

**T.C.  
SAKARYA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**DEPOLAMA İŞLEMLERİ İÇİN LABVIEW  
TABANLI BİR ROBOTİK SİSTEMİN GELİŞTİRİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Büşra ALTUN**

**Enstitü Anabilim Dalı : MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ**

**Tez Danışmanı : Prof.Dr. Sinan Serdar ÖZKAN**

**Temmuz 2019**

T.C.  
SAKARYA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

DEPOLAMA İŞLEMLERİ İÇİN LABVIEW  
TABANLI BİR ROBOTİK SİSTEMİN GELİŞTİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Büşra ALTUN

Enstitü Anabilim Dalı : MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 01/07/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

|                                 |                            |                             |
|---------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Prof. Dr.<br>Sinan Serdar ÖZKAN | Prof.Dr.<br>Durmuş KARAYEL | Doç. Dr.<br>Cüneyt BAYILMIŞ |
| Jüri Başkanı                    | Üye                        | Üye                         |

## **BEYAN**

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Büşra ALTUN  
01/07/2019

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam Prof. Dr. Sinan Serdar ÖZKAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Yardımlarını esirgemeyen bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Mekatronik Mühendisliği Bölüm Başkanı Prof. Dr. Durmuş KARAYEL'e ve Öğr. Üyesi Gökhan ATALI'ya teşekkür ederim.

Bu araştırma boyunca desteklerinden dolayı başta babam Ömer ALTUN olmak üzere tüm aileme teşekkür ederim.

Ayrıca bu çalışmanın maddi açıdan desteklenmesine olanak sağlayan Sakarya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Komisyon Başkanlığına (Proje No: 2018-2-7-129) teşekkür ederim.

Büşra ALTUN  
SAKARYA, 2019

# İÇİNDEKİLER

|                                                                         |     |
|-------------------------------------------------------------------------|-----|
| TEŞEKKÜR .....                                                          | i   |
| İÇİNDEKİLER .....                                                       | ii  |
| SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ .....                                   | iv  |
| ŞEKİLLER LİSTESİ .....                                                  | v   |
| TABLolar LİSTESİ .....                                                  | vi  |
| ÖZET .....                                                              | vii |
| SUMMARY .....                                                           | vii |
|                                                                         |     |
| BÖLÜM 1.                                                                |     |
| GİRİŞ .....                                                             | 1   |
|                                                                         |     |
| BÖLÜM 2.                                                                |     |
| AS/RS SİSTEMLERİ.....                                                   | 3   |
| 2.1. Genel Özellikler .....                                             | 3   |
| 2.2. AS/RS Çeşitleri .....                                              | 4   |
| 2.2.1. Birim yük AS/RS (Unit load AS/RS).....                           | 5   |
| 2.2.2. Mini yük AS/RS (Mini load AS/RS).....                            | 6   |
| 2.2.3. Operatör-Asansör AS/RS (Man-on board AS/RS) .....                | 6   |
| 2.2.4. Derin düzlem depolama (Deep-lane AS/RS).....                     | 7   |
| 2.2.5. Otomatik ürün alma sistemleri ( Automated item retrieval system) | 8   |
| 2.3. AS/RS Avantajları ve dezavantajları.....                           | 9   |

### BÖLÜM 3.

|                            |    |
|----------------------------|----|
| LİTERATÜR ARAŞTIRMASI..... | 11 |
|----------------------------|----|

### BÖLÜM 4.

|                                                            |    |
|------------------------------------------------------------|----|
| MATERYAL VE YÖNTEM .....                                   | 24 |
| 4.1. Step motor.....                                       | 25 |
| 4.1.1. Step Motorlara Ait Önemli Parametreler.....         | 27 |
| 4.1.1.1. Adım Tepkisi (Cevap süresi).....                  | 27 |
| 4.1.1.2. Adım Açısı (Step angle).....                      | 28 |
| 4.1.1.3. Adım açışı doğruluğu.....                         | 28 |
| 4.1.1.4. Aşma (Overshot).....                              | 28 |
| 4.1.1.5. Step motorun moment parametreleri.....            | 29 |
| 4.1.2. Step motorların denetimi.....                       | 32 |
| 4.1.2.1. Açık döngülü denetim.....                         | 32 |
| 4.1.2.2. Kapalı döngülü denetim.....                       | 32 |
| 4.2. GSTM8618-080-842 Step Motor ve Özellikleri.....       | 34 |
| 4.2.1. gmt gstd-2542 step motor sürücü ve özellikleri..... | 36 |
| 4.3. NBB4-12GM30-E2-V1 Endüktif sensör.....                | 37 |
| 4.4. PLC (Programmable Logic Controller) .....             | 38 |
| 4.5. Hesaplamalar.....                                     | 40 |

### BÖLÜM 5.

|                                                      |    |
|------------------------------------------------------|----|
| DENEY DÜZENEĞİ VE GELİŞTİRİLEN YAZILIM .....         | 41 |
| 5.1. Kontrol Ünitesi.....                            | 44 |
| 5.2. Veri Toplama.....                               | 45 |
| 5.3. IMAQ Read QR Code VI.....                       | 47 |
| 5.4. IMAQ Read QR Code VI.....                       | 48 |
| 5.5. Uygulama Setinin Barkod ile Çalıştırılması..... | 48 |
| 5.6. NI OPC Sunucusu.....                            | 51 |

|                |    |
|----------------|----|
| BÖLÜM 6.       |    |
| SONUÇ.....     | 51 |
| KAYNAKLAR..... | 53 |
| ÖZGEÇMİŞ.....  | 57 |



## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

|            |                                          |
|------------|------------------------------------------|
| AS/RS      | : Automated Storage and Retrieval System |
| AGV        | : Automated Guided Vehicle               |
| PLC        | : Programmable Logic Controller          |
| I/O        | : Input/ Output                          |
| $\omega_r$ | : Rotor açısal Frekansı                  |
| TR         | : Taşıyıcı Robot                         |
| RFID       | : Radio Frequency Identification         |
| $\theta_s$ | : Adım açısı                             |
| $N_s$      | : Stator Kutup (Diş) sayısı              |
| $N_r$      | : Rotor Kutup (Diş) sayısı               |
| Fö         | : Eksenel kuvvet                         |
| Ft         | :Çevresel kuvvet                         |
| Fn         | :Normal tepki                            |
| R          | :Sürtünme kuvveti                        |
| $\rho$     | :Helis açısı                             |

## ŞEKİLLER LİSTESİ

|                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 2.1. Birim yük depolama.....                                      | 5  |
| Şekil 2.2. Mini yük depolama.....                                       | 6  |
| Şekil 2.3. Operatör - asansör depolama.....                             | 7  |
| Şekil 2.4. Derin düzlem depolama.....                                   | 8  |
| Şekil 2.5. Otomatik ürün alma sistemi .....                             | 8  |
| Şekil 3.1. Tobias ve arkadaşlarının tasarladıkları AS/RS sistemi .....  | 13 |
| Şekil 3.2. Supachai ve arkadaşlarının tasarladıkları AS/RS sistemi..... | 14 |
| Şekil 3.3. Jacek ve Jacob tasarladığı prototip AS/RS sistemi .....      | 15 |
| Şekil 3.4. Fukunari (2005)'nin yaklaşım döngüsü .....                   | 18 |
| Şekil 3.5. Mini yük AS/RS (Hachem, ve ark.).....                        | 19 |
| Şekil 3.6. AS/RS özelliklerinin sınıflandırması .....                   | 21 |
| Şekil 3.7. Roodbergen ve Vis'in AS/RS tasarımı .....                    | 22 |
| Şekil 4.1. Otomatik depolama ve boşaltma sisteminin blok yapısı.....    | 24 |
| Şekil 4.2. Çalışmada kullanılan Logitech C270 kamera .....              | 25 |
| Şekil 4.3. Step motor sistemi.....                                      | 25 |
| Şekil 4.4. Step motorun adım tepkisi grafiği.....                       | 27 |
| Şekil 4.5. Step motorun aşım grafiği.....                               | 29 |
| Şekil 4.6. Step motorun dönme momenti.....                              | 29 |
| Şekil 4.7. Tutma momentinin ölçülmesi.....                              | 30 |
| Şekil 4.8. Sürekli rejimdeki maksimum yük momenti eğrisi.....           | 31 |
| Şekil 4.9. Açık döngülü denetim şeması.....                             | 32 |
| Şekil 4.10. Step motorun kapalı döngülü denetim şeması.....             | 33 |
| Şekil 4.11. GSTM8618-080-842 step motor .....                           | 34 |
| Şekil 4.12. Çalışmada kullanılan step motorların teknik resmi .....     | 34 |
| Şekil 4.13. Step motorun tork-hız grafiği.....                          | 35 |
| Şekil 4.14. Çalışmada kullanılan step motor sürücüler.....              | 36 |

|                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 4.15. Çalışmada kullanılan step motor sürücülerin teknik resmi.....             | 36 |
| Şekil 4.16. Çalışmada kullanılan endüktif sensör ölçüleri .....                       | 37 |
| Şekil 4.17. PLC basit yapısı.....                                                     | 39 |
| Şekil 4.18. Mil hesabı .....                                                          | 40 |
| Şekil 5.1. Sistemin SolidWorks tasarımı .....                                         | 41 |
| Şekil 5.2. Prototip alt sistem tasarımı.....                                          | 42 |
| Şekil 5.3. AS/RS prototipi .....                                                      | 43 |
| Şekil 5.4. AS/RS prototipi ve kontrol ünitesi.....                                    | 44 |
| Şekil 5.5. Kartezyen koordinat sistemi.....                                           | 45 |
| Şekil 5.6. Sistemde kullanılan ürünler .....                                          | 46 |
| Şekil 5.7. IMAQ Read Barcode VI .....                                                 | 47 |
| Şekil 5.8. IMAQ Read QR Code VI .....                                                 | 48 |
| Şekil 5.9. Labview simülasyonu.....                                                   | 48 |
| Şekil 5.10. İlgili istasyona götürülen ürünün simülasyon görüntüsü .....              | 49 |
| Şekil 5.11. İstasyon bilgisi verilen blok diyagram .....                              | 49 |
| Şekil 5.12. Simülasyon blok diyagramı .....                                           | 50 |
| Şekil 5.13. Görüntü işleme ile tespit edilen ürünün ilgili istasyona götürülmesi..... | 50 |
| Şekil 5.14. Labview ile OPC server bağlantısı .....                                   | 51 |

## TABLolar LİSTESİ

|                                                                                                     |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tablo 3.1. Roodbergen ve Vis'e göre AS/RS seçiminde dikkate alınması gereken tasarım ölçütleri..... | 20 |
| Tablo 3.2. Gu ve ark. Literatürde yapılan uygulamalar üzerine çalışmaları.....                      | 23 |
| Tablo 4.1. GSTM8618-080-842 step motor özellikleri tablosu.....                                     | 35 |
| Tablo 4.2. GSTD-2542 step motor sürücü özellikleri tablosu.....                                     | 37 |
| Tablo 5.1. Sistemde kullanılan malzemeler .....                                                     | 42 |
| Tablo 5.2. Bazı barkod türlerine ait özellikler .....                                               | 46 |

# DEPOLAMA İŞLEMLERİ İÇİN LABVIEW TABANLI BİR ROBOTİK SİSTEMİN GELİŞTİRİLMESİ

## ÖZET

Otomatik Depolama ve Boşaltma Sistemleri (AS / RS), hem dağıtım hem de üretim ortamlarında ürünlerin hızlı ve doğru bir şekilde depolanması ve geri alınması için kullanılan depolama sistemleridir. Bu sistem, çok katmanlı raflara, bir öğeyi depolayabilen ve onu herhangi bir raf konumundan alabilen taşıyıcı mekanizması, merkezi bir bilgisayar ve kontrol ünitesinden oluşmaktadır.

Bu çalışmada AS/RS sisteminin kontrolü, Programlanabilir Lojik Kontrol (PLC) tabanlı otomasyon sistemi ile sağlanmaktadır. Yapılan çalışmada depolama robotunun (AS/RS) tasarımı ve prototipi gerçekleştirilmiştir. Sistem, depolanacak nesnenin taşıyıcı mekanizma yardımıyla ilgili raf konumlarına dikey ve yatay olarak taşınmasını ve geri alınmasını sağlamaktadır. Sisteme entegre edilen kamera yardımı ile ürün üzerindeki barkodlar görüntü işleme metoduyla algılanıp ürünlerin ilgili raflara ulaştırılması sağlanmaktadır. Ayrıca sistem LabVIEW tabanlı bir arayüz ile uzaktan kontrol edilebilmektedir.

Anahtar kelimeler: AS/RS, Otomatik Depolama ve Boşaltma Sistemi, Labview, Akıllı depolama sistemleri

# **LABVIEW FOR STORAGE OPERATIONS DEVELOPING A ROBOTIC SYSTEM BASED**

## **SUMMARY**

Automated Storage and Unloading Systems (AS / RS) are systems for fast and accurate storage and restoration in both production and production environments. This system is located in multi-rack shelves, from a central computer and control unit, in storage rooms where you can store an item and select it and pick it up on your desired shelf.

The AS / RS control here is based on a programmable logic control (PLC) based automation system. Design and prototype of structured storage robot (AS / RS). The system allows the transport of objects to be stored, the search of vehicles, the positioning of the respective shelves, the transport of vertical and horizontal and retrieval. Integrated camera information and product list barcodes in the system are detected by the image processing method and delivered to the relevant shelves. The system can also be controlled remotely via a LabVIEW-based interface.

Key words: AS / RS, Automatic Storage and Unloading System, Labview, Intelligent storage systems

## **BÖLÜM 1. GİRİŞ**

Gelişen yeni teknolojiler ile birlikte üretim, depolama ve pazarlama yöntemleri değişmiştir. Yeni teknolojiler ile birlikte endüstrideki üretim kapasitesi artmakta ve bunun sonucunda firmalar için ürün depolama sorunları ortaya çıkmaktadır. İşletmenin ürünleri depolama ve sevkiyat işlemlerindeki başarısına bağlı olarak müşteriye verdiği hizmet, müşterinin memnuniyeti veya memnuniyetsizliğinde önemli bir rol oynamaktadır.

Depolar, günümüzde tedârik zincirleri için çok önemli bir yere sahiptir. Sürekli değişen talepler ve iklim şartları nedeniyle koruma görevi yapan depolar, ürünlerin sevkiyata hazırlanmasında, aynı zamanda ürünlere etiket, barkod yapıştırılma gibi katma değere sahip olan hizmetlerin de yapılmakta olduğu bir yer olarak düşünülebilir.

Son yıllarda bazı sektörlerde ürünlerin temin sürelerinin fazla olmaması amacıyla daha fazla stok bulundurma ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Bununla birlikte depolama kapasitesini artırma ve müşterilere daha fazla ürün yelpazesi ile hizmet verme gereksinimi, depoların tedârik zincirlerindeki yönetimin önemini de artırmıştır.

Ancak bunun yanında firmalar için depolama maliyetleri de önemli bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle firmalar oluşan maliyetleri azaltmak, depolama sorunlarını çözmek, ürünü tüketiciye hızlı bir şekilde ulaştırmak ve diğer firmalara karşı rekabet koşullarını geliştirebilmek için çözüm yolları aramaya başlamışlardır. Bilişim ve otomasyon alanındaki son zamanlarda ki yazılım ve donanımların gelişmesine bağlı olarak ürünün kalitesini değiştirmeden daha hızlı bir şekilde tüketiciye ulaştırmak için insan gücününün kullanıldığı klasik depolama sistemleri yerine yarı otomasyon sistemleri geliştirmişlerdir. Büyük depolama ve boşaltmanın yapıldığı alanlar için günümüz teknolojilerinin de gelişmesiyle otomatik depolama ve

boşaltma sistemleri günümüzde ön plana çıkmaktadır. Otomatik Depolama ve Boşaltma Sistemi olarak adlandırılan sistemi literatürde Automated Storage and Retrieval System (AS/RS) olarak adlandırılmaktadır.

Otomatik depolama ve boşaltma sistemleri ile taşınacak ürünün doğru yere ve en uygun şekilde taşınmasını sağlanmaktadır. Endüstride yaygın olarak kullanılan bu sistem genellikle raflardan ve raflara malzeme yerleştiren tutuculardan oluşmaktadır. Tasarlanan sistem ve yazılan algoritma otomatik depolama ve boşaltma sisteminin hızını önemli derecede etkilemektedir. Bu çalışmada depolama sorunlarının çözümüne yönelik bir prototip geliştirilmiştir.

Tez çalışması, toplam altı bölümden oluşmaktadır. Tezin ilk bölümü giriş bölümüdür. Tezin ikinci bölümünde AS/RS sistemin genel özelliklerinden bahsedilmiş, sınıflandırılması yapılmış ve sistemin avantaj- dezavantajlarına değinilmiştir.

Üçüncü bölümde depolama ve boşaltma sistemleri ile ilgili literatürdeki çalışmalar kapsamlı olarak incelenmiştir.

Dördüncü bölümde depolama ve boşaltma sisteminin tasarımı, kullanılan sistemin amacı, kapsamı ve kullanılan materyallere ilişkin bilgiler verilmiştir.

Beşinci bölümde belirlenen ürünlerin görüntü işleme aracılığıyla verilerinin alınıp işlenmesi ve bu verilerin gerçek zamanlı olarak sisteme gönderen deney düzeneğinden ve geliştirilen yazılımdan bahsedilmiştir.

Altıncı ve son bölüm olan sonuç kısmında ise tez çalışmasının genel bir değerlendirilmesi yapılmış ve ilerleyen zamanlarda gerçekleştirilebilecek çalışmalar hakkında öneri ve fikirler sunulmuştur.

## **BÖLÜM 2. AS/RS SİSTEMLERİ**

### **2.1. Genel Özellikler**

Depolama ve boşaltma sistemleri ilk olarak 1950'lerde görülmesinden bu yana, günümüzde dağıtım ve üretim proseslerinde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde birçok işletmede depolama ve boşaltma sistemleri genellikle raflar arasındaki koridorlardan geçen vinçlerin ve ürünün konulduğu raflardan oluşur. Yapay zeka, otonom teknolojiler ve otomasyon ekipmanlarındaki son gelişmelere paralel olarak günümüzde otomatik depolama ve boşaltma sistemleri (AS/RS), operatör müdahalesi olmadan ürünleri raflara depolayabilme ve geri alabilme yeteneğine sahip hale gelmiştir. Böylece günümüz modern depolama sistemleri olan AS/RS'leri hem üretim hem de dağıtım ortamlarında ürünleri depoya koymak ve bu ürünleri depodan siparişi yerine getirme amaçlı almak için kullanılabilir. Firmaların çok çeşitli mal envanterlerine ve yüksek hızlarda ürün akışına sahip olmaları otomatik depolama ve boşaltma sistemlerinin kullanılmasının en önemli nedenlerden biridir.

Otomatik depolama sistemleri (AS/RS) olarak adlandırılan depolama sistemleri genel olarak ambarlama, fabrika içi dağıtım ve depolama işlemlerinde kullanılmaktadır. Bu sistemler palet, fiç, koli gibi parça malların yüksek yoğunlukta ve çok miktarda depolanması için uygundur (Hopbağlı, 2009). Bu sistemlerde depolama ve boşaltma işlemini yapan sistem, eşzamanlı olarak yatay ve dikey yönde hareket edebilmektedir. AS/RS sistemleri özellikle dağıtım ve lojistik başta olmak üzere birçok üretim dalında yaygın olarak uygulanmaktadır.

AS/RS'lerin sıklıkla kullanıldığı alanlar aşağıdaki sıralanabilir:

- Gıda
- Otomotiv, Otomotiv Yan Sanayi
- Uçak ve Uzay Sanayi
- Beyaz Eşya Sanayi
- İlaç Sanayi
- İnşaat
- Lojistik, Kargo Şirketleri
- Kütüphaneler
- Otoparklar
- Soğuk hava depoları
- Liman ve Gar İşletmeleri
- Ağaç Endüstrisi ve Mobilya Dekorasyon
- Tekstil Sanayi

## 2.2. AS/RS Çeşitleri

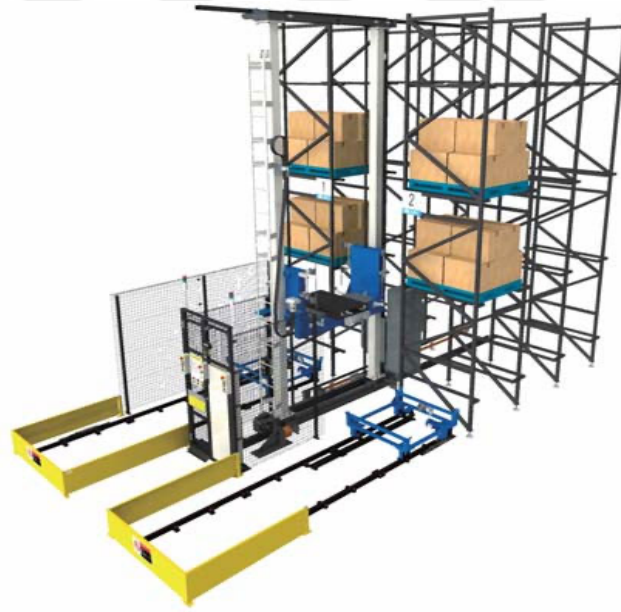
AS/RS Sistemleri ürün çeşitliliği ve uygulama tiplerine göre gruplara ayrılmaktadır.

- Birim yük AS/RS (Unit load AS/RS),
- Mini yük (Miniload AS/RS),
- Operatör-Asansör AS/RS (Man-on-board AS/RS),
- Derin düzlem AS/RS (Deeplane AS/RS),
- Otomatik Ürün Alma Sistemi (Automated Item Retrieval System)

### 2.1.1. Birim Yük AS/RS (Unit load AS/RS)

Standart boyutlardaki paketlenmiş ya da depolanmış ürünleri depolamak ve geri almak için kullanılır. İşletmenin çok yönlü depolama ihtiyaçlarını gidermek için idealdir. Ürün paletleri mekanik bir kelepçe, vakum veya mıknatıs tabanlı mekanizmalar ile depolanabilmektedir (Mücahit ve ark, 2015).

Birim yük ASRS taşıma sistemi, üç boyutlu bir eksende çalışır, sırt sırta, tek derinlikli veya çift derinlikli olabileceği gibi taşıma kapasitesi 200 kg üzerindedir. Koridor değiştirme teknolojisiyle donatıldığında tek bir koridor veya birden fazla depolama koridoruna hizmet verebilir. Şekil 2.1’de tek derinlikli birim depolama AS/RS örneği görülmektedir.



Şekil 2.1. Birim yük depolama

### 2.1.2. Mini Yük AS/RS (Mini Load AS/RS)

Mini-yk sistemi, hafif yüklerin taşınması için tek stnlu veya iki stnlu bir yapıya sahip yüksek performanslı bir otomatik depolama sistemidir. Kutu boyutunda saklama ve toplama için mevcut en etkili teknolojilerden birisidir. Yükleri 20 metreden daha uzun olabilen güvenli bir raf yapısının içine ve dışına hızla taşır. Mini-load AS/RS, geleneksel seçici raf sistemlerinden daha fazla dikey alan kullanır. Depolama yoğunluğunu optimize etmek için yükler raflara yüksek hassasiyetle yerleştirilir. Şekil 2’de Mini yk AS/RS gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Mini yük depolama

### 2.1.3. Operatör-asansör AS/RS (Man-on board AS/RS)

Bu sistemde bir operatör robot üzerinde bulunan kabinle ilgili raflara giderek malzemeleri uygun bölmelere yerleştirir. Yklenebilecek rn miktarı diğer sistemlere göre daha azdır. Toplayıcı, genellikle zeminde bir ray üzerinde veya tavan boyunca bir raydan asılı bulunur.

Toplayıcı, raylı dağıtım sistemi boyunca bir depolama tesisinde koridorlardan aşağıya, manuel ya da otomatik işleme geçebilir. Operatör, sistemi ondan istenen ürünün yerine götürmesi için yönlendirebilir ve uygun raf yüksekliğine kaldırabilir.



Şekil 2.3. Operatör - asansör depolama

#### **2.1.4. Derin Düzlem Depolama (Deep-Lane AS/RS)**

Ürün sayısının fazla ve çeşitliliğin az olduğu durumlarda kullanılan sistemlerdir. Her bir üniteye ürünleri tek tek depolamak yerine bu sistemde ürünler direkt koridordan alınır. Her bir raf akışa uygun olarak bir tarafa girdiler, bir tarafa çıktılar gelecek şekilde tasarlanmıştır. Ürünlerin raflara yerleştirilmesi için S/R makineler kullanılır. Şekil 4'te derin düzlem AS/RS örneği gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Derin düzlem depolama

### 2.1.5. Otomatik Ürün Alma Sistemi (Automated Item Retrieval System)

Ürünlerin depolara dağıtımı sırasında bu ürünlerin tek tek veya küçük ağırlıklardan meydana gelen yüklerin bulunup getirilmesini sağlar. Bir parça geri getirileceğinde parça alınır ve ilgili istasyona götürülmek üzere konveyörere yüklenir.



Şekil 2.5. Otomatik ürün alma sistemi

### 2.3.AS/RS Avantajları ve Dezavantajları

AS/RS sistemleri bütün üretim dallarında, lojistik, dağıtım ve tüm ticarî firmalarda kullanılabilir özelliklere sahiptir. Sistemin avantaj ve dezavantajları şöyle sıralanabilir;

AS/RS sisteminin avantajları;

- Hızlı ve doğru sevkiyat sağlar.
- Yürüme, bekleme ve arama zamanlarından tasarruf edilir.
- Sistemler tam otomatik ve insansız olarak çalışabilmektedir. Bunun sayesinde yüksek bir depo hassasiyeti kazanılır.
- Gerçek zamanlı stok kontrolü sağlar.
- Ekipman bakım ve işletme maliyetlerinde tasarruf sağlar.
- Mevcut ve potansiyel pazarlardan gelen her türlü mal ürün talebine kolaylıkla cevap verme imkânı sağlar.
- Gelişmiş güvenlik sayesinde iş kazalarını azaltır.
- Doğru parça, alet ve paletin doğru yerde ve doğru zamanda olmasını sağlar.
- Diğer sistemlerle entegre bir şekilde çalışır. (AGV, FMS vb..)
- İşletmelerde üretim, depolama ve lojistik gibi birimlerde etkin bir verimliliğe ulaştırır.

AS/RS sisteminin dezavantajları;

- Kurulacak olan sistemin ilk yatırım maliyeti yüksektir.
- ASRS'nin yapısı daha karmaşık ve destekleyici tesisler daha fazla olduğu için, altyapı ve ekipman yatırımları nispeten daha fazladır.
- AS / RS'nin rutin bakım ve onarımı yapıldığı için operasyonel aksamalara yol açabilir.
- Sermayesi yeterli olmadığından sistemi kuramayan işletmeler rekabet gücünü kaybedebilir (Öztürk,2011).
- Tüm yeni depo ekipmanlarında olduğu gibi, çalışanların da AS/RS sistemleri

için yeterince eğitilmiş olmaları gerekmektedir. Sistem için programı geliştirmek güçtür. Diğer sistemlerle entegre edilmesi zaman, enerji, para ve uzmanlık gerektirir.



### **BÖLÜM 3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI**

Yapılan çalışmalara incelendiğinde; genellikle AS/RS sistemlerinin çalışma sürelerinin minimuma indirilmesi üzerine çalışmalar yapıldığı, farklı programlar yardımıyla çalışıldığı, depo ve raf sistemlerinin tasarımlarında üst düzey verimlilik ön plana alınarak tasarım yapılmaya çalışıldığı görülmektedir. Ayrıca daha önce yapılan çalışmaların birçoğuna bakıldığında elde edilen sonuçların gerçek sistemler üzerinde test edildiği gözlemlenmiştir.

Mücahit ve ark. (2015) yaptıkları çalışmada zaman ve harcanan enerji bakımından tasarruf sağlayan yeni bir AS/RS sistemi gerçekleştirmişlerdir. Yazarlar diğer çalışmalardan farklı olarak sadece geçen süreyi değil harcanan enerjiyi de minimuma indirecek algoritma geliştirmişlerdir. Geliştirilen algorithmada AS/RS sistemi analitik bir formül olarak ele alınmış olup çalışma sonunda sistemin harcanan enerji ve geçen süre simülasyon ortamında karşılaştırılmış ve gerçekte uygulanmasını tartışmışlardır.

Riccardo ve ark. (2006) yaptıkları çalışmada AS/RS sisteminin parametrik bir dinamik modelini ortaya koymuşlardır. Yazarlar bu çalışmada sistemin tepkisini etkileyen kritik faktörlerin farklı kombinasyonlarını belirleyerek binlerce senaryo simüle etmişlerdir. Daha sonra sınıf bazlı depolama sisteminin toplam çevrim süresinin azalttığını ve sistem veriminin en üst düzeye çıkarmada etkili olduğunu kanıtlamışlardır.

Zaki ve ark. (2013) yaptıkları çalışmada optimal ölçülerde olacak şekilde AS/RS sistemi tasarlamışlardır. Yazarlar AS/RS sisteminin ölçülerini belirlerken sistemin en kısa sürede çalışmasını hedeflemişlerdir. Çalışma sonunda çalışma süresinin sistemin optimum boyutlar üzerindeki etkisini sayısal sonuçlar üzerinden elde etmişlerdir.

Chen ve ark. (2010) çalışmalarında depolamada sıkıntılı yer tahsisi ve sıralama sorununu ele alan bir AS/RS sistemi tasarlamışlardır. Yazarlar bu sorunu çözmek için 2 aşamalı bir prosedür geliştirmiş ve çözümü iyileştirmek için tabu araması algoritması önermişlerdir. Çalışma sonunda geliştirdikleri sistemin iyi sonuçlar getirdiğini ve büyük boyutlu sorunların çözümünde etkili olduğunu tespit etmişlerdir.

Lerher ve ark. (2015) simülasyon tabanlı SBS/RS sistemi geliştirmişlerdir. SBS/RS sistemlerinin AS/RS sistemlerine göre çıkış kapasitesi daha yüksek olmaktadır. Yazarlar yaptıkları çalışmada daha önce yapılan sistemlerin raf dizilimi, hız profili ve taşıyıcı bakımından karşılaştırılmasını yapmışlardır. Çalışma sonunda SBS/RS sisteminin süresinin önemli ölçüde azalttığını ve bunun sonucunda kapasitenin arttığını kanıtlamışlardır.

Van Der Berg ve Gademann (2000) simülasyon tabanlı bir AS/RS sistemi geliştirmişlerdir. Yazar çalışmadan önce birçok kontrol ve depolama sistemi incelemişlerdir. Çalışmalarında sınıf tabanlı depolama sistemi için, depolama alanı ve çalışma süresi performanslarını etkileyen yeni bir algoritma ortaya koymuşlardır. Çalışma sonucunda az yer ihtiyacı gerektiren ve kısa sürelerde çalışma sağlayan sistem geliştirmişlerdir.

Amine ve ark. (2011) AS/RS sisteminin ortalama çalışma süresi üzerinde çalışmışlar ve matematiksel bir model geliştirmişlerdir. Yazarlar sistemin çalışma süresini sürekli zamanda ve ayrık zamanda olarak hesaplamışlar ve bunun sonunda bu süreleri birbirleri ile karşılaştırmışlardır. Yaptıkları çalışmada sürekli zaman ifadesinin ayrık zaman ifadesinden daha küçük hata oranlarıyla çalıştığını elde etmişlerdir.

Tobias ve ark. (2013) yaptıkları çalışmada hafif olan ve geleneksel sistemlere kıyasla çok fazla enerji tasarrufu sağlayan bir robot teknolojisine sahip yeni bir AS/RS sistemi gerçekleştirmişlerdir. Geliştirdikleri sistemde tel, karışık ağırlık ve yayların kullanılması elektrik motorlarından harcanan enerjiden tasarruf edilmesini sağlamıştır. Yazarlar tasarladıkları sistemi gerçek zamanlı olarak denemiş ve enerji tasarrufunu matematiksel sonuçlarla ifade etmişlerdir.

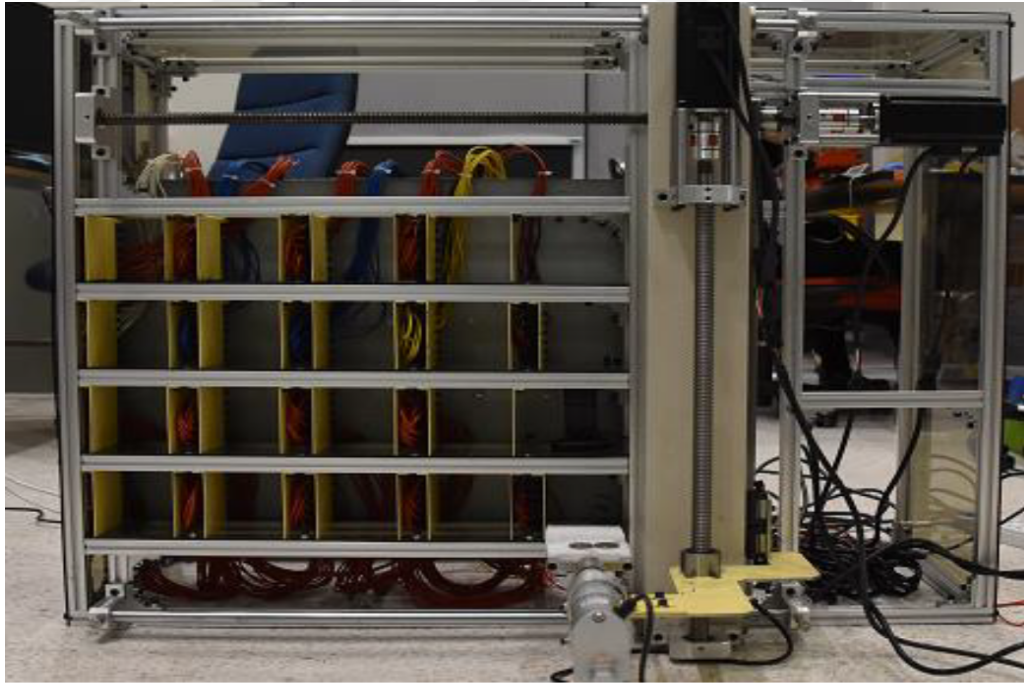


Şekil 3.1. Tobias ve arkadaşlarının tasarladıkları AS/RS sistemi

Eric ve Branislav (2015) yaptıkları çalışmada bir AS/RS sistemini Coloured Petri Net (CPN) ile modellemişlerdir. Yazarlar bu modellemeyi bilgisayarda CPN araçları kullanarak modellemişlerdir. Modelleme sırasında sistemin enerji ve zaman maliyetlerini analiz etmişlerdir. Araştırma sonucunda tasarladıkları AS/RS sistemini PLC veya diğer otomasyon araçlarıyla gerçekleştirip gerçekleştirilemeyeceğini tartışmışlardır.

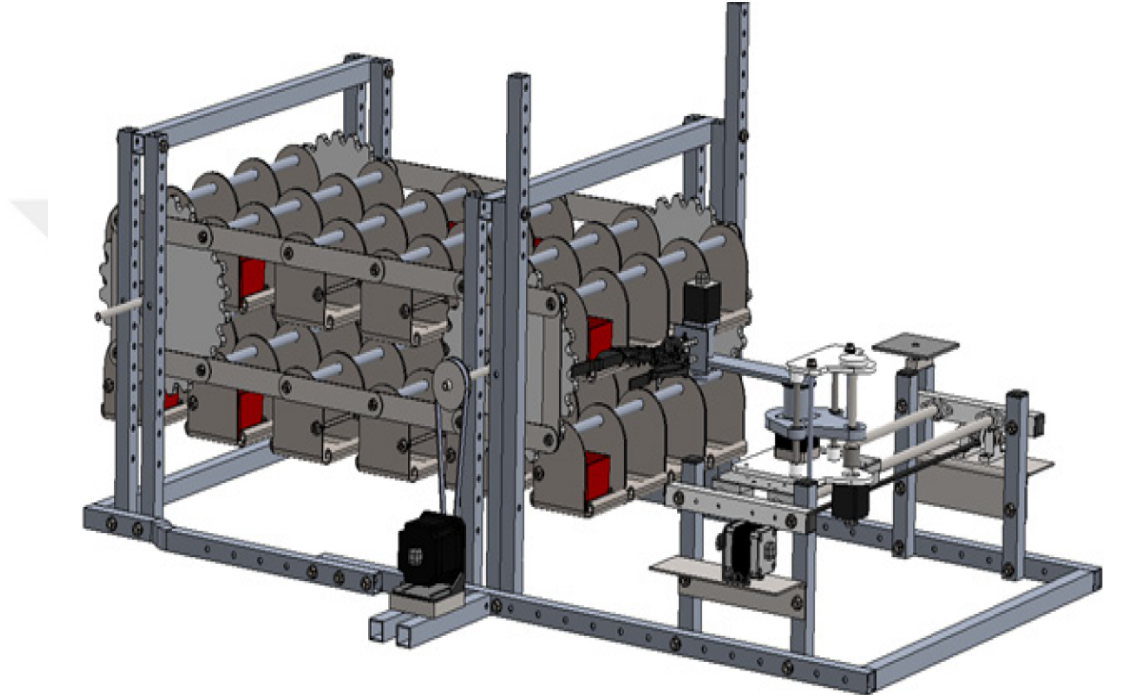
Dhiyaeddine ve Khalid (2017) yaptıkları çalışmada FF-flow rock AS/RS sistemi ile Classic flow-rock AS/RS sistemini karşılaştırmalı olarak göstermişlerdir. Yazarlar sistemi ortama zamanı, toplam zamanı ve müşterilerin isteği olmak üzere 3 parametre için karşılaştırmıştır. Çalışma sırasında farklı raf dizimlerinde birçok simülasyon gerçekleştirmişlerdir. FF – flow rock sisteminin Classic flow-rock sistemine göre yapılan simülasyonlarda daha kısa sürede hareket ettiğini tespit etmişlerdir.

Supachai ve ark. (2018) depolama sistemi için prototip bir AS/RS sistemi tasarlamışlardır. Yazarlar diğer çalışmalardan farklı olarak depolama alanından tasarruf etmek için farklı bir algoritma geliştirmişlerdir. Farklı ürünleri ayırmak için kullandıkları rafları küçük slotlara ayırarak ürünleri çeşidi ve boyutuna göre sınıflandırmış ve boş olan slotlara yerleştirerek alandan tasarruf sağlamışlardır. Tasarladıkları 3 eksenli prototipi kullanabilmek için PLC kullanmış ve sistemin katlara geldiğini anlamak içinde mekanik anahtar kullanmışlardır.



Şekil 3.2. Supachai ve arkadaşlarının tasarladıkları AS/RS sistemi

Jacek ve Jacob (2000) yaptıkları çalışmada Raspberry Pi kullanarak yatay bir prototip AS/RS sistemi tasarlamışlardır. Tasarladıkları sistemin kinematik ve dinamik analizini gerçekleştirmiş olup sistemi kontrol edebilmek için bir dokunmatik panel kullanarak bir arayüz de geliştirmişlerdir. Çalışmada yerleştirdikleri ve boşta kalan rafların genişliklerini ve derinliklerini tespit etmişlerdir.



Şekil 3.3. Jacek ve Jacob tasarladığı prototip AS/RS sistemi

Wu ve ark. (2019) yaptıkları çalışmada otomatik park sistemi tasarlamışlardır. Yazarlar tasarımda yatayda taşıma için dönen halka ve dikeyde taşımak için halkanın ortasında iki asansör kullanmışlardır. Tasarladıkları sistemin matematiksel modelini ortaya koyarak sistemin depolama ve geri alma süreçlerini en aza indirmeyi sağlamışlardır. Sistemde kullanılan ekipmanları optimum şekilde çalışmasını sağlayarak maliyetinde düşürülmesini sağlamışlardır.

Yang ve ark. (2019) AS/RS sisteminin enerji maliyetini optimum seviyeye getirmeye çalışmışlardır. Tasarlanacak sistemin hız karakteristiği ve çalışma süresi üzerinden kuvvet analizi yaparak sistemin enerji maliyetini düşürmeye çalışmışlardır. Çalışma

sonunda sistemin hızı optimum seviyeye getirilip çalışma süresini azaltarak enerji tasarrufu sağlandığını ispat etmişlerdir.

Dimitrios ve ark. (2009) yaptıkları sistemde ucuz maliyetli bir AS/RS sistemi tasarlamışlardır. Yazarlar tasarladıkları sistemin X,Y ve Z eksenleri için AC motor kullanmış olup eksenlerin kontrolünü PLC ile sağlamışlardır. Depolama sisteminin konumunu tespit etmek için encoder kullanmış olup inverter ile AC motorları kontrol etmişlerdir. Ayrıca sistem için insan-makine arayüzü tasarlamış olup sistemin anlık konum ve hız bilgisini kullanıcıya sunmuşlardır.

Jiangliang Peng (2010) yaptığı çalışmada bir AS/RS sisteminin hızını ve optimal yerleştirilecek yerlerin simülasyonun Flexsim isimli programda gerçekleştirmiştir. Flexsim programında sistemin karar verme mekanizmasının iyileştirilmesini sağlamıştır. Simülasyon sonucunda elde ettiği verilerden yaptığı iyileştirmelerin sistemin daha hızlı çalışmasını ve önceki sisteme göre bazı avantajlarının oluştuğu gözlemlenmiştir.

De Koster ve ark.(2008) yaptıkları çalışmada 3 boyutlu bir AS/RS sistemi geliştirmişlerdir. Yaptıkları sistem paletlerin yatay ve düşey yönlerde hareketini sağlayan otomatik bir vinçten oluşmaktadır. Paletlerin derinlik boyunca hareketi yer çekimi veya bir iletim mekanizması sağlamaktadır. Yazarların amacı sistemin boyutlarını optimal şekilde tasarlayarak sistem performansını analiz etmektir. Parçaların dizilimini rastgele yaparak sistemin sistemin çalışma süresini azaltmış olup sistemin performansını artırmışlardır. Sonuçları gerçek bir sistem üzerinde çalıştırarak gözlemlenmişlerdir.

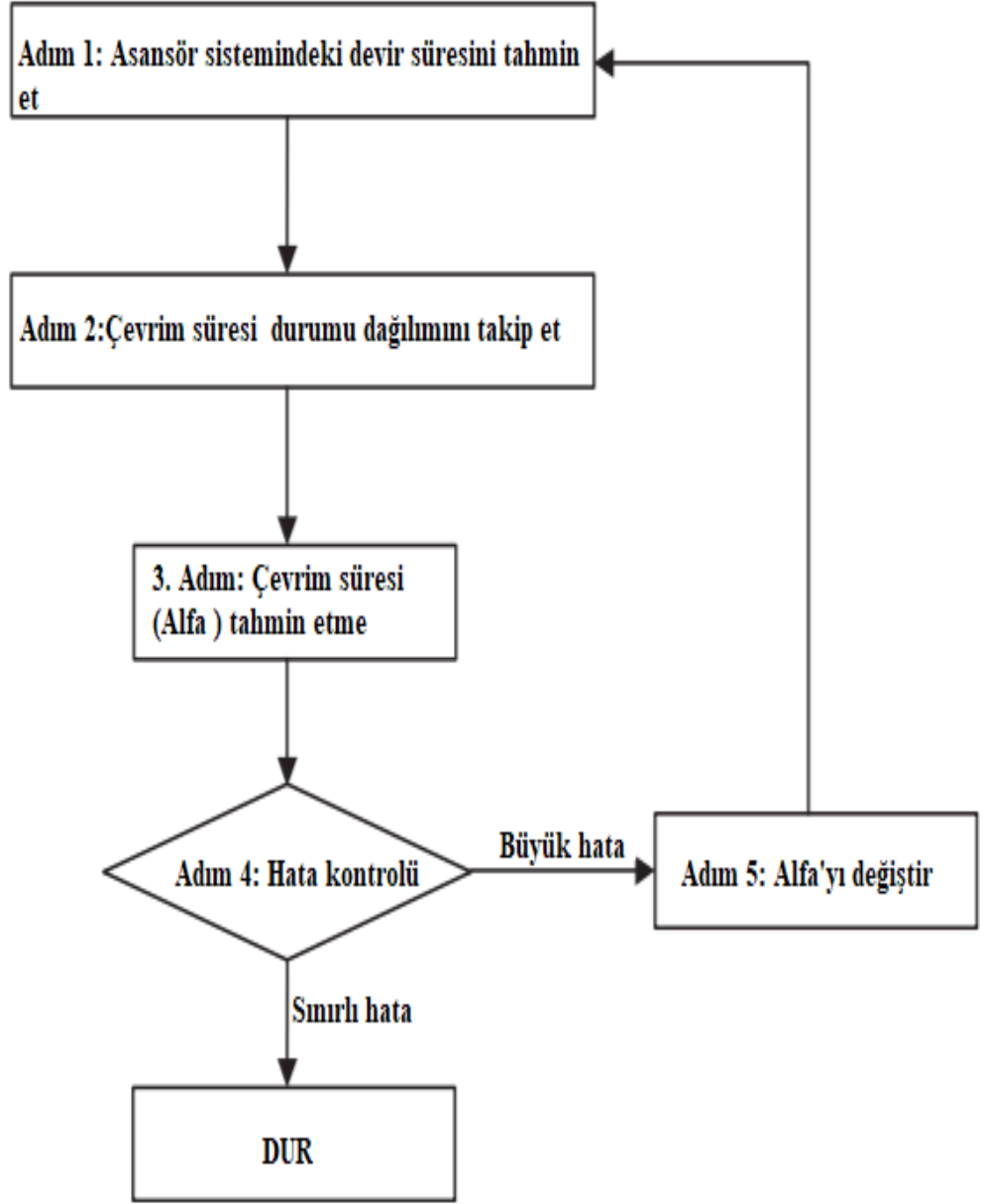
Fukui ve ark.(2008) yaptıkları çalışmada AS/RS sistemini ev ortamında kullanımı üzerinde tasarım yapmışlardır. Tasarladıkları sistemde 3 özellik bulunmaktadır. Birinci özellik seçilen asansör yapısının sadece otomatik depolama için değil aynı zaman istenirse kullanıcının da erişebilmesini sağlamaktadır. İkinci özellik tasarlanan hareket düzeni üst tavan boşluğunun azaltarak depolama alanı olarak kullanmamızı sağlamaktadır bu sayede robotun hareket hacmini azaltarak oluşabilecek sıkışmaları

azaltmaktadır. Raflara yerleştirilen RFID alıcı ile depolanan malzemenin istenilen pozisyonda depolanmasını sağlamaktadır. İlerleyen çalışmalarda üst tavan boşluğunu daha aktif bir şekilde kullanmak için ray tasarımı gerçekleştireceklerdir.

Debjit ve ark.(2010) yaptıkları çalışmada depolanan malzemelerin karışmasını engellemek için yeni bir model geliştirmişlerdir. Yazarlar ortaya koyulan modelin etkinliğini görmek için detaylı simülasyonlar yapmışlardır. Yaptıkları simülasyon sonucu oluşan gecikmelerin azaldığını gözlemlemişler ve hataları makul seviyelere indirmeyi başarmışlardır.

Fukunari (2005) yaptığı çalışmada bir model oluşturarak asansör-kuyruk sistemi adını verdiği çevrim süresi tahmini için iç içe kuyruk modeli oluşturmuştur. AS/RS'leri ayrı bir sıralama içinde tutmayı başarmıştır. Durum denklemi yaklaşımına alternatif olarak geliştirilen, AS/RS çevrim zamanı tahmini yaklaşımı iç içe kuyruk yaklaşımıdır (Fukunari, 2005). Şekil 3.3'de iç içe kuyruk yaklaşımı yönteminin akış şeması görülmektedir.

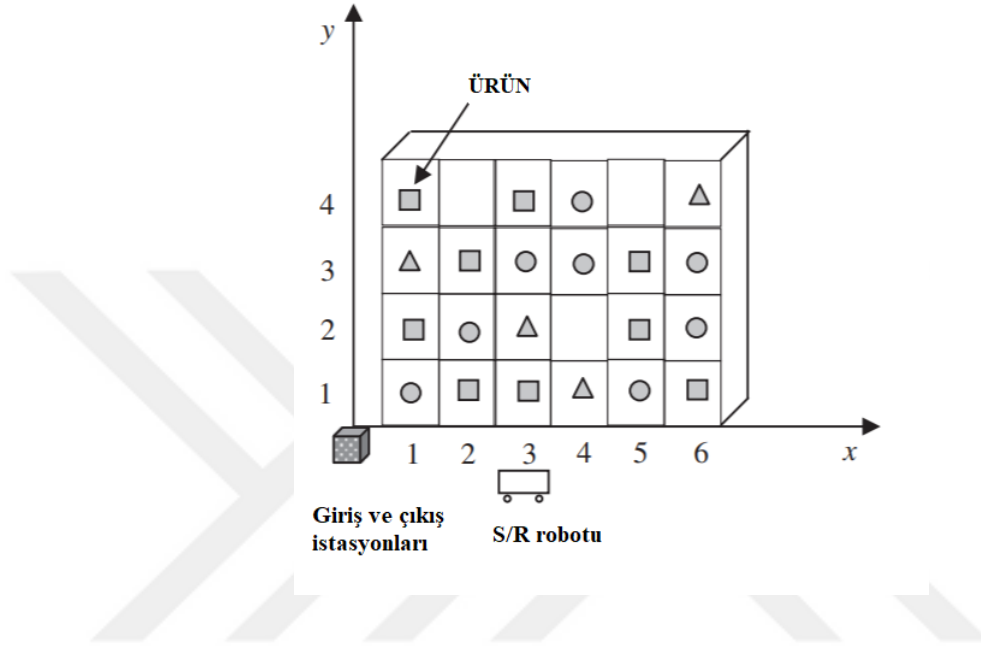
Supachai ve ark. (2018) depolama sistemi için prototip bir AS/RS sistemi tasarlamışlardır. Yazarlar diğer çalışmalardan farklı olarak depolama alanından tasarruf etmek için farklı bir algoritma geliştirmişlerdir. Farklı ürünleri ayırmak için kullandıkları rafları küçük slotlara ayırarak ürünleri çeşidi ve boyutuna göre sınıflandırmış ve boş olan slotlara yerleştirerek alandan tasarruf sağlamışlardır. Tasarladıkları 3 eksenli prototipi kullanabilmek için PLC kullanmış ve sistemin katlara geldiğini anlamak için mekanik anahtar kullanmışlardır.



Şekil 3.4. Çift komut döngüsünün yaklaşım döngüsü

Hachemi ve ark. (2012) benzer tipteki ürünlerin farklı raflarda olduğu ve boş rafların bir kümesinin oluşturulduğu sıralama problemine yeni bir yaklaşım getirmişlerdir. Çevrim sürelerinin minimuma taşınmasının ön planda olduğu bir sıralama üzerine çalışmışlardır. Depolama ve boşaltma taleplerine göre depolanacak ve boşaltılacak olan ürünlerin minimum çevrim süresinde elde edilebilmesi ve bu çevrim yollarının

oluşturulabilmesi için adım adım kontrol edilen bir optimizasyon yöntemi geliştirmişlerdir. Depolama istekleri ilk giren ilk çıkar kuralına ve boşaltma isteklerinin sırasına göre hesaplanmaktadır (Soyaslan, 2012). Hachemi ve arkadaşlarının mini yük AS/RS şekil 3.5'te verilmiştir.



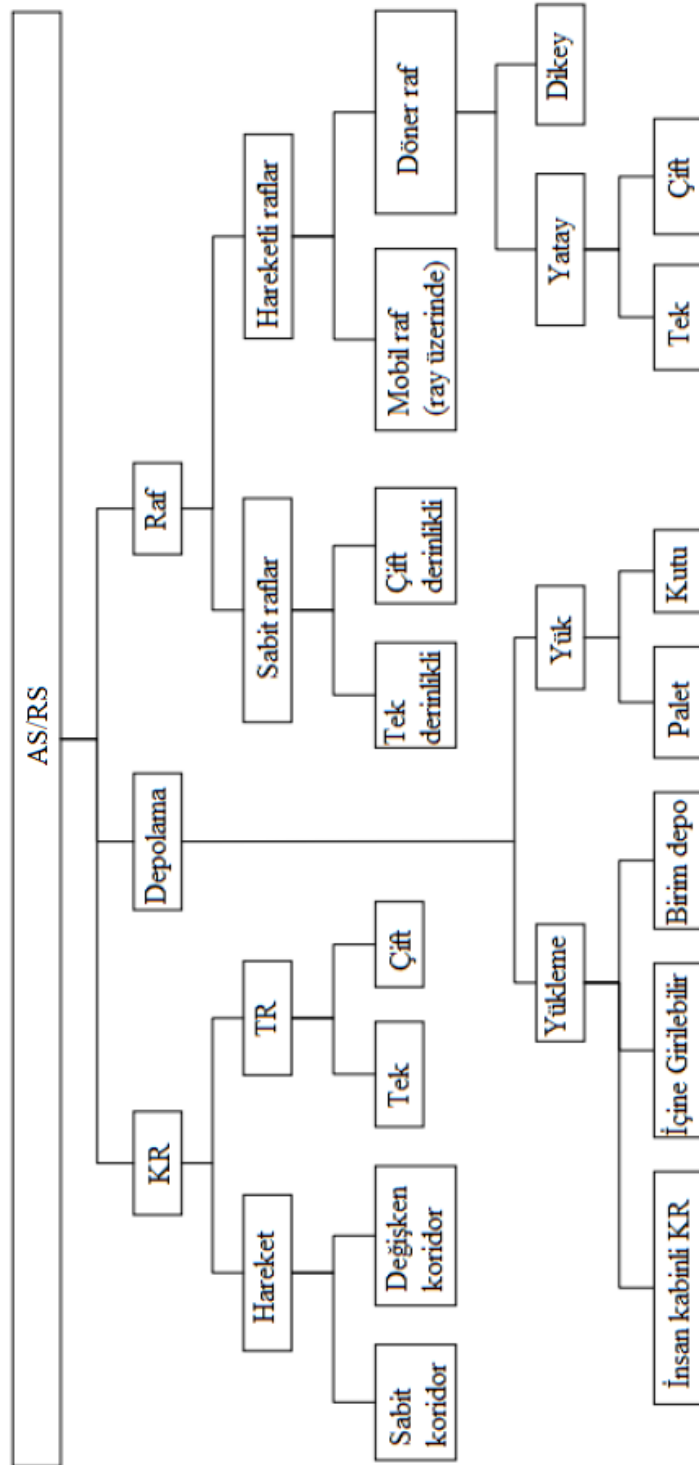
Şekil 3.5. Mini Yük AS/RS (Hachemi ve ark.)

Roodbergen ve Vis (2009), Otomatik depolama ve boşaltma sistemleri üzerine yapılmış çalışmalarını incelemişlerdir. Depo yerlerinin belirlenmesi, çevrim zamanı tahmini, sistemlerin konfigürasyonu gibi pek çok problemi incelemişlerdir. Piyasada artan ihtiyaçlar karşılanamamakta ve artan rekabet koşullarında zaman kayıplarının ve maliyetlerin fazla olması gibi sebeplerle kendi AS/RS sistemlerinin tasarım ve kontrolünden bahsetmişlerdir. Bekleme noktalarının yerlerinin belirlenmesi ve istenilen ürünün çağırılması gibi isteklerde karşılaşılan problemleri ayrıntılı bir şekilde ele almışlardır. Tablo 3.1.'de Otomatik depolama ve boşaltma sistemlerinin seçiminde dikkate alınması gereken tasarım ölçütlerine yer verilmiştir.

Tablo 3.1. Roodbergen ve Vis'e göre AS/RS seçiminde dikkate alınması gereken tasarım ölçütleri (Soyaslan,2012).

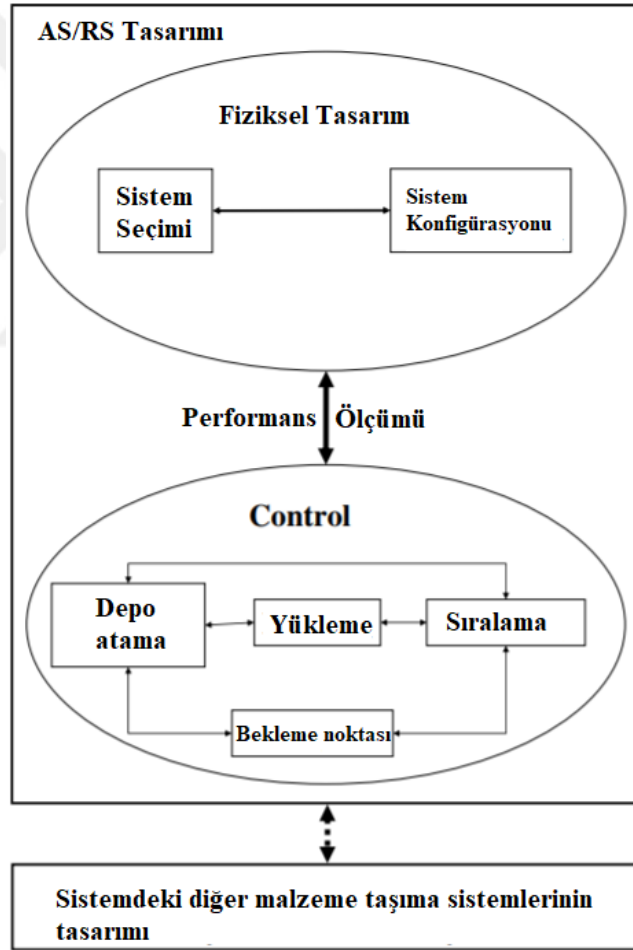
| Problem Türü              | Karar verilmesi gereken tasarım ölçütleri                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sistem konfigürasyonu     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Koridor sayısı</li> <li>- Raf yüksekliği</li> <li>- Koridor uzunluğu</li> <li>- Eşit uzunluklu veya modüler depolama alanları</li> <li>- Giriş- çıkış istasyonlarının sayısı ve yeri</li> <li>- Giriş- çıkış istasyonlarının kapasitesi</li> <li>- Depolama başına düşen Depolama- Boşaltma aracı</li> </ul> |
| Depo yerinin belirlenmesi | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Depo yerinin belirlenmesi metodu</li> <li>- Depo bölümlerinin sayısı</li> <li>- Depo bölümlerinin yerlerinin belirlenmesi</li> </ul>                                                                                                                                                                         |
| Depolama                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Depolama tipi (Statik veya dinamik)</li> <li>- Depolama boyutu (Kapasite veya zaman tabanlı)</li> <li>- Depolama isteklerinin sıralanması kuralının seçimi</li> </ul>                                                                                                                                        |
| Sıralama                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sıralama ölçütleri</li> <li>- İşlem tipi (Tek veya çift komutlu)</li> <li>- Programlama yaklaşımı</li> <li>- Sıralama methodu</li> </ul>                                                                                                                                                                     |
| Bekleme yeri              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Yerleşim tipleri</li> <li>- Koridor başına düşen Depolama-Boşaltma aracının bekleme yerinin seçimi</li> </ul>                                                                                                                                                                                                |

AS / RS'ler için çok sayıda sistem seçeneği mevcuttur. Temel versiyondaki raflar sabit ve tek derinliklidir, yani her yüke doğrudan vinç tarafından erişilebilir. Bu AS / RS tipi, tek bir birim yük koridoru olan AS / RS olarak adlandırılır. Bu temel AS / RS'de çok sayıda varyasyon vardır. Ana seçeneklere genel bir bakış şekil 3.5'de sunulmuştur.



Şekil 3.6. AS/RS özelliklerinin sınıflandırması (Roodbergen ve Vis, 2009)

AS/RS'ler genellikle bir depoda bulunan birçok sistemden sadece birisidir. AS/RS'nin gerçek performansı, diğer sistemlerin AS / RS'den etkilenen performansları gibi diğer sistemlerden de etkilenmektedir. Yükler AS / RS tarafından I/O noktasına toplanır ve indirilir. Örneğin, I/O noktasından deponun geri kalanı ile bağlantı kurmak için bir konveyör sistemi veya bir araç setinden faydalanılabilir. Sistemdeki gecikmeler, diğer sistemlerde de gecikmelere neden olabilir. Ayrıca, AS/RS gereksinimleri sistemin genel ortamına bağlı olabilir. Üretim ortamlarında, AS/RS'lerin üretimin devam edebilmesi için gerekli olan tüm malzemelerin zamanında sağlaması gerekmektedir. Şekil 3.6'te Roodbergen ve Vis'ın AS/RS tasarım şeması verilmiştir.



Şekil 3.7. Roodbergen ve Vis'ın AS/RS tasarımı

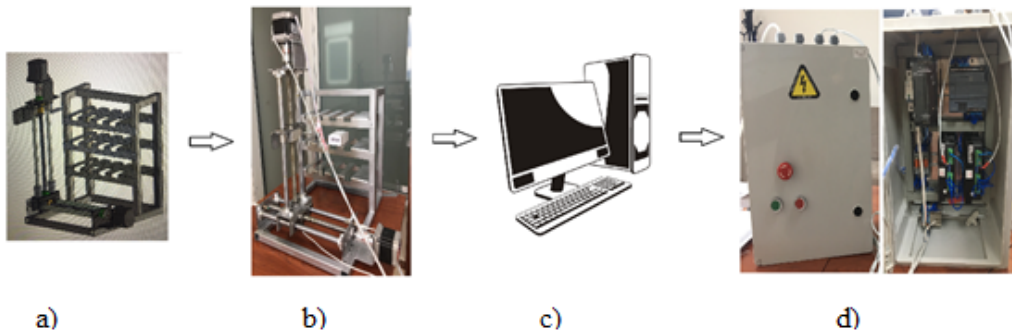
Gu ve ark. (2010), depo tasarımı, performans değerlendirmesi, yapılan çalışmalar üzerine detaylı bir araştırma yapmışlardır. Bu çalışmada, geçmişteki ambar operasyonları üzerine yapılan akademik çalışmaları sistematik bir şekilde sınıflandırmışlardır. Bu çerçevede, her bir araştırma alanı önceki araştırma alanları ile kıyaslanarak tartışılmış ve gelecekteki potansiyel araştırmaların sınırlarının neler olabileceği tahmin edilmiştir. (Soyaslan, 2012). Gu ve ark. Tablo 3.2’de, yapılmış olan çalışmaları, bu çalışmaları kimlerin yaptığını ve çalışma tiplerini kıyaslanmışlardır.

Tablo 3.2. Gu ve ark. Literatürde yapılan uygulamalar üzerine çalışmaları (Soyaslan,2012)

| Literatür                     | Çalışılan konular                                                                          | Depo tipi                                        |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Cormier ve Kersey (1995)      | Kavramsal tasarım                                                                          | Çabuk bozulabilen mallar için bir ambar          |
| Yoon ve Sharp (1995)          | Kavramsal tasarım                                                                          | Zamanında olması gereken işlemler için           |
| Zeng ve ark. (2002)           | Depolama yeri atama;<br>Depo boyutlandırılması;<br>Depolama ve sipariş toplama öncelikleri | Sipariş toplama sistemi                          |
| Kallina ve Lynn (1976)        | COI (Conflict of Interest) kuralı kullanarak depolama yeri ataması                         | Dağıtım merkezi                                  |
| Brynzer ve Johansson (1995)   | Süreç akışı; istifleme, bölge toplama                                                      | Dağıtım merkezi                                  |
| Burkard ve ark. (1995)        | DBA yönlendirme                                                                            | Montaj hatları için ürün birleştirme sistemleri  |
| Van Oudheusden ve ark. (1988) | Depolama yeri atama; istifleme; yönlendirme                                                | ODBS’de farklı koridorlar için bir KR seçimi     |
| Dekker ve ark. (2004)         | Depolama ve yönlendirme süreçleri                                                          | Entegre çelik fabrikasında operatör kabinli ODBS |
| Luxhoj ve Skarpness (1986)    | insangücü planlaması                                                                       | Dağıtım merkezi                                  |
| Johnson ve Lofgren (1994)     | Simülasyon analizleri                                                                      | Dağıtım merkezi                                  |

## BÖLÜM 4. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma kapsamında, otomatik depolama ve boşaltma sisteminin prototip tasarımı bir CAD programı aracılığıyla yapılmıştır. Tasarlanan sistem Şekil 4.1’de görülmektedir. Sistemde aktüatör elemanları olarak GMT firması tarafından üretilen GSTM8618-080-842 step motorları ve GMT firmasına ait olan GSTD - 2542 motor sürücülerini kullanılmıştır. Gelen ürünün bilgisi, şekil 4.2’de verilmiş olan Logitech C270 HD kamera ile tespit edilmiş ve National Instruments firmasının geliştirdiği LabVIEW programı aracılığıyla işlenerek özellikleri belirlenmiştir. Proje kapsamında satın alınan PLC S7-1214 DC/DC/DC kontrol kartı, X ve Y eksenlerinde kullanılan step motorların bilgisayar üzerinden doğrudan kontrol edilmesine imkân sağlamıştır. Z ekseninin hareketi için Pnömatik piston kullanılmıştır. Motorların beslemesi maksimum 24V-10A çıkış verebilen harici bir DC güç kaynağı yardımıyla yapılmış ve sistem deneysel olarak gerçekleştirilmiştir. Otomatik depolama ve boşaltma sisteminin tasarımı, imalatı ve bilgisayar yazılımı ve kontrol ünitesi olmak üzere Şekil 4.1’de görüldüğü gibi dört ana kısımdan oluşmaktadır. Şekil 4.1’de sistemin blok yapısı verilmiştir.



Şekil 4.1. Otomatik depolama ve boşaltma sisteminin blok yapısı, a) Sistemin solidworks tasarımı , b) sistem prototipi, c) Sistem kontrolü, d) Sistem panosu

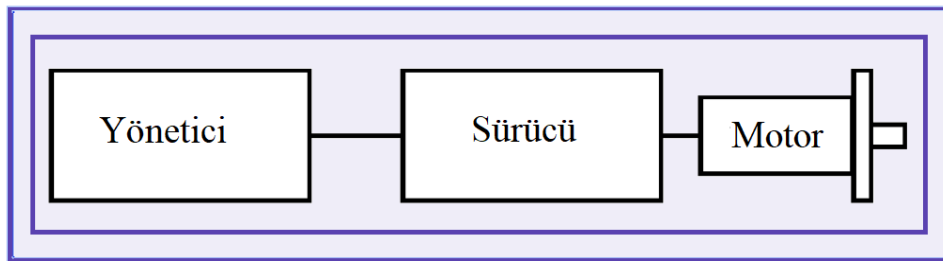


Şekil 4.2. Çalışmada kullanılan Logitech C270 kamera

#### 4.1.Step motor

Step motorlar, kademeli adımlarla hareket eden DC motorlardır. Gruplar halinde düzenlenmiş çoklu bobinleri bulunmaktadır. Her fazın sırayla enerjilendirilmesi motorun her seferinde bir adım dönmesini sağlamaktadır.

Bilgisayar, Plc veya mikroişlemci yardımı ile kontrol edilen step motorlarda konum, hız, dönüş yönü gibi değerleri anlık olarak elde etmek mümkündür. Step motorlar bu yönlerinden dolayı genellikle çok hassas konum kontrolü gerektiren yerlerde tercih edilmektedir.



Şekil 4.3. Step motor sistemi

#### Step motorların avantajları;

- Defalarca kez çalıştırılmaya müsaittirler.
- Kademeli motorlar, çeşitli uygulamalarda esneklik sunmaktır. Kademeli motorun tasarımı, motorun çalışmasına gerek kalmadan sabit bir tutma torku sağlamaktadır.
- Basit bir mekanik yapıya sahiptirler ve bakıma ihtiyaç duymazlar.
- Kontrolleri kolaydır.
- Servo motorlara göre daha basit ve daha az masraflıdır.
- Dönme fırçası bulunmadığından güvenilirlerdir.
- Doğrudan şafta bağlı bir yük ile çok düşük hızlarda senkronize dönüşler elde etmek mümkündür.

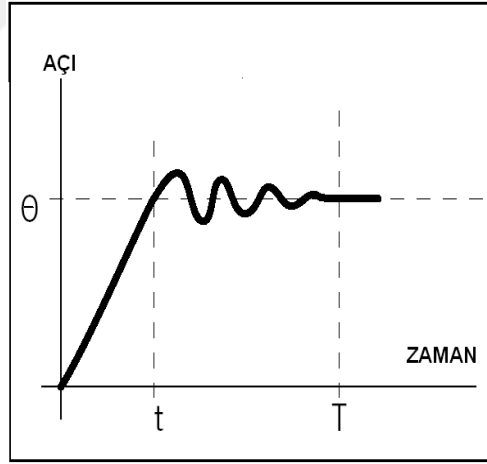
#### Step motorların dezavantajları;

- Düşük verimlilik motorların düşük verimlilik sağlamasıdır.
- Adım açıları step motorlarda sabit olması sebebiyle alınan hareketler darbeli olabilmektedir.
- Step motorlar düşük tork/atalet oranına sahip olduklarından yetenekleri sınırlıdır.
- Aşırı yükleme sonucunda, açık döngülü kontrolde konum hatası meydana gelebilir (Öztürk F, 2014).
- Yüksek hızlarda çalışmada zorlanabilmektedirler.

## 4.1.1. Step Motorlara Ait Önemli Parametreler

### 4.1.1.1. Adım tepkisi (cevap süresi)

Motora uygulanan giriş darbeleri ile çıkış hareketi arasındaki senkronizasyonu bozmamak için, sürme esnasında iki darbe arasındaki süre, cevap süresinden daha kısa olmamalıdır (Erdal H.,2008). Bu cevap süresinin azaltılması, step motorun adımlarını hızlandıracaktır. Step motorlarının kontrolünde, adım tepkisi (cevap süresi)'nin iyileştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Rotor konumunun zamana göre değişimi “tek adım tepkisi” olarak tanımlanır. Motorun girişine bir komut sinyali uygulandıktan sonra motorun adımlara cevap vermek için gerekli olarak aldığı zamana (T) “tek adım tepkisi”, “adım tepkisi” ya da “cevap süresi” denir (Erdal H.,2008). Şekil 4.4'te step motorun adım tepkisi grafiği verilmiştir.



Şekil 4.4. Step motorun adım tepkisi grafiği (Öztürk F., 2014)

#### 4.1.1.2. Adım açısı (Step Angle)

Adım açısı ilgili stator kutup sargısına enerji uygulandığında rotorun döndüğü açıdır (Erdal H., 2008). 360° dönebilen step motorlarda adım açısının ( $Q_s$ ) elde edilebilmesi için faz sayısının ( $N_s$ ) ve motordaki rotorun kutup sayısının ( $N_r$ ) bilinmesi gereklidir (Denklem 4.1).

$$Q_s = \frac{|N_r - N_s|}{N_s \cdot N_r} \cdot 360^\circ \quad (4.1)$$

Step motorlarda adım sayısının ( $S$ ) bulabilmesi için bir adımın açısını ( $Q_s$ ) bulmak gerekmektedir (Denklem 4.2).

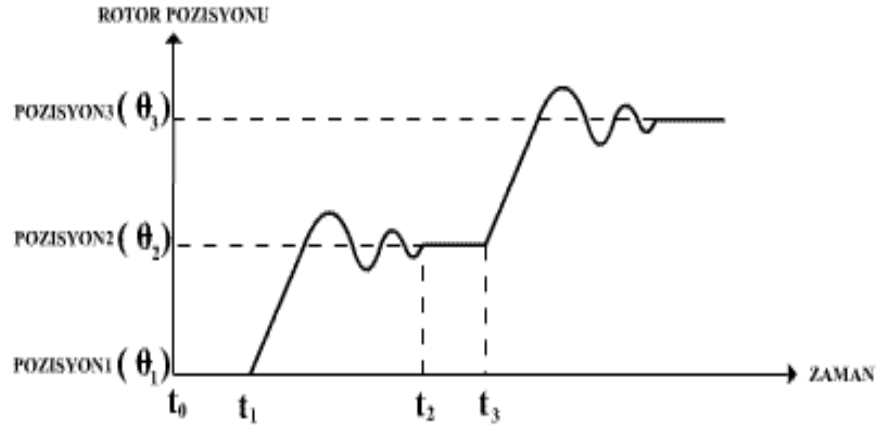
$$S = \frac{360^\circ}{Q_s} \quad (4.2)$$

#### 4.1.1.3. Adım açısı doğruluğu (Step Angle Accuracy)

Doğruluk parametresi, rotorun yaptığı her bir adımdaki hata miktarının yüzde olarak gösterim şeklidir. Tasarım ve üretimi yapılan parçaların boyutları ile motorun adım konumu belirlenir (Öztürk F., 2014). Rotorun gerçek hızı, step motorun adım hızına ve adım açısına bağlıdır.

#### 4.1.1.4. Aşma (Overshoot)

İlgili stator kutup sargısı enerjilendirildiğinde, rotorun harekete başlayıp stator kutup eksenine geldiğinde durması adım motorundan istenen çalışma biçimidir. Ancak, rotor kayda değer bir hızla hareket ediyorsa, rotor stator kutbunun eksenine geldiğinde duramaz, bir miktar ileri geçer, buna “aşım” (overshoot) denir (Erdal H., 2008). Şekil 4.5’de aşım grafiği vermiştir.



Şekil 4.5. Step motor aşım grafiği (Erdal H,2008)

#### 4.1.1.5. Step motorun moment parametreleri

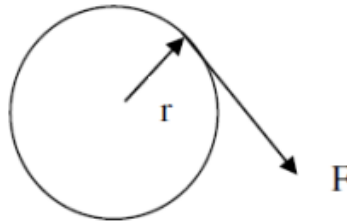
Elektrik devrelerinde kaynak akü iken, mekanik sistemlerde moment kaynağı motorlardır. Motor mili, moment etkisinde dönmeye zorlanır. Motorun milinden alınan devir arttıkça motorun verdiği moment düşer (Yılmaz, 2007). Motorlarda, açısal hız ile momentin çarpımını bize mekanik gücü vermektedir.

M momenti temsil etmektedir;

$$M = F \times r$$

(4.3)

Şekilde ifade edilir.



Şekil 4.6. Step motorun dönme momenti

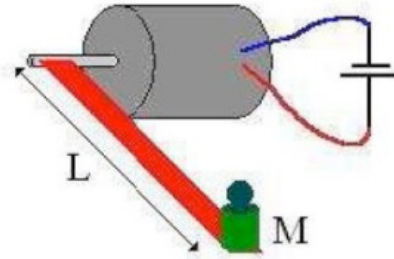
Momentin büyüklüğü, motorun gücü ile orantılıdır. Sabit güç altında hız artarken, itme kuvveti düşer ve dolayısıyla momentte düşer (Öztürk F, 2014).

### **Enerjisiz tutma momenti (Detent tourque)**

Motor enerjisiz iken rotor-stator dişlerindeki etkileşimden dolayı oluşan moment demektir. Diğer bir ifadeyle sargılara besleme gerilimi uygulanmıyorken, adım motorunun milini döndürmek için gerekli olan maksimum moment miktarıdır (Erdal H., 2008).

### **Enerjili tutma momenti (Holding tourque)**

Holding Torque, “tutma torku” ya da “statik tork” olarak da bilinir. Sargılardan sadece birisinden nominal değerde akım akıtılıyorken milden alınan tork demektir. Diğer bir ifadeyle enerjili halde motor duruyorken üretilen maksimum tork miktarıdır (Erdal H., 2008).



Şekil 4.7. Tutma momentinin ölçülmesi (Öztürk,2014)

Çubuk boyunun L ve Kütle ağırlığının M olması durumunda;

$$\text{Tutma Torku} = L \times M \times 9,81 \quad (4.4)$$

$$(\text{Nm}) = (m) \times (\text{Kg}) \times (\text{N/Kg}) \text{ (Yerçekimi ivmesi)}$$

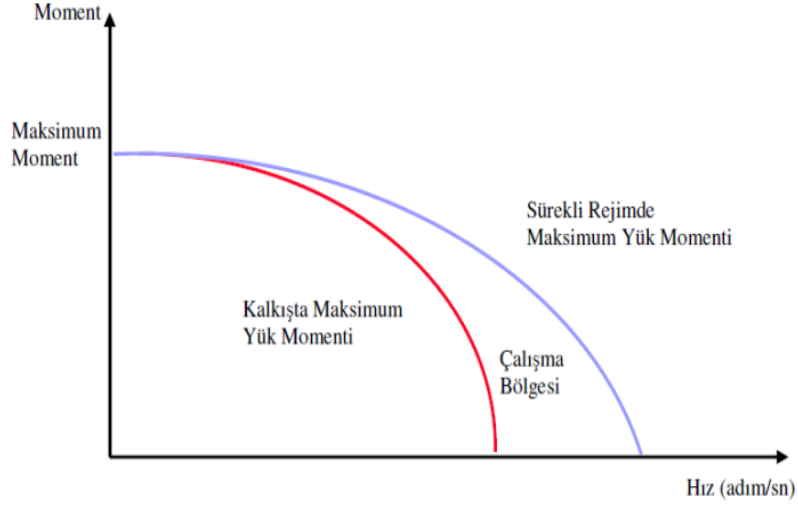
Şeklinde gösterilebilir.

### Kalkıştaki maksimum yük momenti (Pull-in torque)

Özellikle açık döngülü sistemlerde duran bir sistemi istenen pozisyona getirebilmek için motora uygulanan uyarım darbelerinin motor tarafından hiç kaçırılmadan takip edilmesini sağlamak çok önemlidir. Fakat uygulanan uyarım sinyallerin sıklığı, motorun miline bağlı yükü sıfır hızından itibaren kaldırıp hızlandırmasına izin vermeyebilir. Bu yüzden adım motorları için, kalkışta maksimum yük momenti eğrileri tanımlanır (Erdal H.,2008).

### Sürekli rejimdeki maksimum yük momenti (Pull-Out Torque)

Kalkıştan sonraki yük momenti olarak adlandırılabilir. Bu parametre motor hızına bağlı olarak değişmektedir ve sürekli rejimde maksimum yük momenti eğrisinden bahsedilir.

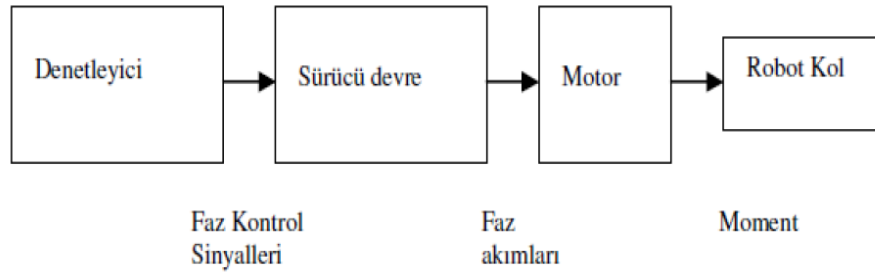


Şekil 4.8. Sürekli Rejimdeki Maksimum Yük Momenti Eğrisi

## 4.1.2. Step motorların denetimi

### 4.1.2.1. Açık döngülü denetim

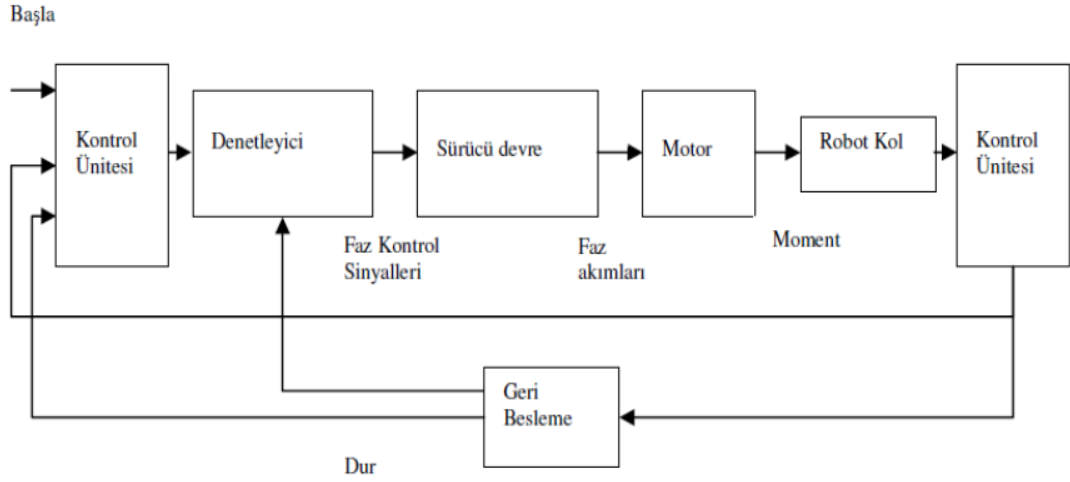
Açık döngülü denetim sistemlerinde; denetleyici tarafından üretilen sayısal kontrol sinyalleri, sürücü devre tarafından da yükseltilerek step motorun sargılarına uygulanır (Öztürk F, 2014). Denetleyici olarak sistemde Plc, mikroişlemci ya da bilgisayarlardan faydalanılabilir. Bu denetleyicilerin esneklik özelliğine sahip olmaları sebebiyle aynı denetleyici ile farklı step motorların kontrolü gerçekleştirilebilir. Kontrolü sağlanacak bu step motorların faz sayısı birbirlerinden farklı olabilir. Motorun cinsi ve yükün durumuna göre denetleyici tasarlanmalıdır (Yılmaz, 2007). Şekil 4.9’da açık döngülü denetim şeması gösterilmektedir.



Şekil 4.9. Açık döngülü denetim şeması

### 4.1.2.2. Kapalı döngülü denetim

Kapalı döngülü denetim sistemlerinde, ani rotor konumu tahmin edilir ve denetim birimine iletilir. Sistemde her adım için, bir önceki adımda gerçekleşen bilginin alınması gerekmektedir. Böylelikle motor ile denetleyici arasında herhangi bir adım kaybı yaşanmamaktadır (Öztürk F, 2014). Şekil 4.10’da step motorun kapalı döngülü denetim şeması gösterilmektedir.

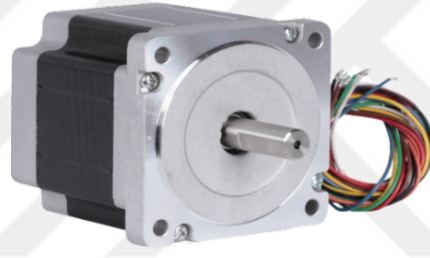


Şekil 4.10. Step motorun kapalı döngülü denetim şeması (Öztürk F, 2014)

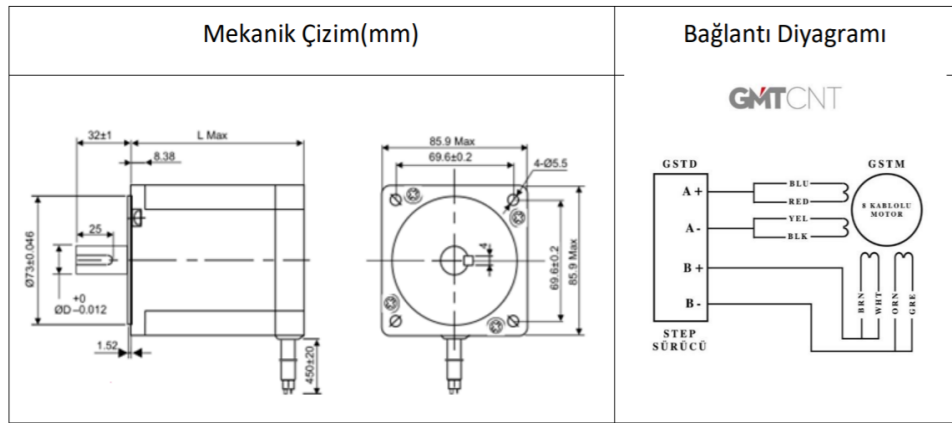
Sistemin çalışmaya başlayabilmesi için sisteme öncelikle başla komutu verilir. Verilen bu komutlarına bağlı olarak çalışan step motor, adım hareketi yapmaya başlar. İlk adım tamamlandığında konum sezici ile geri sayıcı, denetim birimlerini uyardığından geri sayıcı değeri önceki değerinden bir azalır. Aynı denetim açık döngülü şekilde yapıldığında; geri sayıcı, adım komutlarının sayısını hafızaya alır fakat komutun çalışıp çalışmadığı bilinmemektedir (Yılmaz,2007). Hız ayarlaması sistemdeki yüke göre yapılmaktadır ve motor istenilen konuma gelinceye dek bu işlemler tekrarlanır. Motor istenilen konuma geldiğinde, sistem dur komutu ile uyarılmaktadır. Bunun amacı yeni işlem basamağı oluşmasını engellemektir. Kapalı döngü sisteminde ise, step motorun yük durumu göz önüne alınarak uyarım süreleri ayarlanır ve en uygun hız profili seçilerek sistem çalıştırılır (Yılmaz,2007).

## 4.2. GSTM8618-080-842 Step Motor ve Özellikleri

GSTM8618-080-842 step motorlar, sistemde 2 eksen hareketini sağlayan elemanlar olduklarından gerilim ve akım beslemeleri, adım sayıları ve tork değerleri gibi parametreleri sistem açısından oldukça önemlidir. Step motorların yapıları rotor, stator ve rulmanlardan oluşmaktadır. Elektronik anahtarlar aracılığıyla bobinlere verilen enerji ile rotor, üzerinde enerji olan bobinin karşısına geçerek durur. Bobinlere sırasıyla verilen pals ile motorun ne kadar döneceği belirlenir. Bu dönme açısı step motorda değişkendir Çalışmada kullanılan bu motorlardan 2 adet kullanılmış olup motorlar Şekil 4.2’de teknik resimleri, Şekil 4.3’te ve motor özellikleri Tablo 4.1’de gösterilmiştir.



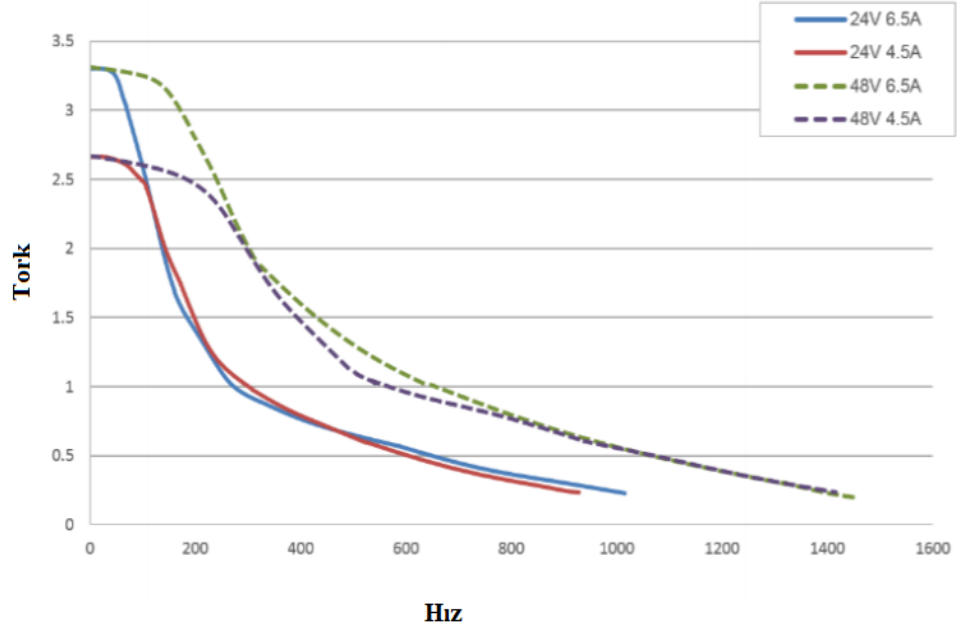
Şekil 4.11. GSTM8618-080-842 step motor



Şekil 4.12. Çalışmada kullanılan step motorların teknik resmi

Tablo 4.1. GSTM8618-080-842 step motor özellikler tablosu

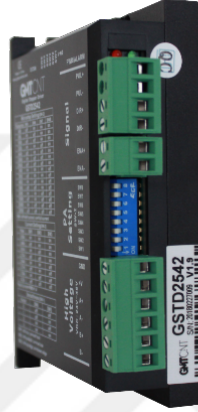
|               |                        |
|---------------|------------------------|
| Uygun Sürücü  | GSTD2860               |
| Nominal Tork  | 4.5Nm                  |
| Nominal akım  | 4.2A                   |
| Rotor Ataleti | 1400 g-cm <sup>2</sup> |
| Adım Açısı    | 1.8                    |
| Kablo Sayısı  | 8                      |
| Uzunluk       | 80mm                   |
| Ağırlık       | 2.3kg                  |



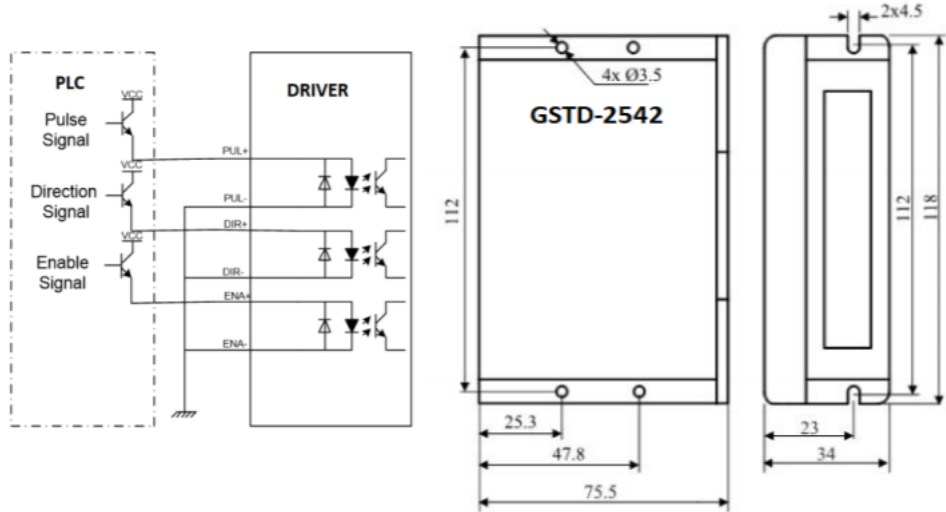
Şekil 4.13. Step motorun tork-hız grafiği (servotronix, 2019)

#### 4.2.1.GMT GSTD-2542 step motor sürücü ve özellikleri

GSTM8618-080-842 step motorlarını sürbilmek için bu motorlarla uyumlu olarak yine aynı firma tarafından üretilen motor sürücüler kullanılmıştır. Toplamda iki adet kullanılan, x ve y eksenlerinin hareketini sağlayan motorların sürücüleri şekil 4.3'te özellikleri ise tablo 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4.14. Çalışmada kullanılan step motor sürücüler



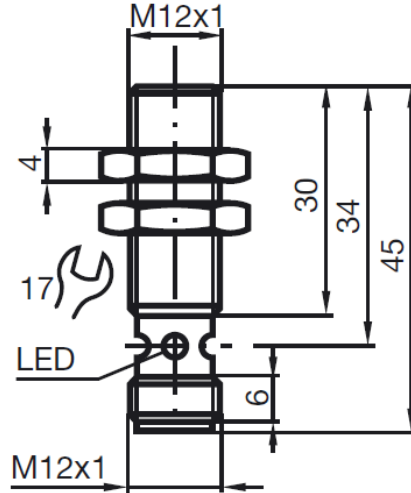
Şekil 4.15. Çalışmada kullanılan step motor sürücülerin teknik resimleri

Tablo 4.2. GSTD-2542 step motor sürücü özellikleri tablosu

|                    |                      |
|--------------------|----------------------|
| Besleme            | 24 ~ 48 VDC          |
| Pik Akımı          | 4.2A                 |
| Lojik Input Akımı  | 16mA                 |
| Giriş Frekansı     | 200kHz               |
| Soğutma Yöntemi    | Doğal Hava soğutmalı |
| Çalışma Sıcaklığı  | 0°C ile +80°C arası  |
| Depolama Sıcaklığı | -10°C ile 80°C arası |
| Ağırlık            | 0.26kg               |

### 4.3. NBB4-12GM30-E2-V1 Endüktif sensör

Tasarlanan AS/RS'nin ilgili raflara ürün yerleştirilebilmesi ve alabilmesi için x ve y eksenlerine lineer bilyalı mil mekanizması yapılmıştır. Sistemin bu mil üzerinde hareket edeceği limitleri belirlemek amacıyla Pepperl Fuchs firmasına ait algılama mesafesi 4 mm silindirik endüktif sensör kullanılmıştır. Sistemde dört adet sensör kullanılmış olup teknik resmi şekil 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.16. Çalışmada kullanılan endüktif ölçüleri

#### 4.4.PLC (Programmable Logic Controller)

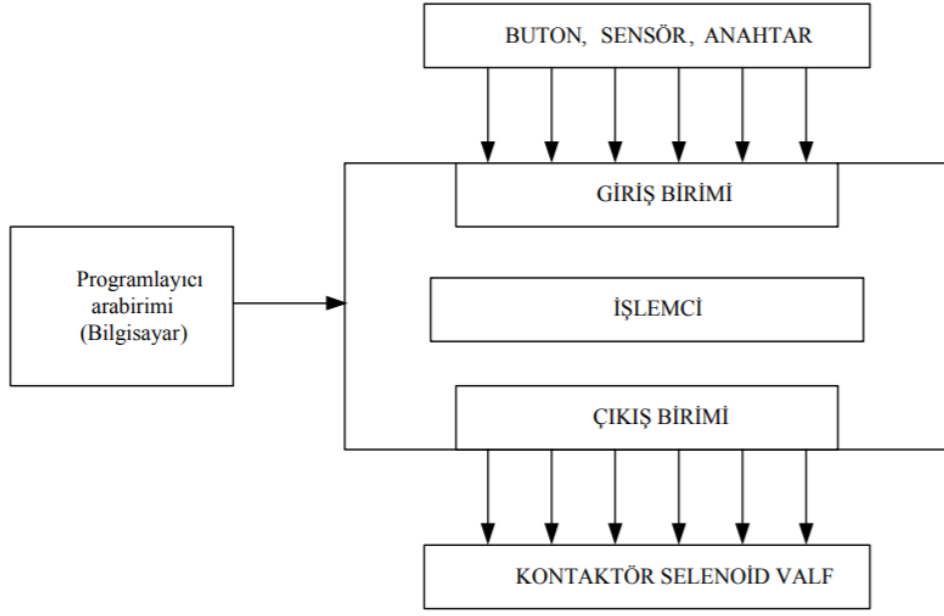
Otomatik depolama ve boşaltma sisteminin hareketini sağlayan step motorların kontrolü belirlenmiş olan kontrol algoritmasına, bilgisayardan verilen iş emrine ve robotların konum bilgisine göre sürücü aracılığıyla PLC üzerinden sağlanmaktadır.

Günümüz endüstri sektöründe hemen hemen her alanda el değmeden üretim sürecine geçilmiştir. Bu üretimlerin büyük bir kısmının otomasyonunda PLC'ler aktif olarak kullanılmaktadır. PLC, "Programmable Logic Controller" kelimesinin baş harflerinin kısaltılmasından oluşmaktadır.

Endüstriyel otomasyon sistemlerinin kumanda ve kontrol devrelerini gerçeklemeye uygun yapıda giriş / çıkış birimleri ve iletişim arabirimleri ile donatılmış, kontrol yapısına uygun bir sistem programı altında çalışan bir endüstriyel bilgisayardır (Çolak ve ark.,2007). PLC'ler endüstriyel otomasyon sistemlerinde doğrudan kullanıma uygun özel giriş ve çıkış birimleri ile donatılmışlardır. Girişe basınç, seviye, sıcaklık algılayıcıları ve buton gibi iki değerli lojik bilgisi taşıyan elemanlar, çıkışa ise kontaktör, selenoid valf gibi kumanda devre elemanlarının sürücü elemanları doğrudan bağlanabilmektedir.

Şekil 4.17'de görüldüğü gibi bir PLC temel olarak;

- Bir sayısal işlemci bellek,
- Giriş ve çıkış birimleri,
- Programlayıcı birimi,
- Besleme güç kaynağı gibi temel kısımlardan oluşmaktadır (Çolak ve ark.,2007).



Şekil 4.17. PLC basit yapısı (Çolak ve ark.,2007).

PLC'ler, kompleks otomatik kontrol sistemlerinin gelişimine katkı sağlamakta ve bu sistemlerin çözümüne büyük kolaylık sağlamaktadır. Bilgisayar komutlu PLC sistemlerinde; kumanda teknolojisi ile bilgisayar teknolojisi birleşmekte, matematiksel işlemler lojik olarak yapıp, daha sonra elektriksel kumanda sistemlerine çevrilerek kullanılmaktadır. Klasik kumanda sistemlerinde çok zor olan veya çözülemeyen otomatik kumanda sistemlerinin çözümü, PLC sistemlerinde kolaylıkla gerçekleştirilebilmektedir. PLC cihazının; kullanım, bakım kolaylıkları ve tamir gibi özelliklerinin olması bu cihazların kullanım alanını artırmaktadır (Çetin, 2004).

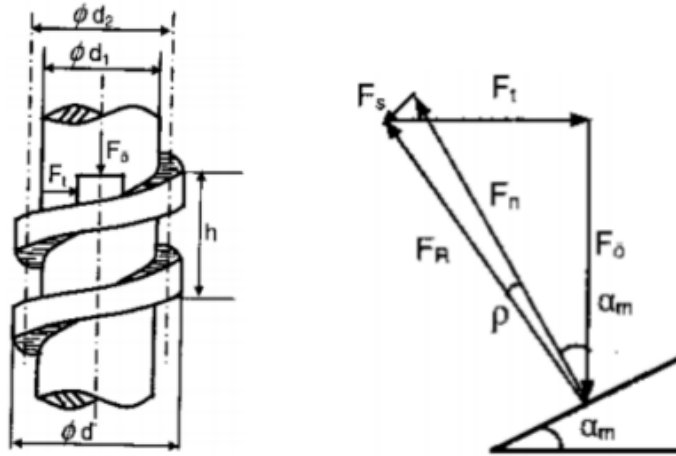
PLC'lerin kullanım alanları.;

- Havalandırma ve soğutma tesislerinde
- Paketleme ve ambalajlama tesislerinde
- Taşıma tesislerinde
- Petrol dolum ve yıkama tesislerinde
- Çimento sanayinde
- Klima ve asansör tesislerinde

- Aydınlatma ve vinç tesislerinde
  - İmalat, tarım, tekstil ve her türlü makinelerde
  - Elektro pnomatik-hidrolik sistemlerde
  - Robot tekniğinde
  - Otomobil endüstrisi
- Şeklinde sıralanabilir (Megep,2011).

#### 4.5. Hesaplamalar

Sistemde yer alan X ve Y eksenlerinin hareketi için kullanılan trapez mil hesabı aşağıda yer almaktadır.



Şekil 4.18. Mil hesabı

$$\tan \alpha_m = \frac{h}{\pi d_2} \quad (4.5)$$

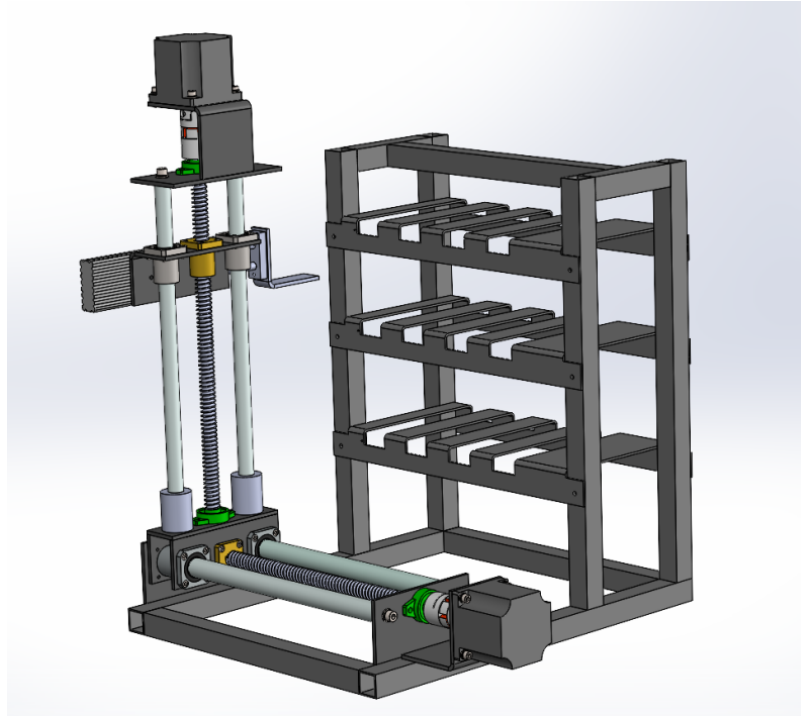
$$M_s = F_t \times \frac{d_2}{2} \quad (4.6)$$

$$M_s = F_{\acute{o}} \times \tan(\alpha_m + \rho) \times \frac{d_2}{2} \quad (4.7)$$

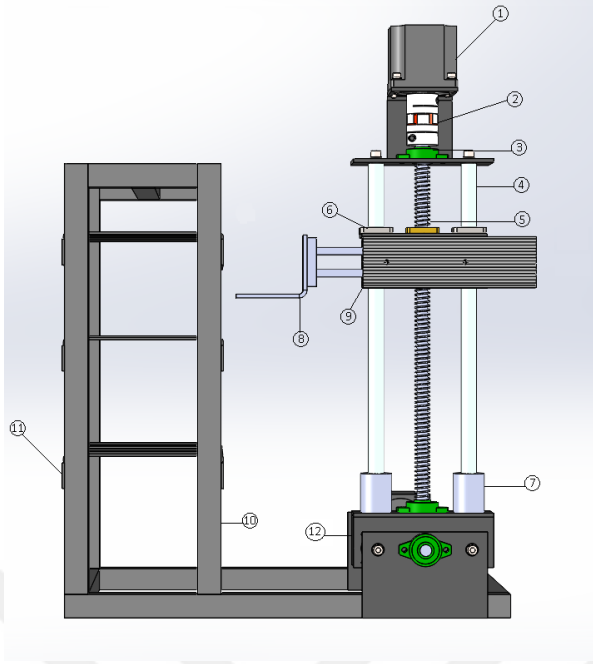
$$M_{motor} = M_s \times N \quad (4.8)$$

## BÖLÜM 5. DENEY DÜZENEĞİ VE GELİŞTİRİLEN YAZILIM

Bu bölümde tasarlanan otomatik depolama ve boşaltma sisteminin çalışmanın deney düzeneğinden bahsedilecektir. Sistem prototipi 3 satır ve 4 sütun olmak üzere toplam 12 istasyondan oluşmaktadır. Sisteme gelen ürünlerin ilk olarak kamera yardımı ile görüntüleri alınmış ve görüntü işleme teknikleri kullanılarak ürün üzerindeki barkodlardan veriler alınmıştır. Alınan bu veriler LabVIEW ortamında işlenmiştir. Ürünlerin ilgili istasyonlara götürülmesi PLC aracılığıyla motorların kontrol edilmesi ile sağlanmıştır. LabVIEW ile Tia Portal haberleşmesi NI OPC Server aracılığıyla Ethernet yoluyla sağlanmıştır. Bu çalışmada gerçekleştirilen AS/RS tasarımı Şekil 5.1’de ve prototipi Şekil 5.2.’de gösterilmiştir.



Şekil 5.1. Sistemin SolidWorks tasarımı



| PARÇA NUMARASI | PARÇALAR          | ADET |
|----------------|-------------------|------|
| 1              | Step Motor        | 2    |
| 2              | Kaplin            | 2    |
| 3              | Mil tutucu        | 4    |
| 4              | Trapez mil        | 2    |
| 5              | Krom mil          | 4    |
| 6              | Rulman            | 2    |
| 7              | Mil tutucu        | 2    |
| 8              | Gripper (Tutucu)  | 1    |
| 9              | Pnömatik Silindir | 1    |
| 10             | Gövde Profil      | 8    |
| 11             | İstasyon          | 3    |
| 12             | Endüktif Sensör   | 2    |

Şekil 5.2. Prototip alt sistem tasarımı

Otomatik depolama ve boşaltma sisteminin alt kısmında yer alan mekanik şase, üzerindeki tüm ağırlığı taşıyabilen ve aynı zamanda hareket kabiliyeti sağlayan eksenleri taşıyan bir yapıdır. Bu tez çalışmasında mekanik şase sistemi için Tablo 5.1’de yer alan materyaller kullanılmıştır;

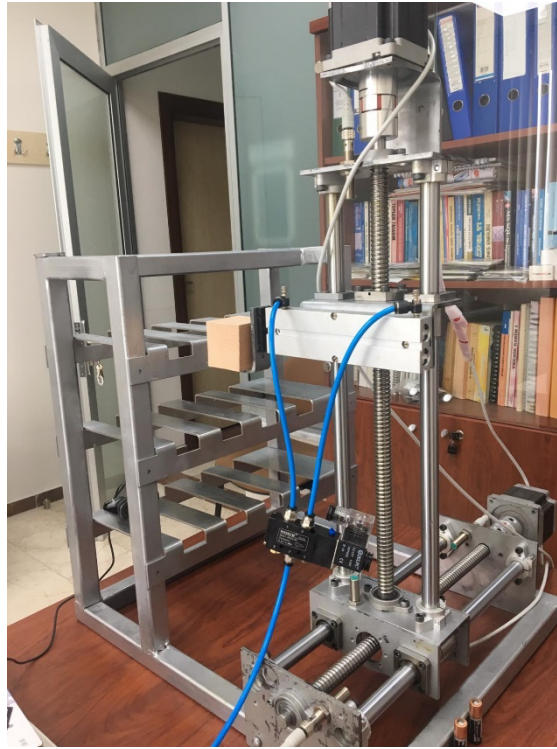
Tablo 5.1. Sistemde kullanılan malzemeler

| ADET   | MALZEME                            |
|--------|------------------------------------|
| 2 Adet | 400 mm 30x30x3mm kare profil       |
| 4 Adet | 520 mm 30x30x3mm kare profil       |
| 2 Adet | 570 mm 30x30x3mm kare profil       |
| 2 Adet | 30 mm 30x30x3mm kare profil        |
| 2 Adet | 500 mm 20 Φ Krom mil               |
| 2 Adet | 425 mm 20 Φ Krom mil               |
| 1 Adet | 500 mm 20 Φ Trapez mil             |
| 1 Adet | 425 mm 20 Φ Trapez mil             |
| 4 Adet | LMEK 20 UU Rulman                  |
| 8 Adet | SHF 20 UU Mil tutucu               |
| 2 Adet | SFU2005-4 Rulman                   |
| 2 Adet | GWS09 Kaplin                       |
| 4 Adet | NBB4-12GM30-E2-V1 Endüktif sensörü |

Tablo 5.1 devamı

|        |                                |
|--------|--------------------------------|
| 4 Adet | UFL 20 $\Phi$ Badem yatak      |
| 3 Adet | 460x280x3mm raf                |
| 2 Adet | 160x110x5 mm yan plaka         |
| 2 Adet | 90x85x5 mm motor braket        |
| 1 Adet | 80x90x5 mm tutucu plaka        |
| 1 Adet | 60x180x5 mm üst plaka          |
| 1 Adet | 130x160x5 mm üst bağlantı sacı |

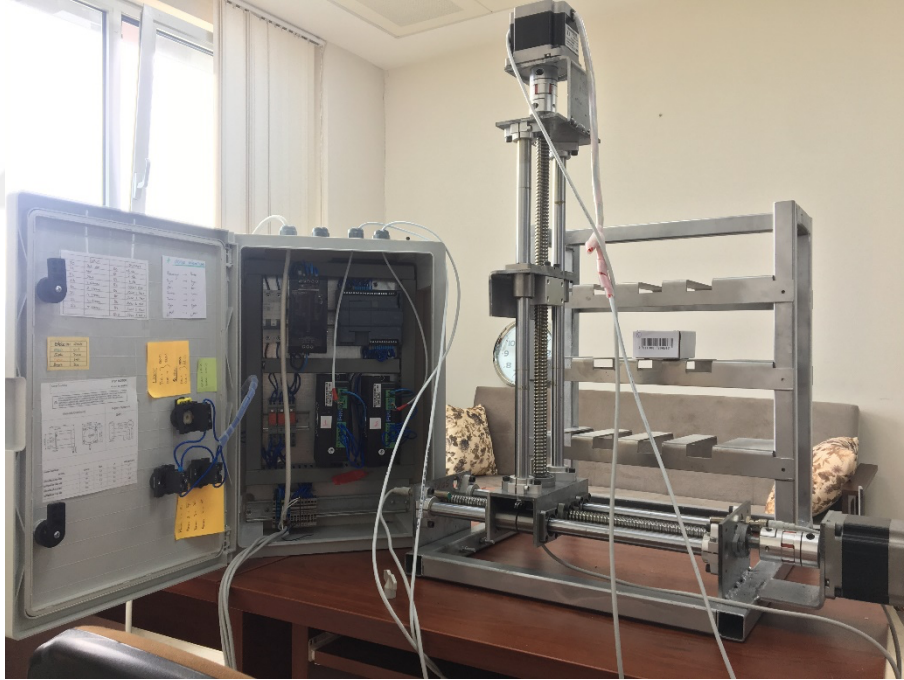
Birbirine paralel hizalanan dikeyde 570 mm 30x30x3mm boyutlarındaki 4 adet kare profil, arasına 30 mm 30x30x3mm boyutlarındaki 2 adet kare profil ile desteklenmiştir. 520 mm 30x30x3mm boyutlarındaki kare profiller ile sabitlenmiştir. Paralel sabitlenen profiller üzerine, 3 adet raf konularak sistem montajlanmıştır. 20  $\Phi$  boyutundaki millere sıkı geçme olan kaplin ile miller sabitlenmiştir. 90x85x5 mm boyutlarındaki motor braketleri ile step motorlar sisteme sabitlenmiştir. Tahrik edilen motorlar sayesinde x ve y düzleminde hareket elde edilmektedir. Şekil 5.3'de montajlanan sistem prototipi görülmektedir.



Şekil 5.3.AS/RS prototipi

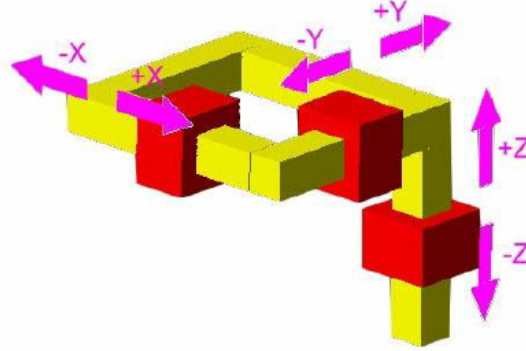
## 5.1.Kontrol Ünitesi

Sistemin kontrolünün sağlandığı PLC, motor sürücüleri, güç kaynağı, röleler ve sigortadan oluşan ünedir. PLC kontrol üniteleri; kumanda edilecek sistemin adımlarına ve bu adımlardaki kontrolleri otomatik olarak yerine getirebilecek şekilde tasarlanırlar. Sistem programındaki komutlarla izlenmesi gereken yolun referans noktaları belirlenmektedir. Kontrol ünitesi ile de algıladığı bu değerler üzerinden sistemin izlemesi gereken yolu ve yapılması gereken işlem basamakları verilmiştir. Programdan elde edilen bu veriler yardımıyla, motora uygulanması gereken hız, moment ve dönme miktarı kontrol ünitesi tarafından belirlenmektedir. Şekil 5.3'te sistem prototipi ile kontrol ünitesi görülmektedir.



Şekil 5.4.AS/RS prototipi ve kontrol ünitesi

Sistem 3 ekseninde hareket edebilmektedir. X ve Y eksenlerinin kontrolleri step motorlar, Z eksenin kontrolü pnömatik piston vasıtasıyla sağlanmıştır. Endüktif sensörler yardımıyla limitler kontrol edilmiş ve sistemin istasyon hattı içerisinde hareket etmesi sağlanmıştır. Yapılan çalışmada robotun üç ekseninde gidebileceği koordinatlar tespit edilmiş olup pozisyon bilgisine dönüşümü sağlanmıştır.



Şekil 5.5. Kartezyen koordinat sistemi (Öztürk,2014)

## 5.2. Veri Toplama

National Instruments firmasının geliştirmiş olduğu Labview programı, veri akışlarını animasyon şeklinde yansıtabilen, birçok ikon haline getirilmiş hazır fonksiyonları ile grafiksel programlamaya da imkân tanıyan, veri toplama amacıyla hazırlanan programlama dillerinden birisidir.







Çalışmada gelen ürünler üzerinde barkod okuma teknikleri uygulanarak ürünlerin ilgili istasyonlara yönlendirilmesi sağlanmıştır. Bu yönlendirme aşamasında barkodların içeriğinden elde ettiğimiz veriler belirleyici olmaktadır. Farklı türde barkodlar, büyüklük, renk, RFID gibi çeşitli belirleme teknikleri ile hazırlanan prototipte tek çeşit barkod üzerinde çalışılmamış, farklı türde barkodlarla da çalışabilen bir sistem tasarlanması amaçlanmıştır.

Günümüzde pek çok yerde kullandığımız görüntü işleme tekniklerini barkodlar ile yapılan kontrollerde de sıklıkla kullanılmaktadır. Bir kamera vasıtasıyla taranan barkodların içerisindeki veriler çözülür ve bu veriler sayesinde işlemler kolaylıkla

sağlanabilmektedir. Düşük maliyetli olması, kolay okunabilmesi ve günümüzde çok kullanılan bir yöntem olması nedeniyle barkod okuma yaygın olarak kullanılmaktadır.

Harf, rakam ve özel işaretlerden oluşan bir karakter grubunu siyah ve beyaz renk, inceli kalınlı çubukların bir dizgi halinde bir araya gelmesi yöntemi ile simgeleyen otomatik tanımlama ve veri toplama (OT/VT) teknolojisi olarak adlandırabiliriz (Öylek ve ark. 2014). Bir nevi kodlama görevi gören barkod çubukları, beyaz renklerin ışığı yansıtması, siyah renklerin ışığı emmesi mantığına dayanılarak taranır ve elde edilen sinyalin çözülmesi ile çubukların simgelediği karakterler elde edilir. Geleneksel olarak barkodlar sadece yatay düzlemde dikey olarak sıralanmış çizgilerden oluşurken ve yalnızca rakamları sembolize ediyorken, yeni sembolojiler tüm ASCII karakterlerine ek olarak alfa nümerik karakterleri, URL, SMS gibi eklentileri de sunmuştur. Tablo 5.2’de bazı barkod türlerine ait özellikler gösterilmiştir.

Tablo 5.2. Bazı barkod türlerine ait özellikler (Öylek ve ark., 2014).

| Barkod Adı | Görüntüsü                                                                           | Türü | Saklayabileceği Veri Türü                                | Saklayabileceği Veri Miktarı |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------|----------------------------------------------------------|------------------------------|
| EAN 13     |  | 1B   | 13 hane rakam                                            | 13 karakter                  |
| UPC E      |  | 1B   | 8 hane rakam                                             | 8 karakter                   |
| Cade 128   |  | 1B   | Metin, sayı, çeşitli fonksiyonlar, 128 farklı ASCII kodu | 128 karakter                 |
| QR Kod     |  | 2B   | 4464 alfa nümerik karakter, 7366 rakam, URL, SMS vb.     | 3069 bayt                    |
| PDF 417    |  | 2B   | 2710 rakam veya 1850 alfa nümerik karakter               | 1108 bayt                    |
| Datamatrix |  | 2B   | 3116 rakam, 2335 alfa nümerik karakter, URL, SMS vb.     | 1556 bayt                    |

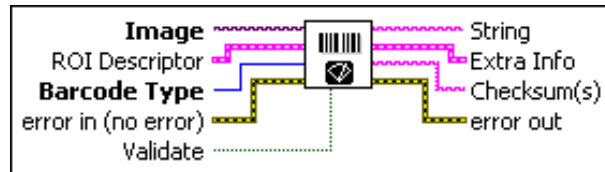


Şekil 5.6. Sistemde Kullanılan ürünler

Program geliştirme sürecinde Labview grafiksel arayüz programına ait araçlar kullanılmıştır. Bu amaçla kullanılan Labview programının çeşitli görüntü işleme ve analiz amaçlı ek modülleri kullanılmıştır Labview programının Vision Acquisition modülü kullanılarak kameradan direk görüntü alınmaktadır. Veri toplama olarak da adlandırılan bu işlem ile elde edilen görüntülerde yer alan barkod sembolleri, Labview programının barkod okuma fonksiyonları sayesinde tespit edilmektedir. Şekil 5.5'te sistemde ürün olarak kullanılan barkodlar gösterilmektedir.

### 5.3. IMAQ Read Barcode VI

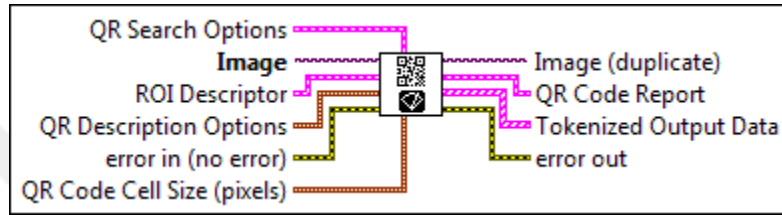
Labview programında yer alan Vision Development Module (VDM) içerisinde ve kurulduğu zaman Vision and Motion araç kutusu içerisindeki Machine Vision ve onun da altındaki Readers bölümünde yer alan Instrument “IMAQ Read Barcode VI” isimli fonksiyon kameradan elde edilen resimler arasındaki barkod sembolünü tespit edip okumak için kullanılmaktadır. Şekil 5.6'da barkod okuyucu bağlantı şeması verilmiştir.



Şekil 5.7. IMAQ Read Barcode VI

## 5.4. IMAQ Read QR Code VI

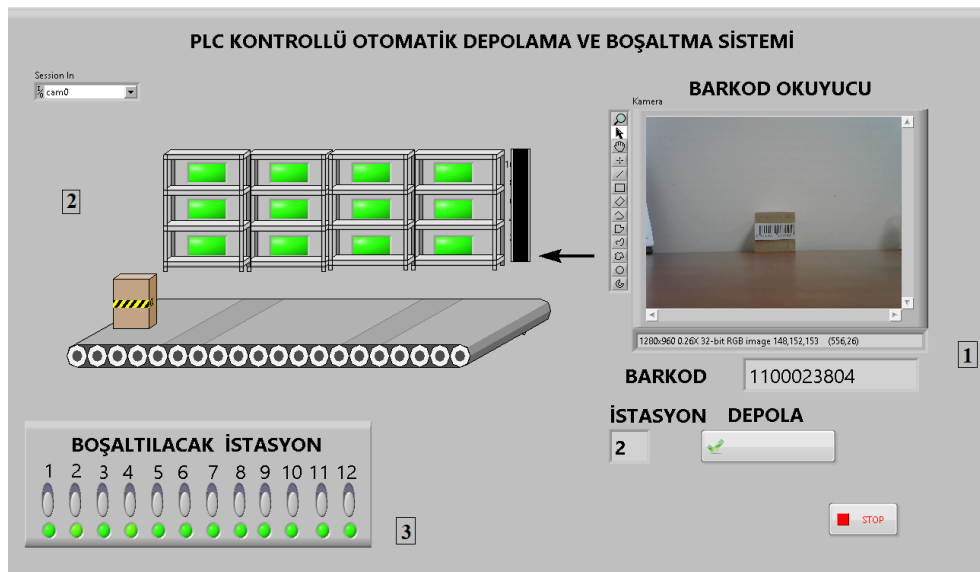
Karekod okuyucu IMAQ Read Barcode VI ile aynı kategoride yer alan IMAQ Read QR Code VI, aynı şekilde QR kod türünde hazırlanan iki boyutlu barkodların okunmasında kullanılmaktadır. Kodu çözülen verileri bir referans dizesiyle karşılaştırabilir veya bu verilerin belirli bir desen içerip içermediğini kontrol etmek amacıyla kullanılmaktadır. Şekil 5.8’de QR kod okuyucu bağlantı şeması yer almaktadır.



Şekil 5.8 IMAQ Read QR Code VI

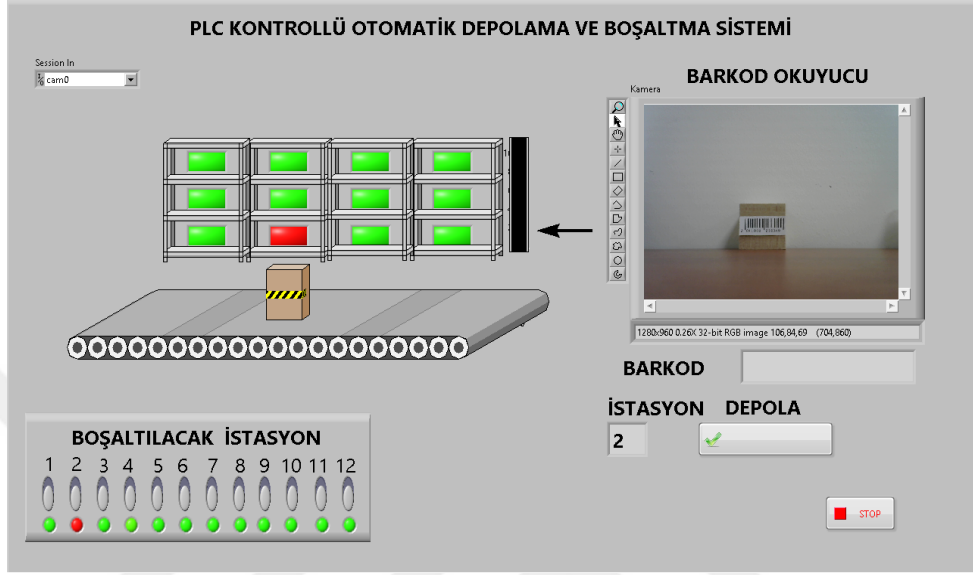
## 5.5. Uygulama Setinin Barkod ile Çalıştırılması

Sisteme gelen ürünlerin barkodları labview üzerinden okunduktan sonra Şekil 5.9’da 1 ile numarandırılan Labview simülasyonunda ürünlerin hangi istasyona gideceği gösterilmektedir. Şekil 5.9’da yer alan simülasyon bölümünde ise ürünün ilgili rafa yerleştirilmesi protipi ile eş zamanlı olarak gerçekleşmektedir.



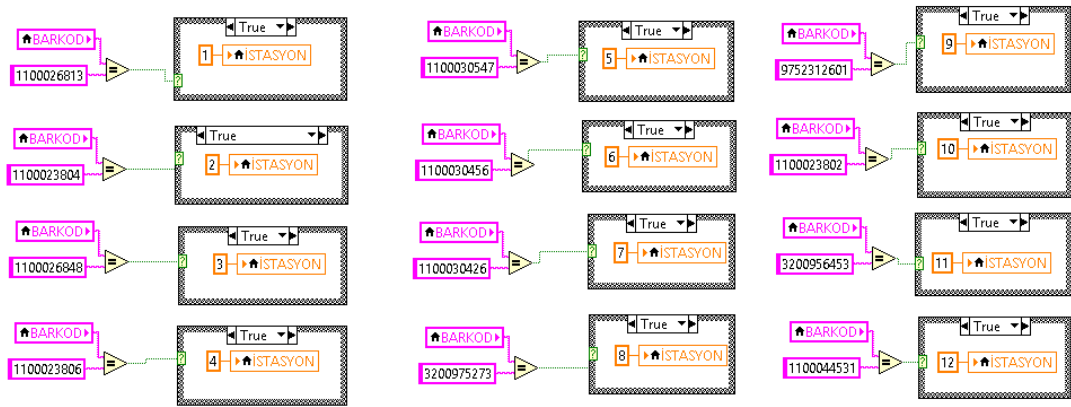
Şekil 5.9. Labview simülasyonu

Ürün ilgili rafa yerleştirildikten sonra rafın dolu olması şekil 5.7’de verildiği gibi kırmızı ile gösterilmektedir. 3 ile numaralandırılan bölümde ürün bulunan rafların boşaltılması işleminin simülasyonu gösterilmektedir.

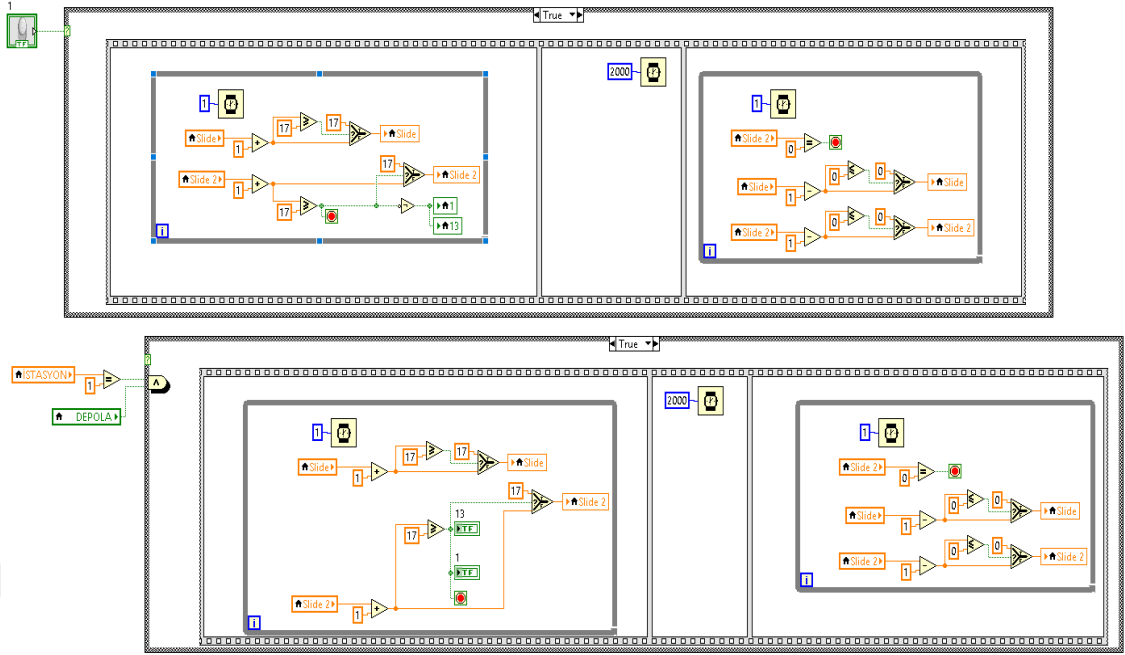


Şekil 5.10. İlgili istasyona götürülen ürünün simülasyon görüntüsü

Yazılan Labview programının blok diyagramına ilişkin görseller aşağıda verilmiştir. Şekil 5.10.’da gelen ürün üzerindeki barkodlardan elde edilen verilere göre yönlendirilen 12 adet istasyon blokları gösterilmiştir. Şekil 5.11’de ise depolama işlemi simülasyonunun blok diyagramları verilmiştir.



Şekil 5.11. İstasyon bilgisi verilen blok diyagram



Şekil 5.12. Simülasyon blok diyagramı

Görüntü işleme yöntemi ile gelen ürünlerdeki barkodlardan elde edilen veriler yardımıyla ürünlerin ilgili istasyonlara gitmesi işlemi step motorların ve pnömatik silindirin tetiklenmesi vasıtasıyla sağlanmaktadır. Şekil 5.13'te gelen ürünün ilgili istasyona götürülmesi gösterilmektedir.



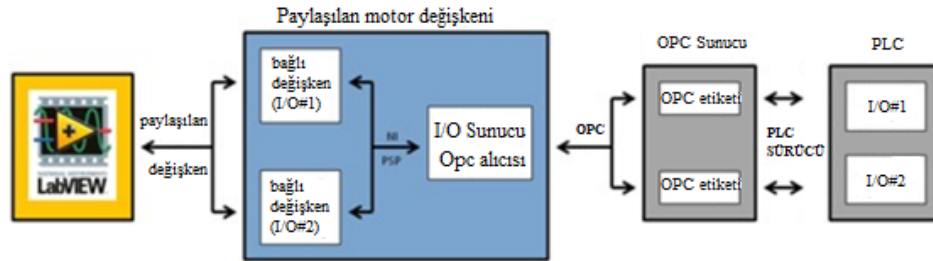
Şekil 5.13. Görüntü işleme ile tespit edilen ürünün ilgili istasyona götürülmesi

Dış dünyadan elde edilen birçok fiziksel değerleri veri toplama yöntemiyle alıp sonrasında yine birçok aygıtı kontrol etme yeteneği bulunan Labview programı Tia Portal programı ile uyumlu bir şekilde çalışabilmektedir. Bu NI OPC Server Sunucusu ile sağlanmaktadır.

## 5.6. NI OPC Sunucusu

Bu çalışmada Tia Portal programı kullanılarak PLC'ye bağlı step motorda pozisyon ve hız kontrolü gerçekleştirilmiştir. PLC, Labview programından gönderilen verileri işleyerek step motorların çalışmasını sağlayacak parametrelere dönüştürmüştür. Tasarlanan otomatik depolama ve boşaltma sistemi konumlama ve hareket kontrolü PLC kullanılarak step motorda gerçekleştirilmiştir. Tia Portal programı içerisindeki program blokları ile step motorun hızlanma ve yavaşlama rampa fonksiyonlarının parametrelendirilmesi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen motorlara ait bu veriler PLC'den OPCserver kullanılarak aktarılmıştır.

NI OPC Server, PLC ile LabVIEW iletişimi sağlayan Ethernet sürücüsüne sahiptir. NI OPC'deki Ethernet sürücüsüyle, sunucu birkaç basit kurulumla ayarlanabilir ve doğrudan PLC kayıtlarına bağlanan değişken etiketler oluşturabilir. Bu etiketler OPC etiketleri olarak adlandırılır. NI OPC Sunucuları ayrıca kullanıcıların PLC durumunu gerçek zamanlı olarak izlemelerini de sağlamaktadır. Şekil 5.14'de OPC Server bağlantısı gösterilmektedir.



Şekil 5.14. Labview ile OPC Server bağlantısı (NI)

## BÖLÜM 6. SONUÇ

Teknolojinin gelişmesi, maliyetlerin artması, müşteri taleplerinin değişiklik göstermesi, ürün çeşitliliğinin artması ve üretim sistemlerindeki bu hızlı gelişme işletme faaliyetlerinde önemli bir yere sahip olan depolama faaliyetlerini kritik bir noktaya taşımıştır. Bu durum depolama ve boşaltma sistemlerinin iyileştirilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmıştır.

Bu çalışmada endüstride kullanılan depolama ve boşaltma sistemleri incelenmiş bir tasarım yapılarak prototipi ortaya konulmuştur. Bu çalışmada prosesi izleme ve kontrol etmek amacıyla Labview tabanlı bir arayüz tasarlanmıştır. Tasarlanan bu arayüz sayesinde kameradan gelen görüntüler, elde edilen barkod ve QR kod sembollerinin içerdiği veriler, temsili ürünlerin hangi istasyona yönlendirildiği, istasyonlara giden ürün sayıları gibi veriler başarılı bir şekilde elde edilebilmektedir. Ürünün ilgili istasyonlara gitmesi için PLC ile step motorlar tahrik edilerek gerekli eksenlerde hareket sağlanmıştır.

Oluşturulan bu katı modelden hareketle sisteme ait çalışma alanı ve hacmi ortaya belirlenmiştir. Çalışma alanı içerisindeki ürünlerin tespiti LabVIEW programının Vision Acquisition Modül eklentisi içerisinde gerçekleştirilen görüntü işleme basamakları ile sağlanmıştır. Sistemde kullanılan step motorların haberleşmesi, PLC ile bilgisayar arayüzünün oluşturulması yine LabVIEW programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Bu tez çalışmasında kullanılan teknikler, üretilen prototip ve hazırlanan uygulama seti baz alınarak gerek Labview geliştirme ortamı kullanılarak gerekse benzer uygulama geliştirme platformları aracılığıyla farklı parametrelerle kontrol edilebilen otomatik depolama ve boşaltma sistemlerinin tasarlanması mümkündür.

Yapılan bu çalışma, hassasiyetine, hızına, tasarımına göre değerlendirilecek olursa iyileştirmelere ve geliştirmelere açıktır. Motorlar ve sürücüler kullanılarak, endüstriyel kameralarla görüntü işleme yöntemleri kullanılarak iyileştirilebilir. Ayrıca ilerki çalışmalar için yapay zeka teknikleri ile bu sistemin en optimum yolu belirleyerek işleme zamanının kısaltılması, ürüne özgü yeni raf sistemleri ile depolama alanının veriminin yükseltilmesi gibi yenilikler geliştirilmesi mümkün gözükmektedir. Bu tezde yapılan çalışmalar itibariyle ülkemizde kullanılan lojistik ve depolama sistemlerine katkı sağlayacağı umulmaktadır.

Çalışma kapsamında alınan malzemelerin büyük bir kısmı Sakarya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Komisyon Başkanlığından alınan destekle (Proje No: 2018-2-7-129) karşılanmıştır. Mekanik aksamın işlenmesi, kaynak yapılması gibi işlemler için Teknoloji Fakültesinin laboratuvarları kullanılmış olup, kompresör ve bazı elektronik malzemeler için bölüme ait laboratuvarlardan faydalanılmıştır.

## KAYNAKLAR

- Bargiotas, D., Ktena, A., Manasis, C., & Ladoukakis, O. (2009). A scalable low-cost automated storage & retrieval system. *2009 16th International Conference on Systems, Signals and Image Processing, IWSSIP 2009*, 1–4.
- Bruckmann, T., Sturm, C., Fehlberg, L., & Reichert, C. (2013). An energy-efficient wire-based storage and retrieval system. *2013 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics: Mechatronics for Human Wellbeing, AIM 2013*, 631–636. <https://doi.org/10.1109/AIM.2013.6584163>
- Chen, L., Langevin, A., & Riopel, D. (2010). The storage location assignment and interleaving problem in an automated storage/retrieval system with shared storage. *International Journal of Production Research*, 48(4), 991–1011. <https://doi.org/10.1080/00207540802506218>
- Çetin, R., 2004. S7-200“PLC”lerle Otomasyon, Doğuşum Matbaacılık ve Tic. Ltd. Őti., Ankara, Türkiye, 11-431.
- Çolak, İ., & Bayındır R., Kuruşçu S. (2007). Plc Kontrolll Asansör eğitim Seti Tasarimi Ve Uygulaması. 23, 86–94. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/download/article-file/252300>
- De Koster, R. B. M., Le-Duc, T., & Yugang, Y. (2008). Optimal storage rack design for a 3-dimensional compact AS/RS. *International Journal of Production Research*, 46(6), 1495–1514. <https://doi.org/10.1080/00207540600957795>
- Fukui, R., Morishita, H., Mori, T., & Sato, T. (2008). Development of a home-use automated container storage/retrieval system. *2008 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, IROS*, 2875–2882. <https://doi.org/10.1109/IROS.2008.4650946>
- Fukunari, M., 2005. An Efficient Cycle Time Model for Autonomous Vehicle Storage and Retrieval Systems, Ph.D. Dissertation, *Department of Decision Sciences and Engineering Systems, Rensselaer Polytechnic Institute*, Troy, New York.
- Gu, J., Goetschalckx, M., McGinnis, L.F., 2010. Research on warehouse design and performance evaluation-A comprehensive review. *European Journal of Operational Research*, 203: 539–549.

- Guezzen, A. H., Sari, Z., & Ghomri, L. (2011). A study on Mobil racks automated storage and retrieval system (M-AS/RS). *2011 International Conference on Communications, Computing and Control Applications, CCCA 2011*, 24–29. <https://doi.org/10.1109/CCCA.2011.6031446>
- Hopbaoğlu, F. (2009). Tedârik zincirinde ve lojistik süreçlerde depo tasarımı ve depo yönetimi: kozmetik sektöründe bir uygulama. *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul*.
- İsmail Karakış. (2014). Dağıtım merkezi depolarına ilişkin hiyerarşik depo tasarım metodolojisi ve konvansiyonel/otomatik depo karar problemine ilişkin analitik bir model (Vol. 2014). *İstanbul Teknik Üniveristesi*.
- Kucera, E., & Hruz, B. (2015). Modelling of AS/RS using hierarchical and timed coloured Petri nets. *23rd International Conference on Robotics in Alpe-Adria-Danube Region, IEEE RAAD 2014 - Conference Proceedings*. <https://doi.org/10.1109/RAAD.2014.7002226>
- Lerher, T., Ekren, Y. B., Sari, Z., & Rosi, B. (2015). Simulation analysis of shuttle based storage and retrieval systems. *International Journal of Simulation Modelling*, 14(1), 48–59. [https://doi.org/10.2507/IJSIMM14\(1\)5.281](https://doi.org/10.2507/IJSIMM14(1)5.281)
- Manzini, R., Gamberi, M., & Regattieri, A. (2006). Design and control of an AS/RS. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 28(7–8), 766–774. <https://doi.org/10.1007/s00170-004-2427-6>
- Megep, (2011). Erişim Tarihi 11.06.2019 [http://megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/moduller\\_pdf/Temel%20Plc%20Sistemleri.pdf](http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Temel%20Plc%20Sistemleri.pdf)
- Metahri, D., & Hachemi, K. (2017). Automated storage and retrieval systems: A performances comparison between Free-fall-flow-rack and classic flow-rack. *2017 6th International Conference on Systems and Control, ICSC 2017*, 589–594. <https://doi.org/10.1109/ICoSC.2017.7958654>
- Soyaslan M. (2012). *Sıvı Gıda Üretim Sektörü için Robotik Tabanlı Akıllı Depolama Sistemlerinin Otomasyonu* (Vol. 5). Gaziosmanpaşa Üniversitesi.
- Sari, Z., & Hamzaoui, A. M. (2013). Optimization of a single machine flow rack AS/RS for minimum expected travel time. *IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline)* (Vol. 46). IFAC. <https://doi.org/10.3182/20130522-3-BR-4036.00021>
- Soyaslan, M., Kozkurt, C., & Fenercioglu, A. (2017). A new truck based order picking model for automated storage and retrieval system (AS/RS). *Journal of Engineering Research*, 5(4), 169–194.

- Servotronix, Erişim Tarihi 11.06.2019. Erişim adresi: [www.servotronix.com](http://www.servotronix.com)
- Öylek, İ., Varan, M., & Boru, B. (2014). *Bir Otomasyon Prosesinin Veri Matris Kodu Teknikleri Kullanılarak Yönetilmesi : Hareketli Bant İçeren Bir Otomasyon Prosesinin Bir Deney Seti Olarak Tasarlanması* Özet: Managing of an Automation Process by Using Data Matrix Code Techniques : Examl.
- Öztürk A. (2011). *Otomatik Depolama Ve Boşaltma Sisteminde Optimum Çekme Politikasının Belirlenmesi*. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. 141-153
- Öztürk F. (2014). *İnsansız Hareket Edebilen Otomatik Depolama Ve Boşaltma Sistemi Eğitim Seti Tasarım Ve İmalatı*. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. <https://www.bps.go.id/dynamictable/2018/05/18/1337/persentase-panjang-jalan-tol-yang-beroperasi-menurut-operatornya-2014.html>
- Peng, J. (2010). Optimal allocation in automatic storage & retrieval system based on flexsim simulation. *International Conference on Internet Technology and Applications, ITAP 2010 - Proceedings*, 1–5 <https://doi.org/10.1109/ITAPP.2010.5566521>
- Roodbergen, K. J., & Vis, I. F. A. (2009). A survey of literature on automated storage and retrieval systems. *European Journal of Operational Research*, 194(2), 343–362. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2008.01.038>
- Roy, D., Krishnamurthy, A., Heragu, S., & Malmborg, C. (2010). Vehicle interference effects in warehousing systems with autonomous vehicles. *2010 IEEE International Conference on Automation Science and Engineering, CASE 2010*, 674–679. <https://doi.org/10.1109/COASE.2010.5584777>
- Tompkins, J. A. ve Smith, J. D. (1998). *The Warehouse Management Handbook*, Tompkins Pres, Raleigh, North Carolina, USA.
- Tutak, J., & Wiech, J. (2017). Horizontal Automated Storage and Retrieval System. *Advances in Science and Technology Research Journal*, 11(1), 82–95. <https://doi.org/10.12913/22998624/68470>
- Wu, G., Xu, X., Gong, Y. (Yale), De Koster, R., & Zou, B. (2019). Optimal design and planning for compact automated parking systems. *European Journal of Operational Research*, 273(3), 948–967. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.09.014>
- Van Den Berg, J. P., & Gademann, A. J. R. M. (2000). Simulation study of an automated storage/retrieval system. *International Journal of Production Research*, 38(6), 1339–1356. <https://doi.org/10.1080/002075400188889>

Vongbunyong, S., Roengritronnachai, P., Kongsanit, S., Chanok-Owat, C., & Polchankajorn, P. (2018). Multiple products management system with sensors array in automated storage and retrieval systems. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 297(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/297/1/012052>

Yang, P., Xu, W., & Wang, S. (2019). Simulation Analysis on Energy Consumption of Multi-shuttle Automated Storage and Retrieval Systems. *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, 2019–December*, 1846–1850. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2018.8607434>

Yılmaz, M. (2007). *Step Motor İle İki Eksenli Robot Kol Tasarımı*. Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.



