji, Onkoloji Hemogram çekmece no: 07

Bu çalışmadaki yazılım Ethernet portundan hastane ağına bağlanır ve LIS server makinesi ile TCP/IP protokolünde haberleşir.

Sorgulama mesajı olarak aşağıdaki formatta veri gönderir

Zaman (Tarih, Saat)|Barkod no|Renk no

GG/AA/YYYY|00000000|00

Server aşağıdaki formatta cevap verir:

Zaman (Tarih, Saat)|Barkod no|Renk no|Çekmece no

GG/AA/YYYY|00000000|00|00

Akdeniz Üniversitesi hastanesinde kullanılmakta olan makine ve web servis renk okuma fonksiyonunu kullanmadığı için kapak rengine göre doğrulamaya ilişkin herhangi bir işlem yapılamamıştır.

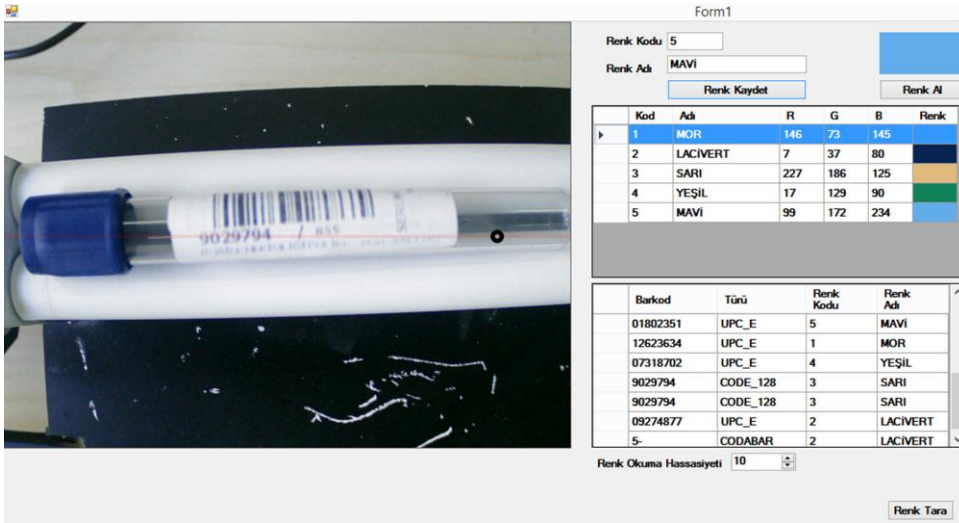
4.6.1. Barkod ve Kapak Rengi Okuma

Windows ortamına aktarılan görüntü üzerinden yazılım ile önce barkod okuma gerçekleştirir. Okuma gerçekleştiği andaki frame üzerinden de kapak rengi okuma yapılabilmektedir. Şekil 4.15

Bunu gerçekleştirmek için Şekil 4.15'te görülen kırmızı çizgiyi oluşturan piksel grubu içinde programa daha önce öğretilmiş renk bilgileri karşılaştırılır. Ortam ışığından etkilenmesi ihtimaline karşılık karşılaştırma %1-%10 arasında değişen bir tolerans ile karşılaştırma yapılabilir. Bu sayede yakın renkleri de ayırtedebilmektedir.

Geliştirilen prototip yazılım, görüntü işleme tekniğini kullanarak hem barkod okuma hem de kapak rengi tanıyabilme işlemini gerçekleştirebilmektedir. Kapak rengi tanıma merkeze ulaşan numunelerin istenen tahlil için uygun tipteki tüpe numune alınıp alınmadığını denetlemede kullanılmaktadır.

Geliştirilen sistemde bu fonksiyonu kullanmak için öncelikle bir defaya mahsus kullanılacak tüp kapak renklerinin HMI yazılımına öğretilmesi gerekmektedir. Renk öğretme okuma haznesine konan herhangi bir tüp kapağı ekrandaki sarı çizginin üzerinde bulunan içi boş yuvarlak kısma hizalanıp yazılımdaki renk al butonuna tıklanarak yapılır. Her farklı tüp kapak rengi için iki haneli numara ve renk ismi yazılarak kayıtlar gerçekleştirilir. Gerçekleştirilmiş kayıtlar ekranın sağında listelenmektedir. Mevcut kayıtları değiştirmek için istenilen herhangi bir satır üzerinde sağ tıklama yapılarak açılan menüden sil tıklanır, yeniden yukarıdaki gibi yeni kayıt yapılır. Renk tanıma kullanılacak ise Ekranın altında renk tanıma kutusu işaretlenir. Renk tanımayı etkileyen en önemli faktör ortamdaki sabit ışıktır. Bu amaçla 27 cm uzunluğunda, 8 W gücünde beyaz ışık veren led şerit aydınlatma kullanılmıştır. Ayrıca ortam ışığından etkilenmemesi için tüm okuma haznesi ve aydınlatma bölgesi ortam ışığı almayacak şekilde kapatılmıştır.



Şekil 4.15 HMI Yazılımı Ekranı

Program Visual Studio C# editöründe Net framework 4.5 altyapısı kullanılarak oluşturulmuştur. Barkod için ZXing.net kütüphanesi, renk tanıma için Aforge.net

kullanılmıştır. Delta PLC ile Modbus iletişim için üreticinin destek sayfasındaki yazılım örneklerinden yararlanılmıştır.

4.7. Test Çalışması

Bu çalışmada, geliştirilen makinenin etkinliğinin ölçümü için Akdeniz Üniversitesi Hastanesi Bilgi İşlem Merkezi ile koordineli bir çalışma yapılmıştır. Hastanenin kullandığı Mia-Med Hastane bilgi sisteminde tanımlı barkodlara sahip 100 adet deneme tüpü ile hastanede halen kullanılmakta olan MUT HTC 2000 makinesinde kayıt, sıralama ve sınıflandırma işlemine tabi tutularak işlem süresi ölçülmüştür. İşlem sonundaki sıralama ve sınıflandırma sonuçları not edilmiştir. Daha sonra aynı numuneler bu çalışmada geliştirilen makine ile işleme tabi tutularak işlem süresi ölçülmüş, işlem sonunda sıralama ve sınıflandırma kontrol edilmiş, değerler karşılaştırılmıştır. Değerler ve sonuç tablo 4.3'te gösterilmiştir.

Test çalışması için hazırlanan deneme numunelerinin özellikleri:

1. Laboratuvarda kullanılan en kısa ve ince tüplerden 50 adet, en uzun ve kalın tüplerden 50 adet olacak şekilde boş tüpler seçilmiştir.
2. Tüplerin 50 tanesine kullanılabilecek en az sıvı miktarı olan 2ml, 50 tanesine de en çok miktar olan 20ml kırmızı renk gıda boyası ile renklendirilmiş su doldurulmuştur.
3. Numunelerin üçte biri aynı barkod numarasını iki kez kullanmıştır. Çünkü bu durum aynı hastadan birden fazla tetkik istendiğinde analiz miktarının yeterli olması için bir gerekliliktir.

Toplam 100 adet barkod numaralı etiket basılmıştır. Etiketler HBYS sisteminde daha önce tanımlamaları yapılmış, makinede yedi farklı çekmeceye atılmalarını sağlayacak şekilde istemleri yapılmış numuneler için düzenlenmiştir. Laboratuvar yönetimince istenen kurallara göre numunelerin olması gereken çekmece dağılımları tablo 4.2 de görüldüğü gibidir.

Tablo 4.2 Tüp Sayıları

Çekmece No	Tüp Sayısı
00	2
01	2
02	20
03	10
04	17
05	17
06	14
07	18

Tablo 4.2'ye göre 2 adet numune sistemde tanımlı kurallara uymayacak şekilde istem yapılmıştır. Tüpler önce MUT HCTS 2000 makinesinde, sonra bu çalışmada geliştirilen makinede işleme tabi tutulmuş sonuçlar Tablo 4.3'te gösterilmiştir.

Tablo 4.3 Karşılaştırma Testi Tablosu

	Olması Gereken Dağılım	MUT HCTS 2000 Dağılımı	Prototip Makine Dağılımı
100 adet numune için toplam işlem süresi (dd:ss)	-	4:00 dakika	9:51 dakika
00 Çekmecesi (Uygun olmayan numune)	2	2	2
01 Çekmecesi	2	2	2
02 Çekmecesi	20	20	20
03 Çekmecesi	10	10	10
04 Çekmecesi	17	17	17
05 Çekmecesi	17	17	17
06 Çekmecesi	14	14	14
07 Çekmecesi	18	18	18

Kullanılan numunelerin barkod ve çekmece bilgileri ayrıntıları Tablo 4.4 de verilmiştir. Test çalışması sonunda her çekmecedan çıkan numune barkodu bu tabloya göre kontrol edilmiş. Doğru çekmecedeki olduğundan emin olunmuştur.

İşlem süreleri ve çekmece dağılım doğrulukları üç kez tekrarlanmıştır. Sonucun değişmediği gözlemlenmiştir.

Tablo 4.4 Test Numune Bilgileri											
SIRA NO	BARKOD NO	ÇEKMECE NO	SIRA NO	BARKOD NO	ÇEKMECE NO	SIRA NO	BARKOD NO	ÇEKMECE NO	SIRA NO	BARKOD NO	ÇEKMECE NO
1	11897968	06	26	11898754	04	51	11899925	02	76	11901850	02
2	11897966	07	27	11898841	07	52	11899593	02	77	11901770	06
3	11897764	06	28	11898264	04	53	11900125	02	78	11901850	02
4	11897658	07	29	11898712	06	54	11900251	03	79	11901931	03
5	11897972	06	30	11898711	05	55	11894676	02	80	11901776	00
6	11897907	05	31	11898240	05	56	11899647	07	81	11901931	03
7	11897968	06	32	11898356	07	57	11894674	02	82	11901836	05
8	11897764	06	33	11898841	07	58	11894676	02	83	11901967	00
9	11898083	03	34	11900064	04	59	11895738	07	84	11901855	04
10	11897827	07	35	11899693	04	60	11900249	07	85	11901860	07
11	11898052	05	36	11900026	05	61	11894674	02	86	11901906	04
12	11897658	07	37	11899924	04	62	11895253	06	87	11901932	02
13	11898083	03	38	11900272	04	63	11899647	07	88	11901836	05
14	11898004	06	39	11900064	04	64	11895738	07	89	11901872	04
15	11897827	07	40	11899693	04	65	11900249	07	90	11901932	02
16	11897793	06	41	11900273	05	66	11901686	07	91	11901906	04
17	11898004	06	42	11900026	05	67	11901768	03	92	11901858	01
18	11897939	05	43	11900253	05	68	11901767	02	93	11901933	02
19	11898842	06	44	11899592	03	69	11901768	03	94	11901858	01
20	11898497	03	45	11899560	02	70	11901767	02	95	11901860	07
21	11898754	04	46	11900273	05	71	11901859	05	96	11901904	05
22	11898653	06	47	11899592	03	72	11901770	06	97	11901872	04
23	11898356	07	48	11899560	02	73	11901856	02	98	11901933	02
24	11898597	04	49	11900253	05	74	11901859	05	99	11901835	04
25	11898240	05	50	11899925	02	75	11901856	02	100	11901903	04

5. TARTIŞMA

Bu çalışmada üretilen prototip, yüksek lisans tezi olarak Bilimsel Araştırma Projeleri kapsamında 15.000 TL (~3000 USD) limitli bütçe ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın hedeflediği çıktıların sağlanması için yeterli olan bu bütçe bir kat daha fazla olduğunda ise endüstriyel kullanıma uygun bir model geliştirmek mümkün görünmektedir. Ticari maliyetler de eklendiğinde makinenin yerli bir üretici tarafından satış ücreti yaklaşık 60.000 TL (~12.000 USD) olarak düşünülebilir.

Şu anda piyasada, özellikle büyük kamu hastanelerinde yaygın kullanılan ithal alternatiflerin yüksek satın alma maliyetleri, arıza durumunda bakım onarım hizmetlerinin kısıtlılığı ve yüksek bakım maliyetleri hastaneleri zorlamaktadır. Bu sebeple makineyi satın alıp kullanmak yerine bu konuda hizmet alımı yapmaktadırlar.

Hastaneler “Tüp etiket baskı ve yapıştırma makinesi” ile birlikte sınıflandırma ve kayıt makinesi için yaptıkları yıllık destek hizmetleri için yıllık yaklaşık 240.000TL (~48.000 USD) ödemektedirler.

Bu hizmet alımı için hazırlanmış şartname örneği EK 2 de verilmiştir.

Bu çalışmanın ardından bir etiket baskı ve yapıştırma makinesi uygulaması gerçekleştirilmesi durumunda bu konuda yatırım yapacak yerli firma sayesinde hastanelerin bu sistemleri satın alıp kullanabilecekler ve laboratuvar giderlerinde önemli bir azalma sağlayacaklardır.

Türkiye pazarında profesyonel çözüm sunabilen birçok yerli HBYS ve LIS yazılımları bulunmasına rağmen, bu yazılımlar ile haberleşen tıbbi cihazlar, laboratuvar otomasyon sistemleri, eczane otomasyon sistemleri v.b. akıllı donanımlar konusunda yerli alternatiflere çok az rastlanmaktadır. Bunun sebebi ilgili alanlardaki araştırmacı ve uygulamacıların bağımsız çalışmaları olabilir. Son zamanlarda tıp bilişimi, biyomedikal, mekatronik ve makine alanlarında çalışma yapan araştırmacı ve uygulayıcılardan oluşturulan ekipler bu akıllı donanımlara yerli alternatif geliştirebilmektedirler.

Bu tez çalışmasında piyasadaki yerli yabancı ürünlere yakın özelliklerde ancak çok daha ekonomik bir seçenek oluşturulmuştur. Tablo 5.1’de geliştirilen prototip ve piyasadaki benzerlerinin teknik özellikleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Tablo 5.1 Teknik Özellikler Karşılaştırması					
Marka model	Prototip	MUT HCTS 2000	Reflex 2000	Atras	Futurelab S2500
Ölçüler					
Y x G x D (mm)	1020 x 2000 x 800	1220 x 1430 x 820	1680 x 1900 x 770	1100 x 2000 x 800	1000 x 1180 x 600
Ağırlık (Kg)	55	160	240	95	145 -190
Uygun Tüp Boyutları					
Tip	Silindirik	Silindirik	Silindirik	Silindirik	Silindirik
Min/Maks. Uzunluk (mm)	70/120	76/120	70/120	70-120	76-120
Min/Maks. Çap (mm)	8/22	8/19,3	9-22	8-22	8-19
Kapasite					
Giriş Bölmesi (karışık tüpler)	200	600	800	600	800
Çıkış Bölmeleri	600	200	250	200	200
Harici Bölme	200	200	250	200	200
Maks. İşlem Hızı Num./saat	600	2000	2000	2000	2500
Bölme Sayısı	7 + 1 + ops	7 + 1 + ops	12 + 1 + ops	6 + 1 + ops	6 + 1 + ops
Kurallar	Barkod, LIS, Kapak rengi	Barkod, LIS	Barkod, LIS, Kapak rengi	Barkod, LIS, Kapak rengi	Barkod, LIS, Kapak rengi
Maks. kural say.	Sınırsız	10	Sınırsız	Sınırsız	Sınırsız
Ekran (mm)	230x165, Dok. Renkli	68x36 Tek renk	Dokunmatik Renkli	Dokunmatik Renkli	Dokunmatik Renkli
İşletim sistemi /Cihaz yazılımı	Windows 10/ W10 uyumlu	Gömülü yazılım	Windows 10 Pro	Gömülü Yazılım	
Barkod Tipleri	UPC/EAN Code 39 Interleave 2 of 5 Code 128 Codabar EAN 128 EAN Abendum Pharma Code	UPC/EAN Code 39 Interleave 2 of 5 Code 128 Codabar EAN 128 EAN Abendum Pharma Code	UPC/EAN Code 39 Interleave 2 of 5 Code 128 Codabar EAN 128 EAN Abendum Pharma Code	UPC/EAN Code 39 Interleave 2 of 5 Code 128 Codabar EAN 128 EANAbendum Pharma Code	Code 39, Code 93, Code 128A/B/C, 2 of 5, NW7Codabar, Interleaved 2 of 5 v.b.
Haberleşme	Ethernet, Wifi	RS232	Ethernet	USB, Ethernet	RS232, Eth.
Güç Kaynağı	200–240 V, 50-60 Hz, 250 W	85–265 V, 47–63 Hz, 100 W	220VAC 50-60 Hz	220VAC 50-60 Hz	220VAC 50-60 Hz 200 VA

Tablo 5.1’de 3. Sütunda yer alan makine Akdeniz Üniversitesi hastanesi merkez laboratuvarında kullanılmakta olan makinedir, teknik bilgiler kullanıcı kılavuzundan alınmıştır. Diğer makinelerin teknik bilgileri ise ilgili firmaların web sitelerinden alınmıştır. (<http://www.endmed.com.tr/ornek-gruplayici>, erişim tarihi 25/06/2019; http://www.biodpc.com/cozumlerimiz/diagnostik-cozumler/to_lab_system/numune_kabul_ve_tasnifleme_sistemi/atras, erişim tarihi 25/06/2019; <http://gelecekmuhendislik.com> erişim tarihi 25/06/2019)

Tablo 5.1’deki verilere göre geliştirilen prototip piyasadaki ürünler ile karşılaştırıldığında güçlü ve zayıf yönler analiz edilmiştir.

5.1. Geliştirilen Prototipin Güçlü Yönleri

Geliştirilen prototipin güçlü yönleri altı farklı başlık altında açıklanabilir.

5.1.1. Yüksek Kapasiteli Geniş Çıkış Bölmeleri

Birçok kullanılan modelde 200 adet tüp alabilen çıkış bölmeleri bulunmaktadır. Akdeniz Üniversitesi Merkez Laboratuvarı çalışanları ile yapılan görüşmede bu kapasitenin yoğun saatlerde yetersiz olabildiği bilgisi alınmıştır. Bu sebeple tasarımda bu bölmeler daha geniş tutulmuştur.

5.1.2. Sürgülü Kapak Eğimli Zemin Kullanım Kolaylığı

Kullanılan çoğu model çekmeceli çıkış bölmesine sahiptir, makine işlem yapıyorken çekmecelerden herhangi biri boşaltma amacıyla yerinden alındığında işlem otomatik olarak durmakta ve devam için o anda bant üzerindeki henüz çekmecelere atılmamış numuneler el ile toplanıp giriş haznesine atılarak yeniden başlatma gerektirmektedir. Yapılan tasarımda bu sorunu çözmek adına sabit çıkış bölmeleri ve yukarı kaydırmalı kapaklar kullanılmıştır. Bu durumda makine dağıtımına devam ederken istenen bölmenin kapağı yukarı doğru kaydırılarak bölmedeki tüm numunelerin eğimli zeminden dolayı otomatik olarak bölmeden dışarı alınması sağlanmıştır. Üstelik boşalma işlem devam ederken durdurulmadan yapılabilmekte ve diğer bölmelerdekileri etkilememektedir.

5.1.3 Yedek Parça Temininde Kolaylık

Makinenin hemen hemen tüm malzemeleri Türkiye’de yaygın satılan ve ekonomik malzemelerden oluşturulmuş olduğu için hastane bünyesindeki teknik servis görevlileri tarafından rahatlıkla bakım onarım, malzeme değişimi yapılabilmesi mümkündür. İthal cihazlarda yedek parça temini gecikmelere veya yüksek maliyetlere yol açabilmektedir.

5.1.4. Esnek Kapasite Mimarisi, Bölme Sayısı

Makine tasarımı bölme genişlikleri, kapasiteleri ve sayıları artırılabilcek yapıda yapılmıştır. İhtiyaca göre siparişte belirtilmesi şartıyla istenen herhangi bir genişlik ve sayıda çıkış bölmesi ilave edilebilir. Yazılım, elektronik kontrol donanımı veya mekanik tasarım açısından herhangi kısıtlayıcı bir unsur yoktur. Bu zellik sayesinde aynı altyapı farklı talepler için kullanılabilir.

5.1.5. Kapak Rengi Tanıma Fonksiyonu

Geliştirilen prototip yazılımla görüntü işleme tekniğini kullanarak hem barkod okuma hem de kapak rengi tanıyabilme işlemi gerçekleştirebilmektedir. Kapak rengi tanıma merkeze ulaşan numunelerin istenen tahlil için uygun tipteki tüpe numune alınıp alınmadığını denetlemede kullanılmaktadır. Türkiye’de kullanılan modellerin son beş yılda çıkan yeni cihazlarda renk tanıma fonksiyonu bulunmaktadır. Ancak bu makineler yüksek maliyetli endüstriyel renk okuyucu sensör kullanmaktadır. Geliştirilen prototip bu czm ekonomik koşullarda sağlayabilmektedir.

Renk tanıma fonksiyonunun kullanılabilmesi için HBYS sistemine bağlı alışan LIS veri tabanında tahlil tipi – tüp tipi bilgilerinin girilmiş ve kurallarının belirlenmiş olası gerekmektedir. Aksi takdirde makine de bu özellik olsa bile kullanılması mümkün olmamaktadır. Nitekim Akdeniz Üniversitesi Hastanesindeki LIS altyapısı uygun olmadığından bu fonksiyonun online testi yapılamamıştır.

5.1.6 Dahili Bilgisayar

Piyasada yaygın kullanılan cihazlarda olduğu gibi incelediğimiz örnek cihaz da seri porttan haberleşen ikincil (Slave) cihaz durumundadır. Bu durumda HBYS ve LIS ile aė üzerinden haberleşme için harici bir terminal bilgisayara ihtiyaç duyarlar. Geliştirilen

prototip tasarımında ise görüntü işleme amaçlı bir mini bilgisayar dahili olarak altyapıda bulunduğu için ayrıca bir bilgisayara ihtiyaç duymadan kablolu yada kablosuz ağlara bağlanarak TCP/IP protokolünde HBYS veya LIS ile iletişim kurabilmektedir.

5.2. Zayıf Yönleri

Geliştirilen prototipin zayıf yönleri beş farklı başlık altında aşağıda açıklanmıştır.

5.2.1. Düşük Hız

Geliştirilen makine yapılan test çalışmasının sonuçlarına göre makinenin işlem hızı benzerlerinin işlem hızına yakın olmasına rağmen benzerlerinden %60 daha yavaştır. Günlük ortalama 10.000 numune işleyen bir laboratuvar da makine çalışma süresi benzerlerinden 2.5 kat daha uzun olacaktır.

5.2.2. Endüstriyel Şartlara Uygun Olmayan Gövde

Sınırlı bütçeden dolayı prototip imalatında tercih edilen şasi ve gövde malzemesinin darbe dayanımı, ısı ve ateş dayanımı benzerlerinde olduğu gibi 316 paslanmaz çelik kadar dayanıklı değildir. Prototip her ne kadar test çalışması için yeterli olsa da uzun dönem bir laboratuvar kullanımı için uygun değildir.

5.2.3. Uzun Dönem Çalışma Testi Eksikliği

Kısıtlı proje süresi içinde geliştirilen makine tasarımında kullanılan elektronik ve elektromekanik donanımlar uzun dönem test çalışmasına tabi tutulmamıştır. Bu düzenek normal şartlarda ve ağır şartlarda olmak üzere en az 6 ay süre ile test çalışmasına tabi tutulmalı ve meydana gelebilecek yıpranma, aşınma ve arızalar raporlanmalı kullanılabilirliği analiz edilmelidir. Yapılması gereken bakım ve kalibrasyon aralıkları belirlenmelidir. Bu çalışmalar için çalışmanın süresi yeterli olmamıştır.

5.2.4. Yükleme Haznesi Tasarımında Eksiklik

Yapılan test çalışmaları sonrasında yükleme haznesinin üst bölgesinin fiziksel ölçülerinin kullanım kolaylığı açısından daha geniş olmasının gerekli olduğu görülmüştür. Ayrıca tüp kapaklarındaki tırtıklı yüzeyin değişken desenine bağlı farklı yuvarlanma direnci sebebi ile bazen tüplerin yükleme basamakları arasında yuvarlanmadığı gözlenmiştir. Bu sorunun çözümü için yükleme haznesinin basamak

eğiminin artırılması gerekmektedir. Kısıtlı bütçe ve süreden kaynaklı olarak bu iyileştirme yapılamamıştır.

5.2.5. Mekanik Gürültü

Özellikle band üzerindeki numunelerin bölmelere itilmesini sağlayan selenoid aktüatörler hareket başında ve sonunda yüksek vuruş sesi çıkarmaktadır. Bu selenoidler üzerinde kauçuk malzemeler ile destekleme yapıp gürültünün azaltılması daha uygun olacaktır. Ayrıca bölmelerin zeminine yıkanabilir, sterilize edilebilir ve takılıp çıkartılabilir yumuşak PVC yada lastik malzeme kullanılması mekanik gürültüleri azaltabilir. Çalışmadaki kısıtlı bütçeden dolayı bu işlemler uygulanmamıştır.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu tez çalışması sonucunda yüksek kapasiteli hastanelerin merkez laboratuvarları için gerekli olan tüp sıralama, sınıflandırma ve kayıt makinesi prototipi yüksek yerlilik oranında, etkin ve ekonomik olarak üretilmiştir.

Bu prototipin malzeme giderleri Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından karşılanmıştır. Vergiler dahil toplam harcanan tutar yaklaşık 15.000 TL'dir. Tüm malzemeler yurt içinden temin edilmiştir. Temin edilen malzemeler içinde sadece mini PC, kamera, PLC, optik sensör ve protokol dönüştürücü ithal üründür, bunların maliyeti toplam vergiler dahil 3.000 TL'dir. Buna göre prototip üretiminde %80 yerlilik oranı sağlanmıştır.

Üretilen prototip okuma hızı bakımından test edildiğinde alternatifine göre düşük performans sağlamıştır. 100 numune için ortalama işlem süresi yaklaşık 10 dakikadır. İşlem hızı yaklaşık 600 numune/saat olmaktadır. Bu hızda doğruluk %100 dür. Ancak işlem hızı arttıkça mekanik sistemden kaynaklı hatalar oluşmaktadır. Sarsıntı, manyetik aktütörlerin ısınması ve gecikmeli çalışması gibi hatalardan dolayı okuma süresi gecikmektedir. Yükleme haznesinden okuma haznesine geçişte okunmadan konveyör üzerine atlamalar oluşmaktadır. Bu durumda tüp sınıflandırma doğruluğu %30 azalmaktadır.

Tüp sıralama makineleri günün belli saatlerinde yoğun, diğer saatlerde aralıklı olarak kullanılırlar anlık çalışma hızının 2,5 kat düşük olması toplam işlem hacmini etkilemez, yavaş çalışan makine aynı sayıda numuneyi daha uzun sürede işleme aldığı için sadece makinenin gün içinde çalışmadığı süreler kısılır.

Mekanik tasarımın iyileştirmeleri yapıldığında 600 numune/saatlik hızın üç veya dört kata kadar artırılması mümkündür. Ancak mekanik tasarımın yenilenmesi ve kullanılan aktüatörlerin farklı modeller ile değişimi kısıtlı bütçeden dolayı yapılamamıştır.

Bu çalışmada elde edilen bulgular ve sonuçlar göz önünde bulundurularak tüm prototipin gözlenen eksikleri giderilip uzun dönem çalışma testlerine tabi tutulması gerekmektedir. Mekanik tasarımın iyileşmesi işlem hızını en az dört kat arttıracaktır. Yapılacak bu çalışmaların tamamlanması durumunda cihaz tamamen ya da kısmen patentlenip ticarileşmesi mümkün olabilir.

Tüp sıralama makineleri kullanımında en sık karşılaşılan hata tüplerin üzerindeki barkod etiketlerinin el ile yapıştırılırken hatalı yapıştırılmasıdır. Bu durumda kod okuyucu etiketi okuyamamakta ve işlem sürecine o numuneyi dahil edememektedir. Bunu engellemek için bu makinenin kullanıldığı hastanelerde tüp etiketleme işlemlerini otomatik ve hatasız yapan makineler kullanılmaktadır. Bu iki makine uyumlu çalışmaz ise birinin hatası diğerinin çalışma performansını düşürmektedir.

Bu sebeple bu makinenin geliştirilmesinin yanı sıra makinenin kullanım şekli düşünüldüğünde tüp sınıflandırma makinesinin haricinde bu makine ile uyumlu çalışabilecek bir de otomatik tüp etiket yapıştırma makinesinin geliştirilmesine de ihtiyaç bulunmaktadır.

KAYNAKLAR

Archetti Claudia, Montanelli Alessandro, Finazzi Dario, Caimi Luigi.- Garrafa Emirena. Clinical laboratory automation: a case study. Journal of Public Health Research 2017; volume 6:881

Aslan Diler, Köseoğlu Mehmet. Klinik Laboratuvarlarda Otomasyon, Kitap, Grafart Yayınevi, Denizli, 1998

Büyüктаş Ayşe. Kan Kültür Sonuçlarını Etkileyen Faktörlerin Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Tıbbi Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, Gaziantep Üniversitesi, Gaziantep, 2014 (sf: 54)

Feist Kelly. LIS: A key component of specimen collection and management. Medical Laboratory Observer (MLO). May2011; 43(5): 48-49. (2p)

Hawker Charles. Lab Guidelines& Standards, Laboratory Medicine. Oct2011, Vol. 42 Issue 10, p630-631. 2p.

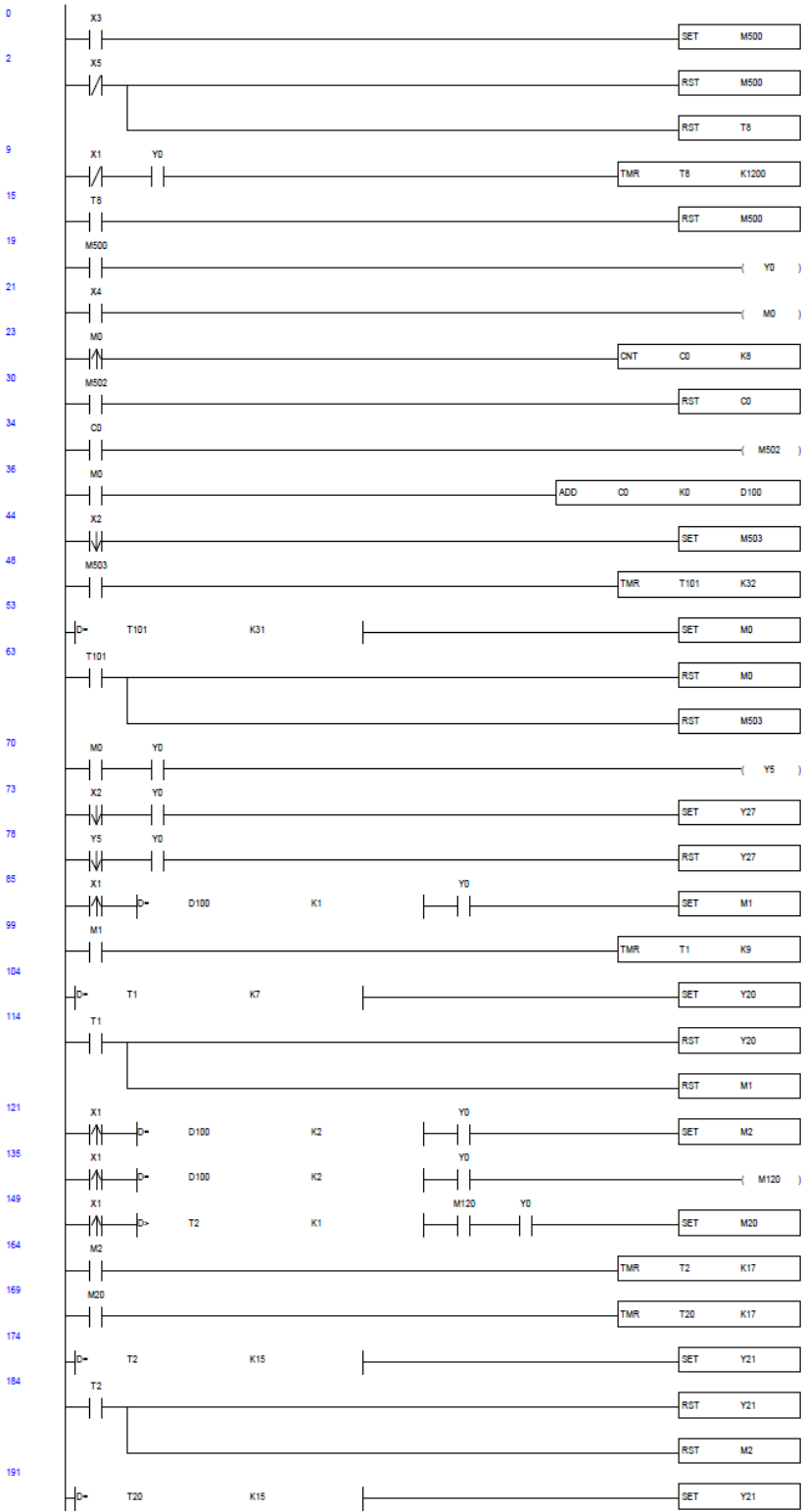
Safran Mehmet İlhami. A Computer Vision Based Barcode Reading System. Master's Thesis. Atılım University, Electrical & Electronic Engineering, August 2008

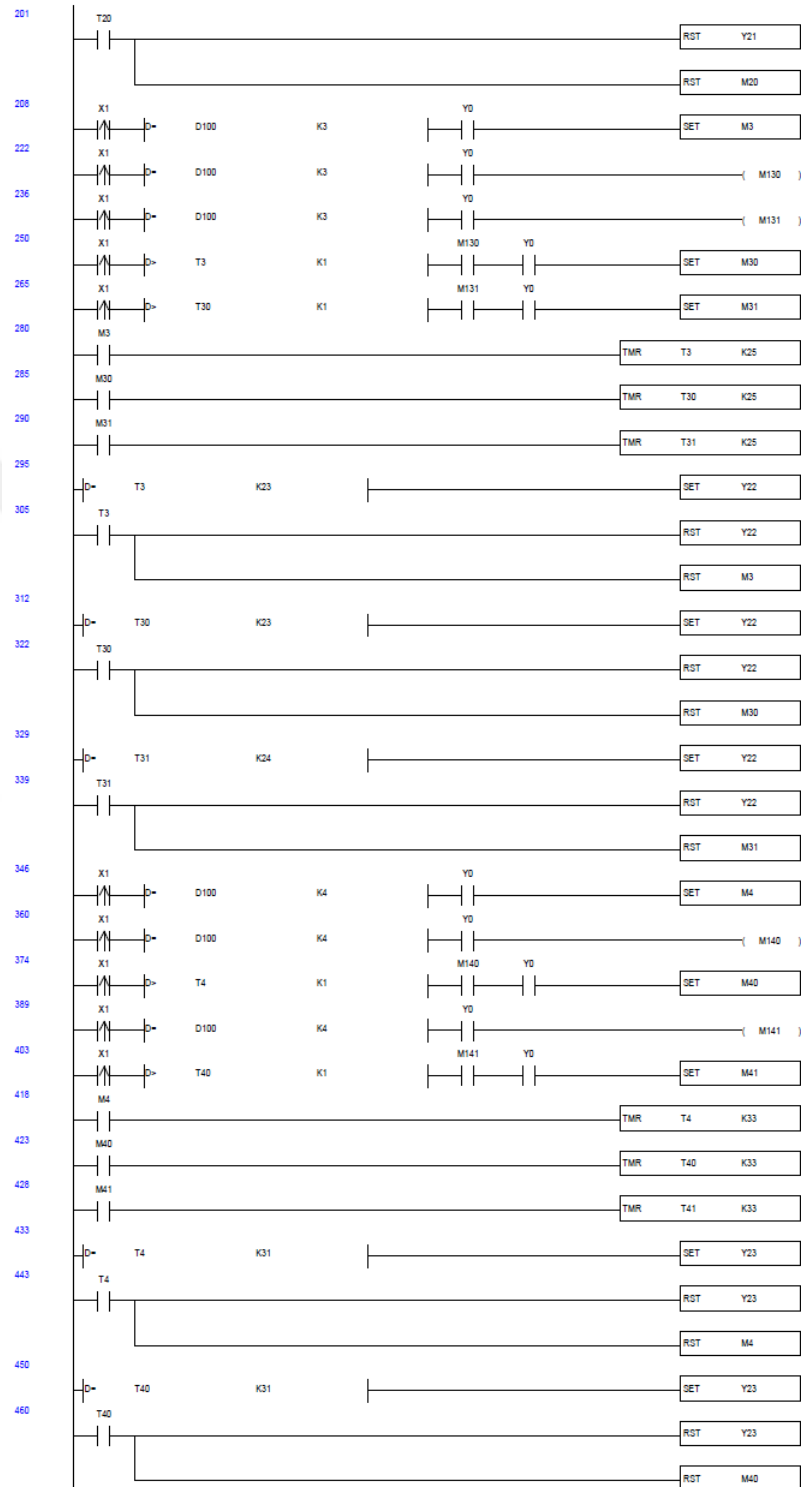
Sharma Gaurav, Anil V. Parwani, Jay S. Raval, Darrel J. Triulzi, Richard J. Benjamin, Liron Pantanowitz. Contemporary issues in transfusion medicine informatics, Journal of Pathology Informatics. Jan-Jun2011, Vol. 2 Issue 1, p15-23. 9p. 1 Color Photograph, 4 Charts.

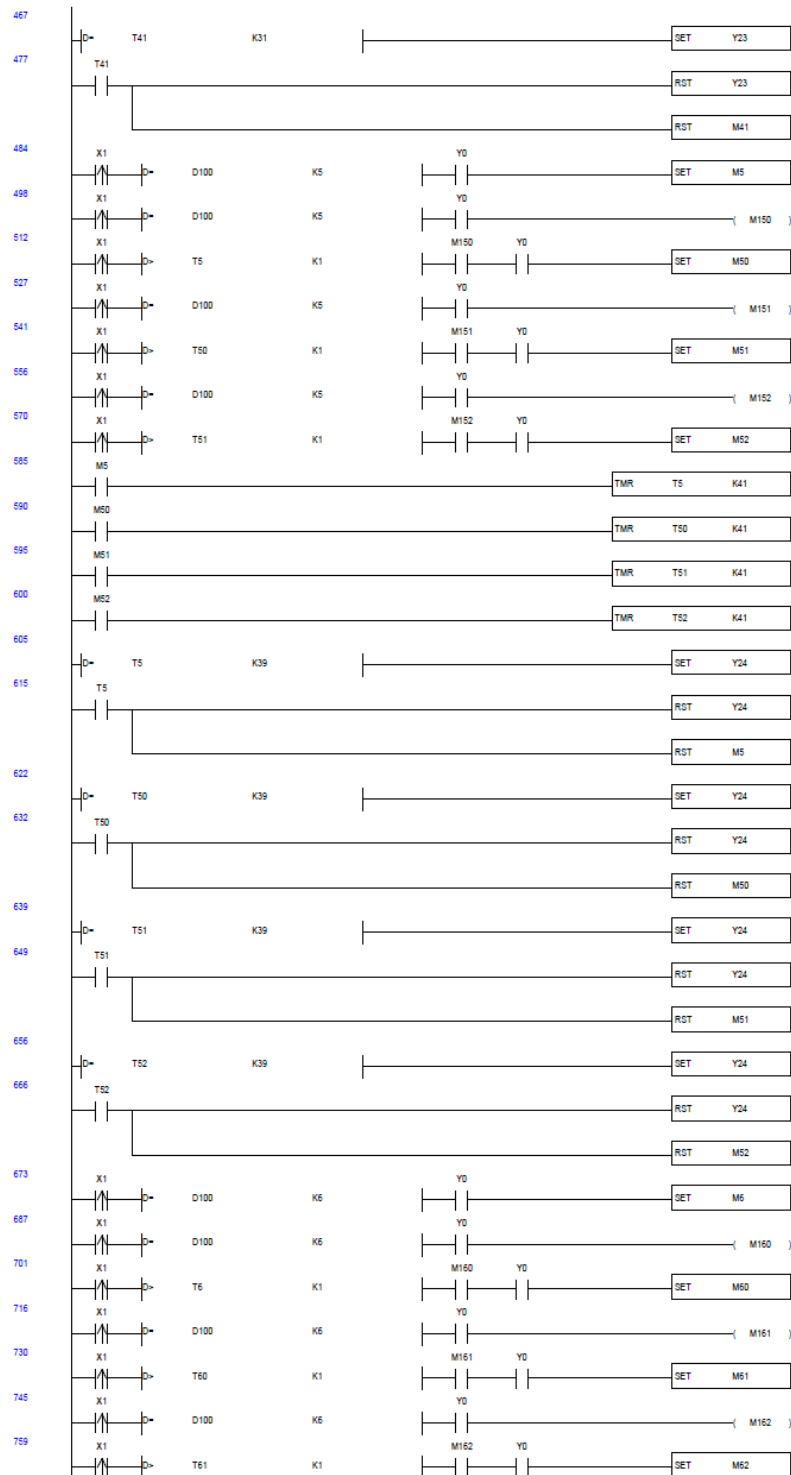
Uçar Fatma, Erden Gonul, Taslipinar Mine Yavuz, Ozturk Gulfer, Ginis Zeynep, Bulut Erdem, Delibas Namik. Greater Efficiency Observed 12 Months Post-Implementation Of An Automatic Tube Sorting and Registration System in A Core Laboratory. J Med Biochem 35: 1–6, 2016

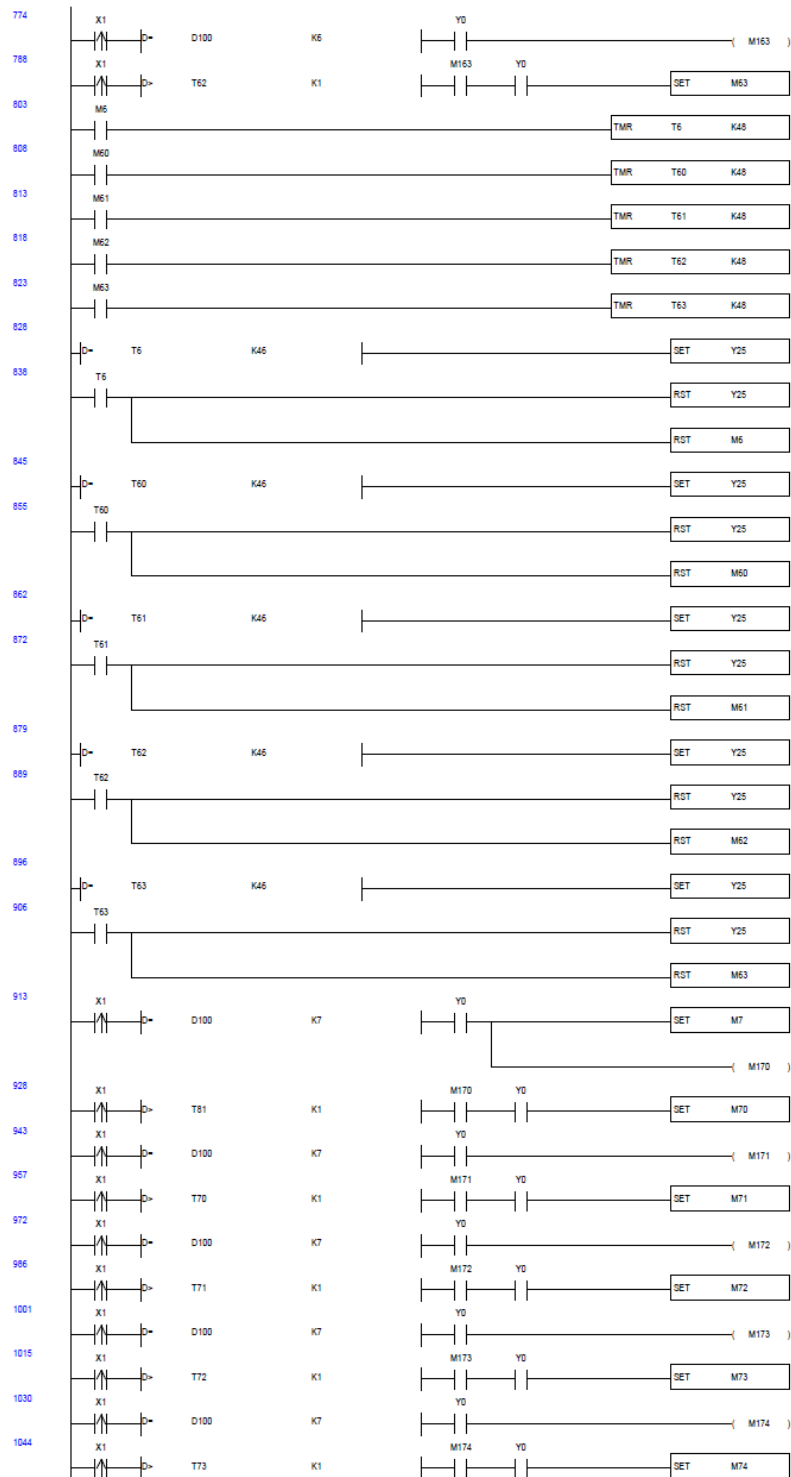


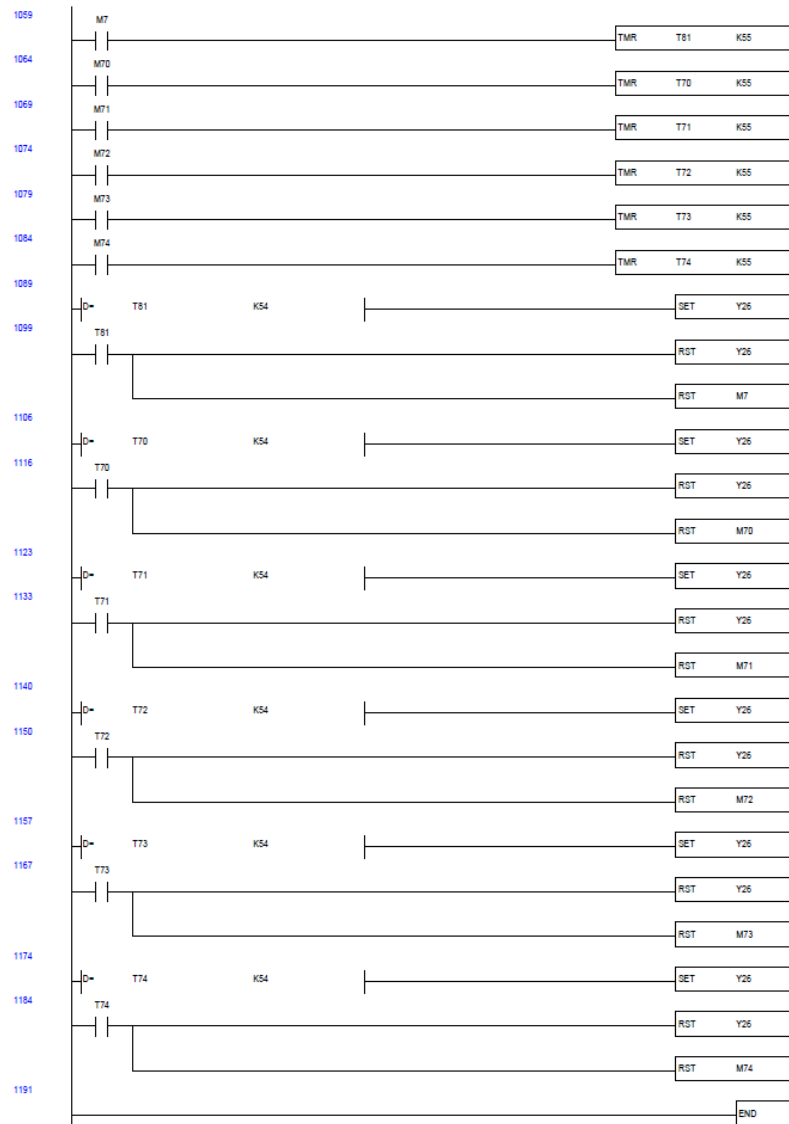
P.1











	T.C. İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ TEKNİK ŞARTNAME FORMU	İSTANBUL TIP FAKÜLTESİ ☐ CERRAHPAŞA TIP FAKÜLTESİ ☐ DIŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ ☐ KARDİYOLOJİ ENSTİTÜSÜ ☐ ONKOLOJİ ENSTİTÜSÜ ☐
MALZEMENİN ADI	KAN ALMA DESTEK SİSTEMİ ŞARTNAMESİ. Bu şartname kan alma ünitesinde kullanılmak üzere alınacak olan; otomatik tüp barkodlama cihazı ve tüp kabul ve tasnif cihazı teknik şartnamesidir	
Sistemin genel Özellikleri	1. Kurulacak Sistem HIS (Hastane Bilgi Sistemi) veya LIS (Laboratuvar Bilgi Sistemi) ile entegre olarak çalışmalı, buradan alacağı hasta bilgilerini içeren barkot etiketlerini, hastadan istenen testler için otomatik olarak seçeceği numune tüplerinin üzerine yapıştırıp, hastaya özel tepsi içerisinde sunmalıdır. 2. Sistem her hastanın tüm tüplerini birlikte ve bir defada hazırlamalıdır. 3. Sistem; ana ünite, kontrol bilgisayarı ve yedek barkot yazıcısından oluşmalıdır. Sistem de oluşturabilecek herhangi bir arızada yedek barkot yazıcı ihtiyacı duyulan barkot etiketlerini basmaya devam edebilmelidir. 4. Ana ünite içerisinde; tüpler için etiket üreten en az 2 adet barkot yazıcı, diğer numune türleri için barkot etiketi üretebilen en az 1 adet manüel yazıcı yer almalıdır. 5. Sisteme aynı anda en az 8 değişik tipe kadar tüp yüklemesi yapılabilir. 6. Sistem en az 100 tüp yükleme kapasitesine sahip olmalıdır. 7. Sistem aynı anda her bir hasta için en az 10 tüpe kadar barkot etiketleme yaparak, hastaya özel tepsi hazırlayabilmelidir. 8. Sistem acil hastalarla öncelik verebilecek yazılıma sahip olmalıdır. 9. Sistem plastik, cam, film, lastik gibi materyaller, idrar tüpleri ve muadilleri ile çalışabilmelidir. 10. Sistem, çapları 12–18, uzunlukları 75–100 mm tüpleri yüklemeye uygun olmalıdır. 11. Sistemi kuracak yüklenici, sistem ile birlikte günlük tüp sayısını karşılayacak barkot etiketlerini ücretsiz olarak temin etmelidir. 12. Sistem etiket üzerine 90, 180, 270 derecelik açılarla barkot ve/veya veri basabilmelidir. 13. Sistemin kullanımı eksilen veya biten tüplerin ilavesi sistemi durdurmadan yapılabilir. 14. Sistemin tüp yükleme ünitesi çekmece sisteminden oluşmalı, tüm tüp stokları 1 defada görülebilir. 15. Sistem 220±%10 Volt, 50/60 Hz şehir elektriği ile çalışmalıdır. 16. Elektrik kesintisi durumunda en az bir saat süre ile sistemi çalıştırabilecek kesintisiz güç kaynağı sistem ile birlikte verilmelidir. 17. Ana ünite içerisindeki numune tüpleri için etiket üreten yazıcılardan herhangi birinin arızalanması durumunda diğer yazıcı tüm tüpleri otomatik etiketlemeye devam edebilmelidir. 18. Kontrol Bilgisayarı yazılımı Türkçe olmalıdır. 19. Kurulacak sistem ile hastadan gerçek kan alma saati ve kan alan personeli optik okuyucu vasıtasıyla kayıt altına alınabilmeli, alınan bu bilgiler HIS veya LIS'e otomatik gönderilebilmelidir.	
İMZA-KAŞE Prof. Dr. T. TURKOĞLU I.Ü. İstanbul Çocuk Hastahanesi Biyokimya Bölümü Sorumlusu	İMZA-KAŞE Doç. Dr. Ayşegül ELÇİ	İMZA-KAŞE Prof. Dr. Beyhan ÖZEL



T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
TEKNİK ŞARTNAME FORMU

İSTANBUL TIP FAKÜLTESİ ☐
CERRAHPAŞA TIP FAKÜLTESİ ☐
DIŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ ☐
KARDİYOLOJİ ENSTİTÜSÜ ☐
ONKOLOJİ ENSTİTÜSÜ ☐

Laboratuvara tüp
kabul ve tasnif cihazı
teknik özellikleri:

20. Sistem bünyesinde oluşabilecek hataları; mesaj, hata kodu ve görsel olarak sistem bünyesinde bulunan ekran üzerinden kullanıcıya bildirecektir.
21. Sistem kan alınmış primer numune tüplerinin üzerinde ki barkod etiketlerini kullanarak kan alınmış tüpleri ilgili bölmelere tasnifleyebilmelidir.
22. Sistem kan alma tüplerini önceden belirlenmiş bölmelere tasnifleyebilmelidir.
23. Sistem 6 adet tasnifleme bölümüne sahip olmalı, ihtiyaç halinde bu bölme sayısı artırılabilir.
24. Sistem hatalı/tanımsız barkotlu tüpler için 1 adet tasnif bölümüne sahip olmalıdır.
25. Sistemde kullanılacak tasnifleme yöntemi kullanıcı tarafından tanımlanabilir ve de seçilebilir olmalıdır.
26. Sistem bünyesinde bir adet dokunmatik LCD ekrana sahip kontrol bilgisayarı olmalıdır.
27. Sistemin kullanıcı yazılımı Türkçe olmalıdır.
28. Sistem çevrimiçi olarak iki yönlü veri alışverişi yapabilir yapıya sahip olmalı, tüp barkodlarını okuyarak laboratuvar giriş öncesinde, laboratuvara kabul bilgisini ve kabul saati bilgisini HBYS'ne gönderecek yazılımsal altyapıya sahip olmalıdır.
29. Sistem her türlü tek boyutlu doğrusal barkod tipini okuyabilecek en az 2 adet barkod okuyucuya sahip olmalıdır.
30. Sisteme bir anda 500 tüpe kadar tüp yüklemesi yapılabilir.
31. Sisteme çalışma esnasında tüp ilavesi yapılabilir.
32. Sistem tüpleri tasniflerken ilk önce yüklenen tüpleri ilk önce tasnifleyecek yapıya sahip olmalıdır.
33. Sistem üzerindeki tanımlanmış tasnif bölmelerinden her birinin kapasitesi en az 100 tüpe kadar olmalıdır.
34. Sistem tüpleri tasnifleme bölmelerine bırakırken; tüpler ve içindeki numune zarar görmeyecek şekilde tasnifleyecek yapıya sahip olmalıdır.
35. Elektrik kesintisi durumunda en az bir saat süre ile sistemi çalıştırabilecek kesintisiz güç kaynağı sistem ile birlikte verilmelidir.
36. Sistem kan alınmış primer numune tüplerinin üzerinde ki barkod etiketlerini kullanarak kan alınmış tüpleri ilgili bölmelere tasnifleyebilmelidir.
37. Sistem kan alma tüplerini önceden belirlenmiş bölmelere tasnifleyebilmelidir.
38. Sistem 6 adet tasnifleme bölümüne sahip olmalı, ihtiyaç halinde bu bölme sayısı artırılabilir.
39. Sistem hatalı/tanımsız barkotlu tüpler için 1 adet tasnif bölümüne sahip olmalıdır.
40. Sistemde kullanılacak tasnifleme yöntemi kullanıcı tarafından tanımlanabilir ve de seçilebilir olmalıdır.
41. Sistem bünyesinde bir adet dokunmatik LCD ekrana sahip kontrol bilgisayarı olmalıdır.
42. Sistemin kullanıcı yazılımı Türkçe olmalıdır.
43. Sistem çevrimiçi olarak iki yönlü veri alışverişi yapabilir yapıya sahip olmalı, tüp barkodlarını okuyarak laboratuvar giriş öncesinde, laboratuvara kabul

İMZA-KAŞE
Prof. Dr. Ömer TÜRKÖĞÜ

I.Ü. İstanbul Tıp Fak.
Çocuk Hastalıkları
Biyokimya Lab.
Sorumlu Öğr. Üyesi

İMZA-KAŞE

Doç. Dr. Ayşe Gül TÖRE

İMZA-KAŞE

Doç. Dr. Bayram AKER

	T.C. İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ TEKNİK ŞARTNAME FORMU	İSTANBUL TIP FAKÜLTESİ ☐ CERRAHPAŞA TIP FAKÜLTESİ ☐ DIŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ ☐ KARDİYOLOJİ ENSTİTÜSÜ ☐ ONKOLOJİ ENSTİTÜSÜ ☐
	bilgisini ve kabul saati bilgisini HBYS'ne gönderecek yazılımsal altyapıya sahip olmalıdır. 44. Sistem her türlü tek boyutlu doğrusal barkod tipini okuyabilecek en az 2 adet barkod okuyucuya sahip olmalıdır. 45. Sisteme bir anda 500 tüpe kadar tüp yüklemesi yapılabilir. 46. Sisteme çalışma esnasında tüp ilavesi yapılabilir. 47. Sistem tüpleri tasniflerken ilk önce yüklenen tüpleri ilk önce tasnifleyecek yapıya sahip olmalıdır. 48. Sistem üzerindeki tanımlanmış tasnif bölmelerinden her birinin kapasitesi en az 100 tüpe kadar olmalıdır. 49. Sistem tüpleri tasnifleme bölmelerine bırakırken; tüpler ve içindeki numune zarar görmeyecek şekilde tasnifleyecek yapıya sahip olmalıdır. 50. Elektrik kesintisi durumunda en az bir saat süre ile sistemi çalıştırabilecek kesintisiz güç kaynağı sistem ile birlikte verilmelidir.	
Kurulum, garanti, servis ve yedek parça özellikleri	51. Her iki sitemin ilgili alana kurulumu yüklenici firma tarafından bedelsiz olarak yapılmalıdır. Yüklenici, cihazın kurulumu için gösterilen yere cihaz ve sistemi ücretsiz monte etmelidir. Sistem için laboratuarda herhangi bir düzenleme veya altyapı değişikliği yüklenici firma tarafından karşılanacaktır. 52. Sistemlerin hastane otomasyonuna bağlanması yüklenici firma tarafından bedelsiz olarak yapılmalıdır. 53. Yüklenici firma, kurduğu cihaz ve sistemlerin bakım, onarım, her türlü destek ve hizmete hazır halde tutulması, kaliteli ve verimli hizmet sunabilmesi için yeterli sayıda personeli bulundurmalıdır. 54. Yüklenici firma cihazın kullanım kılavuzu ve kullanım ile ilgili gerekli dokümanları Türkçe olarak kuruma verecektir. 55. Yüklenici firma tarafından kurulacak cihazlar üretim ve montaj hatalarına karşı en az 1 (bir) yıl garantili olmalıdır. Türkiye yetkili satıcısından alınmış noter tasdikli taahhünameyi teslimat aşamasında muayene kabul komisyonuna sunulmalıdır. 56. Yüklenici firma, kullanım süresi boyunca geçerli olmak üzere cihazın periyodik bakımlarının yapılacağını ve kesintisiz işbirliğinin sağlanması için periyodik replasmanı gerektiren parçalar ve manüel hataların yol açacağı arızalar dahil, herhangi bir arıza halinde onarım ve gerekli yedek parça temini ve her türlü teknik destek hizmetinin ücretsiz olarak verileceğine dair Türkiye yetkili satıcısından alınmış noter tasdikli taahhünameyi teslimat aşamasında muayene kabul komisyonuna sunulmalıdır. 57. Sistemi oluşturan cihazların çalışması için sorun çıkarabilecek olan elektrik alt yapısı, montaj aşamasında firma tarafından kontrol edilerek, saptanan herhangi bir problem, firma tarafından ücretsiz giderilecektir. Sistem dahilindeki tüm cihazların (bilgisayar, monitör, barkod okuyucu, vb.) elektrik alt yapısının keşif yapılarak hazırlanması, kontrolü ve UPS bağlantılarının sağlanması, gerekirse ilgili elektrik panosundan UPS kablosunun çekilmesi montaj kapsamındadır. Bu nedenle olabilecek elektrik arızaları garanti kapsamında değerlendirilecektir.	
İMZA-KAŞE Prof.Dr. Ömür TÜRKÖĞLU I.Ü. İstanbul Tıp Fak. Çocuk Hastalıkları Biyokimya Lab. Sorumlu Öğr. Üyesi	İMZA-KAŞE Doç. Dr. Ayşegül İLÇİ	İMZA-KAŞE Bayraktar



T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
TEKNİK ŞARTNAME FORMU

İSTANBUL TIP FAKÜLTESİ ☐
CERRAHPAŞA TIP FAKÜLTESİ ☐
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ ☐
KARDİYOLOJİ ENSTİTÜSÜ ☐
ONKOLOJİ ENSTİTÜSÜ ☐

58. Sistemlerin oluşturduğu cihazları kullanacak personele eğitim yüklenici firma tarafından verilecektir. Eleman sayısının belirlenmesi ve eğitimin yeterli olup olmadığına kurum idaresi karar verecektir.
59. Arıza durumunda 24 saat içerisinde müdahale edilecek, onarılmayan cihaz 72 saat içerisinde firma tarafından yedek bir cihaz ile değiştirilecektir. Parça gerektiğinde en çok 5 gün içerisinde onarım tamamlanmalıdır. Bu garanti hem satıcı, hem de distribütör firma tarafından teslimat aşamasında muayene kabul komisyonuna taahhüt edilmelidir.
60. Sistemi oluşturan cihazlar ile ilgili tüm teknik dökümanlar teklifle birlikte verilecektir. Firmalar cihazın menşeyleri hakkında bilgi verip, orijinal broşürlerle belgelendireceklerdir.
61. Türkiye yetkili satıcı firması tarafından, Sistemi oluşturan cihazların "maintenance" kitabına uygun olarak **ayrıntılı bakım programı ihale dosyasında bulundurulacaktır;**
- Cihazların (güç kaynağı dahil) orjinal bakım kılavuzu esas alınarak hazırlanmış koruyucu bakım aralıkları,
 - Koruyucu bakımda yapılacak işlemler,
 - Periyodik olarak değiştirilmesi gereken teknik/sarf malzemesi ve değişim süreleri (termal yazıcı, vb.)
- Garanti süresi boyunca **bu programa uyum, teknik servis raporlarıyla belgelenerek, dosyalanacaktır.**
62. Kurulacak cihazlar halen üretimde olmalı ya da **5 yaşından büyük olmamalıdır.** Cihazın yaş, imalat tarihi ve seri numarası üzerinde olmalı ve **teslimat aşamasında belgelendirilmelidir.**

İMZA-KAŞE
Prof.Dr. Ümit TÜRKÖĞLÜ
I.Ü. İstanbul Tıp Fak.
Çocuk Hastalıkları
Biyokimya Lab.
Sorumlu Öör. (İvee)

İMZA-KAŞE
Doç. Dr. Ayşegül TELCİ

İMZA-KAŞE
Prof. Dr. Beyhan ÖZGÜL

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı	Mehmet	Uyruğu	T.C.
Soyadı	Öztürk	Tel no	535 395 87 02
Doğum tarihi	17/05/1972	e-posta	mozturk@akdeniz.edu.tr

Eğitim Bilgileri

Mezun olduğu kurum		Mezuniyet yılı
Lise	Aydın Mimar Sinan Teknik Lisesi	1990
Lisans	Marmara Üni. Teknik Eğitim Fakültesi	1995
Yüksek Lisans		
Doktora		

İş Deneyimi

Görevi	Kurum	Süre (yıl-yıl)
Öğr. Görevlisi	Akdeniz Üniversitesi Teknik Bilimler MYO	24 yıl

Yabancı Dilleri	Sınav türü	Puanı
İngilizce	YÖKDİL	71

Proje Deneyimi

Proje Adı	Destekleyen kurum	Süre (Yıl-Yıl)
Etkin ve ekonomik bir laboratuvar tüp sıralama ve kayıt makinesinin geliştirilmesi	Akdeniz Üniversitesi BAP	2018-2019
UppScience	Avrupa Birliği	2016-2018
Visconti	Avrupa Birliği	2014-2016
Akdeniz Üniversitesi Kampüsü Geçiş Kontrolü Güvenlik otomasyonu: Merkezi Sistem Yaya, Araç Giriş-Çıkış Kontrolü ve Video Denetim Sistemi	Akdeniz Üniversitesi BAP Altyapı	2010-2011
Yangın Alarm ve Koruma Sistemi Geliştirilmesi	Tübitak	2009-2010

Burslar-Ödüller:**Yayınlar ve Bildiriler:**

Toprak İ.B., Doğdu N., Öztürk M., "Meslek Yüksekokullarında Akademik Başarıya etki Eden Faktörler; Akdeniz Üniversitesi Teknik Bilimler MYO Örneği", ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ DERGİSİ, cilt.8, ss.150-163, 2017

Öztürk M., Yardimci A., "Mikromaster Vektör ile Dönel Kaplama Ünitesi", Endüstri&Otomasyon , ss.25-28, 2001

Öztürk M., "Etkin ve Ekonomik bir tüp sıralama Makinesi", 11. Tıp Bilişimi Kongresi, ANKARA, TÜRKİYE, 16-17 Kasım 2018, Bildiriler Kitabı, Poster sunumu.

Çelik O., Yardimci A., Öztürk M., "Geliştirilen Ultrasonik Fizyoterapi Sisteminin, Farklı Çalışma Modlarında, Zaman-Sıcaklık Deneyleri ve Analizi", Biyomut 2005, Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Toplantısı, İSTANBUL, TÜRKİYE, 25-27 Mayıs 2005, ss.282-285