

LabVIEW Ortamında Servo Motor ve QR Kod Temelli Kargo Dağıtım Robotu Uygulaması

¹Ayetullah AKAR and ^{*2}Sezgin KAÇAR

¹Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi – LEE – Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Sakarya

^{*2}Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi – LEE – Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Sakarya

Özet

Robotik teknolojisi geçtiğimiz yüzyılın sonlarında ve içerisinde bulunduğumuz yüzyıl da çok büyük gelişmeler göstermiştir ve hemen hemen üretim ve eğlence sektörü içerisinde olmazsa olmaz bir konuma gelmiştir. Robotik teknolojiler özellikle üretim sektöründe insan faktörünün yerini alarak maliyet, süre, hız ve insan kaynaklı hatalar açısından firmalara büyük kazançlar sağlamakta bunun yanında üretim kalitesini de büyük oranda arttırmakta ve ürün kalitesini istikrarlı hale getirmektedir. Üretim sektöründe robotikleşme büyük oranda ürünlerin üretim bantları sınırları içerisinde geçişlerini sağlayan robot kolları üzerinde olmuştur. Yapılan bu çalışmada da kargoculuk sektörü merkez alınmış ve kargoların kargo ana dağıtım merkezlerinden insan faktörü olmaksızın bölgelere ve şehirlere robotik kol düzeneği vasıtası ile dağıtılması amaçlanmıştır.

Sistem içerisinde altı serbestlik derecesine sahip robot kolları kullanılmış ve robot kolların kontrolü gerçek zamanlı olarak bilgisayar ile gerçekleştirilmiştir. Sistem içerisinde bulunan kargoların takibi her kargo paketi için geliştirilmiş olan eşsiz bir QR kod ile sağlanmaktadır. Robot kollu sistem içerisinde bulunan kamera vasıtası ile kargo paketlerinin iletimini sağlayan konveyör bant sürekli olarak takip edilmekte ve ürün gitmesi gereken hatta veya kutuya konarak il ve bölge ayrımları yapılmaktadır. Konveyör bant sisteminin hareketi QR kodun okunması ve altı eksenli robotik kol düzeneğinin hareket ettirilmesi işlemleri LabVIEW Grafiksel Programlama ortamında hazırlanan yazılım vasıtası ile gerçek zamanlı olarak bilgisayar ortamında yapılmaktadır. Çalışmada kullanılan robot kolu sisteminde Robotics firmasına ait Dynamixel Servo Motorlar kullanılmıştır. Bilgisayar arabirimi olarak Usb2Dynamixel tercih edilmiştir. Bu birimler yüksek performansları ve düşük maliyetleri ile ön plana çıkmaktadır. Düşük maliyetli ve kolay uygulanabilir bir yapı olarak ortaya çıkan bu çalışma ürününün endüstride, mühendislik alanında eğitim ve araştırma çalışmalarında kullanıma potansiyeli oldukça yüksektir.

Anahtar kelimeler: LabVIEW, Görüntü işleme, QR kod, Servo motor, Kargo takip

Servo Motor and QR Code Based Cargo Distribution Robot Application in LabVIEW Environment

Abstract

Last century and during this century, the robotic technology has made great progress and has come an indispensable position for production and entertainment sector. Especially in production sector, the robotic technology has taken place instead of human power and has made improvements in terms of cost, time, rapidity and errors and has increased the quality of production and has stabilized this quality. In production sector, robotization has taken place generally in production lines. In these lines there are robotic arms which are specialized make transition between lines. The cargo sector is centered for this work, and it's aimed that the the cargos will be distributed from cargo center to regions and cities with robotic arms.

In this system, the robotic arms which have six degrees of freedom are used and the arms are controlled by computer in real time. The cargos in system are traced with the QR codes which are designed for each cargo package. The conveyor band is traced with the camera which is in the robotic system and the product is put in the package and transferred to another line in order to send to the true region. The works in the system such as the movement of band, QR code reading and movement of 6 degrees of freedom system is made by a software which is designed in LabVIEW in real time. For the robotic arms, the dynamixel servo motors are preferred which belong to Robotic firm. As computer interface, Usb2Dynamixel is preferred. These units come forward with high performance and low cost. This product which has low cost and is easy to apply, can be used in industry and also in engineering field for education and research.

Keywords: LabVIEW, Image processing, QR code, Servo motor, Cargo tracking

1. Giriş

Günümüzde teknoloji hızla gelişmekte ve teknolojinin insan hayatındaki önemi hızla artmaktadır. Gelişen teknoloji zaman ve mesafe sınırlamalarını ortadan kaldırmakta ve insan hayatında vazgeçilmez bir yer almaktadır. Teknoloji alanındaki bu gelişmeler arasında özellikle robotik teknolojiler de hızla gelişim kaydetmekte ve özellikle üretim ve hizmet sektörlerinde vazgeçilmez bir yer edinmektedir. Robotik teknolojiler kullanılarak daha az enerji ve maliyet ile daha az personel tarafından yapılan işler gerçekleştirilmekte ve firmalar için büyük kazançlar meydana getirmektedirler. Robotikleşme aynı zamanda ağır sanayi üretimi gerçekleştiren firmalarda iş

kazalarını azaltmakta ve iş kazalarına bağlı ölümlerinde önüne geçmektedir. Robotik teknolojilerin verimini artırma adına ve sürekli bilgi akılı sağlama adına bu sistemler görüntü işleme ve internet tarafından da desteklenerek daha büyük faydalar sağlamaları da gerçekleştirilmiştir [1, 2]. Görüntü işleme teknikleri ile üretim sistemi arasındaki ürünlerin tespit edilmekte, kalite kontrol süreçleri denetlenmekte ve ürünlerde her hangi bir hata varsa ürünlerin sistemden çıkarılması sağlanmaktadır [3, 4]. İnternet teknolojisi sayesinde ise uzak mesafeler veya uzak fabrika birimleri arasında üretime ait bilgi paylaşımı gerçekleştirilmekte ve anlık olarak üretim durumu paylaşılmaktadır. Bu çalışmada robotik, görüntü işleme teknolojilerinin avantajlarından faydalanılarak endüstri, ulaşım ve kargo sektöründe insan yararına fayda sağlayacak bir ürün sunulmaya çalışılmıştır.

Literatür incelendiğinde robotik sistemler, görüntü işleme teknikleri kullanılarak birçok çalışmanın yapıldığı görülmektedir. Selim K. ve arkadaşları “6 Serbestlik Derecesine Sahip Robot Kolunun Görüntü İşleme ve İnternet Üzerinden Kontrolü” çalışmalarında görüntü işleme tekniklerini kullanarak sistem içerisindeki bir cismin konumunu belirlemiş ve cismi bulunduğu konumdan alarak robot kolu yardımı ile yeni bir konuma hareket ettirmeyi başarmışlardır [5]. Yaptıkları bu çalışma da LabVIEW akışsal programlama dilini kullanmışlardır. Bir başka akademik çalışmada ise Yılmaz N. Ve arkadaşları [6, 7] “Web Tabanlı Mobil Robot Sistemi Tasarımı” başlıklı çalışmalarında biri master biri slave olmak üzere seri haberleşme protokolü üzerinden çalışan iki adet PIC16F877 mikrodenetleyicilerini kullanmışlardır. Yılmaz N. ve arkadaşları [6, 7] “Web Tabanlı Mobil Robot Sistemi Tasarımı” isimli çalışmaların da kontrol işlemleri için PHP ve JavaScript programlama dilleri kullanılarak web ara yüzünü oluşturmuştur. PHP veri tabanı fonksiyonları için kullanılırken, JavaScript kodları ile zamanlama ve tazeleme (fresh-up) fonksiyonları için kullanılmıştır. Ünlü B.’nin [8] “İnternet Üzerinden Mobil Bir Robotun Kontrolü” isimli tez çalışmasında internet üzerinden sunucu ve istemci arasında bağlantı kurulmasını sağlayan kontrol programı, Borland Developer Studio 2005 programında nesne yönelimli bir dil olan C++ yazılımı kullanılarak geliştirilmiştir. Metin U. ve arkadaşlarının [9] “Yerli İmkânlar ile Geliştirilen DA Servo Sürücü ve 5 Eksenli Robot Kol Uygulaması” çalışmasında isminden de anlaşılacağı gibi 5 eksenli bir robot kolu uygulaması yapılmıştır.

Literatür tarandığında geliştirilen robotik veya benzeri sistemlerde sıklıkla mikrodenetleyicili sistemlerin tercih edildiği görülmüştür. Genellikle kolay programlanabilmesi, açık kod kaynaklı olması ve düşük maliyetinden dolayı akademik çalışmalarda Arduino mikrodeneleyicisinin kullanıldığı görülmüştür. Bunun yanında PIC ailesine ait mikrodenetleyiciler de sıklıkla kullanılmaktadır. Akademik çalışmalarda Arduino mikrodenetleyici platformunun en büyük avantajı birlikte çalışabileceği birçok donanım platformuna sahip olması ve bu farklı platformlar sayesinde birçok farklı uygulamanın hızlı bir şekilde geliştirilebilmektedir. Arduino mikrodenetleyicisinin programlama dilinin çok basit olması ve geniş kütüphane desteği sayesinde birçok karmaşık işlemin kolaylıkla gerçekleştirilebilmesine olanak sağlamaktadır ve bütün platformlarda çalışabilmektedir ve kodlama işlemi yapılabilir. Bu avantajlarından dolayı

Arduino mikrodnetleyici ailesi elektronik ve yazılım altyapısı olmayan tasarımcıların, teknik personellerin ve öğrencilerin benzer uygulamalar yapmasına olanak sağlamaktadır. [10, 11, 12, 13]

Mikrodnetleyicili robotik sistemler çok hassas ve yüksek başarı oranı ile işlemleri yerine getirdikleri için sağlık endüstrisinde de sıklıkla kullanılmakta ve milimetrik cerrahi alanında sıklıkla başvurulmaktadır. Bunun yanında robotik kol düzenekleri uzuv eksikliği çeken engelliler için bu uzuvların işlevini yerine getirir hale gelmiştir. Luke Skywalker's Robotic Arm firması savaş gazisi insanların rehabilitasyonu hızlandırmak ve kaybettikleri uzuvların işlevlerini yerine getirmek adına robotik kol sistemi geliştirmiş ve yüksek başarı oranı sağlamıştır ve bu alandaki çalışmalar için bir vizyon oluşturmuştur [14].

Bu çalışmada ise, uygulamamızda altı eksenli robot kolu kullanılması ise hareket alanının ve esnekliğin artmasını sağlayarak daha iyi bir performans elde etmemizi sağlamıştır.

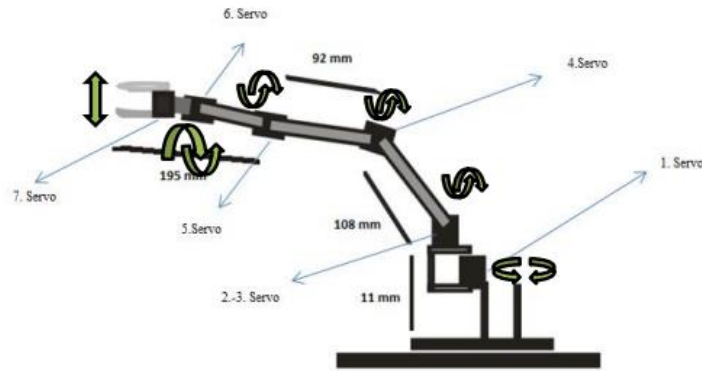
Gerçekleştirilen bu projede ki makale çalışmasının birinci bölümünde giriş yapılmış ve kısaca bu alanda yapılan literatür taramasına yer verilmiştir. İkinci bölümde ise geliştirilen robotik sistemin donanımsal yapısından bahsedilmiştir. Üçüncü bölümde ise geliştirilen sistemin yazılımsal altyapısından bahsedilmiş ve ardından beşinci bölümde sistemin çalışması anlatılmış ve akış diyagramı ile sistemin çalışması özetlenmiştir. Son olarak sonuç bölümünde ise sistem gerçekleştirilirken elde edilen olumlu ve olumsuz çıktılarına yer verilmiş ve sistemin gelecekte gelmesi gereken yere değinilmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Sistemin Donanımsal Altyapısı

Geliştirilen uygulamada robot kolu altı eksenli, dört eklemlidir ve altı adet servo motordan oluşmaktadır. Şekil 1'de robotik kolun genel görünümü verilmiştir. Robotik kol düzeneğinde birinci düğüm robot kolunu döndürmektedir ve diğer düğümlerde eklemsel uzuvları temsil etmekte ve cismi kavraması için robotik kola esneklik sağlamaktadırlar. Robot kolunun en büyük momente sahip 2. Serbestlik noktasına bu gücü sağlayabilmek için paralel çalışan iki adet servo motor yerleştirilmiştir. Diğer tüm serbestlik noktalarında 1 servo motor kullanılmış olup, robot kolu toplam 7 servo motordan oluşturulmuştur.

Şekil 1'de görünen robotik kol düzeneği Robotics firmasına ait yedi adet Dynamixel AX-12A servo motor kullanılarak oluşturulmuştur. AX-12A servo motorlar RS-485 haberleşme sistemi ile tamamıyla dijital olarak haberleşmekte ve servo motorların kontrol birimleri içlerinde yer almakta birlikte çift yönlü olarak veri alışverişi yapmaktadırlar. Bu özellikleri Dynamixel servo motorlarını robotik uygulamalarda ön plana çıkarmaktadır.

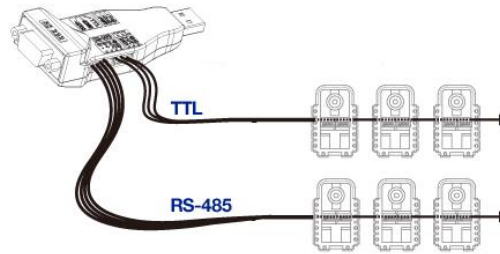


Şekil 1. Robot Kolu Serbestlik Noktaları ve Eklem Uzunlukları

Tablo1. Dynamixel AX-12A Servo Motorların Teknik Özellikleri

Tip	Ağırlık	Boyut	Hassasiyet	Tork	Dönme açısı	Çalışma gerilimi
AX-12A	54.6 gr	32mm X 50mm X 40mm	0.29 derece	1.5 N.m (12V- 1.5A)	0-300 derece	9-12 V

Tablo 1 de genel özellikleri verilen Dynamixel AX servo motor serisi 10 bitlik temassız encoder içermektedir ve konum kontrolü 1024 adımda gerçekleştirilmektedir. Motoru belli bir konuma hareket ettirmek için 0-1023 arası dijital bilgi gönderilmektedir. AX-12A servo motorları 300 derece/1024 adım=0.29 derece/adım hassasiyetindedir. Ayrıca AX servo motor serisi RS-485 haberleşme protokolüne sahiptir ve en büyük avantajlarından birisi her motorun benzersiz bir ID numarasına sahip olmasıdır bu sayede 32 adet servo motor tek hat ile kontrol edilebilmektedir. Haberleşme hattına bağlı herhangi bir servo motor ile haberleşme yapılmak istenmesi durumunda; servo motorun tanımlanmış ID si ile çağırılması yeterlidir.

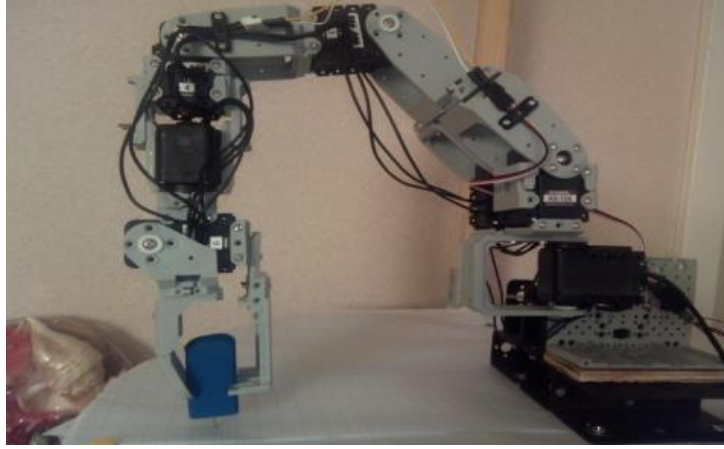


Şekil 2. Usb2Dynamixelin Servo Motorlara Bağlantı Şeması

Usb2Dynamixel kontrol kartı isminden anlaşılacağı gibi USB arabirimi ile bilgisayara bağlanarak Servo motorlar ile bilgisayar arasındaki bağlantı arabirimini oluşturur. Desteklediği farklı haberleşme standartları ile iletişim hattına bağlı olan servo motorlara bilgi gönderimi ve

alımını sağlamaktadır. Şekil 2’te Usb2Dynamixel cihazının servo motorlara bağlantı şeması verilmiştir.

Robotik sistemin tasarımında plastik aksamalar tercih edilmiştir. Bunun sebebi robotik sistemin ağırlığını azaltılarak motorlara gelen moment kuvveti düşürülmek istenmiştir. Çalışmada kullanılan altı eksenli robot kolunun resmi Şekil 3’de verilmiştir.



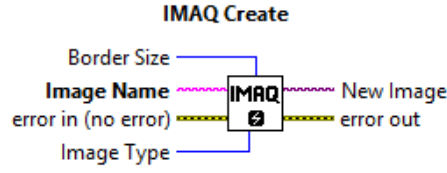
Şekil 3. Tamamlanmış Robot Kolu

2.2. Görüntü işleme

LabVIEW’de görüntü işleme; genellikle NI Vision Development Module ve NI-IMAQdx kütüphanelerinin kurulmasını gerektirmektedir. Bu modüller, LabVIEW ortamına özel milyonlarca satırlık optimize edilmiş görüntü işleme fonksiyonlarını (VIs) barındırmaktadır. Görüntü edinme aşamasında Vision Acquisition Express VI ya da daha ince kontrollü işlemler için NI-IMAQdx VIs kullanılarak kamera arayüzleri eklenir, resimler alınır ve donanım ayarları yönetilir. Elde edilen edinilen ham görüntüler, IMAQ Vision Image Processing VIs (filtreleme, eşikleme, morfolojik işlemler vb.) ile işlenir; bu fonksiyonlar hem gri seviye hem de ikili resimleri dönüştürmek için önceden tanımlı ya da kullanıcı tanımlı LUT’lar sağlamaktadır. Ayrıca NI Vision Assistant, kullanıcı dostu bir arayüzde görüntü işleme adımlarını prototiplemeye ve doğrudan LabVIEW VI’ları oluşturmaya imkân tanımaktadır.

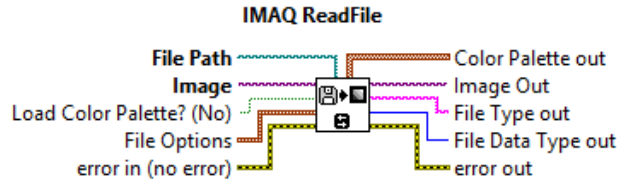
Programın kurulumu yapıldıktan sonra **Programming > Vision and Motion** segmesinden görüntüyü işlemek için kullanılacak fonksiyonlara erişilebilmektedir.

LabVIEW’De bir görüntü oluşturulması gerektiğinde **IMAQ Create** fonksiyonunu kullanılmaktadır. Bu fonksiyon sayesinde görüntünün adını, boyutunu ve türünü belirleriz. (Şekil 4) [15]



Şekil 4. IMAQ Create Fonksiyonu [15]

LabVIEW’de bir resim okunması gerektiğinde **IMAQ ReadFile** fonksiyonu kullanılması gerekmektedir. (Şekil 5) [16]



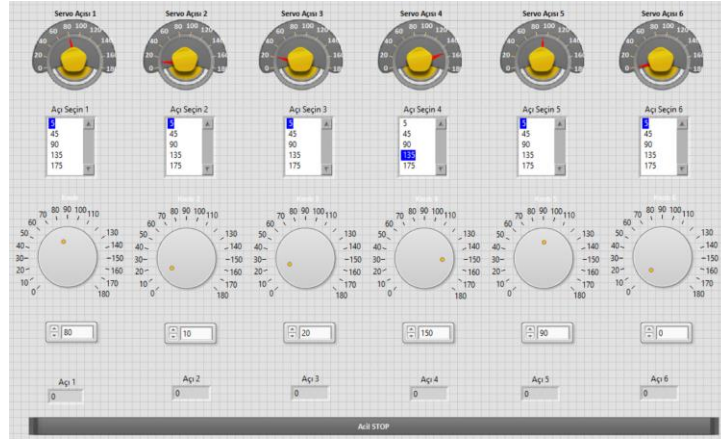
Şekil 5. IMAQ ReadFile Fonksiyonu [16]

LabVIEW ortamında geliştirilen görüntü işleme yazılımı ile sistem içerisindeki her kargo için oluşturulmuş olan özelleştirilmiş QR kodun okunması, analiz edilmesi ve QR kodun analizi ile elde edilen üretilen bölge, il kodlarına göre kargoların gerekli konveyör bantlara yönlendirilmesi sağlanmıştır. LabVIEW de geliştirilen yazılımların usb kameraları kullanabilmeleri için vision acquisition sürücüsünün kurulu olması gereklidir. Kameranin QR kodun okunması işleminde herhangi bir ışık veya parlaklık gibi dış etkenlerde etkilenmemesi için usb kamerasının kalitesi ile de orantılı olarak 30cm mesafede sabitlenmesi QR kodun okunmasında verimi arttıracaktır.

2.3. LabVIEW programının servo motorları ile haberleşmesi

LabVIEW ortamında geliştirilen uygulamanın Dynamixel AX-12A servo motorları seri haberleşme protolü ile veri alışverişinde bulunmaktadır. USB2Dynamixel arabirimi vasıtası ile servo motorlar bilgisayarımız ile USB portu üzerinden iletişim kurmaktadır. LabVIEW de çözölen QR kod sonucuna göre kargonun hangi banttan yoluna devam edeceği tespit edilmekte ve bu sonuca göre servo motorlara dönecekleri açı bilgisi gönderilmektedir. Gönderilen bu açı bilgileri motorların sayısal konum bilgilerine dönüştürölmektedir. Konum bilgileri her motor için USB2Dynamixel’e gönderilmesi için Dynamixel SDK LabVIEW programına ilave edilmektedir. Bu SDK Kütüphanesi içinde yer alan çeşitli fonksiyonlar ile motorlar kontrol edilebilmekte ve motorlardan bilgiler alınabilmektedir. LabVIEW de geliştirilen yazılım neticesinde QR kod okutulduktan sonra kargonun hangi bölgeye ve Şehre gideceğı bilgisi geliştirilen ara yüz ekranda görölmekte robot kolunun hangi konuma gideceğı bilgileri takip edilebilmektedir. Kamera görüntüsünden görüntü işleme ile elde edilen gelen veriler LabVIEW programında yazılan kodlar

sayesinde yerel bilgisayarın USB portu ile Usb2Dynamixel kontrol kartından veriler iletilerek kontrol sağlanmaktadır.



Şekil 6. Servo motorların başlangıç pozisyonlarının ayarlanma arayüzü

3. Sistemin Çalışması

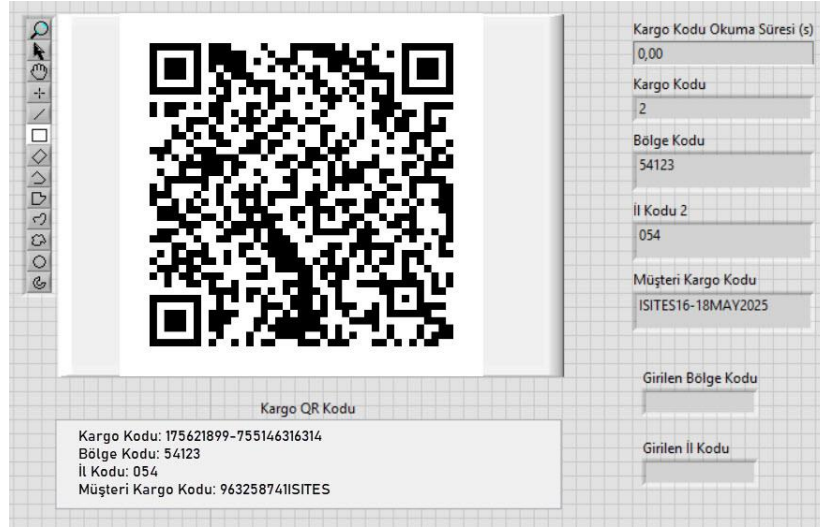


Şekil 7. Sistemin Blok Diyagramı

Geliştirilen prototip sistemin çalışması için LabVIEW yazılımının gerekli analizleri yapıp servo açı bilgilerini Usb2Dynamixel kartına göndermesi şeklinde tasarlanmıştır. Sistem ilk aşamada son kullanıcının kargosunu firmaya teslim etmesi ile başlamaktadır. Burada sisteme kaydedilen kargo paketi için eşsiz bir QR kod bilgisi üretilmekte ve kargonun yüzeylerine yapıştırılarak kargo paketinin sistem içerisinde gezintisi başlamaktadır. Bayi de QR kod alarak sisteme giren paket ana dağıtım merkezine gelmektedir ve buradan başka bir bölgeye gidecekse veya başka bir şehire gidecekse geliştirilen görüntü işleme yazılımı ve robot kolları vasıtası ile gerekli konveyör bantlara veya kargo arabalarına yönlendirilmektedir. Aşağıdaki Şekil 8’de QR kod yapısı ve Şekil 9’da da LabVIEW arayüzü gösterilmiştir.



Şekil 8. QR kod blok yapısı



Şekil 9. LabVIEW Kargonun QR kodunun okunma arayüzü

Geliştirilen LabVIEW yazılımı başlatılır başlatılmaz robot kollar başlangıç konumlarına gelmekte ve web kamerası ile konveyör bantlar sürekli olarak takip edilmektedir. Geliştirilen görüntü işleme yazılımı ile konveyör bantta herhangi bir QR kod yakalandığı takdirde konveyör bant durdurularak robotik kol harekete geçmekte ve kargo paketini banttan alarak yönlendirmesi gerektiği konveyör banda veya kargo aracına yerleştirmektedir ve tekrar başlangıç konumuna dönmektedir. Robotik kol başlangıç konumuna gittiğinde yazılım konveyör bandı tekrar çalıştırarak hareketine devam etmesini sağlamaktadır. Aşağıdaki şekilde sistemin çalışması blok diyagram olarak verilmiştir.

4. Sonuçlar ve Öneriler

Gerçekleştirilen bu çalışmada altı eksenli robot kolunun görüntü işleme algoritmasını LabVIEW görsel programlama dili ile bütünleşmiş bir şekilde çalışması gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen bu uygulama ile kargoculuk sektöründe insan faktörünün azaltılarak robotikleşme ve görüntü işleme ile zaman, güç ve maliyet olarak kar elde edilmesi amaçlanmıştır ve insan kaynaklı hata ve karışıklıkların önlenmesi amaçlanmıştır. Geliştirilen sistem prototipi ile test aşamasında yukarıda sıralanan problemler için çözüm ürettiği görülmüştür.

Gelecekte sistemin bir web portalı vasıtası ile sistem içerisindeki her paketin gerçek zamanlı olarak takibi ve gerçek zamanlı olarak son kullanıcıya gerek görüntü olarak gerekse konum olarak bilgi verilmesi hedeflenmektedir. Ayrıca paketin bulunduğu depo veya tesisin ısı, sıcaklık, nem, ışık ve gece gündüz vb. bilgilerinin de gerçek zamanlı olarak verilmesi hedeflenmektedir.

Referanslar

- [1] Kurka, P. R. G., & Salazar, A. A. D. (2019). Applications of image processing in robotics and instrumentation. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 124, 142-169.
- [2] Tawiah, T. A. Q. (2020). A review of algorithms and techniques for image-based recognition and inference in mobile robotic systems. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 17(6), 1729881420972278.
- [3] Tulbure, A. A., Tulbure, A. A., & Dulf, E. H. (2022). A review on modern defect detection models using DCNNs–Deep convolutional neural networks. *Journal of Advanced Research*, 35, 33-48.
- [4] Babic, M., Farahani, M. A., & Wuest, T. (2021). Image based quality inspection in smart manufacturing systems: A literature review. *Procedia CIRP*, 103, 262-267.
- [5] Kaya S., Boru B., Turhan E. Atalı G., *6 Serbestlik Derecesine Sahip Robot Kolunun Görüntü İşleme ve İnternet Üzerinden Kontrolü*, ISTEC2014 Doha, KATAR, Aralık 2014
- [6] Yılmaz N. , Web Tabanlı Mobil Robot Sistemi Tasarımı, Gerçekleştirilmesi ve Uygulamaları, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2005.
- [7] Yılmaz N. , Sağiroğlu Ş. ve Bayrak M. “*Web tabanlı AR-GE Robotu: SUGAR-1*”, ASYUINISTA 2004, Akıllı Sistemler ve Uygulamaları Sempozyumu, YTÜ, İstanbul, 127-130, 23-25 Haziran 2004.
- [8] Ünlü, B. İnternet Üzerinden Mobil Bir Robotun Kontrolü Bitirme Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, 2007
- [9] Metin U. , İlter Ö. ve Altay A. , “Yerli İmkânlar ile Geliştirilen DA Servo Sürücü ve 5 Eksenli Robot Kol Uygulaması” Lisans bitirme tezi, İstanbul Üniversitesi Makina Mühendisliği (<http://web.itu.edu.tr/usanm/bitirme.html>)
- [10] Ambikapathy, A., Sandilya, J., Tiwari, A., Singh, G., & Varshney, L. (2020, March). Analysis of Object Following Robot Module Using Android, Arduino and Open CV, Raspberry Pi with OpenCV and Color Based Vision Recognition. In *International Conference on Emerging Trends and Advances in Electrical Engineering and Renewable Energy* (pp. 365-377). Singapore: Springer Nature Singapore.
- [11] Tahir, Mr. (2024). Vision Assisted Robotic Arm Using Arduino. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*. 12. 371-379. 10.22214/ijraset.2024.59740.
- [12] Dragusu, M. & Mihalache, A.N. & Solea, R.. (2012). Practical applications for robotic arms using image processing. 1-6.
- [13] Hu, He. (2020). An educational Arduino robot for visual Deep Learning experiments. *International Journal of Intelligent Robotics and Applications*. 4. 10.1007/s41315-019-00114-2.
- [14] Griffiths, S. (2014, May 12). FDA approves Deka arm, the mind-controlled robotic limb developed by Segway creator. Mail Online. <https://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2626171/Luke-Skywalker-arm-gets-ahead-FDA-approves-mind-controlled-robotic-limb-developed-creator-Segway.html>
- [15] Özcan, M. (2018, December 15). *LabVIEW ile görüntü işlemeye giriş | Roboturka.com |*. roboturka.com |. <https://roboturka.com/labview/labview-ile-goruntu-islemeye-giris/>
- [16] Product Documentation - NI. (n.d.). https://www.ni.com/docs/en-US/bundle/ni-vision-labview-api-ref/page/imaqvision/imaq_readfile.html