



SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE PNÖMATİKTE ENERJİ VERİMLİLİĞİ AMAÇLI YAPAY ZEKÂ (AI) UYGULAMASI

ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI) APPLICATION FOR SUSTAINABILITY AND ENERGY EFFICIENCY IN PNEUMATICS

Fikret Kemal Akyüz
Çiğdem Gündoğan Türker

ÖZET

İşletmeler için ekoloji ve ekonomi artık karşıt hedefler değildir. Aksine, bu iki güç arasındaki etkileşimi iklim koruma önlemleri şeklinde yönetmek, işletmelerin temel görevlerinden biri haline gelmiştir. Otomatik endüstriyel süreçlerin sayısı dünya çapında artmaya devam ederken, otomasyon teknolojisi, verimlilik önlemleri söz konusu olduğunda büyük potansiyele sahip bir sektördür. Dijitalleşme ve Yapay Zekâ (AI) bu çalışmaları desteklemekte ve hızlandırmaktadır.

Pnömatik Enerji, verimlilik önlemleri kapsamında önemli bir role sahiptir. Dijital ortamda Pnömatik enerjiyi izlemek, anormallik tespiti ve kayıpların belirlenmesi popüler hale gelmektedir. Buna ilave olarak konunun tamamına sürdürülebilirlik kapsamında bütünsel yaklaşmak oldukça önemlidir. Festo için temel bileşenler “Enerji Verimliliğini destekleyen ürünler kullanmak”, “Doğru tasarım ve boyutlandırma”, “Enerji verimliliği servisleri” ve “Eğitim ve danışmanlıktır”.

Bu bildiriye; pnömatik sistemlerde, bakım, kalite ve enerji verimliliği gibi konularda yapay zekâ uygulaması ile sürdürülebilirliği destekleyen efektif bir çözüm örneği sunulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yapay zekâ (AI), Sürdürülebilirlik, Pnömatik, Enerji Verimliliği, Dijitalleşme, Anormallik Tespiti (Anomaly detection), Sağlık skoru

ABSTRACT

Ecology and economy for businesses are no longer opposing goals. On the contrary, managing the interaction between these two forces in the form of climate protection measures has become one of the main tasks of enterprises. As the number of automated industrial processes continues to increase worldwide, automation technology is a sector with great potential when it comes to efficiency measures. Digitalization and Artificial Intelligence (AI) support and accelerate these studies.

Pneumatic Energy has an important role within the scope of efficiency measures. Monitoring Pneumatic energy, detecting anomalies and identifying losses are becoming popular in the digital environment. In addition, it is very important to approach the whole issue holistically within the scope of sustainability. Key components are “Using products that support Energy Efficiency”, “Correct design and sizing”, “Energy efficiency services” and “Training and consulting”.

In this paper; an example of an effective solution that supports sustainability with the application of artificial intelligence in pneumatic systems, such as maintenance, quality and energy efficiency, is presented.

Keywords: Artificial Intelligence, AI, Sustainability, Pneumatics, energy efficiency, Digitization, Anomaly detection, Health Score

1. GİRİŞ

Dünyamızın imkanları ve kaynakları gittikçe azalmakta ve yeterli gelmemektedir. Global ısınma, azalan hayvan sayısı, azalan doğal kaynaklar ve azalan tarım alanları ile devam edilmesi durumunda yaşam için ciddi riskler söz konusudur. Bu nedenle, birçok alanda daha az tüketim, enerji verimliliği, doğal enerjilerin kullanımı gibi çalışmalar ile tüm dünyada önlemlerin alınması teşvik edilmektedir. Enerji verimliliğini artırmaya yönelik basit önlemler bile iklim değişikliği ve ekonomik faydalar sağlayacaktır. Enerji verimli düşünmek, daha fazla üretkenlik ve dolayısıyla daha düşük enerji tüketimi için ilk adımları atmak her zaman değerlidir.

Genel olarak Verimliliği artırmak için; akıllı mühendislik, enerji verimli ürünler ve çözümler, eğitim ve danışmanlık yoluyla uzmanlık geliştirme ve hizmetler aracılığıyla işletimde basınçlı hava sistemlerinin optimizasyonu şeklinde stratejileri izlemek gerekmektedir. Modern yazılım araçlar, enerji açısından verimli sistem tasarımına ulaşmayı çok daha kolay hale getirir. Enerjinin daha verimli kullanımı, valf ve valf terminali seviyesi, tahrik seviyesi, elektrikli otomasyon çözümleri için motorlar ve kontrolörlerden yüksek verimli basınçlı hava hazırlığına kadar geniş bir çözüm yelpazesi oluşturulmalıdır. Yeni sistemlerin kapsamlı planlamasından çok yüksek sistem basınçlarını azaltmak veya sızıntıları tespit etmek ve onarmak gibi basit önlemlere kadar, enerji verimliliğini artıran her eylem, Dünya ekosisteminin geleceği için önemli bir adımdır [1].

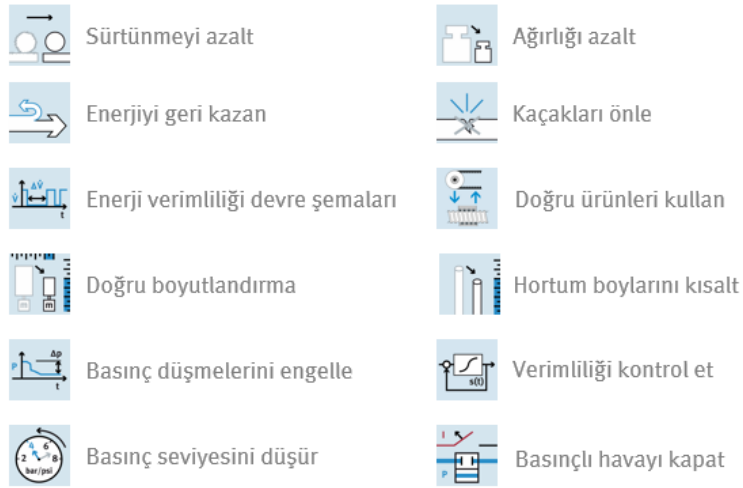
Almanya'da yapılan çalışmalara göre Almanya'da endüstride kullanılan enerjinin %7'si basınçlı hava olup, son derece pahalı bir enerji türüdür. Basınçlı hava; dış ortamdan alınan atmosfer havasının bir kompresör kullanılarak belirli bir oranda sıkıştırılması ile elde edilmektedir. Elektrik enerjisinin olduğu her yerde elde edilebilen ve depolanabilir olması nedeniyle endüstride en çok tercih edilen enerji kaynaklarından birisidir. Diğer taraftan verimliliği çok düşük bir enerji türüdür. Kompresörün kullandığı elektrik enerjisinin çoğunluğu ısı enerjisi olarak boşa gitmektedir. Her ne kadar bu enerji ısıtma için kullanılabilir olsa da pratikteki uygulamalarda bu çözüm çok azdır. Sonuç olarak, basınçlı hava sistemlerinin verimi oldukça düşüktür [2].

Sürdürülebilir anlayışla çalışmak isteyen işletmeler için Pnömatik sistemlerde enerji verimliliği önemli bir konu olmaktadır. Bu sistemlerde, enerji tüketimini düşürmek sadece çevre için değil, aynı zamanda bütçesel olarak da avantaj sağlamaktadır. Şekil 1'de gösterildiği gibi ortalama basınçlı hava maliyeti hesabı; 1 Nm³ basınçlı havanın maliyeti modern kompresörler kullanılsa dahi günümüzde kabaca 0,025€ mertebelerine yükselmiştir. Elbette bu rakam değişen enerji maliyetleri ile sürekli değişmektedir ancak, esas olan Premium kompresörlerin 90-120 Wh/ Nm³ (6 bar'a sıkıştırmak için) ihtiyaç duymalarıdır. Bu durumda; Şekil 2'de listelendiği gibi basınçlı hava tüketiminin azaltılması ve verimliliğin artırılması için uygulamalar yapılması gerekmektedir [3].



Şekil 1. Ortalama basınçlı hava maliyeti hesabı

Günümüzde hayatın her noktasına teknoloji ile birlikte taşınan ve kullanımı yaygınlaşan yapay zeka (AI) kavramı, sanayideki dijital dönüşüm sonucunda endüstriyel süreçlerde hızla yer almaktadır. Endüstriyel sistemlerde veri ve veriye dayalı tanı, analiz ve karar verme süreçleri çok önemli olmaktadır. Yüzeysel bir zekâ düzeyinde reaktif olarak çalışarak, açıkça tanımlanmış görevleri yerine getirmeye odaklanan örüntü tanıma, karakter veya metin tanıma, görüntü tanıma gibi uzman sistemler endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır. Güçlü bir yapay zekâ ile mantıksal akıl yürütme, belirsizlik karşısında bile karar verme yeteneği, planlama ve öğrenme yeteneği, doğal dilde iletişim kurabilme ve daha yüksek bir hedefe ulaşmak için tüm becerileri birleştirme gibi faydalar oluşturulabilmektedir. Ayrıca bir çok akademik çalışmaya konu olan farklı yapay zeka yöntemleri, gelişen teknoloji ile birlikte, sanayide kullanılabilir seviyeye erişmiştir. Endüstriyel kullanım amaçlı olarak yapay zeka yöntemleri üzerine çeşitli yazılımlar geliştirilmiş, birçok teknoloji devi firma yapay zeka uygulamaları alanına önemli yatırımlar yapmıştır.



Şekil 2. Basıncı Hava Sistemlerinde Verimlilik çalışmaları

Festo firmasının geliştirdiği Otomasyon Deneyimi (Festo AX) yazılımı, yapay zeka (AI) ve makine öğrenmesi ile verilerin analiz edilerek verimliliğin artırılması, enerji maliyetlerinin düşürülmesi, kalite kayıplarının önlenmesi için yeni iş modellerinin oluşturulması sağlanabilmektedir. Bu bildiri; pnömatik sistemlerde, bakım, kalite ve enerji verimliliği gibi konularda yapay zekâ uygulaması ile efektif bir çözüm örneği sunulmaktadır. Dijitalleşme ile enerji tüketiminin daha şeffaf hale getirilebilmesi, izlenebilir olması ve yapay zekâ ile anormal durumların tespit edilmesi uygulamasına değinilecektir. Bu kapsamda bildirinin ikinci bölümünde makine öğrenmesi ve endüstride yapay zekâ hakkında kısa bilgi verilmektedir. Üçüncü bölümde pnömatik silindir izleme ve sağlık skoru uygulamasını Festo AX yazılımı ile gerçekleştirilmesi sunulmaktadır. Sistemden toplanan veriler ile öğrenme ve normal çalışma sırasında elde edilen sonuçlar grafiksel olarak verilmektedir. Bildirinin en son bölümünde sonuçlar yorumlanmaktadır.

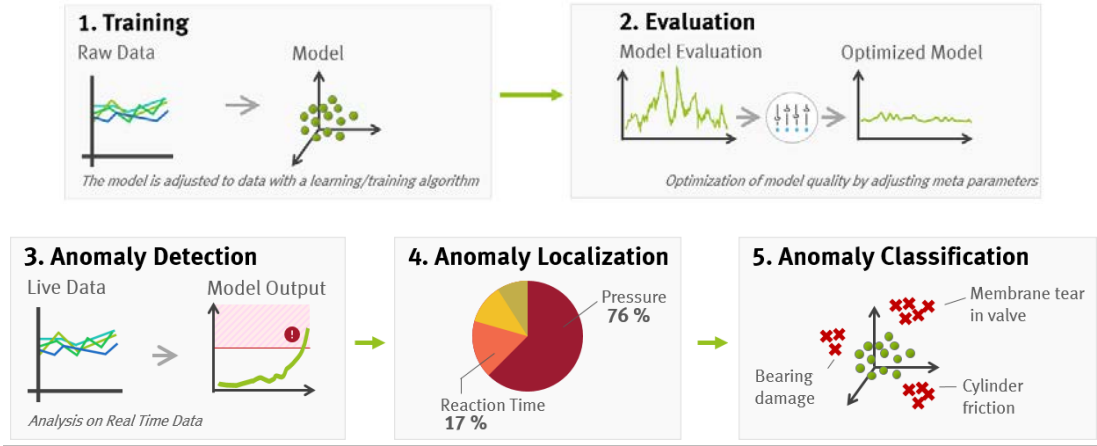
2. MAKİNE ÖĞRENMESİ VE ENDÜSTRİDE YAPAY ZEKA

Makine öğrenmesi, belirli görevleri yerine getirmeleri için sistemden alınan verilerle öğrenen algoritmaların tasarımını ve geliştirme süreçlerini içermektedir. Sistemde oluşan sorunların çözümünde gereken adımları uygulamak için öğrenen bilgisayarları kapsar. Uygulamada, programcıların gerekli her adımı belirlemesinden ziyade, makinenin kendi algoritmasını geliştirmesine yardımcı olmak daha etkili olmaktadır. Makine öğrenmesinde hedefin doğru belirlenmesi, değişkenlerin ve sistemin verilerinin toplanması ve hazırlanması problemin çözümünde en önemli adımdır.

Yapay zekâ ile makinelerin karmaşık problemlere insanlar gibi çözümler üretmesini sağlaması amaçlanmaktadır. Yapay zekâ, bir makinenin "öğrenme" ve "problem çözme" gibi "bilişsel" işlevleri taklit ettiğinde genel olarak uygulanmış olur. Sağlıklı yapay zekâ öğrenmesi için verilerin değerlendirilmesi ve hazırlanması sistemin anormalliklerini tespit etmek ve önlemleri uygulamak için temel olmaktadır.

Endüstri giderek dijitalleşmektedir. Ürünlerin ve makinelerin planlamasını, tasarımını ve üretim operasyonlarını yapılandırmak ve yüksek kaliteli, daha hızlı ve uygun fiyatta, esnek ve daha verimli süreçler için veriler toplanmakta, işlenmekte ve analiz edilmektedir. Yapay Zekâ kullanan makineler ile bu süreçlerde toplanan verilerden kendi başlarına çalışan sistemler oluşturulmaktadır.

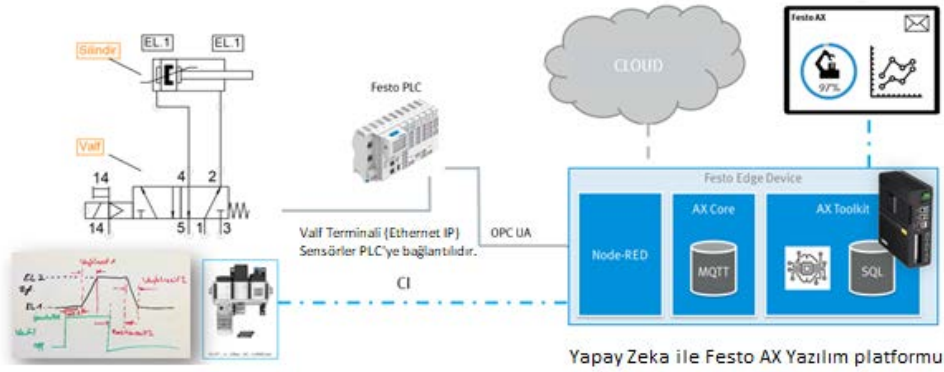
Şekil 3'de bir makine öğrenmesi sisteminde anormallik tespiti ve sınıflandırma (Anomaly Detection and Classification) örneğinin adımları gösterilmektedir [4].



Şekil 3. Anormallik tespiti ve sınıflandırma

3. YAPAY ZEKA İLE PNÖMATİK SİLİNDİR İZLEME VE SAĞLIK SKORU UYGULAMASI

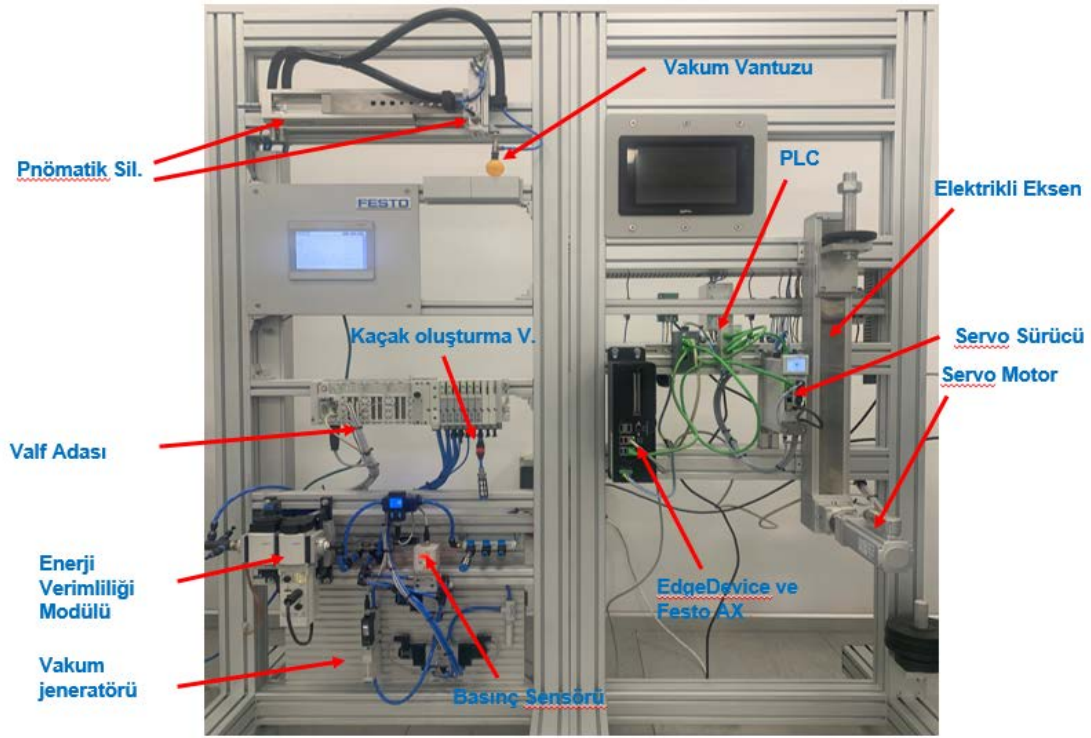
Yapay Zekâ ile enerji izleme ve sağlık skoru uygulaması, pnömatik sistemlerde örnek olarak bir silindir üzerinde gözlemlenebilmektedir. Şekil 4’de verilen sistemde silindire kumanda eden pnömatik valf tetiklendikten sonra EL.1 sensöründen kurtuluncaya kadar geçen Reaksiyon zamanı 1, EL.2 sensörüne ulaşana kadar geçen hareket zamanı 1 ve sonrasında valfe giden sinyal kesildikten sonra oluşan reaksiyon zamanı 2 ve hareket zamanı 2 PLC ile ölçülerek, silindirin her çevrimi için bu değerler kayıt altına alınır.



Şekil 4. Yapay Zekâ ile pnömatik sistem uygulaması

Oluşturulan sistemde iki ana konu ile yapay zekâ (AI) uygulaması yapılmaktadır. Şekil 5’deki resimde görülen uygulama sisteminde; sol tarafta görülen bir pinpon topu vakum ile tutularak “pick and place” uygulaması yapılmaktadır. Yatay ve düşey hareket için pnömatik silindirler kullanılmıştır. Bu silindirlerden yatay olanı ile AI deneyi gerçekleştirilmektedir. Vakum yapmak üzere yazılım (SW) ile seçilebilen iki farklı vakum jeneratörü kullanılmıştır. Biri sürekli üfleterek çalışan, diğeri ise içerisindeki sensör ile istenen vakum değerine ulaşıncaya üfleme durdurup enerji tasarrufu sağlayan ürünlerdir. Bu sayede doğru ürünü seçerek yapılabilecek enerji tasarrufunu gösterme imkânı yaratılmıştır.

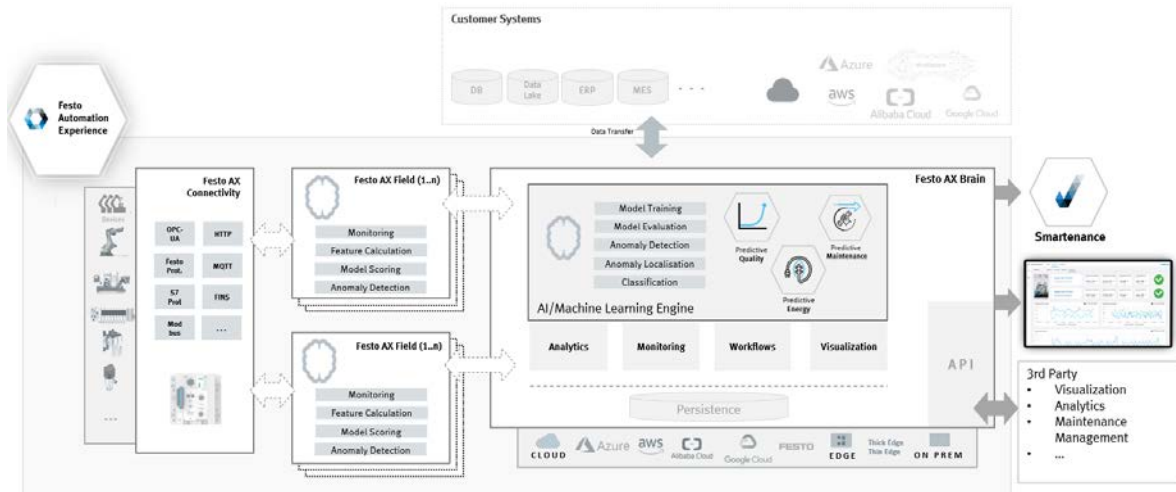
Sol tarafta, düşey çalışan bir elektro-mekanik eksen, bu eksen tahrik eden servo motor ve sürücüsü bulunmaktadır. Eksen iki farklı nokta arasında PtP (Point to Point) çalışır. Düşey eksene ilave ağırlıklar konarak sistem sağlığı için arıza durumu oluşturulmaktadır. Her iki sistem de aynı PLC ile kontrol edilmekte ve istenen veriler OPC UA ile Edge Device’a aktarılmaktadır.



Şekil 5. Uygulama Sistemi

3.1 Yazılım Platformu

Festo Otomasyon Deneyimi (Festo Automation Experience-Festo AX); bileşenlerin, makinelerin ve sistemlerin durum izleme ve tahmini bakımına yönelik Yapay Zekâ (AI) kullanan bir yazılım uygulamasıdır. Sistemden toplanan veriler, örneğin çalışma zamanına dayalı bakım önerileri yapmak ve böylece daha verimli bakım sağlamak için kullanılabilir. Veriler analiz edilerek verimliliğin artırılması, enerji maliyetlerinin düşürülmesi, kalite kaybının önlenmesi için çözümler gerçekleştirilir. "AX Core" uygulaması temel çerçeveyi sağlar, tahmini bakım (Festo AX Bakımı) ve enerji verimliliği (Festo AX Enerjisi) modülleriyle genişletilebilir [5].

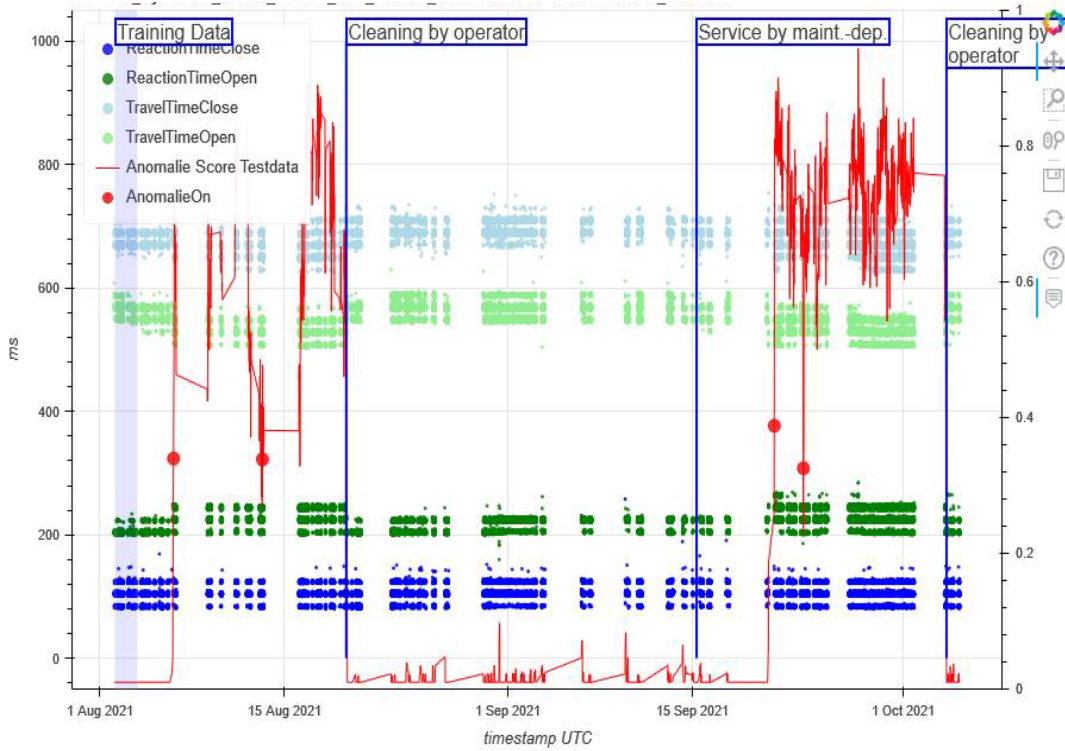


Şekil 5. Festo AX yapısı

Şekil 5'de Festo AX yapısı görülmektedir [4]. Bir çözümün gerçekleştirilmesi için önce verinin toplanması işlemi "Connectivity" olarak tanımlanmaktadır. Endüstride birçok eski kontrol cihazı mevcuttur ve bunlardan bilgi toplamak oldukça zahmetli ve maliyetli bir iş olmaktadır. Toplanan Veriler ile 'Edge Device' içerisinde yürütülen bir çözüm oluşturulmaktadır. Festo AX, gerçek zamanlı olarak verilerin analizini gerçekleştirir. Özellikle, yapay zekâ modülünün kullanılması durumunda lisanslama gerekmektedir.

3.2 Toplanan Veriler ve Yapay Zeka ile Oluşturulan Sağlık Skoru

Sistem sürekli çevrimde çalıştırılmış ve Şekil 6' da grafik olarak görülen veriler kaydedilmiştir. Kaydedilen veriler ile sistemin modellenmesi yapılmıştır. Öğrenme sürecinden sonra Festo AX, silindir için Şekil 7' de verilen "sağlık skorunu" üretmeye başlamıştır. Sağlık skoru %0-%100 arasında tanımlanmaktadır.



Şekil 6. Öğrenme ve Normal çalışma durumunda toplanan Veriler

Health Score (Live)



Şekil 7. Sağlık skoru

Sisteme dahil edilen kaçak oluşturma vanası yardımı ile uygulama test edilmiştir. Bir miktar kaçak oluşturulduğunda Şekil 6' da görüldüğü gibi kırmızı renkli sapmalar kaydedilmiştir. Oluşturulan bu anormal durum AI ile otomatik olarak tespit edilip, söz konusu pnömatik silindir için sağlık skoruna dönüştürülmektedir. Uygulamada Sağlık skorunun %95-99 seviyesinden %40-60 seviyelerine indiği gözlemlenmiştir.



4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Günümüzde, sürdürülebilir şekilde hareket eden işletmeler aynı anda birden çok konuyu ele almak durumundadır. Bir yandan yasal iklim koruma gereklilikleri karşılanmalı, diğer yandan ise karbon nötr üretim ile daha fazla sosyal kabul sağlama hedefi yeni rekabet alanları ve yeni rekabet avantajları sağlamaktadır. Ayrıca, enerji tüketimini düşürmek sadece çevre için değil, aynı zamanda bütçe için de avantaj sağlamaktadır.

Endüstride veriye dayalı karar vermek çok önemli hale gelmiştir. Veriler, yazılım ve yapay zeka yardımıyla analiz edilerek verimlilik artırılabilir, enerji maliyetleri azaltılabilir, kalite kayıpları önenebilir, üretim süreçleri optimize edilebilir ve yeni iş modelleri oluşturulabilmektedir. İlerleyen yıllarda yapay zekanın kullanımı standart bir çözüm haline dönüşmesi beklenmektedir.

Bu çalışmada, “anormallik belirleme” uygulaması bir pnömatik silindir kullanılarak deneysel olarak gerçekleştirilmiştir. Bu örnekte olduğu gibi bir fabrikadaki tüm mevcut silindirlerin, tahrik elemanlarının, basınçlı hava sisteminin yapay zekâ ile takip edilmesi konusunda yürütülen projeler mevcuttur.

Diğer taraftan, yapay zekâ uygulamaları teknolojiden bağımsızdır. Önemli olan verilerin toplanması olup hangi teknolojinin kullanıldığı önemli olmamaktadır. Özellikle, maliyet konusu dikkate alındığında bu tür çözümler günümüzde daha ziyade çok yoğun (7/24) çalışan, duruşa tahammülü olmayan makine ve süreçler için daha ilginç hale gelmektedir. Herhangi bir arızanın ne zaman oluşabileceği çok basit kurallar ile tanımlanamıyor ise yapay zeka kullanımı iyi bir alternatif olabilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Festo “Sürdürülebilirlik Raporu”
- [2] EnEffAH, EnergieEffizienz in der Produktion im Bereich, eneffah.de, 2012.
- [3] Energy Efficiency in Pneumatic Applications, Festo, 2020.
- [4] FESTO Corporate Presentations and Technical Documents
- [5] Festo Automation Experience Presentation Documents

ÖZGEÇMİŞ

Çiğdem Gündoğan Türker

1979 yılı İstanbul doğumludur. Kocaeli Üniversitesi Elektrik Mühendisliği Bölümü'nden 2001 yılında lisans, 2004'de Yüksek Lisans ve 2013'de Doktora eğitimini tamamladı. 2001-2013 yılları arasında Kocaeli Üniversitesi Elektrik Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi, 2015-2016 yıllarında Münih Teknik Üniversitesi'nde Dr. Araştırmacı olarak çalıştı. 2016 sonrası İstanbul'da Vakıf Üniversitelerinde Dr. Öğretim üyesi olarak çalıştı. 2022 Nisan ayı itibarıyla Festo Didaktik Endüstriyel Akademi departmanında Eğitim Koordinatörü olarak çalışmaktadır.

Fikret Kemal Akyüz

22.04.1968 yılında Edirne'de doğdu. İlk-orta-lise eğitimini burada tamamladı. Endüstri Meslek Lisesi eğitiminden sonra 1985 yılında Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine bölümünde lisans eğitimine başladı ve 1989'da tamamladı. Lisans sonrası 1990 yılında master yapmaya başladı. Buna paralel olarak öğretmen olarak iş hayatına başladı. 2 yıl çalıştıktan sonra Almanya'nın Baden-Württemberg eyaletinden aldığı burs ile 1 yıl Almanya'da çeşitli teknik eğitimler aldı. Festo, Siemens, Herion firmalarında hidrolik, pnömatik, PLC, otomasyon konularında eğitimler alıp, tekrar Türkiye'ye döndü. Döndükten sonra master eğitimini tamamladı. Bu süre zarfında plastik enjeksiyon makinesi üreticilerine yarı zamanlı olarak otomasyon konusunda destek oldu. 1997 yılında Festo A.Ş. 'de SW developer çalışmaya başladı ve şu anda Müşteri Çözümleri Müdürü olarak çalışmaya devam etmektedir. İngilizce ve Almanca bilmektedir.