

Article Arrival Date**20.05.2020****Article Type****Research Article****Article Published Date****12.06.2020****Doi Number:** <http://dx.doi.org/10.38063/ejons.270>

BEŞ EKSENLİ BİLYALI VİDALI MİL TAHRİKLİ ROBOT KOLUNUN MACH3 KARTIYLA VE VISUAL STUDIO 2010 C# PROGRAMINDA HAZIRLANAN ARAYÜZ PROGRAMI İLE KONTROLÜ

Nülifer GÜNDOĞAN

Adıyaman Üniversitesi, Besni Meslek Yüksekokulu, Adıyaman
ngundogan@adiyaman.edu.tr, ORCID: 0000-0003-0519-2139

Cengiz DOĞAN

Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Şanlıurfa
cdogan@harran.edu.tr, ORCID: 0000-0002-1468-8462

ÖZET

Bu çalışmanın amacı beş eksenli bir kartezyen kaynak robotunun tasarımını ve imalatını gerçekleştirmektir. Endüstride kullanılan robotların yurt dışından yüksek dövizlerle ithal edilmesi, robotun arızalanması durumunda tamir edilememesi, yazılımların üretici firmalar tarafından verilmemesi gibi nedenlerden dolayı ülkemizde robot tasarımı ve imalatı yaygınlaşmamıştır. Böylece ithal edilen robotlara ödenen dövizin %5-10'u kadar daha az bir maliyetle robot imalatı sağlanmış olacak ve millî servetin yurt dışına gitmesi engellenmiş olacaktır. Mach3 kontrol kartı, G kodlarının tab veya text dosyaları şeklinde kaydedilmesi ile CNC router makineleri yapımında kullanılmaktadır. Ayrıca LazyCam gibi çizim programları ile şekillerin G kodları oluşturularak dxf türünde çizim dosyalarını da kullanabilmektedir.

Bu çalışmamızda redüktörlerin yerine itme-çekme kuvvetiyle hareketi sağlayan zincir-dişli bağlantılı rulmanlı vidalı miller kullanılmaktadır. Rulmanlı vidalı mil sisteminin mevcut yöntemlerden maddi olarak daha avantajlı olması ve kullanılan robot parçalarının hareketlerinden kaynaklı olan atalet momentlerinin etkisini azaltarak kontrolün sağlanmasında kolaylıklar sağlamaktadır. Kaynak yapılacak düzlemin hareket koordinatları Visual Studio 2010 C# programında hazırlanan arayüz programı ile oluşturularak G Kodlarını çalıştırmak amacıyla Mach3 destekli bir kontrol kartı, step motorlar ve bu motorların hareketini sağlayacak sürücüler kullanılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kaynak Robot Tasarımı, Vidalı Mil-Zincir Dişli Mekanizması, Arayüz Programı, Mach3 Programı

CONTROL OF THE FIVE AXIS BALL SCREW BALL DRIVE ROBOT ARM WITH MACH3 CARD AND INTERFACE PROGRAM PREPARED IN VISUAL STUDIO 2010 C # PROGRAM

ABSTRACT

The purpose of this study is to design and manufacture a five-axis cartesian welding robot. Robot design and manufacturing could not become widespread in our country due to reasons

such as the import of robots used in the industry with high foreign currencies from abroad, the robot cannot be repaired in case of malfunction, and the software is not given by the manufacturer companies. Thus, robot production will be provided with a cost of 5-10% of the foreign currency paid to imported robots and national wealth will not be prevented from going abroad. Mach3 control card is used in CNC router machines construction by saving G codes as tab or text files. In addition, using drawing programs such as LazyCam, G codes of shapes can be created and can use dxf type drawing files.

In this study, ball screw shafts with chain-gear connection, which provide movement with push-pull force, are used instead of reducers. The ball screw system with bearings is more advantageous than the current methods and provides ease of control by reducing the effect of the moments of inertia due to the movements of the robot parts used. The motion coordinates of the plane to be welded are created with the interface program prepared in Visual Studio 2010 C # program, and a Mach3 supported control card, stepper motors and drivers that will move these motors are used in order to run the G Codes.

Key Words: Welding Robot Design, Ball-Screw-Chain gear mechanism, Interface Program, Mach3 Program.

1. GİRİŞ

Geçmişten günümüze kadar endüstride artan ihtiyaçlar ve büyük rekabet ortamı, beraberinde sürekli olarak bir yenilik ve gelişimi getirmiştir. Endüstride oluşan bu gereksinimlerden dolayı günümüze kadar birçok araştırmalar yapılmıştır. Hedeflenen bu gelişimlerle beraber üretimdeki artış, insan iş gücünü ve buna bağlı olarak maliyetleri azaltma, seri üretim vb. gibi gereksinimler ile otomasyon sistemlerinin gelişimi ortaya çıkmıştır. Endüstriyel Otomasyon sistemlerinde ilk olarak hedeflenen, tüm gün çalışan sistemler ile üretimi artırmak ve bu sayede çalışan personel giderlerinden kâr elde etmektir. Ancak günümüzde kullanılan endüstriyel otomasyon sistemleri daha çok üretim sürecinde esnekliği, seri üretimi ve kaliteyi artırmak için kullanılmaktadır.

Sanayinin her alanında insan gücünün yerini alabilen Endüstriyel Otomasyon sistemlerinde robotlar, bilgisayarlar ve bilgi teknolojileri gibi önemli kontrol sistemleri sanayide kullanılmaktadır. Bu teknolojilerin sanayideki kullanımı ile zamandan, maliyetten kazanç sağlanmasının yanında çalışan sistemlerde ile oluşabilecek hatalara ve arızalara da anında müdahale edilebilmekte bu sayede operatör denetiminde oluşabilecek gecikmeler azaltılarak bu sistemlerin denetiminde daha az personele ihtiyaç duyulabilmektedir. Aynı zamanda, günümüzde Endüstriyel Otomasyon sistemlerinin gelişimi ile makinaların istenilen saatte uzaktan dahi kontrolü yapılabilmektedir. Bu şekilde cihazlara anında müdahale edilerek oluşabilecek maddi zararların ve can kayıplarının önüne geçilebilmektedir. Ayrıca endüstriyel otomasyonun kullanılmasıyla, uygulama alanına bağlı olarak örneğin kimya endüstrisi gibi alanlarda yapılan üretimlerde meydana gelebilecek zehirli atıkların ve gazların, makineleri kullanan operatörlere zarar vermesinin de önüne geçilerek insan sağlığını da koruyucu etkisi olabilmektedir.

Endüstriyel otomasyon sistemlerin uygulama alanlarından biri de robotlardır. Robotlar sanayinin birçok alanında uygulama imkânı bulmaktadır. 1979 yılında Amerikan Robot Enstitüsünün tanımına göre: “Robot, yeniden programlanabilen; malzemeleri, parçaları, özel cihazları çeşitli programlanmış hareketlerle yapılacak işe göre taşıyan veya işleyen çok fonksiyonlu bir manipülatördür.”

Endüstriyel robotun en uygun tanımı ve robot tiplerinin sınıflandırması ise ISO 8373 standardına göre “Endüstriyel uygulamalarda kullanılan, sabit veya hareketli olabilen, üç

veya daha fazla programlanabilir eksene sahip, otomatik kontrollü, yeniden programlanabilir çok amaçlı manipulatördür.” olarak ifade edilmiştir. EN 10218-1 Avrupa Standardına göre Endüstriyel Robotun tanımı; “Robot/Endüstriyel Robot, üç veya daha fazla aksta programlanabilen ve otomasyon teknolojisinde kullanım için sabit bir yere takılarak veya hareketli olarak kullanılabilen, otomatik olarak kontrol edilebilen, serbest olarak programlanabilen çok amaçlı manipulatördür.” Olarak açıklanmıştır. (Dişlitaş, 2015).

Robotların, uygulama alanına doğru koordinatlarda hassas olarak konumlandırılabilmesi operatörün yaptığı uygulamalara göre daha kolay ve doğru ölçümler ile yapılarak üretilen parçalar ise daha iyi toleranslara sahiptir. Örneğin, robot kaynak makinesi ile yapılan bir kaynak dikişinde genellikle taşlanmaya gerek duyulmaz. Bazen işlem hızının artırılması kaliteyi de artırabilir. Örneğin ince parçaların kaynağının hızlı yapılması ısı dağılımının önüne geçerek kaynak yapılan parçalardaki çarpılmaları da engelleyebilmektedir (Şahin ve Çakan,2010).

Robotların kullanım alanlarından biri de kaynak işlemleridir. Robotların kaynak işlemlerinde kazandığı birçok avantajlar vardır. Örneğin bir ark kaynağı robotu dakikada 75 cm. kaynak yapabilirken ortalama bir kaynak ustası dakikada ancak 25 cm. kaynak yapabilir. Hacimlerin ve ekipmanların daha faal kullanımı ile belirli bir program kapsamında üretkenlik artmaktadır (Şahin ve Çakan,2010).

Ülkemizde robot kol üzerine birtakım çalışmalar yapılmıştır. Özellikle robotla kaynak işlemi üzerine Gedik Kaynak firmasının 7 eksenli kaynak robotu üretilmiştir. ASTOR Transformatör firmasının iş kazası risklerini azaltmak için üretimde kullanmak üzere özgün tasarım kaynak robotu geliştirmiştir.

Robotlu kaynak operasyonlarının endüstrideki rolü, otomotiv sanayi başta olmak üzere kaynakla yapılan birçok alanda gelişerek devam etmektedir. Türkiye dünya sanayisinde rekabet edebilmek için son yıllarda, imalatla, robotik ve otomasyon uygulamalarının kullanımı konusunda hızlı büyüme gerçekleşen pazarlardan birisi haline gelmiştir. Uluslararası Robotik Federasyonu (IRF) İstatistik Biriminin 2014 yılı raporuna göre, 2013 yılından 2014 yılına kadar kaydedilen en yüksek artış oranı yüzde 12 ile endüstriyel robot satışının en fazla yapıldığı yıl olmuştur. Türkiye’de 2013 yılında robot satışları 1100 adet robot kullanımı ile yükselişe devam etmiştir (Gençkan,2014).

Kaynak uygulamaları, taşıma sistemlerinden sonra en fazla robotlu uygulama alanı olarak 2010–2012 yılları arasında yükseliş göstermiştir. Bu artan robot satışları, çeşitli ulusal ve uluslararası kaynak otomasyon projelerinin hız kazanmasını sağlamıştır. (Gençkan,2014).

Bir robot mekanizması, mekanik parçalar, aktuatörler ve kontrol birimlerinden meydana gelmektedir. Bir robotun mekanik kısımları; yapısal, güç ileten parçalar ile (rot, dişliler vs.), taşıyıcılar ve kuplajlama bölümleri olarak sayılabilir. Modern robotların aktuatorleri, genellikle elektrikseldir (DC sürücüler). Ancak, hidrolik ve pnömatik aktuatorler de yaygın olarak kullanılabilir. Günümüzdeki robotlar da kontrol birimleri, bilgisayar tabanlıdır (CNC-Sayısal Bilgisayar Kontrollü) ve gelişmiş bir işleve sahiptir. Ayrıca günümüzdeki bilgisayarlar ve mikroişlemciler, yüksek hızda uygulamalar yaparak, karmaşık olan kontrol algoritmalarını kolaylıkla çözebilmektedir. Bunun yanı sıra DSP (Sayısal İşaret İşleme) yöntemi ile analog sinyallerin ölçülmesi ve filtrelenmesi ile sayısal domende sinyal işleme yöntemi uygulayarak paralel işlemci yapısı kullanmak, robot uygulamalarında önemli yer tutmaktadır (Tonbul,2003).

Robot uygulamalarında hareket iletiminde kullanılan mekanizmalardan birisi olan zincir dişli mekanizması, dönme hareketini-dönme hareketine ve dönme hareketini-doğrusal harekete çeviren, güç ve hareket iletim mekanizmalarıdır. Kullanım yerine göre, uzun ve kısa

dişli eksenleri arasındaki mesafelerde bile uygun çözüm oluşturabilirler. Kısa eksen mesafeleri ve büyük çevrim oranlarında dahi sistemde bir kayma gözlenemez. Ön gerilme yapılmış montaj gerekmediği için milde daha düşük radyal kuvvetler oluştururlar (Temiz,2017).

Robot uygulamalarına kullanılan bir diğer mekanizma ise vidalı mil ve bilya yataklı bir somunun bu vidalı mil üzerindeki dönmesi ile dönme hareketini doğrusal harekete çeviren mekanizmalardır. Bu bilyalı yataklama ile vidalı millerin doğrusal hareketinin daha az sürtünme ile iletilmesi de söz konusudur. Hassas bir vida olarak yapılan mil ise helezonik yapıdaki kanalları sayesinde bilya yataklarının rahatlıkla dönmesine olanak sağlar. Düşük sürtünme özelliği, hareket iletiminde yüksek mekanik verim elde edilmesine olanak sağlar (Erdöl,2014).

CNC makineleri (tezgâhlar), içerisine monte edilmiş bilgisayar ve monitör aracılığıyla programlanan ve otomatik olarak imalat yapan bir sistemdir. CNC makinasının operatör tarafından kullanılabilmesi için ara yüzleri geliştirilen yazılımlar, G-Kodunu kullanarak hareket kontrolü sağlar. G kodunu kullanarak motorlara hareket verebilen yazılımlardan bir tanesi de Mach3 programıdır. Mach3 programı, robot otomasyonun da CNC router gibi uygulamalar için, bir kontrol kartı yardımıyla bilgisayarlarda MS Windows işletim sistemi ile beraber kullanılabilen bir yazılımdır. Mach3 yazılımının kullanımı ile mil ve plazma kesiciler gibi birçok kontrol makinelerinin tasarımı, kullanışlı bir hâle gelmiştir. Mach3, hareket mekanizmaları ile kartezyen düzlemler arasında doğrusal bir ilişki sağlayarak hareketi birebir kartezyen koordinatlarda kontrol edebilir. Mach3 programı, görsel arayüzlü bir program olup, istenilen eksen değerlerine göre ayarlanan ekran görüntüsü ile aynı anda 6 eksene kadar motor kontrolü yapılabilir. (Koç ve Doğan,2017).

Mach3 kontrol kartları, bilgisayar bağlantısı ile mach3 veya mach4 olarak adlandırılan yazılımlar kurularak servo ya da step motorların numerik yol ile çalıştırılması ve CNC router makinelerinin yapımı için kullanılırlar. Bu doğrultuda step ve servo motorları çalıştırmak için iki çeşit mach3 kontrol kartı bulunmaktadır. Bahsedilen kontrol kartları, bağlantı biçimlerine göre paralel mach3 kontrol kartları ve USB bağlantı mach3 kontrol kartlarıdır. Bunun için mach3 kartı üzerinde eksen pals ve yön çıkış portları bulunmaktadır. Mach3 kartından motor hareketi için üretilen sinyaller bu portlar aracılığıyla motor sürücüsüne dijital sinyal olarak aktarılmaktadır. Böylece bilgisayardaki Mach3 programından elde edilen hareket verileri, step/servo motor hareketlerine dönüştürülmektedir.

Mach3 kontrol kartları ile motor hareketlerin yanı sıra spindle devri ayarlanabilir, soğutucu açılıp kapatılabilir, acil stop butonu, eksen sınır anahtarları, jog modu için elektronik el çarkı gibi elektronik aksesuarlar da kullanılabilir. Bu işlemleri yapabilmek ve elektronik aksesuarları kullanabilmek için mach3 kartı üzerinde yer alan çeşitli giriş ve çıkış pinleri bulunmaktadır. Kart üzerine yer alan 5V çıkış pinleri ve GND bağlantıları ile sistemde sensor kullanımında gerekli olabilecek elektrik bağlantısı imkânı da sunulmaktadır. (Doğan,2019)

Bu çalışmada 5 eksenli dişli kutusu yerine rulmanlı vidalı milli sistemleri ile ileri geri hareket yaptırılarak, iki dişli üzerine takılmış olan zincire teğetsel olarak kaynak torcunu taşıyacak olan bilek ünitesine hareket verdirilerek çalışan bir kaynak robot tasarlanarak imal edilmiştir. Motor tarafından tahrik edilen rulmanlı vidalı milin döndürülmesiyle somunun lineer hareketi ile robot kolla tespit edilen kartezyen koordinatlarda ki X, Y ve Z eksenlerine montaj edilmiş kızak mekanizmasına hareket aktarılmaktadır. Bu sayede robot kolu yüklü durumunda iken motora büyük tork gerektirmediğinden hem motorun kontrolü kolaylaşmakta hem de aynı şartlardaki robot için daha küçük güçte kontrollü motorlara ihtiyaç vardır. Kaynak robot mekanizması motorlardan aldığı dönme hareketi ile vidalı mil-somun mekanizmasına ileri geri hareket kazandırarak her bir eksenindeki kol mekanizmasını kendi

ekseninde ileri geri hareket kazandırmıştır. Motor tarafından tahrik edilen rulmanlı vidalı milin döndürülmesiyle somunun lineer hareketi ile robot kollara tespit edilen kızakların üzerinde kollara X,Y ve Z eksenlerinde ileri geri ve yukarı aşağı hareket aktarılmaktadır. X eksen doğrultusunda ki kola monte edilmiş olan bilek ünitesine, bağlı olduğu motor ve hassas evolvent profillere sahip dişli mekanizması sayesinde kaynak torcuna iki eksenle salınım hareketi kazandırılmıştır. Bu sayede robot mekanizmasının kollarına üç eksenle ileri geri hareket ve bilek ünitesine ise iki eksenle salınım hareketi verilerek kaynak robotu tasarlanarak imal edilmiştir.

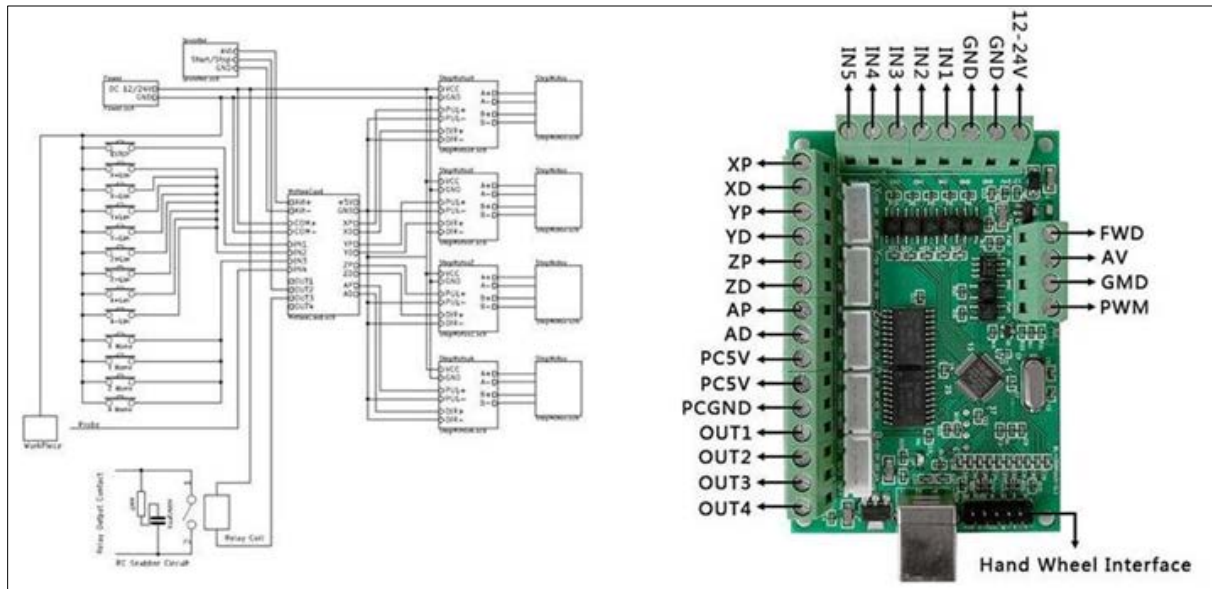
Ayrıca bu çalışmada, kaynak robotunun kollarındaki motorlara verilen hareketin kontrolünü sağlayan Mach3 programında hareketleri kaydedebilmek ve klavyeden ya da bir joystick ile operatör tarafından yönetebilmek için Visual Studio 2010 C# programında ayrıca kontrol için bir arayüz programı yazılmıştır. Hazırlanan bu yazılım ile motorların eksenlerine değer atama, ilerleme hızı, sınır anahtarlarının açılıp kapanması, ters ve ileri kinematik hesapları yapılarak bunların G kodu olarak bir dosyada oluşturulup kaydedilmesi gibi işlemlerin yazılımı yazılmıştır. Bu araştırmada Mach3 programında kullanılan birçok verilerin Visual Studio 2010 C# programında hazırlanan arayüz içerisinde kontrol edilebilirliği saptanmış olup bu da Mach3 programında ki kısıtlamaların birçoğunu ortadan kaldırmış ve kullanımını kolaylaştırmıştır. Hazırlanan bu yazılım ile Mach3 programının kullanımı ile elde edilen robot hareketlerinin, manuel olarak değil otomatik olarak yapılması sağlanmıştır.

2. YÖNTEM

2.1 Visual Studio C# da Hazırlanan Mach3 Arayüz Programı

Mach3 kontrol kartları, bilgisayar bağlantısı ile mach3 veya mach4 olarak adlandırılan yazılımlar kurularak servo ya da step motorların numerik yol ile çalıştırılması, motor hareket kontrolü ve CNC router makinelerinin yapımı için kullanılırlar (Şekil 1).

435



Şekil 1. Bu çalışmada kullanılan Mach3 kontrol kartı ve Bağlantı Şeması

Bu çalışmada Mach3 kontrol kartı ve programı step motorların hareketini kontrol edebilmek ve motorlara hareket vermek için kullanılmıştır. Bu motorların hareketi ile mekanizmanın mekanik kollarına X,Y,Z,A ve B eksenlerinde otomatik olarak hareket verilmiştir.

Mach3 programında motorlara her bir eksende hareket verilebilirken herhangi bir parça üzerinde ki kaynak işleminin otomasyon ile yapılabilmesi için eksen koordinatlarının kayıt altına alınması gerekliliği Mach3 programı tarafından otomatik yapılamamaktadır. Mach3 programında eksen koordinatlarının kayıt altına alınabilmesi için Mach3 programının kullandığı Visual Basic Script'leri ile hazırlanan Makro kodları bulunmaktadır. Bu Makro kodlarının kullanımı, robot hareketlerinin ya da kaynak uygulamasının operatör tarafından seri bir şekilde yapılmasını zorlaştırmaktadır. Bunun nedeni ise Makro kodlarının Mach3 tarafından kullanılabilmesi için Mach3 programında bulunan MDI Input girişine Makro isminin çağırılması gerekmektedir. MDI Input girişine Makro isminin çağırılması esnasında Mach3 eksenlerinin hareketi operatör tarafından kullanım zorluluğunu da beraberinde getirmektedir. Bu nedenle istenildiği zaman eksen koordinatlarını kaydedebilme imkânına sahip, Mach3 ile eş zamanlı çalışabilecek Microsoft Visual Studio C# programı kullanılarak bir arayüz programı hazırlanmıştır. Araştırmalarımıza göre Mach3 programında dışarıdan veri girişi çok esnek olmamakla birlikte kontrolü sağlanabilmektedir. Bu program ile Mach3 programı operatör tarafından istenilen koordinatlara gönderilerek istenilen hareketler bir Text dosyasına kaydedilerek istenilen durumda kayıt ve motor hareketleri klavyeden atanan tuşlar ile durdurulabilmektedir. Ayrıca bu arayüz programı ile Mach3 MDI Input girişi ile istenilen hareket koordinatları X,Y,Z,A ve B eksen girişlerine gönderilerek hareket sağlanabilmektedir.

Mach3 programının Microsoft Visual Studio C# programı ile kontrol edilebilmesi için Mach3 Version3.xMacro Programmers Reference Manual belgesindeki kodlardan faydalanılmıştır. Bu belgede, Mach3 kullanan makro programcıları için yaygın olarak kullanılan Cypress Basic (CB) işlev çağrılarını belgelemektedir. Bu belge, Mach 3/4 ortamına eklenen özel fonksiyonların (Functions) ve alt programların (Subroutine) tanımlarıyla birlikte okunmalıdır. Bu belgede açıklanan script ve kodlar ile Mach3 programında kullanılan değerlere, makrolar yardımı ile veya bir başka yazılım programı (Microsoft Visual Studio C# gibi) aracılığıyla erişim sağlanmaktadır. Bu sayede Mach3 programı ile eksenlere koordinat girişi yapmak, ilerleme hızını değiştirebilmek, sistemde kullanılabilecek anahtarları açıp kapatabilmek, girilen koordinatları bir dosyaya kaydedebilmek gibi birçok uygulamaya erişim ve değiştirebilme imkânı sunulmaktadır (CNC For Fun, 2015). (Şekil 2).

GetYCoor

Function GetYCoor() As Double

This function is used in conjunction with the GetCoord() function to get X, Y, Z and A axis coordinate values from the user. The GetYCoor() function will return the Y value entered by the user in the last GetCoord() function call.

Arguments:

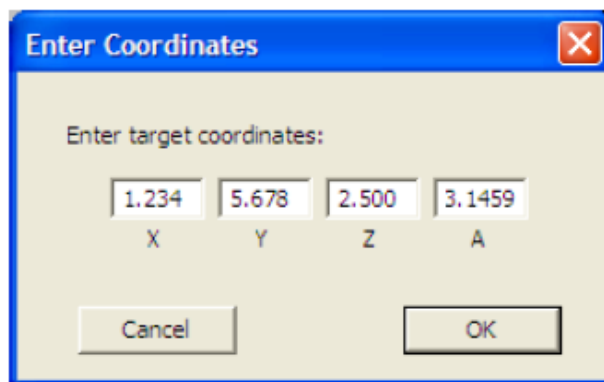
None

Return Value:

Y Axis coordinate value from last GetCoord() call

Example:

```
GetCoord("Enter target coordinates:")
Message "Coordinates are: " & GetXCoor() & " " &
GetYCoor() _
& " " & GetZCoor() & " " & GetACoor()
```



Şekil 2. Mach3 Version 3.xMacro Programmers Reference Manual

Mach3 Version 3.xMacro Programmers Reference Manual belgesinde kullanılan bazı script ve fonksiyonları bir makro veya makro gibi kullanabilmek için ayrıca gerekli olan OEM serisi Button, DRO ve LED numaraları bulunmaktadır. Visual Studio 2010 C# programında hazırlanan arayüz programı, Mach3 programına ait OEM kodlarını kullanarak Mach3 bağlantı yapılabilmektedir. Bu kodlar ile Mach3'te bulunan Buton DRO, LED DRO ve Parametre değerlerine ulaşıp kontrolü yapılabilmektedir (Şekil 3).

Type	Old Function Description	Old Number	New Function Description	VB Call	New Number	Type Var
Button	Select MPG jog mode 327	327	Jog Mode MPG	DoButton	19490	,1
Button	Toggle Jog Mode through Cont/Step/MPG as relevant 245	245	Jog Mode Continuous/Incremental/MPG Cycle	DoButton	19500	,2
Button	Jog Toggle 1031	1031	Jog Push to Jog Until stopped	DoButton	19519	,1
Button	Push to jog X-- 308	308	Jog Push To Jog X Negative	DoButton	19520	,1
Button	Push to jog Y-- 310	310	Jog Push To Jog Y Negative	DoButton	19521	,1
Button	Push to jog Z-- 312	312	Jog Push To Jog Z Negative	DoButton	19522	,1
Button	Push to jog A-- 314	314	Jog Push To Jog A Negative	DoButton	19523	,1
Button	Push to jog B-- 330	330	Jog Push To Jog B Negative	DoButton	19524	,1
Button	Push to jog C-- 332	332	Jog Push To Jog C Negative	DoButton	19525	,1
Button	Push to jog X++ 307	307	Jog Push To Jog X Positive	DoButton	19530	,1
Button	Push to jog Y++ 309	309	Jog Push To Jog Y Positive	DoButton	19531	,1
Button	Push to jog Z++ 311	311	Jog Push To Jog Z Positive	DoButton	19532	,1
Button	Push to jog A++ 313	313	Jog Push To Jog A Positive	DoButton	19533	,1
Button	Push to jog B++ 329	329	Jog Push To Jog B Positive	DoButton	19534	,1
Button	Push to jog C++ 331	331	Jog Push To Jog C Positive	DoButton	19535	,1
Button	Toggle X jog off 334	334	Jog Push To Jog X Stop	DoButton	19540	,1
Button	Toggle Y jog off 335	335	Jog Push To Jog Y Stop	DoButton	19541	,1
Button	Toggle Z jog off 336	336	Jog Push To Jog Z Stop	DoButton	19542	,1
Button	Toggle A jog off 337	337	Jog Push To Jog A Stop	DoButton	19543	,1
Button	Toggle B jog off 338	338	Jog Push To Jog B Stop	DoButton	19544	,1
Button	Toggle C jog off 339	339	Jog Push To Jog C Stop	DoButton	19545	,1
LED	Cont Jog is at full speed LED 58	58	Jog Rapid Enabled (shift key active)	GetLED/SetLED	19600	
Button	Slow Jog Dn 112	112	Jog Slow Decrement	DoButton	19700	,0
DRO	Slow Jog % DRO 3	3	Jog Slow Decrement/Increment by (percentage %)	GetDRO/SetDRO	19700	
Button	Slow Jog Up 111	111	Jog Slow Increment	DoButton	19700	,1
LED	X-- jogging switch active LED 122	122	Jog Switch Active X Negative	GetLED/SetLED	19800	
LED	Y-- jogging switch active LED 124	124	Jog Switch Active Y Negative	GetLED/SetLED	19801	
LED	Z-- jogging switch active LED 126	126	Jog Switch Active Z Negative	GetLED/SetLED	19802	
LED	A-- jogging switch active LED 128	128	Jog Switch Active A Negative	GetLED/SetLED	19803	
LED	X++ jogging switch active LED 121	121	Jog Switch Active X Positive	GetLED/SetLED	19810	
LED	Y++ jogging switch active LED 123	123	Jog Switch Active Y Positive	GetLED/SetLED	19811	
LED	Z++ jogging switch active LED 125	125	Jog Switch Active Z Positive	GetLED/SetLED	19812	

Şekil 3. Mach3 Programında kullanılan Oem Listesi.

Visual Studio 2010 C# programında hazırlanan arayüz programında, öncelikle Visual Studio'nun Mach3 bileşenini düzgün bir şekilde alması için, kayıt defterine doğru kaydedilmesi gerekir. Daha sonra Mach3 programında kullanılan nesnelerin çalışan bir örneği şekilde gösterilen kodlar kullanılarak ve Visual Studio 2010 C# programında reference olarak Mach3 programının eklenmesiyle bağlantı kurulmuştur (Şekil 4).

```

76      double[] DivRXYZbileske = new double[365];
77      double[] toplamYuzunluk12 = new double[365];
78
79      int ii; double x, y, z;
80      private IMach4 _mach = null; int i = 0;
81      private IMyScriptObject _mInst = null;
82      1 reference
83      public Form1()
84      {
85          InitializeComponent();
86          this.KeyPreview = true;
87      }
88      48 references
89      private void GetMach3Instance()
90      {
91          try
92          {
93              _mach = (IMach4)Marshal.GetActiveObject("Mach4.Document");
94              _mInst = (IMyScriptObject)_mach.GetScriptDispatch();
95          }
96          catch
97          {
98              _mach = null;
99              _mInst = null;
100          }
101      }

```

Şekil 4. Mach3 programında kullanılan nesnelerin çalışan bir örneğinin Visual Studio 2010 C# programında kullanılan kodları (CNC For Fun, 2015)

439

Mach3 programını kontrol edebilmek için hazırlanan arayüz programında, bir klavye üzerinde yön kontrolü yapılmasını sağlayacak olan tuşlar aktif hâle getirilmiştir. Bu tuşların kullanımı ile Mach3 kartı üzerinde her bir eksende pozitif ve negatif eksende ileri geri ve dönme hareketlerini sağlayan X++, X--, Y++, Y--, Z++, Z—, A++, A—, B++, B— ve makro çağırma-koordinat girişi ekranı olan MDI Input girişlerine bağlantı yapılmıştır. Ayrıca dosya kaydetme, silme ve Mach3 programına dosya atama gibi uygulamalar için de klavye tuşları kullanılmıştır.

Tablo1. Klavye üzerinde bulunan tuşlar ve işlevleri:

Mach3 programında ki tuş	Klavye üzerinde bulunan tuş
X++ Jog Push	Sağ Yön Ok tuşu
X-- Jog Push	Sol Yön Ok tuşu
Y++ Jog Push	Yukarı Yön Ok tuşu
Y-- Jog Push	Aşağı Yön Ok tuşu
Z++ Jog Push	Numlock 5 tuşu

Z-- Jog Push	Numlock 0 tuşu
A++ Jog Push	Numlock 1 tuşu
A-- Jog Push	Numlock 3 tuşu
B++ Jog Push	Numlock 7 tuşu
B-- Jog Push	Numlock 9 tuşu

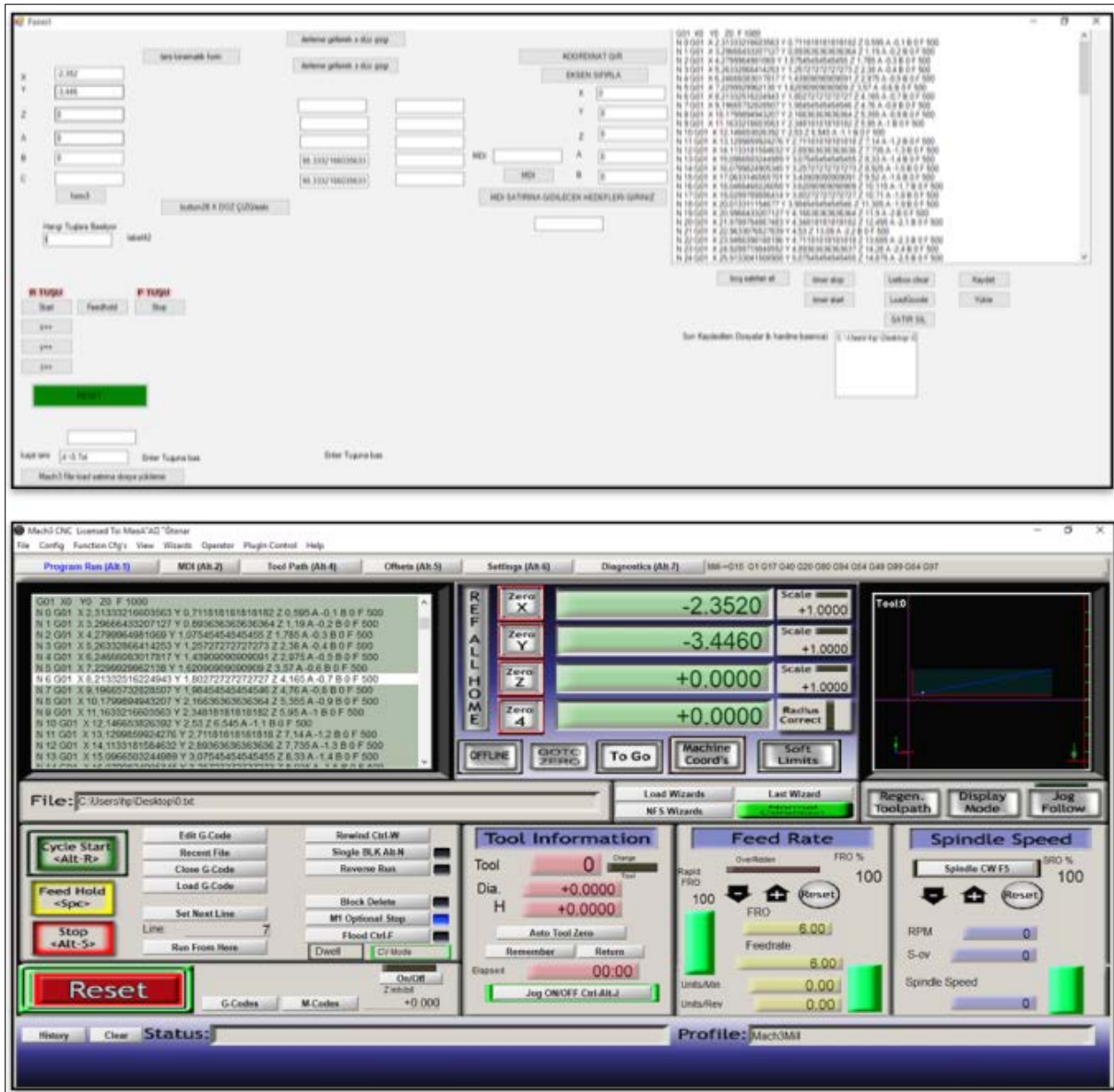
Visual Studio 2010 C# programında hazırlanan arayüz programında kullanılan Keydown metodunun kodlarının bir kısmı ve eş zamanlı olarak çalışan Mach3 programının ekran görüntüsü aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir (Şekil 5).

```

405     _mInst.DoOEMButton(313);
406     txtDroA.Text = _mInst.GetOEMDRO(803).ToString();
407
408     }
409     if (e.KeyCode == Keys.NumPad3)//Bu tuşa(klavyeden Numlock 3 sayısı) bastığımızda Mach3 ün A-- yön tuşunu aktif eder
410     {
411         GetMach3Instance();
412
413         _mInst.DoOEMButton(314);
414         txtDroA.Text = _mInst.GetOEMDRO(803).ToString();
415
416     }
417     if (e.KeyCode == Keys.NumPad7)//Bu tuşa(klavyeden Numlock 7 sayısı) bastığımızda Mach3 ün B++ yön tuşunu aktif eder
418     {
419         GetMach3Instance();
420
421         _mInst.DoOEMButton(329);
422         txtDroB.Text = _mInst.GetOEMDRO(804).ToString();
423
424     }
425     if (e.KeyCode == Keys.NumPad9)//Bu tuşa(klavyeden Numlock 9 sayısı) bastığımızda Mach3 ün B-- yön tuşunu aktif eder
426     {
427         GetMach3Instance();
428
429         _mInst.DoOEMButton(330);
430         txtDroB.Text = _mInst.GetOEMDRO(804).ToString();
431
432     }
433
434

```

Şekil 5. Visual Studio 2010 C# programında hazırlanan arayüz programında kullanılan Keydown metodunun kodlarının bir kısmı



Şekil 6. Visual Studio 2010 C# programında hazırlanan arayüz programında kullanılan Form ve eşzamanlı olarak Mach3 ün çalışan görüntüsü

3. SONUÇLAR

Bu çalışmada son yıllardaki teknolojiye kullanılan robotlardan farklı olarak daha az maliyetli ve stabil bir robot tasarımı yapılmıştır. Kaynak bölgesini hedefleyen hareket koordinatları Visual Studio 2010 C# programında hazırlanan arayüz programı ile oluşturularak G Kodlarını çalıştırmak amacıyla Mach3 destekli bir kontrol kartı, step motorlar ve bu motorların hareketini sağlayacak sürücüler kullanılmaktadır. Motorların kontrolünün sağlanması ve oluşturulacak bu yazılım programıyla motorlara sürücüleri yardımıyla yol verilmektedir. Bu çalışmada esas olarak motorların döndürme momentlerini itme-çekme kuvvetine dönüştüren vidalı mil-somun ve zincir dişli mekanizmalarıdır. Robot kolların hareketini sağlayan motor, vidalı mil-somun ve zincir dişli mekanizmaları ile itme-çekme kuvvetlerinden yararlanılarak robota işlevlik kazanılması düşünülmektedir. Oluşturulan yazılımda robotların konum bilgilerine bağlı olarak vidalı mil hareketini sağlayacak değerleri G koduna çevirdikten sonra Mach3 kartları yardımıyla motorlara hareket verilmektedir. Zincir

ve dişlileri, kaplin ve rulmanlar kullanılarak motorun döndürme kuvveti vidalı millere aktarılmaktadır. Kol hareketlerinin rahat bir şekilde döndürülmesini sağlamak ve sürtünmeyi azaltmak için rulmanlı yataklar kullanılmaktadır. Tüm işlemlerin yapılması ve motor hareketlerinin hesaplamalarında kullanılmak üzere bir bilgisayar kullanılmıştır. Robot aksamalarının oluşturulması için çelik profil ve miller kullanılmıştır. Bu çalışmada, ülkemize yurt dışından yüksek fiyatlarla tedarik edilen kaynak robotunu kendi yazılımlarımızla ve daha az maliyetle üreterek ülkemiz sanayisine katkıda bulunulması amaçlanmıştır.

Robot kolu sistemleri üzerine ülkemizde mekanik kısmı üzerine birtakım çalışmalar yapılmış olsa bile yazılımı üzerine geliştirici çok az çalışma yapılmaktadır. Robotlu kaynak uygulamalarının çoğunda bu makineler çok yüksek fiyatlarla yurt dışından ithal edilmektedir. Bu projede yapılmak istenen hem ülkemiz endüstrisine katkıda bulunmak hem de yapılacak mekanizmada kullanılan farklı ve bir o kadar da kullanışlı sistemlerle daha az maliyetle üretebilmektir.

KAYNAKÇA

- Adar, N. G., Ören, H., Kozan, R. ,(2013). 5 Serbestlik Dereceli Robot Kolunun Modellenmesi Ve Kontrolü. SAÜ. Fen Bil. Der. 17. Cilt, 1. Sayı, s. 155-160.
- Bingül, Z., Kizir, S., Akyüz, İ.H.,(2009). Tek Eklemlili Esnek Robot Kolunun Modellenmesi, Tasarımı ve Bulanık Mantık ile Kontrolü, Otomatik Kontrol Ulusal Konferansı (TOK09).
- Büyüktümtürk, F. , Yılmaz ,Ö., Ertaşkın , H., Akıncı , T.Ç., (2009). Bilgisayar Kontrollü Vinç Sistemi Tasarımı Ve Uygulaması. 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09).
- CNC For Fun, (2015). How to programing C# with Mach3. 5 Oca 2017 tarihinde <https://www.youtube.com/watch?v=-IviSnDKsAY> adresinden erişildi.
- Çakan, A. ve Şahin, Y., (2010). Endüstriyel Robotlar ve Fanuc R-J3iC Robot Deneyi. <http://www.makina.selcuk.edu.tr/img/Robotik.pdf> adresinden erişildi.
- Dişlitaş, S., (2015). Endüstriyel Robot Programlama (1. Baskı) kitabı . Endustriyel Robot Programlama Eğitimi İle Mesleki Ve Teknik Eğitimin Güçlendirilmesi Projesi Erpe-Meteg. http://www.erpemeteg.org/erpemeteg/Kurs_Materyalleri/Kitap/ERPE-METEG_Bolum_0.pdf adresinden erişildi.
- Doğan, A., (2019). Scara Robot Tasarımı, İmalatı Ve Uygulaması. Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi: Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Erdöl , Y., (2014). Bilyalı Vidalı Mil Hareket Sisteminin Matematiksel Modellenmesi Ve Titreşim Analizi. Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi: Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik Ve Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Eren, İ., 2006. Gereğinden Çok Serbestlik Dereceli Robot Kolu Kontrol Sistemi Tasarımı Ve Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi: Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü .
- Genç, E. , (2006). İki Uzunlu Düzlemsel Esnek Robot Kol Tasarımı Ve Kontrolü. Yüksek Lisans Tezi: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Gençkan, D., (2014). Türkiye’de Robotlu Kaynak Uygulamaları Ve Eğitimde Yapılanlar. Makinetek Dergisi. <http://www.makinatek.com.tr/arsiv/yazi/153-turkiyede-robotlu-kaynak-uygulamaları-ve-eğitimde-yapılanlar> adresinden erişildi.
- Gök, G. V., Afyon , Ç. ,(1999).Kaynak Uygulamalarında Robot Teknolojisi. Kaynak Teknolojisi II. Ulusal Kongresi, syf. 221-230.

Güllü, A.,2017. Endüstriyel Robotlar. <http://www.aydingullu.com/uploads/dokumanlar/EndustriyelRobotlar.pdf> adresinden erişildi.

Johns,C., Kocher,T.,O'Donnell,K., Stevens, M., Weaver, A., Webb, J., Riley,S., Ruge, J., Thomas, L., Yu, E., Cutting, B., Shirkey, C., Trepanier, T.,(2001). Final Report Robotic Manipulator Project. The Ohio State University, Wright State University, Sinclair Community College.

Karnik, A. M. , 1985. Adaptive Control Of An Industrial Robot With Application To Arc Welding , P h . D . Thesis: McMaster University.

Mach3 Version 3.x Macro Programmers Reference Manual [PDF belgesi]. Lecture Notes Online Web site: 22 Ağustos 2010 tarihinde https://www.machsupport.com/wp-content/uploads/2013/02/Mach3_V3.x_Macro_Prog_Ref.pdf adresinden erişildi.

Morita, T., Sugano, S.,1996. Development of 4-D.O.F. Manipulator Using Mechanical Impedance Adjuster, International Conference on Robotics and Automation Minneapolis, Minnesota -, pgs. 2092-2907.

Putra,R. Y., Kautsar, S. R., Adhitya ,Y., Syai'in, M. , Rinanto , N., Munadhif ,I., Sarena, S.T., Endrasmono, J. , Soeprijanto,A., 2016. Neural Network Implementation for Invers Kinematic Model of Arm Drawing Robot,International Symposium on Electronics and Smart Devices (ISESD) 29-30,pgs 153-157.

Sönmez, M. , Nil, M., Yüzgeç,U., Kandilli, İ., 2005. Üç Serbest Dereceli Endüstriyel Bir Robotun Yapay Sinir Ağları ile Denetimi. Machinery Makina Teknik Aylık İmalat ve Teknoloji Kültürü Dergisi. http://www.emo.org.tr/ekler/70981fd305170c4_ek.pdf adresinden erişildi.

Tapıcı, U.Ç. , (2006). Robotla Kaynak Uygulaması İçin Fikstür Tasarımı Ve Kaynak Distorsiyonlarının Analizi. Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Temiz, V.,2017. Zincirler. <http://web.itu.edu.tr/temizv/Sunular/Zincirler.pdf> adresinden erişildi.

Tonbul, T. S., Saritas,M., (2003). Bes Eksenli Bir Robot Kolunda Ters Kinematik Hesaplamalar Ve Yörünge Planlaması, Gazi Üniversitesi Mühendislik – Mimarlık Fakültesi Dergisi, 18(1).

Uzuner,S., Akkuş,N.,Toz, M., ,(2017). 5 Eksenli Manipülörün Eklem Uzayında Yörünge Planlaması, Journal of Polytechnic, syf. 20 (1) : 151-157.

Verma, S., (2013). Hand Gestures Remote Controlled Robotic Arm. Advance in Electronic and Electric Engineering. ISSN 2231-1297, Volume 3, Number 5 pp. 601-606. Research India Publications. <http://www.ripublication.com/aeec.htm> adresinden erişildi.