



Makale / Research Paper

Endüstriyel Sıvı Seviye Denetim Sisteminin Yapay Sinir Ağları ile Modellenmesi

Nursel ŞAHİN^{1a}, Fatih TATBUL^{1b}, Ahmet KUŞ^{1c}, Meral ÖZARSLAN YATAK^{2a}

¹Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Ankara/TÜRKİYE

²Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Ankara/TÜRKİYE
ozarslanm@gazi.edu.tr

Received/Geliş: 22.06.2022

Accepted/Kabul: 07.09.2022

Öz: Sistem modelleme, teori ile deneysel çalışmaların birleşmesini sağlayan, araştırma faaliyetlerinde önemli yer tutan bilimsel bir yöntemdir. Sistem modeli ile gerçek test ve deneylerle elde edilecek verilerin, maliyet açısından daha ekonomik ve zamandan tasarrufla sistemin kritik noktalarının temini sağlanmaktadır. Bazı sistem modellerinin sadece analitik denklem ve yöntemlerle elde edilmesi oldukça zordur. Bu noktada, yapay sinir ağları, karmaşık, belirsiz, doğrusal olmayan sistemlerin modellenmesinde alternatif bir yoldur. Yapay sinir ağları, insan beynini örnek alarak, mevcut örneklerden öğrenen, gürültülü, eksik, doğrusal olmayan verilerle sonuç üretebilen, bir kez öğrendikten sonra yüksek hızda ve doğrulukta tahmin ve genelleme yapabilen bir yapay zeka sistemidir. Bu çalışmada, eğitim amaçlı deneysel bir süreç denetim sistemi olan, GUNT Hamburg firmasının üretmiş olduğu RT 512 sıvı seviye denetim sisteminin yapay sinir ağı ile modellenmesi gerçekleştirilmiştir. Dinamik modelin oluşturulması için, sistem açık çevrim modunda çalıştırılarak, bir giriş-çıkış veri seti oluşturulmuştur. Bu sette, verilen kontrol işaretine karşılık sıvı seviye tüpünde görülen seviye değişimi dikkate alınmıştır. Bu işlem için, bilgisayar, Arduino Uno, MCP4725 sayısal analog dönüştürücü, akım/gerilim, gerilim/akım dönüştürücüler kullanılarak belli sayıda giriş verisine karşılık, belli sayıda çıkış verisi elde edilmiştir. Geliştirilen YSA modelinde regresyon eğrileri ile model çıkışı ile sistemden alınan test verileri arasındaki ilişki görülmüş olup yüksek doğruluk elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sıvı seviye denetimi, yapay sinir ağları, sistem modelleme, GUNT RT 512.

Artificial Neural Network Modeling of Industrial Liquid Level Control

Abstract: System modeling is a scientific method that combines theory with experimental studies and has an important place in research activities. With system model, data to be obtained through real tests and experiments are provided more economically and the critical points of the system are provided with time savings. Some system models are very difficult to obtain using only analytical equations and methods. At this point, artificial neural networks are an alternative way to model complex, uncertain, nonlinear systems. Artificial neural network is an artificial intelligence system that takes the human brain as an example, learns from existing examples, can produce results with noisy, incomplete, non-linear data, and can make predictions and generalizations with high speed and accuracy after learning once. In this study, RT 512 liquid level control system produced by GUNT Hamburg, an experimental process control system for educational purposes, was modeled with artificial neural network. In order to create the dynamic model, an input-output data set was created by operating the system in open-loop mode. In this set, the level change seen in the liquid level tube against the given control sign has been taken into account. For this process, a certain number of output data was obtained for a certain number of input data by using computer, Arduino Uno, MCP4725 digital analog converter, current/voltage, voltage/current converters. In the ANN model, the relationship between the regression curves and the model output and the test data taken from the system was observed and high accuracy was obtained.

Keywords: Liquid level control, artificial neural networks, system modeling, GUNT RT 512.

Bu makaleye atıf yapmak için

Şahin, N., Tatbul, F., Kuş, A., Özarslan Yatak, M., "Endüstriyel Sıvı Seviye Denetim Sisteminin Yapay Sinir Ağları ile Modellenmesi" El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi 2022, 8(2); 1228-1239.

How to cite this article

Şahin, N., Tatbul, F., Kuş, A., Özarslan Yatak, M., "Artificial Neural Network Modeling of Industrial Liquid Level Control System" El-Cezerî Journal of Science and Engineering, 2022, 8(2); 1228-1239.

ORCID ID: ^a0000-0002-4328-4221; ^b 0000-0003-2298-3004; ^c0000-0002-1462-8013, ^d0000-0002-1091-1647

1. Giriş

Sistem modelleme, gerçek fiziksel bir sistemin sadeleştirilmiş olarak geliştirilmesi sürecidir. Bir sistemde her bir parça modeli farklı bir perspektif sunmakta ve sistemin fonksiyonelliğinin tasarımcılar ve kullanıcılar tarafından anlaşılması sağlanmaktadır. Geleneksel modellemede sistem elemanlarının ve ilişkilerinin fiziksel kurallara uygun analitik çözümleri bulunmalıdır. Endüstride kullanılan birçok sistem içeriğindeki doğrusal olmayan durumlar, karmaşık ilişkiler ve yetersiz, gürültülü veriler sebebiyle analitik olarak matematiksel ifadelerle modellenemez. Bu durumda yapay zeka tekniklerinden olan Yapay Sinir Ağları (YSA) sistem modelinin elde edilmesinde kullanılmaktadır. Bu anlayışta, sistem için uygun bir model geliştirilip giriş-çıkış veri seti ile bu model öğretilmekte ve yeni değerlere göre güncellenmektedir.

Sıvı seviye denetimi, endüstride kullanılan önemli süreç denetimlerinden biridir [1]. Sıvı seviye sistemi, su arıtma, kimyasal ve biyokimyasal işleme, otomatik sıvı dağıtımı, yiyecek ve içecek işleme ve ilaç endüstrileri gibi birçok alanda kullanılmaktadır [2, 3]. Sıvı seviye denetim sistemlerinde tipik eyleyiciler, pompa, motorlu vana, pnömatik vana ve aç-kapa vanası olarak çeşitlendirilmektedir. Geri beslemeli denetim için sistem üzerinde sıvı seviyesinin ölçülmesinde yer değiştirme algılayıcısı, kapasite probu veya basınç algılayıcısı kullanılmaktadır [4].

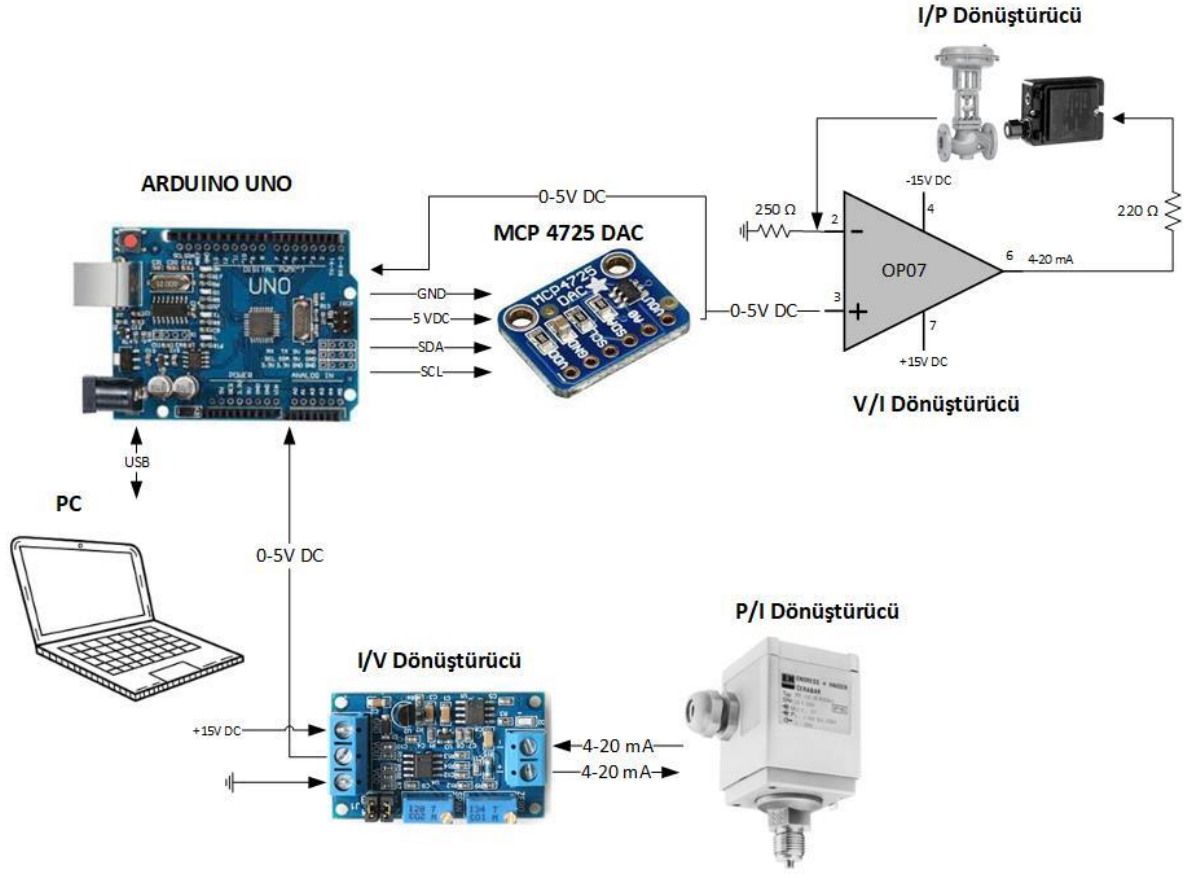
GUNT RT 512 sıvı seviye denetim sistemi endüstriyel denetim elemanlarıyla donatılmış bir cihazdır. Cihaz, mesleki okullarda uygulamalı eğitim ve üniversitelerde laboratuvar deneyleri için kullanılmakta olup, eğitimsel ve deneysel amaçlar için tasarlanmıştır. GUNT RT 512 cihazı endüstriyel alanda kullanılan süreç denetim cihazlarına çok benzemektedir. Eğitim amaçlı kullanılan bu cihazın modelinin elde edilmesi, çeşitli denetim algoritmalarının geliştirilmesinde kullanışlı bir platform olmakta ve ileri kontrol uygulamaları için sistem modeli elde edilmektedir.

Sıvı seviye kontrolünü gerçekleştirmek için, geleneksel denetleyicilerden olan PID denetleyiciler güvenilirliği, basit yapısı ve kolay parametre ayarı gibi nedenlerle sıklıkla kullanılmaktadır [5, 6]. Fakat sabit parametrelere sahip bu tip denetleyiciler, sistemde meydana gelen hataları elimine etmekte yetersiz kalmakta ve değişen koşullara kendilerini uyarlayamadıkları için doğrusal olmayan sistemlerin kontrolüne genel olarak uygun olmamaktadır. Bu nedenle, sıcaklık, basınç, seviye, nem, hız, debi gibi fiziksel değişimlerin denetlendiği endüstriyel sistemlerin doğrusal olmayan yapısına uygun yapay zeka tabanlı algoritmalar kullanılmaktadır. Bu tür kontrol sistemlerinde veya geleneksel denetleyicilerin katsayılarının belirlenmesinde sistem modelinin elde edilmesi, tasarım maliyetinin azaltılması ve zamandan tasarrufun sağlanması açısından oldukça önemlidir.

YSA, insanın sinir ve öğrenme yapısını modelleyerek çözüm arayan bir yapay zeka yaklaşımıdır. YSA doğrusal olmayan sistemlerin modellenmesi, hata ve gürültüye karşı toleranslı olma, öğrenme ve genelleme yeteneklerinden dolayı önemli modelleme yöntemlerinden biridir [7]. YSA, insan beynindeki biyolojik sinir hücrelerinin yapısı temel alınarak oluşturulmakta ve beyinde olduğu gibi öğrenme ve öğrenilen bilgilere göre karar verme mekanizmaları bulunmaktadır. YSA' da ağlar belirli ağırlık katsayılarıyla birbirlerine bağlanmaktadır. Bu sistem birçok işlem biriminden (nöron) oluşmakta ve bu nöronlar diğer nöronlardan sinyalleri alıp, birleştirip, dönüştürüp sayısal bir sonuç ortaya çıkarmaktadır.

Gerçekleştirilen bu çalışmada, endüstriyel tip bir süreç denetim sistemi olan GUNT RT 512 sıvı seviye denetim sisteminin YSA ile modellenmesi gerçekleştirilmiştir. Sistemin genel şeması şekil 1'de görülmektedir. Bu çalışmanın alana temel katkıları şu şekilde sıralanmaktadır:

1. Endüstride kullanılan gerçek elemanlarla donatılmış ve doğrusal olmayan elemanlar içeren bir sistemin, gerçekleştirilen ara birim devreleri ile MATLAB/Simulink üzerinden 500 adet giriş ve çıkış veri setine karşılık YSA ile sistemin modelinin elde edilmesidir.



Şekil 1. Gerçekleştirilen sistemin genel şeması

2. YSA modeli gerçekleştirilen sistem için çeşitli denetim algoritmaları oluşturulabilecek ve bu algoritmalar yüksek doğrulukta bir sistem modeli üzerinde denenebilecektir.

Bu çalışmada geliştirilen sistemin YSA modelinde regresyon eğrileri ile model çıkışı ile sistemden alınan test verileri arasındaki ilişki görülmüş olup yüksek doğruluk elde edilmiştir.

2. Literatür Özeti

Konik tank kontrol sistemi gibi doğrusal olmayan sistemler, giriş ve çıkış arasında sürecin uzun olması nedeniyle karmaşıktır. Bu karmaşıklığı gidermek üzere, Marshiana ve Thirusakthimurugan [8], zamanla değişen değerleri YSA ile birleştirerek Otoregresif Hareketli Ortalama Modeli ile doğrusal olmayan veri setlerinin MATLAB üzerinden simülasyonunu ve eğitimi gerçekleştirmişlerdir.

Montaj otomasyonunda, yapıştırma işlemlerinde sıvı seviyesinin izlenmesi ve sıvı seviyesinin tespit edilmesi için esnek algoritmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu noktada, yapay zeka yöntemleri, algılayıcıdan elde edilen veriler kullanılarak bilinmeyen durumların tahmin edilmesi için montaj otomasyonunda kullanılmaktadır. Simeth ve diğerleri [9], bir yapıştırma işleminin görüntülerini alarak görüntü özelliklerini çıkarmada YSA önermektedir. Özellikle sıvı seviyesini belirlemede bir destek vektör makine sınıflandırılması için eğitim uygulanmaktadır.

Akış hızlarını ayarlayarak etkileşimli tanklarda sıvı seviye kontrolü, endüstriyel süreçte sıklıkla kullanılan doğrusal olmayan bir kontrol problemidir. Noel ve diğerleri [10], doğrusal olmayan sıvı seviye kontrol problemini çözmek için YSA tabanlı Pekıştirmeli Öğrenme stratejisi kullanmışlardır.

Belikov ve diğerleri [11], YSA tabanlı basitleştirilmiş katkılı otoregresif dışsal modeli, üç hazneli sıvı seviye tank sisteminin kontrolünde kullanmışlardır. Sıvı seviye tankının doğrusal olmayan dinamik tek giriş tek çıkış modeli için sinir ağının belirli kısıtlı bağlantı yapısı giriş-çıkış veri seti üzerinde eğitilmiştir.

Sousa ve diğerlerinin [12] yaptığı çalışmada, iki adet YSA tabanlı kontrol tekniği ile PID denetleyici sıvı seviye denetim cihazı üzerinde uygulamalı olarak karşılaştırılmıştır. YSA tabanlı Model Tahmin Denetleyici ile önce giriş-çıkış belirlenmiş ve model tahmin denetleyicisi bu model üzerinden çalıştırılmıştır. İkinci olarak da ters modele dayalı sinir ağı denetleyici tekniğini denemişlerdir. Sonuçta, sinir ağlarına dayalı Model Tahmini Denetleyicinin, PID denetleyicisinden ve ters model sinir ağı denetleyicisinden daha iyi performans gösterdiği ortaya çıkarılmıştır.

Hasan ve diğerleri [13] yaptığı çalışmada PID ile YSA denetleyiciyi sıvı seviye sistemi üzerinde karşılaştırmışlardır. PID katsayılarını Ziegler-Nichols yöntemine göre belirleyip, YSA' nın eğitiminde geri yayılım algoritmasına dayalı Model Referans Adaptif YSA yöntemini kullanmışlardır. Basit bir test düzeneği üzerinde gerçekleştirdikleri çalışmada Model Referans Adaptif YSA denetleyicinin daha iyi sonuç verdiğini gözlemlemişlerdir.

Son [14], dörtlü tank sisteminde sıvı seviyesi için adaptif bir ters evrimsel sinir ağı denetleyicisi önermiştir. Öncelikle referans sıvı seviyesi değerinden ileri yönlü kontrol sinyalini, ters evrimsel YSA modelinden elde etmiştir. Daha sonra ileri yol ve PID kapalı döngü denetleyicisi hibrit çalıştırarak kalıcı hal hatalarını elimine etmiştir. Belirsizlik ve bozucu etki durumları için ise çalışması sırasında adaptif bir kontrol kuralı kullanmıştır. Sonuçta, önerilen sistemin dörtlü sıvı seviye tankı için iyi bir performans gösterdiğini ortaya koymuştur.

Lata ve Mandal [15], ikincil algılayıcı olarak uygun maliyetli bir FSR (Force Sensing Resistor) kullanmışlardır. Sıvı seviye algılayıcısının karakteristik eğrisi, sıvı seviyesinin yüksekliğinin artmasıyla doğrusal olmayan bir şekilde azalmaktadır. Kuvvete duyarlı direnç algılayıcısında bulunan polimerin sürtünme özelliği, doğrusal olmama ve histerezis ölçüm hatasına neden olmaktadır. Bu noktada, YSA, kalibrasyon ve histerezis hatası ile doğrusal olmama özelliklerini telafi etmek için kullanılmaktadır.

Gerçekleştirilen bu çalışma, endüstriyel bir sistem olan GUNT RT 512 sıvı seviye denetim sisteminden elde edilen, gerçek zamanlı giriş-çıkış veri setleri ile modellenmesini içermektedir. Bu sistem, aynı firmanın ürettiği ve aynı denetleyici yapısını içeren (UDC5000), sıcaklık (GUNT RT 542), akış (GUNT RT 522) ve basınç (GUNT RT 532) denetim sistemleri gibi endüstride kullanılan elemanlarla donatılmış bir cihazdır. Sıvı seviye denetim sisteminde, veri edinimi için tasarlanan devreler, geliştirilen Simulink modeli, bahsi geçen diğer süreç denetim sistemleri için de kullanılabilir. Bu durum, bu dört farklı sistemin de YSA ile modellenebileceği anlamına gelmektedir. Bu geliştirilen model ile bu sistemlerin denetimi için farklı kontrol algoritmaları bilgisayar ortamında geliştirilebilmekte ve donanıma ihtiyaç duymadan bilgisayar ortamında bu algoritmalar denenebilmektedir.

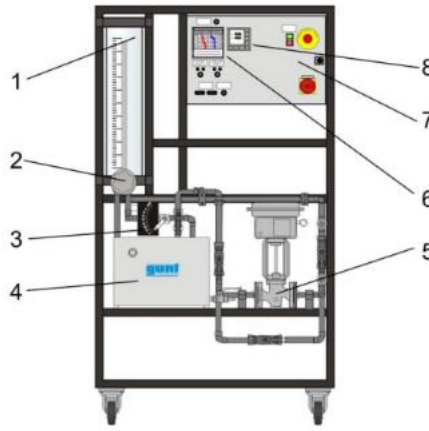
Yapılan diğer çalışmalar incelendiğinde, modeli çıkarılan sistemler için verilerin genellikle model veya fonksiyon üzerinden elde edildiği görülmekte ve kullanılan sistemlerin basit yapıda sadece bir kontrol problemi için basit elemanlar kullanılarak tasarlanmış sistemler olduğu görülmektedir. Bu noktada gerçekleştirilen çalışma ile gerçek endüstriyel elemanlarla donatılmış bir sistem üzerinden gerçek verilerle YSA modeli elde edilmiş bir sistem olarak literatüre katkısı ortaya konulmuştur.

3. Materyal ve Metot

3.1. GUNT RT 512 Sıvı Seviye Denetimli Sistemi

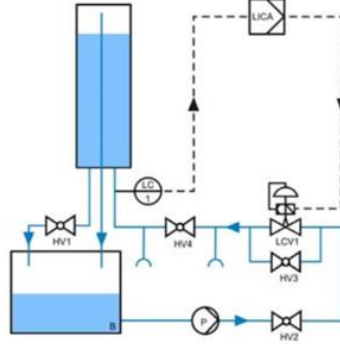
Bu çalışmada GUNT RT 512 sıvı seviye denetim sistemi kullanılmıştır. Bu sistem mühendislik alanında eğitim imkanı sağlamakta ve endüstride yer alan eşdeğer sistemlerin kontrolünde referans sistem olarak kullanılmaktadır. Sistem üzerinde Honeywell marka UDC5000 model kontrol modülü bulunmaktadır. Bu kontrol modülü, sistemin denetimini PD, PID ve ON-OFF olarak gerçekleştirmesine olanak sağlamaktadır. Sıvı seviye denetim sisteminin kontrol döngüsündeki aktüatör, elektro -pnömatik konumlayıcıya sahip pnömatik olarak çalıştırılan bir kontrol vanasıdır. Sistem üzerinde yer alan pompa depolama tankından şeffaf sıvı seviye tüpüne su göndermekte ve gönderilen su seviyesi, seviye tüpünün tabanına takılan bir basınç transdüseriyle ölçülmektedir. Bu transdüser Endress+Hauser Cerabar marka olup, seviye tüpündeki basınç bilgisini standart 4-20 mA akım bilgisine dönüştürmektedir. Akım bilgisine dönüştürülen basınç bilgisi, UDC5000 tarafından giriş olarak değerlendirilir. Denetleyici ile belirlenen referans seviye bilgisi ile basınç transdüserden gelen bu bilgi karşılaştırılır. Buna göre pnömatik kontrol vanasına gönderilecek olan akım bilgisi belirlenir. Bu akım bilgisi pnömatik kontrol vanası için gerekli olan basınç bilgisine, Samson firmasının üretmiş olduğu 3760 model akım/basınç transdüseri yoluyla dönüştürülür. Dönüştürülen basınç bilgisine göre denetim vanasının ne kadar açılacağı ve seviye tüpüne ne kadar su gönderileceği belirlenir.

Sistemin genel yapısı Şekil 2 de gösterildiği gibi 8 ana bölümden oluşmaktadır. Bunlar; 1. Şeffaf sıvı seviye tüpü, 2. Basınç transdüseri, 3. Çıkış vanası, 4. Depolama tankı, 5. Pnömatik kontrol vanası, 6. Sabit hat kaydedici, 7. Anahtarlama kabini, 8. Kontrol modülü.



Şekil 2. GUNT RT 512 Sisteminin genel yapısı

Şekil 3'te süreç şeması verilen sıvı seviye denetim sisteminin modeli, sıvı akış, basınç ve akım değişimlerine göre çıkarılmıştır. YSA modelinin gerçekleştirilmesi amacıyla, sistemdeki PID ve ON-OFF kontrol işlemini gerçekleştiren UDC5000 denetleyicisi devre dışı bırakılmıştır. Sistem üzerinde, şeffaf seviye tüpünün altında bulunan basınç/akım transdüserden gönderilen ve pnömatik vananın açılma miktarını belirleyen basıncı düzenleyen sinyal, akım sinyalidir. Gerçekleştirilen MATLAB/Simulink bloklarıyla sistemden seviye bilgisi olarak gerilim okunmakta, kontrol işareti olarak gerilim bilgisi gönderilmekte ve modelleme ile ilgili tüm giriş çıkış bilgileri gerilim olarak kullanılmaktadır. Bu işlemlerin gerçekleştirilmesi için akım/gerilim ve gerilim/akım dönüştürücüler tasarlanmıştır. Sistemden okunan gerilim bilgisi ve buna karşılık çıkışta elde edilen sıvı seviye değişimiyle YSA modeli için veri seti oluşturulmuştur.



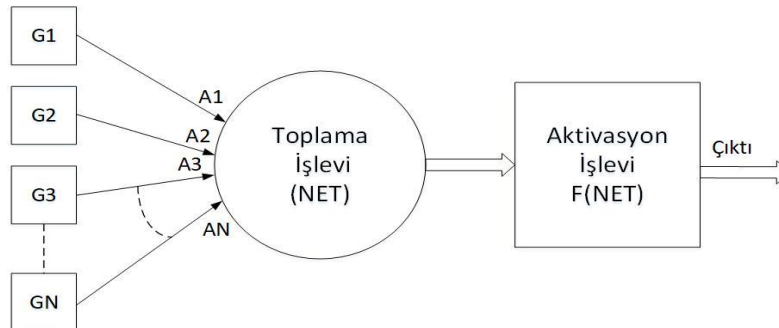
Şekil 3. Süreç şeması

3.2. Metot

Bu deneysel çalışmada, sıvı seviye denetim sistemi YSA ile modellenmiştir. Lineer olmayan dinamik sistemlerin modellenmesinde YSA'nın kullanımı mümkün olmaktadır.

Yapay Zeka, insana özgü niteliklerden olan akıl yürütme, anlam çıkartma, genelleme ve geçmiş deneyimlerden öğrenme gibi süreçlerle ilgili görevleri yerine getiren bir teknolojidir [16]. Tahmin problemlerinde yapay zeka tekniklerinden YSA kullanılmaktadır. YSA, insan beyninin işleyişini taklit ederek yeni sistem oluşturmaya çalışan yaklaşımlardır. YSA'nın farklı mühendislik alanlarında uygulanması konusunda birçok araştırma başarılı bir şekilde yürütülmektedir [17-22]. Genel olarak, YSA tabanlı modeller, önceden tanımlanmış veri tabanına dayalı bir ağı eğitmekte ve bir test veri seti ile tahmin edilen çıktıyı değerlendirmektedir. YSA birçok disiplinde karmaşık olan problemlere uygun sonuçlar üretmek için yapılmaktadır [23]. Çok katmanlı bir yapı olan YSA eğitim sürecinde, önceden öğretilmiş programlar olmaksızın verilen görevleri öğrenmenin yanı sıra benzerlikleri de tanımlanmaktadır. Yinelemeli bir eğitim süreci aracılığıyla, girdiler ve çıktılar arasındaki ilişkiler öğretilmektedir [24].

Öğrenme, problem üzerinde ön bir çalışma olmadan yapılmaktadır. YSA, öğrenme sürecinde işlediği girdi kümelerine karşılık çıktı kümeleri ile parametreleri işlemekte ve tanımlanan özellikleri otomatik olarak geliştirmektedir. YSA, nöron adı verilen yapay sinir hücrelerinden meydana gelmektedir. Bu nöronlar aynı zamanda işlem birimi olarak da adlandırılmaktadır [25] ve her bir nöronun Şekil 4' de gösterildiği gibi girdi, ağırlık katsayısı, toplama işlemi, aktivasyon fonksiyonu ve çıktı birimleri vardır.



Şekil 4. Bir sinir hücresi ağı

Şekilde $G_1, G_2, G_3, \dots, G_N$ ile gösterilen girdiler YSA'nın girişleri olarak tanımlanmaktadır. $A_1, A_2, A_3, \dots, A_N$ ise ağırlıklar olarak tanımlanmakta ve yapay sinir hücresine gelen bilgilerin etkilerini göstermektedir. Toplama İşlevi Fonksiyonu (NET) bir sinir hücresine gelen net bilgiyi hesaplamaktadır. Bu net değeri bulmak için ağ yapısına göre maksimum, minimum ya da çarpım

fonksiyonu gibi farklı fonksiyonlardan yararlanılmakla birlikte en çok kullanılan fonksiyon Eş. 1' de görülmektedir.

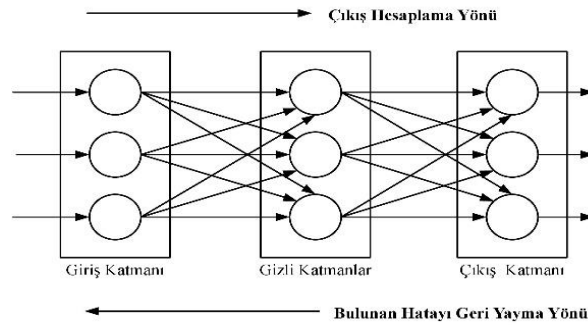
$$NET = \sum_I^n G_i A_i \quad (1)$$

Burada G_i giriş değerini, A_i ise bu giriş değerinin ağırlığını ve NET ise fonksiyonun toplam değerini göstermektedir. Bu yapay sinir hücresindeki Aktivasyon İşlevi Fonksiyonu (FNET) hücreye gelen net girdilerin hesaplanmasında üretilen çıktı değerlerini belirlemektedir. Aktivasyon fonksiyonlarının birçok değişik gösterimi mevcuttur. Bunlar; lineer fonksiyon, step fonksiyonu, sinüs fonksiyonu, eşik değer fonksiyonu, sigmoid fonksiyonu ve hiperbolik tanjant fonksiyonu gösterimleridir. Uygulamaların çoğu Çok Katmanlı Algılayıcı biçiminde tasarlandığı için çalışmalarda genel olarak Sigmoid Fonksiyonu tercih edilmektedir [25]. Sigmoid fonksiyonu Eş. 2'de görülmektedir. Gerçekleştirilen çalışmada Sigmoid fonksiyonu kullanılmıştır.

$$F(NET) = \frac{1}{1 + e^{-NET}} \quad (2)$$

Nöron tarafından üretilen çıktı ya başka bir hücreye ya da kendisine tekrar gönderilerek değerlendirilmektedir. Temel olarak bir YSA'nın görevi, kendisine verilen giriş setine karşılık bir çıkış seti belirlemektir. Bunu gerçekleştirebilmek için ağ, ilgili problemin örnekleri ile eğitilerek (öğrenme), o problemle ilgili istenenleri çözebilme yeteneğine kavuşturulmaktadır [26].

Bir YSA'nın genel ağ yapısı Şekil 5'de gösterilmektedir. YSA bağlantı şekli olarak bir dizi sinir hücresinin ileri bağlantılı ve geri beslemeli bağlantı şekillerinin birbirine bağlanması ile oluşmaktadır. YSA'da sinir hücrelerinin aynı doğrultuda bir araya gelmeleriyle YSA'nın katmanları meydana gelmektedir.



Şekil 5. YSA'nın genel ağ yapısı

YSA'da çeşitli girdi veri setlerinin değişkenleri ile çıktı veri setleri arasındaki denklemler için uygun bir öğrenme yöntemi kullanılmaktadır. Bu öğrenme sürecinden sonra önerilen ağ, bir derecede tahmin yaparken bilgiyi basitçe genelleştirmek için gerçek bir çıktıyı kabul edebilmektedir. Başka bir deyişle, geliştirilen ağlar ile bilinmeyen bir çıktı değerlerinin tahmin edilmesi sağlanabilmektedir. Ağın eğitilme işlemi başlangıçta rastgele değerler ile belirlenmektedir. Ancak daha sonra çıktı değerlerine göre bu ağırlık değerleri tekrar değiştirilerek gerçek durumuna erişilmektedir. Eğitim verisinin tamamlanmasından sonra eğitilmiş olan ağ, ağırlık değerlerinin son durumuna göre, verilen herhangi bir veri setinin sonucunu tahmin edebilmekte bu da ağın öğrenmesi olarak isimlendirilmektedir.

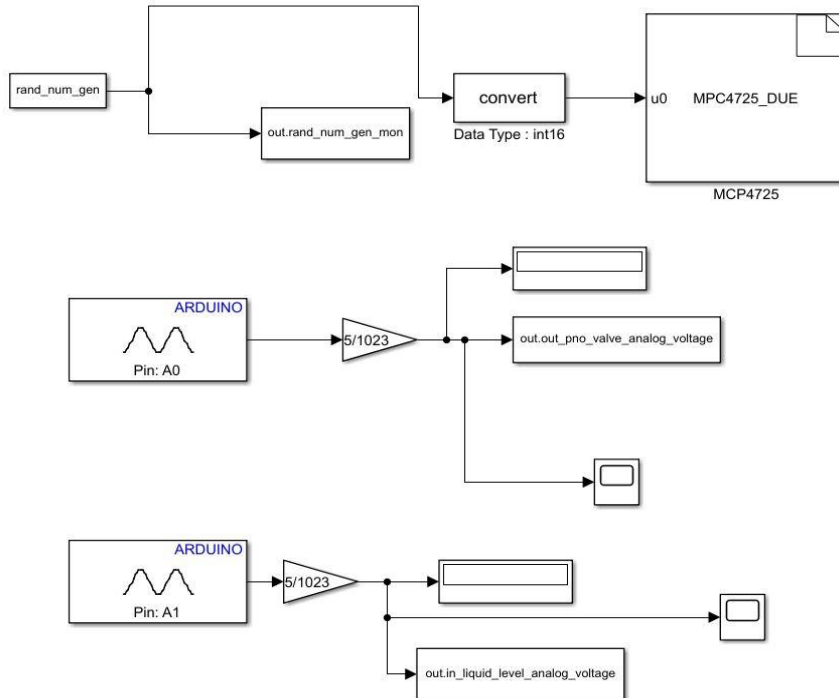
Gerçekleştirilen bu çalışmada, sıvı seviye denetim sistemi YSA ile modellenmiştir. YSA, doğrusal olmayan herhangi bir fonksiyonu yeterli doğrulukta yaklaştırabilme özelliğine sahiptir. GUNT RT 512 sistemi için modellemede YSA oluşturulmuş ve MATLAB üzerinden sistemin modeli elde edilmiştir. Eğitim için geri yayılım algoritması kullanılmıştır.

4. Bulgular ve Tartışma

GUNT RT 512 sıvı seviye denetim sisteminin YSA modeli için veri alımında kullanılmak üzere, Şekil 6’da görülen düzenek kurulmuştur. Bu düzenekte yer alan, Arduino Uno mikrodenetleyicisi, MCP4725 sayısal analog dönüştürücü, akım/gerilim, gerilim/akım dönüştürücüler, MATLAB/Simulink için gerekli olan verilerin elde edilmesinde ihtiyaç duyulan dönüşümleri sağlamaktadır. Veri toplamada kullanılan mikrodenetleyici, gerilim tabanlı, GUNT RT 512 akım tabanlı denetlenen bir sistem olduğundan bu dönüştürücülere ihtiyaç duyulmuştur. Dönüştürücülerin sistem mimarisindeki yeri Şekil 1’de de gösterilmiştir. Verilerin alınması ve modelin elde edilmesi MATLAB/Simulink programı ile sağlanmıştır. MATLAB’da “Rand” fonksiyonu kullanılarak elde edilen 0-5 V arasında rasgele giriş gerilimleri Arduino Uno üzerinden gerilim/akım dönüştürücüye sağlanmaktadır. Elde edilen bu veriler, giriş veri setini oluşturmaktadır. Sistemin çıkış veri seti ise şeffaf sıvı seviye tüp altında yer alan basınç akım transdüserine bağlı olan akım/gerilim dönüştürücü üzerinden giriş gerilimlerine karşılık elde edilmektedir. Bunun için gerçekleştirilen Simulink modeli Şekil 7’de görülmektedir. Veri edinimi için 2 saniye örnekleme süresi kullanılmıştır. Sistemin doğrusal olmayan elemanlarının (transdüserler, pnömatik vana, pompa) tepkisi yavaştır. Bu sebeple, veri edinimde en iyi süre olarak 2 saniye belirlenmiştir.



Şekil 6. Veri elde etmek için oluşturulan düzenek



Şekil 7. Veri edinimini sağlayan Simulink modeli

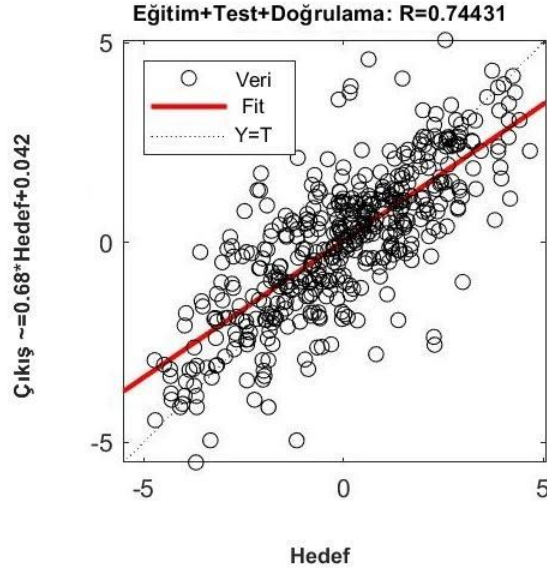
Model için süreçte elde edilen 500 adet verinin %70'i eğitim, %20'si test ve %10'u doğrulama amaçlı kullanılmıştır. Çalışmada sıvı seviye denetim sisteminden 500 satır 2 sütunluk matris veri elde edilmiş olup, ilk sütun girdi son sütun ise çıktı olarak kullanılmıştır. Bu veri setine ait 30 adet örnek veri Tablo 1'de görülmektedir.

Tablo1. Elde edilen örnek veri seti

Pnömatik vanaya iletilen DC gerilim değeri (Volt)	Sıvı seviyesinin DC gerilim karşılığı (Volt)
1,774191856	1,388072968
1,666665077	1,300096512
2,218961716	1,40273571
1,080155373	1,764416695
1,749753952	1,656889915
4,100680351	1,51515007
2,111434937	1,686215401
4,87780571	2,145648003
3,098726273	2,047896385
3,993153572	2,258062363
3,445744514	2,443790436
3,367543221	2,575755119
1,56891346	2,771258354
3,269791603	3,19647789
1,837730408	2,922773361
2,008795738	2,927660942
4,398822784	3,440856934
2,502441406	3,181815147
4,105567932	3,333330154
4,130005836	3,934502602
4,863142967	3,709673882
3,900289536	3,807425499
3,807425499	3,890514374
3,768324852	4,173994064
0,601172447	4,0371418
2,272725105	3,934502602
0,826001167	3,841638565
4,960894585	4,081130028
3,900289536	3,75854969
4,868030548	3,905177116

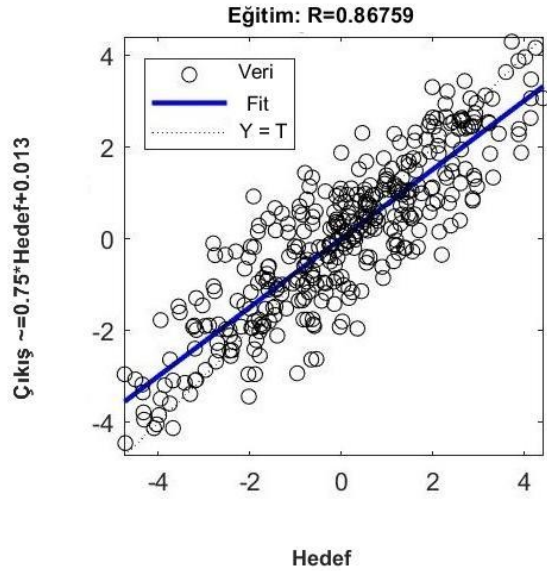
Kullanılan YSA çok katmanlı mimariye sahip olup belli bir iterasyon sayısına ulaşıncaya durmaya programlanmıştır. YSA eğitimi yapılırken geri yayılım algoritması ile ağırlıkların güncellenmesi işlemleri gerçekleştirilmiştir. YSA' da gizli katman, nöron sayısı ve hata oranları parametriklerdir.

Kullanılan YSA modeline ait modelleme regresyon analizi Şekil 8'de gösterilmiştir. 500 adet veri kullanılarak oluşturulan YSA modelinin R regresyon değeri (korelasyon katsayısı) 0,74 olarak elde edilmiştir.



Şekil 8. Elde edilen YSA model regresyon analizi

YSA modelinin eğitim sırasında elde edilen regresyon analizi ise Şekil 9’da gösterilmiştir.



Şekil 9. Eğitim regresyon analizi

5. Sonuç ve Öneriler

Bu deneysel çalışma sonucunda GUNT RT 512 sıvı seviye denetim sistemi YSA kullanılarak modellenmiştir. Çalışmanın sonucunda, sistemin eğitim, test ve doğrulama regresyon değeri 0,74431 olarak, eğitimin regresyon değeri olarak ise 0,86759 elde edilmiştir. Gerçekleştirilen bu model üzerinde çeşitli kontrol algoritmalarının tasarlanması öngörülmektedir. İlerleyen çalışmalarda sistemden alınan veri sayısının artırılması planlanmaktadır. GUNT RT 512 sıvı seviye denetim sistemi, basınç/akım transdüseri, akım/basınç transdüseri, pnömatik vana ve pompa gibi doğrusal olmayan elamanlarla oluşturulmuş bir sistemdir. Bu sistemin modelinin elde edilmesi ile bu ve benzeri sistemler için farklı denetim algoritmalarının denenebileceği bir model elde edilmiştir. Bundan sonraki süreçte, veri setinin artırılması sonucunda, sistemin modelinin daha yüksek doğrulukta elde edilmesi hedeflenmektedir. Daha yüksek doğrulukta bir model elde edildikten sonra, bilgisayar ortamında, geri adımlamalı kontrol tekniği ile kayan kipli kontrol

yöntemi gibi farklı doğrusal olmayan kontrol yöntemleri bu model üzerinden gerçekleştirilebilecek ve bu algoritmalar denenebilecektir. Sistem modelinin elde edilmesindeki temel amaç, farklı modern denetim algoritmalarının uygulama safhasından önce bilgisayar ortamında geliştirilmesidir.

Yazar(lar)ın Katkıları

FT ve MÖY sistemin gerekli ara birim devrelerini tasarladı ve gerçekleştirdi. FT ve AK verileri aldı, test ve analizlerini yaptı. NŞ YSA modelini gerçekleştirdi. Tüm yazarlar çalışmanın yazılmasında, okunmasında ve onaylanmasında rol üstlendiler.

Çıkar Çatışması

Yazarlar, çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Kaynaklar

- [1]. Yu, S., Lu, X., Zhou, Y., Feng, Y., Qu, T., Chen, H., Liquid Level Tracking Control of Three-tank Systems, *International Journal of Control, Automation and Systems*, 2020, 18(26), 30-40.
- [2]. Başçı, A., Derdiyok, A., Implementation of an adaptive fuzzy compensator for coupled tank liquid level control system, *Measurement*, 2016, 12-18.
- [3]. Jianjun, Z., Design of fuzzy control system for tank liquid level based on WinCC and Matlab. , 13th International Symposium on Distributed Computing and Applications to Business, Engineering and Science, 2014, Xi'an, China.
- [4]. Pan, H., Wong, H., Kapila, V., De Queiroz, M.S., Experimental validation of a nonlinear backstepping liquid level controller for a state coupled two tank system, *Control Engineering Practice*. 2005, 13, 27-40.
- [5]. Samin, R.E, Jie, L.M, Zawawi, M.A., PID implementation of heating tank in mini automation plant using Programmable Logic Controller (PLC), *International Conference on Electrical, Control and Computer Engineering*, 2011, Kuantan, Malaysia.
- [6]. Derdiyok, A., Başçı, A., The application of chattering-free sliding mode controller in coupled tank liquid-level control system, *Korean Journal of Chemical Engineering*. 2013, 30, 540-545.
- [7]. Basheer, I.A, Hajmeer, M., Artificial neural networks: fundamentals, computing, design, and application, *Journal of Microbiological Methods*, 2000, 43, 3-31.
- [8]. Marshiana, D., Thirusakthimurugan, P., Measurement and control of non-linear data using ARMA based artificial neural network, *International Journal of Nonlinear Sciences and Numerical Simulation*. 2018, 19.
- [9]. Simeth, A. Plaßmann, J., Plapper, P., Detection of Fluid level in bores for batch size one assembly automation using convolutional neural network. *Advances in Production Management Systems Artificial Intelligence for Sustainable and Resilient Production Systems*, 2021, 632, 86-93.
- [10]. Noel, M.M., Pandian B.J., Control of a nonlinear liquid level system using a new artificial neural network based reinforcement learning approach, *Applied Soft Computing*, 2014, 23, 444-451.
- [11]. Belikov, J., Nomm, S., Petlenkov, E, Vassiljeva, K., Application of neural networks based SANARX model for identification and control liquid level tank system, 12th International Conference on Machine Learning and Applications, 2013, F, USA.
- [12]. Sousa, B. S., Silva, F. V., Fileti, A. M., Level control of coupled tank system based on neural network techniques, *Chemical Product and Process Modeling*, 2019, 15(3), 1-19.

- [13]. Hasan, S., Khan, S. K., Alam, S., Pavel, M.H., Design and Implementation of a neural control system and performance characterization with PID controller for water level control, *International Journal of Artificial Intelligence & Applications*, 2011, 2(2), 79-88.
- [14]. Son, N. N., Level Control of quadruple tank system based on adaptive inverse evolutionary neural controller, *International Journal of Control, Automation and Systems*, 2020, 18(X), 1-12.
- [15]. Lata, A., Mandal, N., ANN-based liquid level transmitter using force resistive sensor for minimisation of hysteresis and non-linearity error. *IET Science, Measurement and Technology*, 2020, 14(10), 923 – 930.
- [16]. Nabiyev V. Yapay Zeka, Seçkin Yayıncılık;6. Baskı, Ocak 2021.
- [17]. Quarto, M., D'Urso, G., Giardini, C., Micro-EDM optimization through particle swarm algorithm and artificial neural network, *Precision Engineering*, 2022, 73, 63-70.
- [18]. Khamesipoura, M., Chitsaza, I., Salehib, M., Alizadeniab, S., Component sizing of a series hybrid electric vehicle through artificial neural network, *Energy Conversion and Management*, 2022, 254:1-11.
- [19]. Tam, V.W.Y., Butera, A., Le, K.N., Da Silva, L.C.F., Evangelista. A.C.J., A prediction model for compressive strength of CO2 concrete using regression analysis and artificial neural networks, *Construction and Building Materials*, 2022, 324, 1-13.
- [20]. Cormerais, R., Longo, R., Duclos, A., Wasselynck, G., Berthiau, G., Non destructive Eddy Currents inversion using Artificial Neural Networks and data augmentatio, *NDT and E International*. 2022, 129, 1-16.
- [21]. Zhang, K.,Zhang, Z., Han, Y., Gu, Y., Qiu, Q., Zhu, X., Artificial neural network modeling for steam ejector design, *Applied Thermal Engineering*, 2022, 204, 1-9.
- [22]. Mohammed, M., Taher, M.K., Khudhair, S., Prediction of turbojet performance by using artificial neural network, *Materials Today: Proceedings*, 2021.
- [23]. Moayedi, H., Mehrabi, M., Mosallanezhad, M., Rashid A.S.A., Pradhan. B., Modification of landslide susceptibility mapping using optimized PSO-ANN technique, *Engineering with Computers*. 2019, 35, 967-84.
- [24]. Liu, Z., Karimi, I.A., Gas turbine performance prediction via machine learning, *Energy*, 2020, 192, 1-10.
- [25]. Öztemel, E., Yapay Sinir Ağları: Papatya Yayıncılık; 2003.
- [26]. Kaastra, I., Boyd, M., Designing a neural network for forecasting financial and economic time series, *Neurocomputing*, 1996, 10, 215-236.