

Araştırma Makalesi / Research Article

3 Serbestlik Dereceli Kaynak Konumlandırıcının İleri Kinematik Modelinin Yapay Sinir Ağları ile Elde Edilmesi

Şirin ADA¹, Serkan ÇAŞKA^{2*}

¹ İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye,
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1121-3963>, sirin.adda@yandex.com

² Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Hasan Ferdi Turgutlu Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Manisa, Türkiye,
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2157-8931>, serkan.caska@cbu.edu.tr

Geliş/ Recieved: 03.11.2020;

Kabul / Accepted: 30.11.2020

ÖZET: Günümüzde endüstriyel robotlar üretimin her aşamasında geniş ölçüde kullanılmaktadır. Robotlar özellikle ark kaynağı uygulamalarında genellikle bir kaynak konumlandırıcı ile birlikte kullanılmaktadır. Bu sayede kaynak hızı artmakta ve robot kontrolü kolaylaşmaktadır. Son yıllarda, robotların kinematik modellerinin oluşturulmasında yapay zeka tabanlı yöntemler yaygınlaşmıştır. Bu çalışmada 3 serbestlik dereceli kaynak konumlandırıcının ileri kinematik modeli yapay sinir ağları (YSA) ile elde edilmiştir. Yapay sinir ağındaki öğrenme algoritması türü ve gizli katmanda yer alan sinir hücresi sayısı değiştirilerek en iyi modellemenin bu parametrelerin hangi değerlerinde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Elde edilen YSA modellerinde en yüksek modelleme başarısının gizli katmanında 20 sinir hücresi bulunan ve Levenberg-Marquardt eğitim yöntemiyle elde edilen modelde gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Robotik, İleri kinematik model, Yapay sinir ağları.

*Sorumlu yazar / Corresponding author: serkan.caska@cbu.edu.tr

Bu makaleye atıf yapmak için /To cite this article

Ada, Ş., Çaşka, S. (2020). 3 Serbestlik Dereceli Kaynak Konumlandırıcının İleri Kinematik Modelinin Yapay Sinir Ağları ile Elde Edilmesi. Journal of Materials and Mechatronics: A (JournalMM), 1(2), 97-102.

Obtaining Forward Kinematic Model of 3 Degrees of Freedom Welding Positioner by Artificial Neural Networks

ABSTRACT: Today, industrial robots are widely used in all stages of production. Robots are generally used in combination with a welding positioner, especially in arc welding applications. In this way, the welding speed increases and robot control becomes easier. In recent years, artificial intelligence-based methods have become widespread in deriving kinematic models of robots. In this study, forward kinematic model of 3 degree of freedom welding positioner was obtained by artificial neural networks. Parameter values that provide best modeling was determined by changing the type of learning algorithm and the number of neural cells in the hidden layer of the artificial neural network. In obtained ANN models, it was determined that the highest modelling success was achieved in the model that has 20 nerve cells in the hidden layer and was obtained by Levenberg-Marquardt training method.

Keywords: Robotic, Forward kinematic model, Artificial neural networks.

1. GİRİŞ

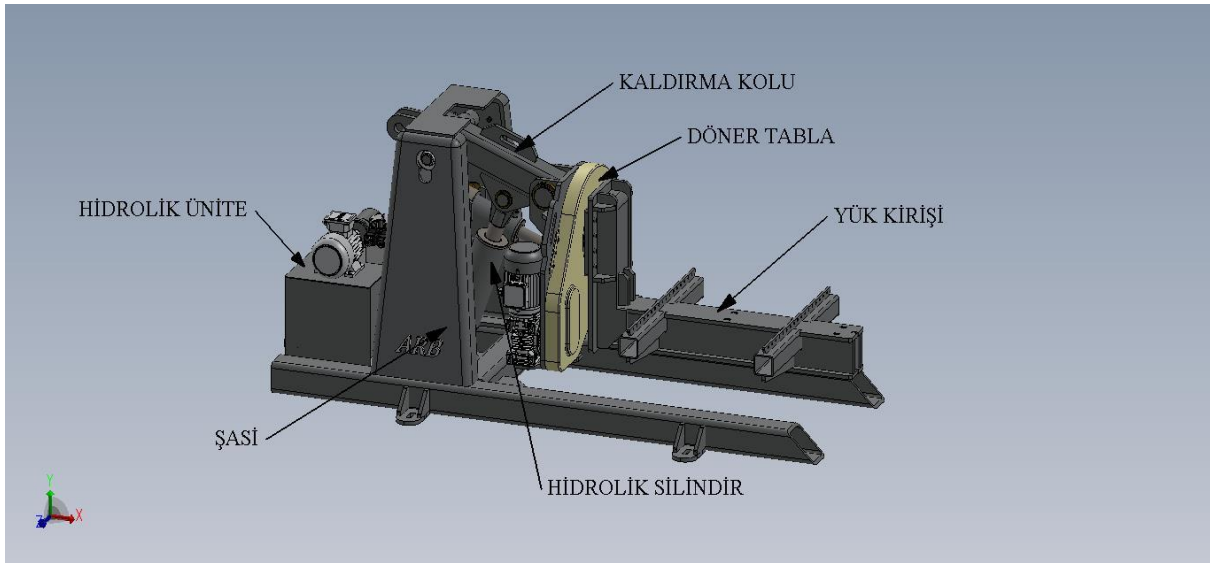
Endüstriyel robotlar üretimin her aşamasında geniş ölçüde kullanılmaktadır. Robotların genellikle kullanıldığı endüstriyel uygulamalar; boya, ark kaynağı, delme, çapak alma, montaj, enjeksiyon kalıplama, lazer kesim, su jeti ile kesim, makine besleme, taşıma, dövme, eğitim ve araştırma olarak sıralanmaktadır. 6 Eksenli robotlar genellikle bir kaynak konumlandırıcı ile birlikte kullanılmaktadır ve bu şekilde robotun hareket esnekliği artırılmaktadır. Kaynak konumlandırıcıları robotik kaynak işlemine başlıca iki yönden katkı sağlamaktadır; birincil olarak kazanılan ek serbestlik derecesidir, diğer katkı ise robot ile operatör arasında daha esnek eşzamanlı hareket sağlanmasıdır. Robotik alanının farklı konularında yayınlanmış çok sayıda araştırma sonuçları bulunmaktadır (Koca ve ark., 2020).

Karagülle ve ark.'nın, 2012 çalışmasında entegre tasarım yöntemi; tasarım ve uygulama süreci olarak iki kısma ayrılmıştır. Yapılan çalışmada entegre analizin farklı program paketlerinin API kabiliyetlerini içeren uygulamaları konusundaki gelişmeler ele alınmıştır. Şahbaz ve ark.'nın, 2007 çalışmasında eşzamanlı kontrol algoritması geliştirilerek kinematik tasarım süreci ve servo motor kontrol çalışmaları yapılmıştır. Ark kaynağı uygulamalarında robot-konumlandırıcı sisteminin off-line programlanması zaman alan bir süreçtir. Kim ve ark.'nın, 1998 çalışmasında gaz metal ark kaynağı için iki serbestlik dereceli konumlandırıcı ile robot sisteminin off-line programlama parametreleri ve kinematik yapısı tanımlanmıştır. Pashkevich ve ark., 2003 bir kaynak konumlandırıcının kinematik yapısını kapalı devre olarak tanımlamış ve özgün bir formülasyon geliştirmiştir. Pashkevich ve ark.'nın 2006, çalışmasında yatay kaynaklama metoduna önem verilerek kinematik kontrol hiyerarşisi, kaynak işleminin planlanması ve kaynak parametrelerinin seçimi incelenmiştir. Wu ve ark., 2015, kaynak uygulamaları için robotik platform tasarlamış ve bu platform için kontrol algoritması geliştirmiştir. Wittler ve ark., 1998, kaynak uygulamalarında kullanılmak üzere interaktif eniyileme yöntemi ve model tabanlı tasarım algoritması geliştirmiştir. Gujarathi ve ark.'nın, 2011 çalışmasında kaynak robotlarına yönelik bilgisayar destekli tasarım (CAD) ve bilgisayar destekli mühendislik (CAE) araçlarının etkin kullanımı ve entegrasyonu incelenmiştir. Pan ve ark.'nın, 2016 çalışmasında kaynak uygulamaları için özgün bir tasarım süreci amaçlanarak CAD-CAE yazılım platformu geliştirilmiştir.

Kinematik özellikler ve modeller robotların hareket analizlerinin yapılması için mutlaka tanımlanması gerekir (Koca ve ark., 2020). Bu çalışmada literatürde yapılan kaynak robotu çalışmalarından farklı olarak 3 serbestlik dereceli bir kaynak konumlandırıcının ileri kinematik modeli yapay sinir ağları ile elde edilmiştir. Literatürde Robotik alanında YSA ile kinematik model elde etme oldukça yaygındır (Çabuk ve Bakırcıoğlu, 2018). Yıldırım ve ark., 2004 yapay sinir ağları kullanarak dokuma makinalarında tığ mekanizmalarının kinematik analizi. YSA insan beynindeki hücrelerin modelleme kabiliyetine benzer bir şekilde modelleme yapan yazılımsal yapılardır. YSA oluşturulmasında öncelikle tek katmanlı yapılar kullanılmış ve bu yapılar doğrusal olmayan problemlerin çözümünde denenmiştir. Tek katmanlı YSA'lar ile istenen başarının elde edilememesi ile çok katmanlı YSA yapıları ile modelleme denenmiş ve tek katmanlı yapılara göre daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

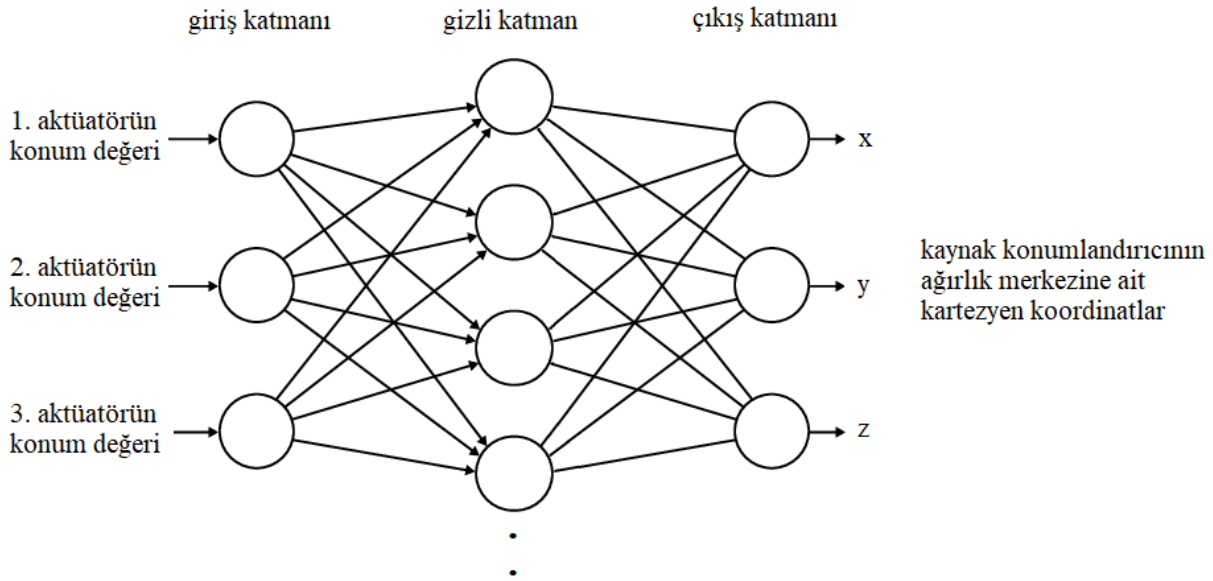
Bu çalışmada ele alınan 3 serbestlik dereceli kaynak konumlandırıcı sistem eklem uzayında 4 koordinat sisteminden oluşmaktadır. Sistem 3 serbestlik derecesine sahiptir. Sistemde ilk iki eklem hidrolik aktüatörler yardımıyla hareket etmektedir; üçüncü eklem ise elektrik motoru yardımıyla hareket etmektedir. Şekil 1'de sistemin genel yapısı gösterilmektedir.



Şekil 1. Sistemin genel yapısı

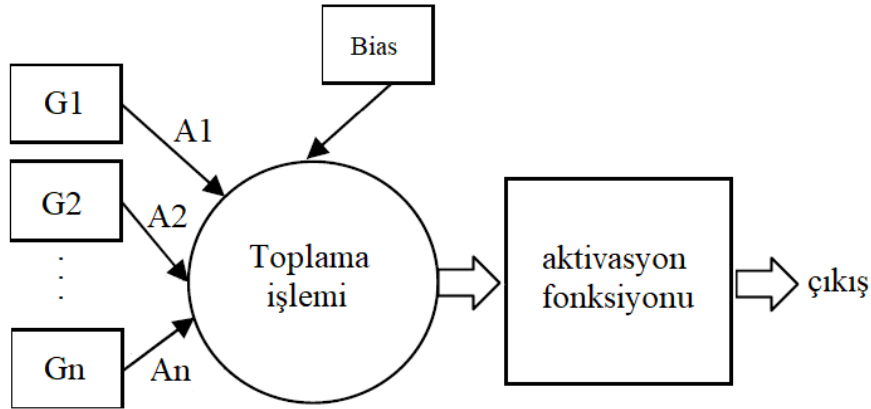
Bu çalışmada ileri kinematik modeli oluşturulan kaynak konumlandırıcının 3 adet aktüatörü bulunmaktadır. Bu aktüatörlerden ikisi lineer hareket sağlayan hidrolik silindirler tarafından diğeri de dönme hareketi sağlayan alternatif akım motoru tarafından tahrik edilmektedir. Sistemde kullanılan aktüatörlerden kaldırma hidrolik silindiri olarak da adlandırılan Hidrolik Silindir A için 234.1 mm olan stroku YSA modellemede giriş kümesinde kullanılmak üzere 46.982, 93.964, 140.946, 187.928 ve 234.910 olarak 5 eş parçaya bölünmüştür. Tilt hidrolik silindiri olarak adlandırılan Hidrolik Silindir B için 236.6 mm olan strok 47.320, 94.640, 141.960, 189.280 ve 236.600 olarak 5 eş parçaya bölünmüştür. Yük kirişini tahrik eden elektrik motorunun 360 derecelik dönüş hareketi de 72, 144, 216, 288 ve 360 olarak 5 eş parçaya bölünmüştür. Bu aktüatörlerden alınan konum bilgisi oluşturulan YSA için giriş verisi olarak ele alınmıştır. Bu çalışmada elde edilen YSA modelleri Matlab programındaki nftool araç kutusu yardımıyla oluşturulmuştur. Bu araç kutusu farklı

öğrenme algoritmaları ve sinir hücresi sayıları ile nöral ağ oluşturulmasını sağlayan bir grafik kullanıcı arabirimidir. YSA yapısı oluşturmak için kullanılan çok katmanlı YSA yaklaşımı Şekil 2’de görüldüğü gibidir.



Şekil 2. Çok katmanlı YSA yapısı

Bir YSA hücresinin temel yapısı Şekil 3’te verilmiştir. YSA hücresinde $G_1, G_2 \dots G_n$ ile temsil edilen terimler sinir hücresinin girişleridir. $A_1, A_2 \dots A_n$ terimleri ise girişlere ait ağırlıklardır. Çıkışı oluşturmak için öncelikle girişler ve ağırlıklar çarpılır ve bu çarpımlar bir Bias değeri ile toplanır. Toplam ifadesi bir aktivasyon fonksiyonundan geçirildikten sonra YSA hücresi çıkışı oluşturulur (Yıldray ve Süheyla, 2018).



Şekil 3. YSA sinir hücresinin yapısı

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada 3 serbestlik dereceli kaynak konumlandırıcının ileri kinematik modeli yapay sinir ağları ile elde edilmiştir. Yapay sinir ağındaki öğrenme algoritması türü ve gizli katmanda yer alan sinir hücresi sayısı değiştirilerek en iyi modellenenin bu parametrelerin hangi değerlerinde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Çalışmada ele alınan robotun 3 boyutlu tasarımındaki 3 aktüatörün her birinin 5 farklı konum değeri ve robotun ağırlık merkezinin kartezyen koordinatlardaki konumunu içeren bir giriş-çıkış tablosu oluşturulmuştur. Oluşturulan bu giriş-çıkış tablosu ve Matlab

programındaki nftool araç kutusunda yer alan YSA modelleme komutları kullanılarak YSA modelleri oluşturulmuştur. YSA modellerinde tek gizli katman oluşturulmuştur. YSA gizli katmanlarında 10, 20 ve 30'ar adet yapay sinir hücresi bulunuyorken Levenberg-Marquardt, Bayesçi düzenleme, ölçeklenmiş eşlenik gradyan eğitim metodları ile YSA modelleri elde edilmiştir. Çizelge 1'de YSA modellerinin kaynak konumlandırıcının ileri kinematik modelinin çıkarılmasındaki başarısı verilmiştir.

Çizelge 1. YSA modellerinin başarısı

| Öğrenme algoritması | Gizli katmandaki nöron sayısı | Başarı kriteri |
|-----------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| Levenberg-Marquardt | 10 | R_kare=0.985 Mse=0.01345 |
| | 20 | R_kare=0.996 Mse=0.00225 |
| | 30 | R_kare=0.995 Mse=0.00132 |
| Bayesçi düzenleme | 10 | R_kare=0.984 Mse=0.04123 |
| | 20 | R_kare=0.993 Mse=0.00311 |
| | 30 | R_kare=0.995 Mse=0.00031 |
| Ölçeklenmiş eşlenik gradyan | 10 | R_kare=0.957 Mse=1.98013 |
| | 20 | R_kare=0.965 Mse=0.33092 |
| | 30 | R_kare=0.977 Mse=0.10989 |

4. SONUÇ

Deneysel verilerle model elde edilmesinde en başarılı yöntemlerden biri YSA metodudur. Özellikle lineer olmayan sistemlerin deneysel yollarla modellenmesinde YSA'nın başarısı oldukça yüksektir. Robotik sistemlerin kinematik modellerinin lineer olmayan bir yapıda olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada, robotik sistemlerin kinematik analizinde başarılı bir şekilde kullanılan YSA metodu tercih edilmiştir. Modelleme başarısının tespit edilmesinde en çok kullanılan kriterler olan R-kare ve Mse kullanılmıştır.

Çizelge 1'de yer alan R-kare ve Mse değerleri dikkate alındığında, bu çalışmada kullanılan 3 eğitim yöntemi ile elde edilen modelleme başarılarının birbirine yakın ve yüksek olduğu anlaşılmıştır. R-kare'nin 1'e ve Mse değerinin 0'a oldukça yakın çıkması modellemelerin başarılı olduğunu göstermektedir. En yüksek modelleme başarısının ise gizli katmanında 20 sinir hücresi bulunan ve Levenberg-Marquardt eğitim yöntemiyle elde edilen modelde gerçekleştiği görülmektedir. En yüksek modelleme başarısında elde edilen R_kare=0.996 ve Mse=0.00225 değerleri dikkate alındığında 3 serbestlik dereceli kaynak konumlandırıcının ileri kinematik modelinin YSA metodu kullanılarak yüksek bir başarıyla elde edilebileceği görülmektedir.

5. KAYNAKLAR

- Çabuk N., Bakırcıoğlu V., Altı Serbestlik Dereceli Bir Aydınlatma Manipülatörünün Yapay Sinir Ağları Temelli Ters Kinematik Çözümü ve Benzetimi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji 6 (1), 117-125, 2018.
- Gujarathi, G.P., Ma, Y.-S., Parametric CAD/CAE Integration Using a Common Data Model, Journal of Manufacturing Systems. 30, 118-132, 2011.

- Karagülle H., Amindari A., Akdağ M., Malgaca L., Yavuz S, Kinematic - Kinetic - Rigidity Evaluation of a Six Axis Robot Performing a Task. *International Journal of Advanced Robotic Systems* 9 (176), 1-9, 2012.
- Koca Y.B., Gökçe B., Aslan Y., ROS/Gazebo Ortamında Tank Sürüş Özellikli Mobil Bir Robotun Simülasyonu, *JournalMM*, 1 (1), 29-41, 2020.
- Kim D.-W., Choi J.-S., Nnaji B.O, Robot Arc Welding Operations Planning with a Rotating/Tilting Positioner. *International Journal of Production Research* 36 (4), 957-979, 1998.
- Pashkevich, A.P., Dolgui, A.B., Semkin, K.I., Kinematic Aspects of a Robot-Positioner System in an Arc Welding Application. *Control Engineering Practice* 11, 633-647, 2003.
- Pashkevich A.P., Dolgui A.B, Kinematic Control of a Robot-Positioner System for Arc Welding Application. *Industrial Robotics: Programming, Simulation and Applications* 3-86611-286-6. 702, 2006.
- Pan Z., Wang X., Teng R., Cao X., Computer-Aided Design-While-Engineering Technology in Top-Down Modeling of Mechanical Product. *Computers in Industry* 75, 151-161. 2016
- Sahbaz H., Karagülle H., Malgaca, L. PC Based Motion Control on an Hexapod Application. *UMTS200*. 241-251. 2007.
- Wittler G., Moritz W., *Mechatronic Design Methods and Software in Mechanical Engineering*. 1998
- Wu J., Gao J., Li, Song, R., Li R., Li Y., Jiang L., The Design and Control of a 3DOF Lower Limb Rehabilitation Robot. *Mechatronics* 33, 13-22, 2015.
- Yıldıray A., Süheyla Y.K., Yağış Miktarının Yapay Sinir Ağları ile Tahmini. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* 5 (2), 97-104, 2018.
- Yıldırım Ş., Su Ş., Uzman İ, Yapay Sinir Ağları Kullanarak Dokuma Makinalarında Tığ Mekanizmalarının Kinematik Analizi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 20 (1-2), 13-19, 2004.
- Vinson J.R., Mechanical Fastening of Polymer Composites. *Polymer Engineering and Science*, 29 (19), 1332-1339, 1989.