

-----YENİLENEBİLİR ENERJİ TEKNOLOJİLERİ-----

SCADA NIN YAPAY ZEKA İLE KULLANIMI

**Yapay Zeka ile Desteklenen Güneş Enerji Sistemlerinin Kurulumu
Tamiri ve Depolama Sistemlerine Yönelik Eğitim Dökümanlarının
Hazırlanması ve Enerji Verimliliğın Artırılması**

2023 -2-TR01-KA210-VET-00017445





Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Bu bireysel öğrenme materyali, ‘‘Yapay Zeka Destekli Güneş Enerji Sistemlerinin Kurulumu, Bakımı ve Depolama Sistemlerine Yönelik Eğitim Dökümanlarının Hazırlanması ve Enerji Verimliliğinin Artırılması’’ adlı Erasmus+ Projesi kapsamında yazılmıştır.

2022-1-TR01-KA220-VET000085806.

Mesleki eğitim öğretmenlerine rehberlik etmesi amaçlanmaktadır. Kullanıcılar için ücretsizdir, satılmaz. Çoğaltılamaz. Proje Web Sitesi'nde e-kitap olarak yayımlanacaktır. (<https://ai-solarpower.com/>)

Avrupa Birliği Erasmus+ Programı tarafından finanse edilmektedir. Ancak, Avrupa Komisyonu ve Türkiye Ulusal Ajansı burada yer alan bilgilerin kullanımıyla ilgili sorumluluk kabul etmez.



İÇİNDEKİLER

1	SCADA’NIN YAPAY ZEKA İLE KULLANIMI.....	7
1.1	SCADA Sistemlerinin Tanımı ve Çalışma Prensipleri.....	8
1.1.1	RTU (Remote Terminal Units).....	8
1.1.2	PLC (Programmable Logic Controllers):.....	11
1.1.3	HMI (Human-Machine Interface).....	14
1.2	SCADA ve Yapay Zeka Entegrasyonu.....	17
1.2.1	Tahminleme ve Optimizasyon.....	17
1.2.2	Anomali Tespiti.....	18
1.2.3	Karar Destek Sistemleri.....	20
1.2.4	Özelleştirilmiş İzleme.....	21
1.3	SCADA’da Kullanılan Yapay Zeka Algoritmaları.....	23
1.3.1	Makine Öğrenmesi (ML).....	23
1.3.2	Derin Öğrenme (DL).....	24
1.3.3	Yapay Sinir Ağları (ANN).....	26
1.3.4	Bulanık Mantık (Fuzzy Logic).....	27
1.4	SCADA-Yapay Zeka Entegrasyonu için Teknolojiler.....	29
1.4.1	IoT (Nesnelerin İnterneti).....	29
1.4.2	Makine Öğrenimi.....	31
1.4.3	Büyük Veri Analitiği.....	32
1.4.4	Görüntü İşleme:.....	35
1.5	SCADA ve AI ile Sistem Optimizasyonu.....	37
1.5.1	Arıza Tespiti ve Önleyici Bakım.....	37
1.5.2	Enerji Verimliliği ve Kaynak Yönetimi.....	39
1.5.3	Veriye Dayalı Karar Destek Mekanizmaları.....	41
1.6	SCADA’nın Geleceği: IoT, Big Data ve AI Entegrasyonu.....	43
1.6.1	Akıllı Şehirler.....	43
1.6.2	Otonom Üretim Hatları.....	44
1.7	Avantajlar ve Zorluklar.....	46



1.8 Gerçek Dünya Uygulamaları	47
1.8.1 Endüstriyel Otomasyon.....	47
1.8.2 Enerji Yönetim Sistemleri.....	48
1.8.3 Su Dağıtım Ağları	50

AÇIKLAMALAR

ALAN	Enerji Bilimi
ŞUBE/MESLEK	
MODÜL ADI	SCADA NIN YAPAY ZEKA İLE KULLANIMI
MODÜLÜN TANIMI	Modül enerji üretim sistemlerinde Yapay Zeka ve SCADA hakkında genel bilgi sahibi olmak ve bu sistemlerin kurulumu bakımı ve onarımını açıklamaktadır.
SÜRE	40/32
ÖNKOŞUL	Bu modülün herhangi bir ön koşulu yoktur.
YETERLİLİK	Konuyla ilgili temel kavram ve olguları tanıtır.



<p>MODÜLÜN AMACI</p>	<p>Genel Amaçlı Yapay Zeka (YZ) destekli güneş enerji sistemlerinin kurulumu, tamiri ve enerji depolama sistemlerine yönelik bu modül, katılımcılara yenilikçi enerji çözümleri konusunda bilgi ve beceri kazandırmayı amaçlamaktadır.</p> <p>Amaçlar</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. SCADA NIN YAPAY ZEKA İLE KULLANIMI 1.1. SCADA Sistemlerinin Tanımı ve Çalışma Prensipleri 1.2. SCADA ve Yapay Zeka Entegrasyonu 1.3 SCADA’da Kullanılan Yapay Zeka Algoritmaları 1.4 SCADA-Yapay Zeka Entegrasyonu için Teknolojiler 1.5 SCADA ve AI ile Sistem Optimizasyonu 1.6 SCADA’nın Geleceği: IoT, Big Data ve AI Entegrasyonu 1.7 Avantajlar ve Zorluklar 1.8 Gerçek Dünya Uygulamaları
<p>EĞİTİM ORTAMLARI VE DONANIM</p>	<p>Çevre: Yenilenebilir enerji teknolojileri alanı, yenilenebilir enerji sistemleri çalıştay</p> <p>Ekipman: Temel elektrik bilgisi, temel elektronik bilgisi</p>
<p>ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME</p>	<p>Modül sonunda öğretmen modül uygulamalarında edindiği bilgi ve becerileri değerlendirme aracı (çoktan seçmeli test, doğru/yanlış testi, boşluk doldurma, eşleştirme vb.) kullanarak değerlendirecektir.</p>



ÖĞRENME ETKİNLİĞİ –1

AMAÇ

Yapay zekâ destekli güneş enerji sistemlerinin kurulumu, tamiri ve enerji depolama sistemlerine yönelik bu modül, katılımcılara yenilikçi enerji çözümleri konusunda bilgi ve beceri kazandırmayı amaçlamaktadır.

ARAŞTIRMA

- Yapay Zekâ ve Nesne Takibi Temelleri
- Nesne Takip Algoritmaları ve YZ Modelleri
- Gerçek Zamanlı Nesne Takip Sistemleri
- YZ Destekli Nesne Takip Projelerinde Karşılaşılan Zorluklar

1 SCADA’NIN YAPAY ZEKA İLE KULLANIMI

SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) sistemleri, güneş enerjisi sistemleri gibi büyük ölçekli enerji yönetimde kritik bir rol oynar. Geleneksel SCADA sistemleri, sensörlerden alınan verilerin merkezi bir kontrol istasyonuna iletilerek enerji üretimi ve dağıtımının optimize edilmesine olanak tanır. Yapay zeka (YZ) entegrasyonu, SCADA sistemlerinin daha akıllı, özerk ve verimli çalışmasını sağlar.



1.1 SCADA Sistemlerinin Tanımı ve Çalışma Prensipleri



Şekil 1: SCADA (<https://savachizmet.com/blog/scada-sistemi-nedir/>)

SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), endüstriyel süreçlerin uzaktan izlenmesi, kontrolü ve yönetimi için kullanılan bir sistemdir. Genellikle enerji üretimi ve dağıtımı, su kaynaklarının yönetimi, ulaşım ve üretim hatları gibi geniş kapsamlı süreçlerde kullanılır. SCADA, sahadan veri toplayarak merkezi bir kontrol istasyonuna iletir ve bu veriler üzerinden karar alma süreçlerini destekler.

Sistemin temel bileşenleri şunlardır:

- **RTU (Remote Terminal Units):** Veri toplar ve kontrol sinyallerini iletir.
- **PLC (Programmable Logic Controllers):** Yerel kontrol ve veri işleme sağlar.
- **HMI (Human-Machine Interface):** Operatörlerin sistemle etkileşim kurmasını sağlar

1.1.1 RTU (Remote Terminal Units)

RTU (Remote Terminal Unit), saha cihazlarından veri toplamak, bu verileri işlemek ve merkezi bir SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) sistemine iletmek için kullanılan bir elektronik cihazdır. Genellikle endüstriyel süreçlerde, enerji üretimi ve dağıtımı, su ve gaz yönetimi gibi uygulamalarda kullanılır.

RTU'nun Temel Görevleri

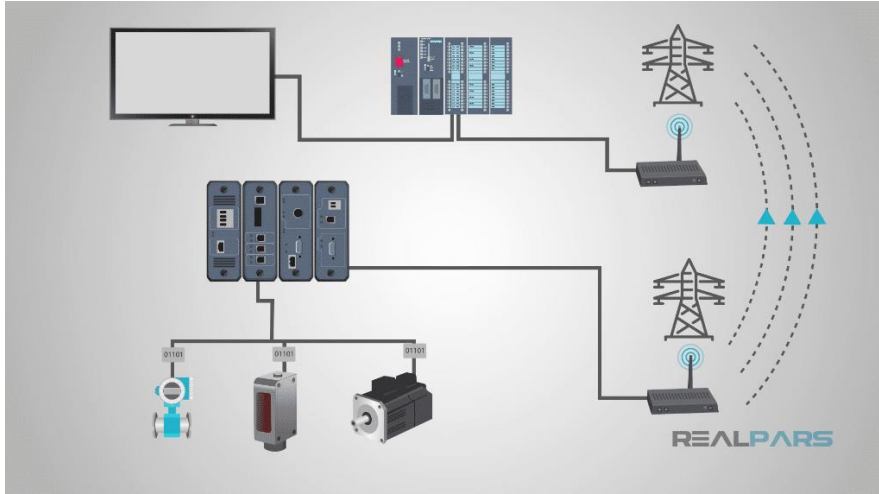
Veri Toplama: RTU, saha cihazlarından (sensörler, transdüserler) fiziksel verileri toplar. Örneğin, basınç, sıcaklık, akış ve enerji tüketimi gibi ölçümler.

Veri İşleme: Toplanan veriler, RTU tarafından yerel olarak işlenir ve dijital hale getirilir.

İletişim: İşlenmiş veriler, SCADA sistemine kablolu (Ethernet) veya kablosuz (GPRS, LTE) iletişim protokolleriyle iletilir.

Yerel Kontrol: RTU, merkezi sisteme gerek duymadan yerel düzeyde kontrol fonksiyonları gerçekleştirebilir. Örneğin, bir pompayı açıp kapatma gibi işlemler.





Şekil 2: RTU Çalışma Prensibi (Remote Terminal Units) <https://www.realpars.com/blog/rtu>

RTU'nun Çalışma Prensibi

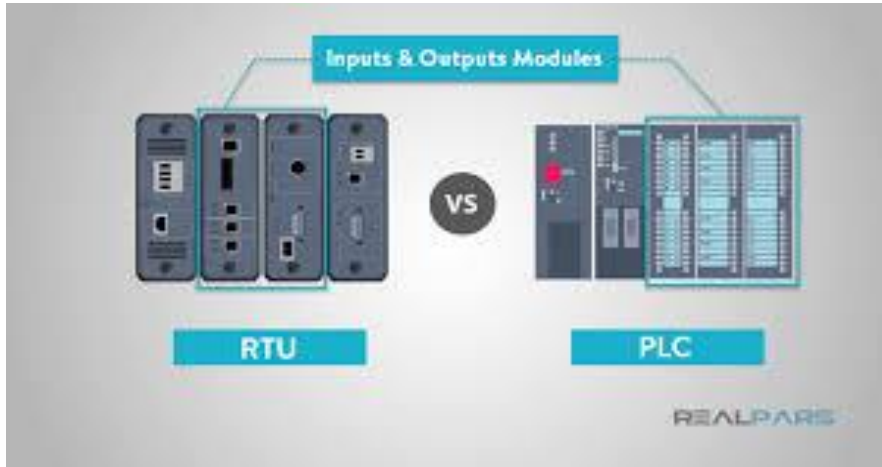
Giriş ve Çıkış (I/O) Modülleri

- **Analog Girişler:** Saha cihazlarından alınan sürekli verileri işler (ör. sıcaklık).
- **Dijital Girişler:** Açık/kapalı gibi durum bilgilerini işler.
- **Analog/Dijital Çıkışlar:** Kontrol komutlarını sahadaki cihazlara iletir.
- **Yerel İşlemci:** Verileri işler, algoritmaları çalıştırır ve gerektiğinde yerel kontrol sağlar.
- **İletişim Arabirimi:** Verilerin SCADA sistemine iletilmesini sağlayan protokolleri destekler (ör. Modbus, DNP3, IEC 60870-5).
- **Enerji Kaynağı:** RTU'lar genellikle sahada bağımsız çalıştığından, güç kesintilerinden etkilenmemesi için batarya destekli olabilir.

RTU ile PLC Arasındaki Farklar

Özellik	RTU	PLC
Amaç	Veri toplama ve iletme	Yerel kontrol ve otomasyon
Çevresel Koşullara Uyum	Zorlu ortamlara daha dayanıklı	Genellikle kontrollü ortamlar için uygundur
Bağlantı Özellikleri	Gelişmiş iletişim yetenekleri	Daha sınırlı iletişim protokolü seçenekleri
Kontrol Özellikleri	Temel kontrol işlemleri	Karmaşık kontrol süreçlerini yönetir





Şekil 3: RTU nun Avantajları. (<https://www.realpars.com/blog/rtu>)

RTU'nun Avantajları

- **Uzaktan İzleme ve Kontrol:** Sahadan veri toplama ve ekipman kontrolü sağlar.
- **Dayanıklılık:** Zorlu çevre koşullarına (sıcaklık, nem) dayanıklı tasarıma sahiptir.
- **Enerji Verimliliği:** Düşük enerji tüketimine sahiptir, genellikle batarya veya yenilenebilir enerji ile çalışabilir.
- **Geniş Uygulama Alanı:** Enerji, su, gaz ve ulaşım gibi sektörlerde kullanılabilir.

RTU'nun Uygulama Alanları

Enerji Yönetimi:

- Elektrik şebekelerinde enerji tüketiminin ve üretiminin izlenmesi.
- Akıllı şebeke (smart grid) uygulamaları.

Su ve Gaz Yönetimi:

- Su kaynaklarının ve gaz boru hatlarının basınç, akış ve sızıntı ölçümleri.

Ulaşım Sistemleri:

- Trafik sinyalizasyon sistemlerinin uzaktan kontrolü.

Endüstriyel Üretim:

- Fabrika otomasyonunda ve üretim süreçlerinin izlenmesinde kullanılır.

RTU'nun Yapay Zeka ile Entegrasyonu

Modern RTU'lar, yapay zekâ (YZ) algoritmalarını destekleyecek şekilde tasarlanmaktadır. Bu entegrasyon sayesinde:

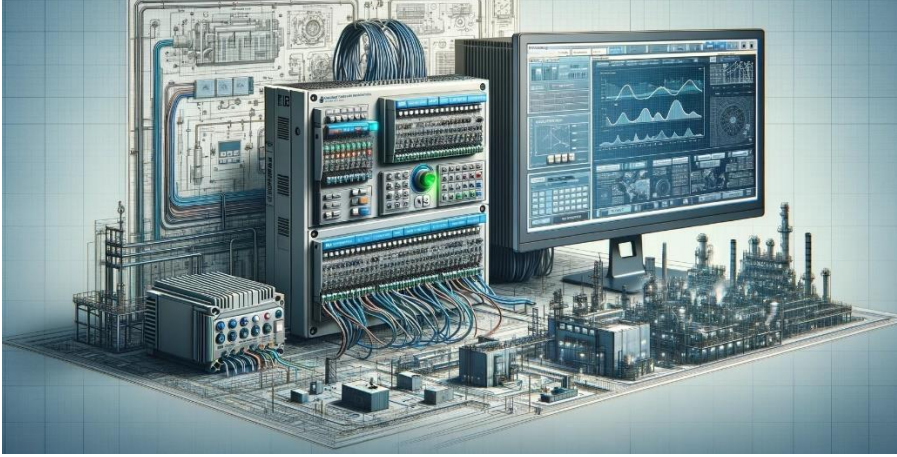
- **Anomali Tespiti:** Gerçek zamanlı veriler analiz edilerek sistem arızaları önceden tespit edilebilir.
- **Tahminsel Bakım:** Sensör verilerine dayanarak ekipman arızalarının zamanlaması tahmin edilebilir.
- **Enerji Optimizasyonu:** YZ tabanlı analizlerle enerji tüketimi optimize edilebilir.



1.1.2 PLC (Programmable Logic Controllers):

PLC Nedir?

PLC (Programmable Logic Controller), endüstriyel süreçleri otomatikleştirmek ve kontrol etmek için tasarlanmış özel bir bilgisayardır. SCADA sistemlerinde PLC, saha cihazlarından (sensörler, aktüatörler) veri toplar, bu verileri işler ve belirli bir kontrol mantığına göre işlem yapar.



Şekil 4: PLC ve SCADA arasındaki ilişki.

(<https://www.otomasyonavm.com/tr/plc-ve-scada-arasindaki-iliski-nedir>)

PLC'nin SCADA Sistemlerindeki Rolü

SCADA sistemleri ile PLC'ler entegre bir şekilde çalışır. PLC, SCADA'nın temel bileşenlerinden biridir ve şu görevleri yerine getirir:

Veri Toplama:

- Sensörlerden gelen verileri sürekli izler ve işler.
- Ölçüm cihazlarından sıcaklık, basınç, akış gibi fiziksel verileri toplar.

Yerel Kontrol:

- Programlanmış mantık doğrultusunda sahadaki cihazların (motorlar, vanalar) çalışmasını kontrol eder.
- Merkezi kontrol sisteminden bağımsız olarak hızlı karar alabilir.

İletişim:

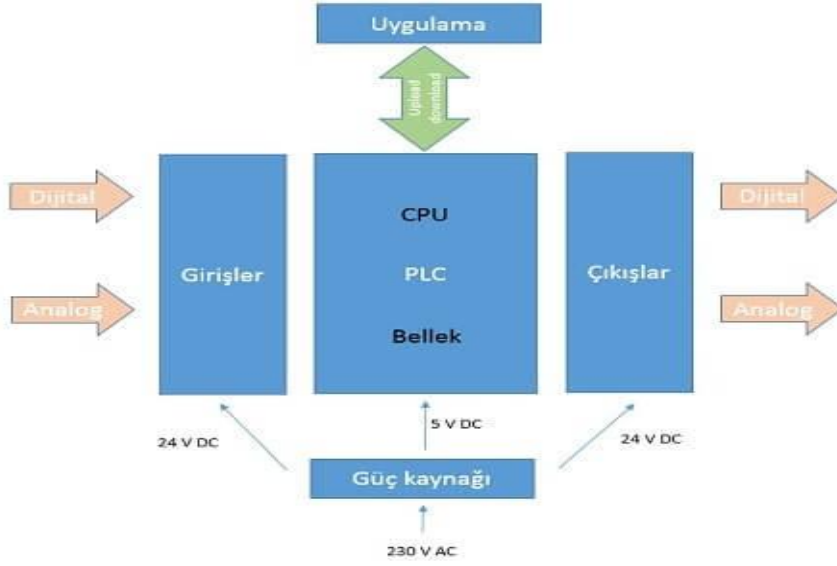
- SCADA merkeziyle haberleşerek işlem verilerini ve alarmları iletir.
- Veri alışverişinde genellikle *Modbus*, *Profibus* gibi protokoller kullanılır.

Otomasyon Süreçleri:

- Belirli bir süreç döngüsünü yönetir. Örneğin, bir pompa sisteminin otomatik çalıştırılması.



PLC'nin Çalışma Prensibi



Şekil 5: PLC nin Çalışma Prensibi (<https://elektrikinfo.com/plc-nasil-calisir/>)

Giriş (Input):

- PLC'ye bağlanan sensörlerden gelen fiziksel sinyaller alınır.
- Bu sinyaller analog veya dijital olabilir.

İşleme (Processing):

- Giriş verileri, PLC'nin içerisindeki CPU tarafından programlanmış bir mantık çerçevesinde işlenir.
- Kullanıcılar, bu mantığı genellikle *Ladder Logic* veya *Structured Text* gibi programlama dilleriyle oluşturur.

Çıkış (Output):

- İşlenen verilere göre aktüatörlere veya diğer kontrol cihazlarına sinyal gönderilir.
- Örneğin, bir valfi açma veya kapatma komutu gönderilebilir.

SCADA ve PLC'nin Entegrasyonu

SCADA, genellikle geniş bir sistemin gözetim ve kontrolünü sağlarken, PLC'ler bu sistemin alt düzeydeki kontrolünü sağlar. SCADA-PLC entegrasyonu şu şekilde gerçekleşir:

Veri Toplama: PLC, sahadan topladığı verileri SCADA yazılımına iletir.

Gerçek Zamanlı Görselleştirme: SCADA, PLC'den gelen verileri analiz eder ve operatörlere gerçek zamanlı olarak grafiksel arayüzde sunar.

Kontrol Komutları: SCADA üzerinden yapılan manuel komutlar, PLC tarafından sahada uygulanır.



PLC'nin Avantajları

Hız ve Doğruluk: PLC, giriş-çıkış işlemlerini hızlı bir şekilde işler ve doğru sonuçlar sağlar.

Programlanabilirlik: Farklı süreçler için kolayca yeniden programlanabilir.

Dayanıklılık: Zorlu çevre koşullarında (sıcaklık, nem, titreşim) çalışmak üzere tasarlanmıştır.

Esneklik: Geniş giriş-çıkış modülleri sayesinde farklı sensör ve cihazlarla çalışabilir.

PLC'nin SCADA Sistemindeki Zorlukları

Programlama Karmaşıklığı: Karmaşık süreçler için programlama zor ve zaman alıcı olabilir.

Gelişmiş Algoritma Kullanımı: SCADA'da yapay zeka uygulamalarını destekleyecek PLC sistemleri geliştirilmesi gerekebilir.

Maliyet: Büyük sistemlerde PLC modüllerinin maliyeti artabilir.

PLC'nin Kullanıldığı Alanlar

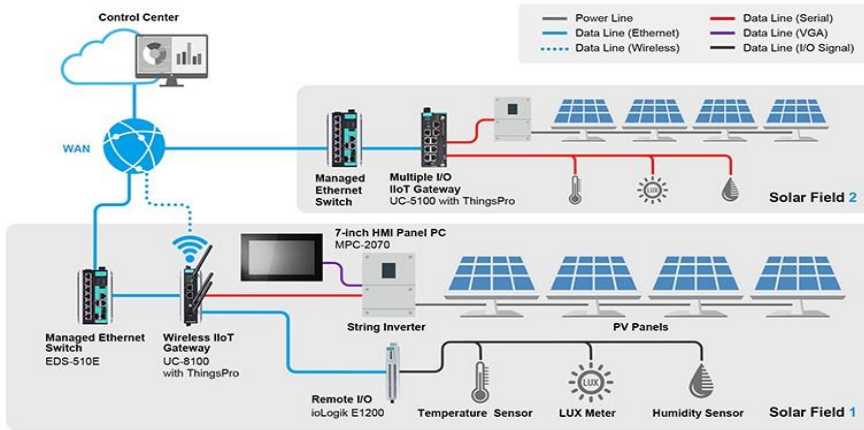
Enerji Yönetimi: Elektrik üretim ve dağıtım sistemlerinde enerji akışını kontrol eder.

Su ve Atık Su Yönetimi: Pompa istasyonlarının ve su arıtma tesislerinin otomasyonu.

Petrokimya ve Gaz Endüstrisi: Gaz akışını ve basıncını kontrol etme.

Üretim Otomasyonu: Fabrikalarda üretim hatlarının kontrolü

SCADA ve PLC'nin Yapay Zeka ile Entegrasyonu



Şekil 6: SCADA'nın solar sistemlerde kullanımı (https://tr.linkedin.com/pulse/ges-izleme-sistemleri-ve-havadan-termal-analiz-mustafa-balc%C4%B1-igmaf?trk=article-ssr-frontend-pulse_more-articles_related-content-card)



Modern SCADA sistemlerinde, yapay zekâ ile desteklenen PLC'ler şu avantajları sağlar:

- **Tahminsel Bakım:** PLC sensör verilerini analiz ederek ekipman arızalarını önceden tahmin edebilir.
- **Optimizasyon:** Yapay zekâ algoritmaları, enerji tüketimini ve süreç verimliliğini optimize edebilir.
- **Anomali Tespiti:** PLC, normalden sapmaları tespit ederek SCADA'ya alarm gönderebilir.

1.1.3 HMI (Human-Machine Interface)



Şekil 7: HMI (Human-Machine Interface) (<https://sahamid.com/human-machine-interface-hmi-3/?v=5153621d17c8>)

HMI Nedir?

HMI (Human-Machine Interface), bir operatör ile makine veya sistem arasındaki etkileşimi sağlayan bir arayüzdür. HMI, genellikle endüstriyel otomasyon süreçlerinde, üretim hattındaki makinelerin kontrol edilmesi ve izlenmesi için kullanılır. Kullanıcıya verileri görselleştirme, makinelerle iletişim kurma ve süreçleri izleme imkânı sağlar.

HMI Bileşenleri

HMI sisteminin temel bileşenleri şunlardır:

- 1. Donanım:** Dokunmatik ekran, bilgisayar, kontrol paneli veya monitör.
- 2. Yazılım:** HMI yazılımları, proses verilerini görselleştirmek ve kullanıcıdan gelen komutları sisteme iletmek için tasarlanmıştır.
- 3. İletişim Arayüzü:** PLC, SCADA veya diğer kontrol sistemleri ile bağlantıyı sağlar. Bu iletişim genellikle Ethernet, RS-232/485, Modbus gibi protokollerle yapılır.



HMI'nin Görevleri

Veri Görselleştirme:Sensörlerden, PLC'den veya SCADA sisteminden gelen veriler operatör ekranında grafik, tablo veya metin olarak görüntülenir.

Örnek: Sıcaklık, basınç, motor durumu gibi veriler.

Sistem Kontrolü: Kullanıcı, HMI ekranı aracılığıyla makinelere komut verebilir (örneğin, bir motoru başlatma/durdurma).

Alarm Yönetimi:Sistem sorunlarını kullanıcıya görsel veya sesli bir şekilde bildirir. Örneğin, belirli bir parametrenin sınır değerini aşması durumunda uyarı verir.

Raporlama:Sistem verilerini analiz etmek için raporlar oluşturabilir. Bu, üretim süreçlerinin iyileştirilmesi için önemlidir.

HMI Kullanım Alanları

Endüstriyel Otomasyon:

- Üretim hatlarının kontrolü ve izlenmesi.
- Örnek: Ambalaj makineleri, robotik kollar.

Enerji Yönetimi:

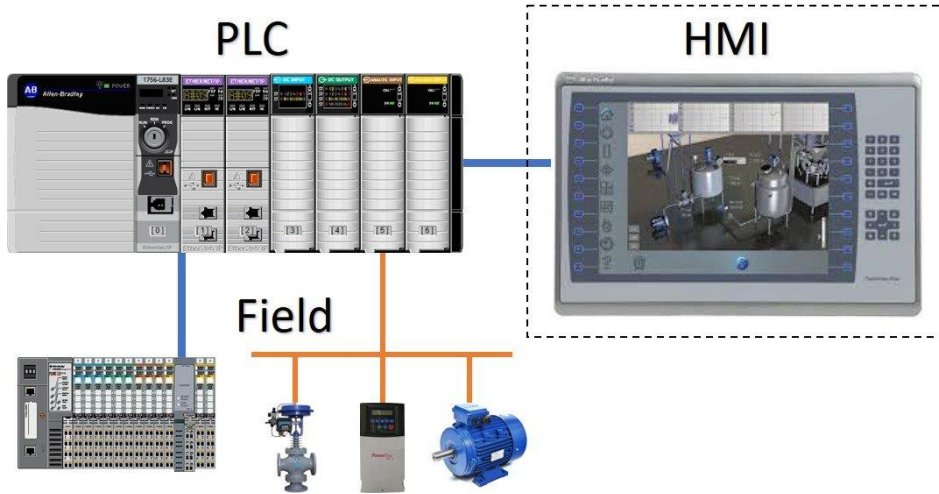
- Elektrik şebekesi ve yenilenebilir enerji kaynaklarının izlenmesi.

Ulaşım:

- Metro, tren veya havalimanı sistemlerinin operasyonel kontrolü.

Bina Otomasyonu:

- Aydınlatma, iklimlendirme ve güvenlik sistemlerinin yönetimi.



Şekil 8: HMI ve PLC Bağlantısı (<https://exonsys.com/yazilim-hizmetleri/hmi-yazilimi/>)



HMI Türleri

Yerel HMI:

- Bir makineye veya bir grup makineye doğrudan bağlanan HMI cihazlarıdır.
- Örnek: Dokunmatik ekranlı kontrol panelleri.

Dağıtılmış HMI:

- SCADA gibi merkezi bir sistem üzerinden kontrol edilen HMI'lardır.
- Ağ üzerinden iletişim kurar.

Mobil HMI:

- Tablet, telefon veya dizüstü bilgisayar üzerinden erişilen arayüzlerdir.

HMI Yazılımları

HMI yazılımları, veri görselleştirme ve kontrol işlevlerini yerine getiren araçlardır. Popüler yazılımlar arasında şunlar yer alır:

- Siemens WinCC
- Rockwell Automation FactoryTalk
- Wonderware InTouch
- Ignition by Inductive Automation

HMI Avantajları

- **Kullanıcı Dostu Arayüz:** Karmaşık proseslerin basit bir şekilde görselleştirilmesini sağlar.
- **Gerçek Zamanlı Veri İzleme:** Operatörlere hızlı karar alma imkânı sunar.
- **Alarm ve Uyarı Sistemleri:** Sorunları erken tespit eder.
- **Uzaktan Erişim:** Modern HMI sistemleri, internet üzerinden erişim imkânı sağlar.

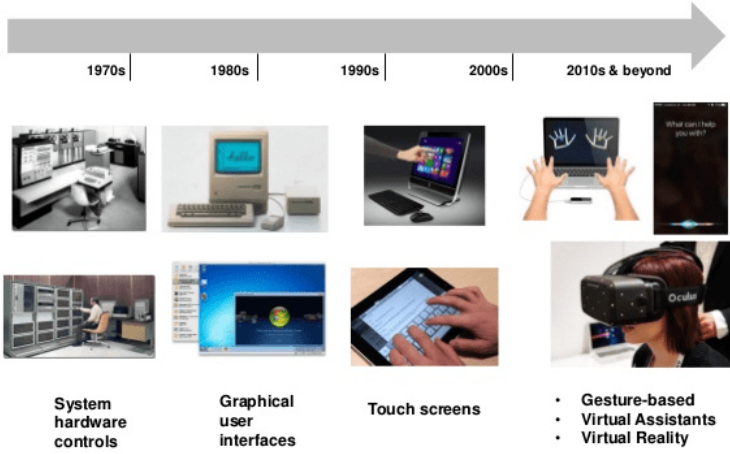
HMI'nin Yapay Zeka ile Entegrasyonu

Yapay zeka algoritmaları ile HMI sistemleri daha akıllı hale getirilebilir.

- **Öngörülü Bakım:** Ekipman arızalarını önceden tahmin etmek.
- **Veri Analizi:** Büyük veri kümelerini analiz ederek operatörlere öneriler sunmak.
- **Kişiselleştirilmiş Arayüzler:** Kullanıcının tercihlerine göre özelleştirilebilen ekranlar.



What is a Human-Machine Interface?



©2016 David Zaker. All Rights Reserved. 2

Şekil 8: HMI nin Yıllar İçindeki Gelişimi
(<https://www.markivis.com/how-advancements-in-hmi-are-changing-the-world/>)

Gelecek Trendleri

- **Endüstri 4.0:** IoT cihazları ile daha entegre HMI sistemleri.
- **Artırılmış Gerçeklik (AR):** Operatörlerin sahada ekipmanları daha etkin kontrol etmesini sağlamak.
- **Sesli Komutlar ve Yapay Zeka:** HMI'lerin daha kullanıcı dostu hale gelmesi.

1.2 SCADA ve Yapay Zeka Entegrasyonu

SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) sistemlerinin yapay zeka (YZ) ile entegrasyonu, endüstriyel otomasyon ve kontrol süreçlerinin daha verimli, akıllı ve öngörülebilir hale gelmesini sağlamaktadır. YZ'nin SCADA ile birleştirilmesi, özellikle tahminleme ve optimizasyon konularında büyük avantajlar sunar.

1.2.1 Tahminleme ve Optimizasyon

Tahminleme

Tahminleme, SCADA sistemleri tarafından toplanan verilerden gelecekteki olayları veya eğilimleri öngörmek için yapay zeka algoritmalarının kullanılmasıdır. Bu süreçte makine öğrenmesi ve derin öğrenme gibi yöntemler sıklıkla tercih edilir.

- **Kestirimci Bakım (Predictive Maintenance):** SCADA sistemlerinde YZ algoritmaları,



sensörlerden gelen verileri analiz ederek ekipman arızalarını önceden tahmin edebilir. Bu, plansız duruşları azaltır ve sistem güvenilirliğini artırır.

Örnek: Bir pompanın titreşim verilerini analiz ederek motor arızası olasılığını tespit etmek.

- **Talep Tahmini:** Enerji sektöründe SCADA verileriyle talep değişiklikleri tahmin edilerek enerji üretimi optimize edilebilir.

Örnek: Elektrik talebinin günün saatine göre değişiminin öngörülmesi.

Optimizasyon

Optimizasyon, SCADA sistemlerinin performansını artırmak ve enerji, zaman veya maliyet açısından verimliliği maksimize etmek için YZ algoritmalarının kullanılmasıdır.

- **Proses Optimizasyonu:** Sistem süreçlerinin kontrolünde en iyi parametrelerin belirlenmesi.
Örnek: Bir kimyasal reaksiyon sürecinde sıcaklık ve basınç kontrolü ile üretim verimliliğinin artırılması.

- **Enerji Yönetimi:** Yenilenebilir enerji kaynaklarının üretim ve depolama süreçlerinin optimize edilmesi.

Örnek: Güneş enerjisi üretiminde güneş paneli açılarını sürekli olarak optimize etmek.

Yapay Zeka Teknikleri:

1. Makine Öğrenmesi (ML):

- SCADA verilerini analiz ederek sistemdeki trendleri belirler ve tahminleme yapar.
- **Örnek Algoritmalar:** Karar ağaçları, destek vektör makineleri, k-en yakın komşu (KNN)

2. Derin Öğrenme (DL):

- Büyük veri setleri üzerinde karmaşık analizler yapabilir.
- **Örnek Kullanım:** Görüntü işleme ile sistemdeki ekipmanların durumu analiz edilebilir.

3. Doğal Dil İşleme (NLP):

- Operatörlerin HMI arayüzünde metin bazlı komutlarla iletişim kurmasını sağlar.

4. Evrimsel Algoritmalar:

- Süreçlerin optimizasyonu için genetik algoritma gibi yöntemler kullanılır.
- **Örnek:** Büyük ölçekli endüstriyel sistemlerde en uygun enerji tüketim seviyesinin bulunması.

1.2.2 Anomali Tespiti

Anomali tespiti, SCADA sistemlerinde sistemin normal davranışından sapmaların belirlenmesi için kullanılan bir yapay zeka (YZ) uygulamasıdır. Bu, güvenlik açıklarını, ekipman arızalarını veya performans sorunlarını önceden tespit ederek sistemin güvenilirliğini artırır.



1. Anomali Tespitinin Önemi

SCADA sistemleri büyük miktarda veri toplar ve işler. Bu veriler içinde sistemin normal çalışma koşullarından sapmaları (anomali) fark etmek, operasyonların devamlılığı ve güvenliği açısından kritik öneme sahiptir.

- **Operasyonel Verimlilik:** Olası hatalar önceden tespit edilerek bakım süreçleri planlanabilir.
- **Güvenlik:** Siber saldırı veya veri manipülasyonu gibi tehditler erkenden belirlenebilir.
- **Maliyet Azaltımı:** Erken müdahale ile arızaların neden olduğu yüksek maliyetli kesintilerin önüne geçilebilir.

Anomali Tespit Yöntemleri

1. İstatistiksel Yöntemler:

- Normal veri davranışını modelleyerek sapmaları belirler.
- **Örnek:** Ortalama ve standart sapma analizi.

2. Makine Öğrenmesi Yöntemleri:

- **Denetimli Öğrenme:** Normal ve anormal durumlara ait etiketlenmiş veri kullanarak model oluşturur.
Örnek Algoritma: Karar Ağaçları, Destek Vektör Makineleri (SVM).

- **Denetimsiz Öğrenme:** Sadece normal durumlardan öğrenir ve anormal durumları bu modele uymayan veriler olarak tanımlar.

Örnek Algoritma: K-Means Kümeleme, Otoenkoderler.

3. Derin Öğrenme Yöntemleri:

- Büyük veri setlerinde daha karmaşık ve detaylı anomali tespiti yapar.
Örnek: LSTM (Long Short-Term Memory) ağları, Zaman Serisi Analizi.

4. Kural Tabanlı Sistemler:

- Önceden tanımlanmış eşik değerlerine dayalı olarak çalışır.
Örnek: Basınç veya sıcaklık gibi metriklerde belirli sınır aşımalarının tespiti.

Anomali Tespiti Süreci

1. Veri Toplama: SCADA sisteminden sensörler aracılığıyla gerçek zamanlı veri alınır.

2. Veri Ön İşleme: Eksik veriler doldurulur, gürültüler temizlenir ve veri normalleştirilir.

3. Model Eğitimi: YZ algoritmaları normal davranışları öğrenmek için eğitilir.

4. Anomali Tespiti: SCADA verileri analiz edilerek anomaliler işaretlenir.

5. Alarm ve Raporlama: Belirlenen anomalilere yönelik operatörlere bilgi verilir veya otomatik eylemler başlatılır.

Uygulama Örnekleri

- **Enerji Yönetimi:** Enerji tüketimindeki ani artışların veya kayıpların belirlenmesi.
- **Su Arıtma Sistemleri:** Kimyasal seviyelerdeki düzensizliklerin tespiti.
- **Akıllı Şebekeler:** Siber saldırılar sırasında şebekedeki veri manipülasyonlarının algılanması.



Yapay Zeka Tekniklerinin Avantajları

- **Hız:** Gerçek zamanlı tespit ve yanıt.
- **Doğruluk:** Daha az yanlış alarm ile güvenilir sonuçlar.
- **Uyarlanabilirlik:** Farklı SCADA uygulamaları için özelleştirilebilir modeller.

1.2.3 Karar Destek Sistemleri

Karar Destek Sistemleri (KDS), SCADA sistemlerine entegre edilen ve operatörlere hızlı, etkili ve bilinçli kararlar alabilmeleri için bilgi sağlayan yapay zeka (YZ) tabanlı araçlardır. Bu sistemler, SCADA tarafından toplanan verileri analiz eder, eğilimleri belirler ve önerilerde bulunur.

Karar Destek Sistemlerinin Tanımı

Karar Destek Sistemleri, karmaşık veri setlerini işleyerek belirli bir problem veya durum için çözüm önerileri sunan bir yapıdır. SCADA ve YZ entegrasyonu sayesinde, bu sistemler;

- Operasyonel süreçleri optimize eder.
- Riskleri değerlendirir ve önlemler önerir.
- İnsan hatasını en aza indirir.

SCADA Sistemlerinde Karar Destek Sistemlerinin Rolü

SCADA sistemlerinden alınan büyük miktardaki verinin anlamlı hale getirilmesi ve bu veriye dayalı stratejik kararlar alınması için KDS kullanılır. Başlıca kullanım alanları:

- **Proses Optimizasyonu:** Verimliliği artırmak için üretim süreçlerini optimize eder.
- **Arıza Yönetimi:** Potansiyel ekipman arızalarını tespit eder ve bakım önerileri sunar.
- **Enerji Yönetimi:** Enerji tüketim trendlerini analiz ederek maliyetleri düşürme stratejileri geliştirir.
- **Acil Durum Müdahalesi:** Kritik durumlarda hızlı aksiyon almayı sağlayan öneriler sunar.

Karar Destek Sistemlerinde Yapay Zeka Teknikleri

1. Makine Öğrenmesi:

Geçmiş verilerden öğrenerek olaylara dayalı tahminlerde bulunur.

Örnek: Tahminleme algoritmaları ile olası arızaların önceden öngörülmesi.

2. Veri Madenciliği:

SCADA verilerinden anlamlı bilgiler ve eğilimler çıkarır.

Örnek: Enerji tüketimindeki anormalliklerin tespiti.

3. Doğal Dil İşleme (NLP):

Kullanıcıların sistemle doğal dilde iletişim kurmasını sağlar.

Örnek: Operatörlerin yazılı sorularına cevap veren bir KDS modülü.



4. Optimizasyon Algoritmaları:

Süreçleri en iyi hale getirmek için çözüm alternatifleri sunar.

Örnek: Enerji üretim ve dağıtım ağlarında maliyetleri düşürmek için optimize edilmiş planlar.

Karar Destek Sistemlerinin Çalışma Süreci

1. **Veri Toplama:** SCADA sensörleri ve cihazlarından alınan gerçek zamanlı veriler işlenir.
2. **Analiz ve Modelleme:** YZ algoritmaları kullanılarak veriler analiz edilir ve modeller oluşturulur.
3. **Karar Alternatiflerinin Üretilmesi:** Sistem, mevcut duruma göre olası karar senaryoları üretir.
4. **Operatörle Etkileşim:** Öneriler operatöre iletilir ve insan müdahalesiyle nihai karar alınır.

Avantajları;

- **Hız ve Verimlilik:** Daha hızlı ve etkili kararlar alınmasını sağlar.
- **Risk Azaltımı:** Riskli durumlarda proaktif öneriler sunarak olumsuz sonuçları önler.
- **Sistem Performansı:** Operasyonel süreçlerde genel iyileşme sağlar.
- **Karmaşıklık Yönetimi:** Karmaşık SCADA sistemlerinde daha basit bir yönetim olanağı sunar.

Zorlukları;

- **Veri Kalitesi:** SCADA'dan alınan verilerin kalitesiz veya eksik olması karar önerilerini olumsuz etkileyebilir.
- **Uyumluluk:** KDS'nin mevcut SCADA altyapısıyla entegre edilmesi zorlu olabilir.
- **Operatör Güveni:** KDS önerilerine tam güven duyulması zaman alabilir.

Uygulama Örnekleri

1. **Enerji Dağıtım Şebekeleri:** Yük dengeleme ve enerji kaybını en aza indirmek için öneriler.
2. **Su ve Atık Yönetimi:** Suyun verimli dağıtımını için optimal dağıtım yollarının belirlenmesi.
3. **Fabrikalar ve Endüstriyel Tesisler:** Üretim hattındaki darboğazları çözmek için süreç iyileştirme önerileri.

1.2.4 Özelleştirilmiş İzleme

Özelleştirilmiş izleme, SCADA sistemlerinde yapay zeka kullanılarak belirli süreçler, cihazlar veya metrikler için spesifik izleme ve analiz yeteneklerinin geliştirilmesidir. Bu yöntem, standart SCADA izleme süreçlerinden farklı olarak, işletme veya tesis gereksinimlerine göre özelleştirilmiş parametreler ve kurallar üzerinden çalışır.

Özelleştirilmiş İzlemenin Tanımı ve Önemi

SCADA sistemleri genelde genel bir izleme sağlar; ancak her endüstri veya tesisin kendine özgü gereksinimleri vardır. Özelleştirilmiş izleme, şu nedenlerle önemlidir:

- Belirli süreçlerin ve ekipmanların performansını optimize eder.
- Anlık riskleri ve sorunları hedefe yönelik şekilde tespit eder.
- Kaynak kullanımı ve enerji verimliliği açısından işletmeye özgü çözümler sunar.

Yapay zeka, bu süreçte büyük miktardaki veriyi hızlıca analiz eder, öncelikli alanları belirler ve izleme faaliyetlerini otomatik hale getirir.



Özelleştirilmiş İzlemenin SCADA ile Entegrasyonu

SCADA sistemlerinde özelleştirilmiş izleme, aşağıdaki adımlarla gerçekleştirilir:

1. Veri Toplama: SCADA, tesis genelindeki sensörlerden veya cihazlardan gerçek zamanlı verileri toplar.

2. Veri Analizi ve Filtreleme:Yapay zeka algoritmaları, topladığı büyük miktardaki veriyi analiz ederek işletme için önemli olanları belirler.

3. Eşik Belirleme ve Alarm Yönetimi:Özel süreçlere veya cihazlara yönelik eşikler ve alarmlar belirlenir.

Örneğin, bir güneş enerjisi santralinde inverter sıcaklığı veya güç çıkışı gibi kritik parametreler izlenebilir.

4. Pro aktif İzleme:Makine öğrenmesi ile geçmiş veriler analiz edilerek gelecekteki sorunlar veya anormallikler önceden tahmin edilir.

5. Raporlama ve Görselleştirme:İşletme ihtiyaçlarına özel raporlar ve görsel tablolar oluşturulur.

Kullanım Alanları

➤ Enerji Sektörü:

- Güneş panellerinin enerji üretimini optimize etmek.
- Yük dengelemesi ve enerji kaybını izlemek.

➤ Üretim Tesisleri:

- Üretim süreçlerindeki verimsizlikleri belirlemek.
- Önemli makine parçalarının aşınmasını izlemek.

➤ Su ve Atık Yönetimi:

- Suyun debisini, basıncını ve kalite parametrelerini sürekli izlemek.
- Su kayıplarını ve sızıntıları hızlıca tespit etmek.

Avantajları

- **Hedefe Yönelik Performans:** Yalnızca gerekli olan metriklerin izlenmesi, gereksiz veri yığını azaltır.
- **Proaktif Müdahale:** Potansiyel sorunları önceden belirleyerek bakım maliyetlerini düşürür.
- **Verimlilik Artışı:** İşletmenin belirlediği önceliklere göre süreçleri optimize eder.

Zorlukları

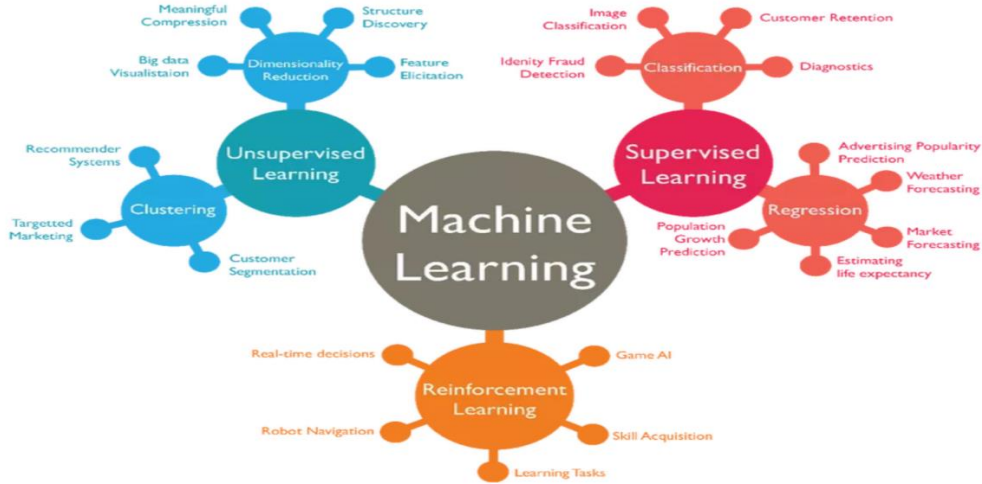
- **Gelişmiş Algoritma Gereksinimi:** Özelleştirilmiş izleme, standart SCADA sistemlerine kıyasla daha karmaşık yapay zeka algoritmaları gerektirir.
- **Uygulama Maliyetleri:** Sistemin özelleştirilmesi, başlangıçta yüksek maliyetli olabilir.
- **Kullanıcı Eğitimi:** Operatörlerin özelleştirilmiş sistemleri anlaması ve kullanması zaman alabilir.



1.3 SCADA'da Kullanılan Yapay Zeka Algoritmaları

SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) sistemleri, endüstriyel süreçlerin gerçek zamanlı kontrolü ve izlenmesi için geliştirilmiştir. Günümüzde yapay zeka (YZ) algoritmalarının bu sistemlere entegre edilmesi, SCADA'nın veri işleme kapasitesini artırarak daha verimli ve akıllı hale gelmesini sağlamaktadır. Aşağıda, SCADA'da sıklıkla kullanılan yapay zeka algoritmaları ve uygulama alanları detaylandırılmıştır:

1.3.1 Makine Öğrenmesi (ML)



Şekil 9: Makine Öğrenmesi (ML) Türleri (<https://muzaffer kaleli.com/2018/07/07/trend-teknolojiler-machine-learning/>)

SCADA sistemlerinde makine öğrenimi algoritmaları, veri analizini geliştirmek, süreçlerin tahmin edilmesi ve optimizasyonunda kullanılır.

Makine öğrenmesi, bilgisayarların veri üzerinden öğrenerek öngörülerde bulunmasını veya kararlar almasını sağlayan bir yapay zekâ dalıdır. ML algoritmaları, verilerdeki desenleri ve ilişkileri bulmak ve bu bilgilerle tahminler veya kararlar almak üzere programlanır. Bu algoritmalar, belirli bir görevi yerine getirebilmek için veriye dayalı olarak kendini "eğitir" ve kullanıcı müdahalesi olmadan kendi kendine gelişim gösterebilir.

Makine öğrenmesi, genellikle üç ana kategoriye ayrılır:

1. Denetimli Öğrenme (Supervised Learning)

Denetimli öğrenmede algoritmaya, doğru etiketlere sahip bir veri seti verilir. Algoritma, her veriyi doğru sınıf veya çıkış değeri ile eşleştirmeyi öğrenir ve bu şekilde eğitimden geçer. Bu kategori, iki temel alt sınıfa ayrılır:

Sınıflandırma: Veri örneklerinin önceden belirlenmiş sınıflara atanmasını sağlar. Örneğin, bir e-postanın spam olup olmadığını belirlemek için sınıflandırma algoritmaları kullanılır.



Regresyon: Sürekli bir çıktıyı tahmin etmek için kullanılır. Örneğin, ev fiyatlarını tahmin etmek için geçmiş ev satış verilerini analiz eden regresyon modelleri uygulanır.

2. Denetimsiz Öğrenme (Unsupervised Learning)

Denetimsiz öğrenme, etiketlenmemiş verilerle çalışır. Algoritma, verilerdeki desenleri ve ilişkileri kendi başına keşfeder. Bu tür öğrenme, özellikle veri keşfi ve segmentasyon gibi görevlerde kullanılır:

Kümeleme (Clustering): Algoritma, veriyi benzer özelliklere sahip gruplara ayırır. Örneğin, müşteri segmentasyonu yapmak için kümeleme yöntemleri kullanılabilir.

Boyut İndirgeme (Dimensionality Reduction): Verinin boyutunu azaltarak bilgi kaybını en aza indirmeye çalışır. Bu, büyük veri setlerinde işlem maliyetlerini düşürmek için önemlidir.

3. Pekiştirmeli Öğrenme (Reinforcement Learning)

Pekiştirmeli öğrenme, algoritmanın çevresindeki ortamdan öğrenmesini sağlar. Bir ajan (yapay zeka), belirli bir görevi başarmak için hareketler yapar ve her harekete göre ödül veya ceza alır. Zamanla en yüksek ödülü getirecek stratejiyi öğrenir. Bu öğrenme türü özellikle robotik, otonom araçlar, oyunlar ve optimizasyon problemlerinde kullanılır.

1.3.2 Derin Öğrenme (DL)

Zaman serisi analizlerinde etkili bir yöntemdir.

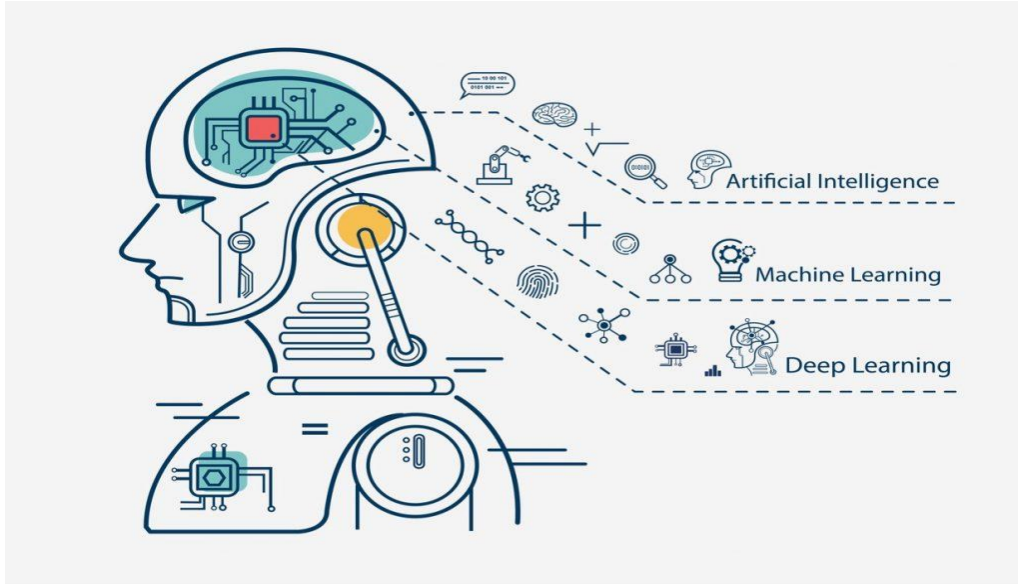
Örnek Kullanımlar: Enerji talep tahminleri, uzun vadeli veri trend analizi.

Derin öğrenme, makine öğrenmesinin bir alt alanıdır ve insan beynindeki sinir ağlarını taklit ederek verilerden özellikleri öğrenen çok katmanlı yapay sinir ağlarını kullanır. Büyük veri ve güçlü işlemci ihtiyacı duyan bu algoritmalar, özellikle karmaşık yapılı veri kümelerinde (görsel, işitsel veya dil verisi gibi) başarılıdır.

Derin öğrenme modelleri, farklı düzeylerde "katmanlardan" oluşur. Bu katmanlar, veriyi en basit özelliklerinden başlayarak giderek daha soyut seviyelere ayırır ve her katmanda yeni bir bilgi seviyesi öğrenilir. Bu öğrenme süreci, modelin nesnelere veya kalıpları tanıma ve anlamlandırma yeteneğini artırır.

Derin öğrenme, karmaşık ve büyük veri kümelerini analiz ederek SCADA sistemlerinde ileri seviye tahminler ve kontrol sağlar.





Şekil 10: Derin Öğrenme Nedir? (<https://www.otomasyondepo.com/derin-ogrenme-deep-learning-nedir/>)

Yapay Sinir Ağları (Artificial Neural Networks - ANN):

Basit bir yapay sinir ağı, birkaç giriş ve çıkış katmanından oluşur. Bu tür sinir ağları, temel sınıflandırma ve regresyon problemlerini çözmek için kullanılır.

Süreç kontrolü ve tahmini için geniş ölçekte veri işler.

Örnek Kullanımlar: Enerji üretim sistemlerinde çıkış tahmini, sıcaklık değişim analizi.

Evrimsel Sinir Ağları (Convolutional Neural Networks - CNN):

Görsel veri analizinde yaygın olarak kullanılır. Evrişim katmanları sayesinde, CNN'ler görüntüdeki önemli özellikleri (kenar, renk, desen gibi) tespit ederek nesne tanıma ve sınıflandırma gibi işlemleri yüksek doğrulukla gerçekleştirir.

Görüntü veya video verilerinin analizinde kullanılır.

Örnek Kullanımlar: Boru hatlarında sızıntı tespiti, tesis güvenliği için görsel analiz.

Geri Beslemeli Sinir Ağları (Recurrent Neural Networks - RNN):

Zamana dayalı veriler üzerinde çalışan RNN'ler, özellikle metin ve ses verisi gibi ardışık yapıya sahip verilerde kullanılır. LSTM yapıları ise, klasik RNN'lere göre daha iyi bir hafıza yönetimi sağlayarak uzun süreli bağımlılıkları öğrenmede daha başarılıdır.

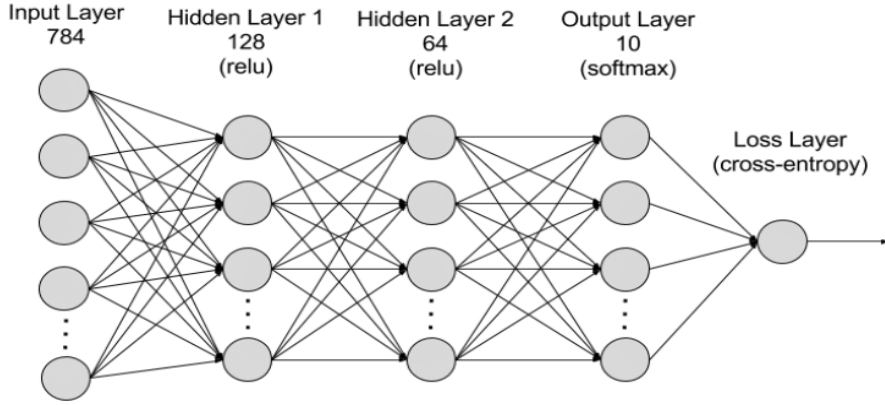
Üretici Çekişmeli Ağlar (Generative Adversarial Networks - GAN):

İki sinir ağından oluşur: Üretici (generator) ve Ayırt Edici (discriminator). Bu iki ağ, birbirleriyle rekabet ederek daha gerçekçi veri üretir. GAN'lar görüntü üretimi, stil transferi ve oyun karakterleri oluşturma gibi birçok alanda yaratıcı içerik geliştirmede kullanılır.



1.3.3 Yapay Sinir Ağları (ANN)

Yapay Sinir Ağları (ANN), biyolojik sinir ağlarının işleyişini temel alan ve büyük veri kümelerinden öğrenme yeteneğine sahip bir makine öğrenmesi yöntemidir. SCADA sistemlerinde ANN, sistemlerin verimli çalışmasını sağlamak, anomalileri tespit etmek, süreçleri optimize etmek ve karar süreçlerini desteklemek amacıyla kullanılabilir.



Şekil 11: Yapay Sinir Ağları(ANN) (<https://aws.amazon.com/tr/what-is/neural-network/>)

Yapay Sinir Ağlarının Temel Bileşenleri

1. Giriş Katmanı (Input Layer): SCADA sisteminden alınan ham veriler (örneğin, sıcaklık, basınç, enerji tüketimi) bu katmanda modele sunulur.

2. Gizli Katmanlar (Hidden Layers): Bu katmanlarda ağırlıklar ve aktivasyon fonksiyonları kullanılarak veriler işlenir. Veriler arasındaki karmaşık ilişkiler bu aşamada öğrenilir.

3. Çıkış Katmanı (Output Layer): Modelin tahmini veya çıktısı burada oluşturulur (örneğin, bir ekipman arızası riski veya enerji talebi tahmini).

4. Ağırlıklar ve Bağlantılar: Ağ içerisindeki bağlantılar, veriler arasındaki ilişkileri öğrenir ve modelin çıktısını belirler.

5. Aktivasyon Fonksiyonları: Modelin doğrusal olmayan ilişkileri öğrenmesini sağlar. Örnek fonksiyonlar: ReLU, Sigmoid, Tanh.

SCADA Sistemlerinde ANN Uygulamaları

1. Tahminleme ve Projeksiyon:

- **Uygulama:** Enerji talebi tahmini, sistem yük dengelemesi.
- **Örnek:** Günlük elektrik tüketim verileri kullanılarak ileriye dönük enerji talebi tahmini yapılabilir.



2. Anomali Tespiti:

- **Uygulama:** Normal dışı durumların algılanması (örneğin, sensör arızaları veya sızıntılar).
- **Örnek:** Boru hattı verilerinden basınç anomalilerinin tespiti.

3. Süreç Optimizasyonu:

- **Uygulama:** Enerji üretim ve dağıtım süreçlerini optimize etmek.
- **Örnek:** Fotovoltaik sistemlerde maksimum güç noktasının (MPPT) belirlenmesi.

4. Özelleştirilmiş İzleme:

- **Uygulama:** SCADA operatörlerine karar destek sağlamak.
- **Örnek:** Kritik sistem bileşenlerinin sağlığını izlemek ve erken uyarılar sunmak.

Avantajları

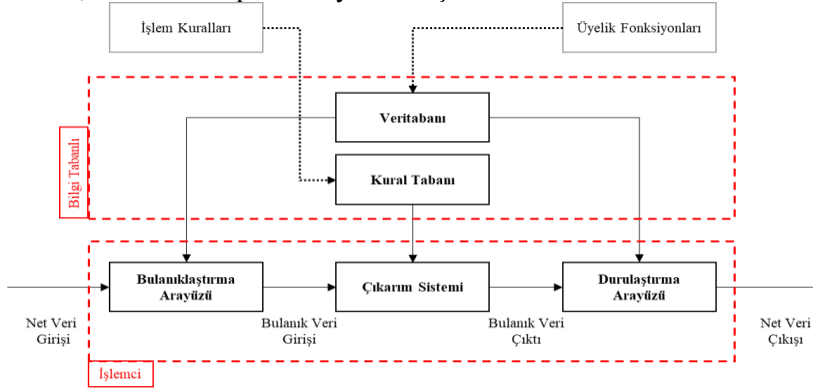
- **Yüksek Öğrenme Kapasitesi:** Büyük veri kümelerinden öğrenerek karmaşık ilişkileri modelleyebilir.
- **Uyarlanabilirlik:** Yeni verilerle eğitilerek değişen koşullara hızla adapte olabilir.
- **Tahmin Doğruluğu:** Zaman serisi verilerinde yüksek doğruluk oranları sunar.

Dezavantajları

- **Hesaplama Maliyeti:** Çok sayıda gizli katman ve büyük veri kümeleri için yüksek işlem gücü gerektirir.
- **Veri Gereksinimi:** Modelin iyi çalışması için büyük ve temiz veri kümelerine ihtiyaç duyar.
- **Kara Kutu Problemi:** Ağın içindeki karar mekanizmaları genellikle yorumlanamaz

1.3.4 Bulanık Mantık (Fuzzy Logic)

Bulanık mantık, geleneksel doğrusal ve kesin matematiksel modellerin ötesine geçerek belirsiz ve bulanık durumlarla başa çıkmayı sağlayan bir yöntemdir. SCADA sistemlerinde bulanık mantık, değişkenlerin kesin sınırlarla tanımlanamadığı veya dinamik olduğu durumlarda karar verme, kontrol ve optimizasyon süreçlerinde kullanılır.



Şekil 12: Bulanık Mantık Blok Diyagramı

<https://www.proscon.com.tr/proses-tehlike-analizlerindeki-belirsizliklerin-bulanik-mantik-ile-kantitatiflestirilmesi/>



Bulanık Mantığın Temelleri

Bulanık mantık, klasik "doğru" ya da "yanlış" mantığının aksine, bir olayın belirli bir dereceye kadar doğru olabileceğini varsayar. Bu yaklaşım, insan düşünce sistemine daha yakındır ve özellikle belirsiz ya da eksik veri durumlarında etkilidir.

- **Üyelik Fonksiyonları:** Her bir girdi değişkeni için değerler, 0 ile 1 arasında bir üyelik derecesiyle tanımlanır. Örneğin, bir sıcaklık değeri hem "düşük" hem de "orta" olabilir, ancak farklı üyelik derecelerine sahiptir.
- **Kurallar ve Çıkarım Mekanizması:** "Eğer... ise..." şeklinde tanımlanan kurallar ile veriler işlenir. Örnek: "Eğer sıcaklık yükselse ve basınç düşüğe, valfi kapat."
- **Defuzzification:** Bulanık sonuçlar, gerçek dünyada kullanılabilir kesin değerlere dönüştürülür.

SCADA Sistemlerinde Bulanık Mantığın Uygulamaları

1. Proses Kontrolü:

- **Uygulama:** Sistemlerin değişken çevresel ve operasyonel koşullara adaptasyonunu sağlar.
- **Örnek:** Elektrik santralinde jeneratör hız kontrolü veya bir endüstriyel robotun hareketini optimize etmek.

2. Enerji Yönetimi:

- **Uygulama:** Enerji tüketimini azaltmak veya enerji üretimini optimize etmek için belirsiz verilere dayalı kararlar alınır.
- **Örnek:** Güneş enerjisi sistemlerinde panellerin en uygun açısının belirlenmesi.

3. Anomali Tespiti:

- **Uygulama:** Sensörlerden alınan belirsiz verilerden hareketle arızaları tespit eder.
- **Örnek:** SCADA sensör verilerindeki normal dışı sıcaklık ve basınç durumlarını belirlemek.

4. Sistem Optimizasyonu:

- **Uygulama:** Çeşitli değişkenlerin aynı anda kontrol edildiği kompleks süreçlerde verimliliği artırır.
- **Örnek:** Fabrika hatlarında üretim hızını ve kaliteyi dengeleme.

Avantajları:

- **Belirsiz Ortamlarda Etkinlik:** Tam veri gerektirmeyen sistemlerde çalışabilir.
- **Esnek Kurallar:** Karmaşık matematiksel modellere ihtiyaç duymadan sezgisel kurallarla sistem kontrolü sağlar.
- **Gerçek Zamanlı İşleme:** Dinamik verilerle hızlı karar verme yeteneğine sahiptir.

Dezavantajları:

- **Kural Tabanı Yönetimi:** Kural sayısı arttıkça sistemin tasarımı ve yönetimi karmaşık hale gelebilir.



- **Hassas Ayar Gereksinimi:** Üyelik fonksiyonlarının ve kural kümesinin doğru tasarlanması gerekir.
- **Performans:** Çok büyük veri setleri ve karmaşık sistemler için diğer algoritmalara göre yavaş kalabilir.

Örnek Uygulama: Güneş Enerjisi Sistemleri

Bulanık mantık, güneş takip sistemlerinde panel açısını belirlemek için kullanılabilir. Örneğin:

- **Girdi:** Güneş ışığı yoğunluğu, sıcaklık, ve panelin mevcut açısı.
- **Kural:** "Eğer güneş ışığı yoğunluğu yüksek ve panel açısı uygunsa, hareket etme."
- **Çıktı:** Panelin döneceği açı veya durumu.

1.4 SCADA-Yapay Zeka Entegrasyonu için Teknolojiler

1.4.1 IoT (Nesnelerin İnterneti)

IoT Nedir?

IoT (Internet of Things - Nesnelerin İnterneti), fiziksel cihazların internet üzerinden birbirleriyle iletişim kurarak veri toplamasını, paylaşmasını ve analiz etmesini sağlayan bir teknoloji konseptidir. Bu cihazlar, sensörler, aktüatörler ve yazılımlar kullanarak çevresel verileri toplayabilir ve bu verileri karar alma süreçlerine dahil edebilir.

IoT'un SCADA Sistemlerindeki Rolü

SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) sistemleri, endüstriyel süreçlerin uzaktan izlenmesi ve kontrol edilmesini sağlar. IoT, SCADA sistemlerini daha akıllı ve verimli hale getirir. IoT cihazları, verileri gerçek zamanlı olarak toplar, analiz eder ve yapay zeka algoritmalarının çalışmasına uygun hale getirir.

- **Bağlanabilirlik:** IoT cihazları, sahadaki tüm sensör ve aktüatörlerin SCADA sistemine bağlanmasını sağlar.
- **Veri Zenginliği:** SCADA'nın erişebileceği veri miktarını ve çeşitliliğini artırır.
- **Otomasyon:** IoT cihazlarından gelen verilerle otomatik kontrol sistemleri entegre edilebilir.

IoT'un SCADA ile Entegrasyonunun Avantajları

1. Gerçek Zamanlı Veri Analizi:

- IoT cihazları, sahadan anlık veri göndererek SCADA sistemlerinin hızlı kararlar almasını sağlar.
- Örnek: Bir petrol boru hattında basınç artışı tespit edildiğinde hızlı bir müdahale için uyarı sistemi devreye girebilir.

2. Uzaktan İzleme ve Kontrol:

- IoT, SCADA sistemlerinin herhangi bir yerden erişilebilir olmasını sağlar.
- Örnek: Güneş enerji santrallerinde, panellerin uzaktan izlenmesi ve kontrol edilmesi.

3. Daha İyi Karar Alma:

- IoT sensörlerinden gelen büyük veri (big data), yapay zeka algoritmalarıyla analiz edilerek sistemin daha akıllı hale gelmesini sağlar.



- Örnek: Enerji tüketim verilerinden hareketle sistem optimizasyonu.

4. Maliyet Verimliliği:

- IoT cihazlarının sağladığı otomasyon ve verimlilik, işletme maliyetlerini azaltır.
- Örnek: Su yönetim sistemlerinde su kaçağı tespitine yönelik çözümler.

IoT Teknolojisinin SCADA Sistemlerinde Uygulama Örnekleri

➤ Enerji Yönetimi:

- Akıllı enerji şebekelerinde IoT sensörleri, enerji talebini ve arzını dengelemek için kullanılabilir.

➤ Üretim Süreçleri:

- IoT, fabrikalardaki makine arızalarını önceden tespit ederek kesinti süresini azaltır.

➤ Altyapı İzleme:

- IoT, barajlar, köprüler veya su şebekeleri gibi kritik altyapıların sürekli izlenmesini sağlar.

IoT-SCADA Entegrasyonu için Kullanılan Teknolojiler

1. Sensörler ve Aktüatörler:

- Fiziksel ortamdan veri toplar ve bu veriyi SCADA sistemine iletir.
- Örnek: Sıcaklık, basınç ve nem sensörleri.

2. Edge Computing:

- IoT cihazları, toplanan veriyi SCADA'ya göndermeden önce yerel olarak işleyebilir. Bu, gecikmeyi azaltır ve sistem performansını artırır.

3. Bulut Bilişim:

- IoT cihazlarından gelen büyük veri, bulut platformlarında saklanır ve analiz edilir.
- Örnek: AWS IoT veya Azure IoT Hub.

4. 5G ve LPWAN:

- 5G, IoT cihazlarının düşük gecikmeyle veri iletmesini sağlar. LPWAN ise düşük enerji tüketimli cihazlar için uygun bir ağıdır.

IoT-SCADA Entegrasyonunun Zorlukları

1. Güvenlik:

- IoT cihazlarının ağ üzerinden iletişim kurması, siber saldırılara karşı risk oluşturur.
- Çözüm: Güçlü şifreleme protokolleri ve güvenli ağ bağlantıları.

2. Uyumluluk:

- SCADA sistemleriyle farklı üreticilerin IoT cihazlarının uyumluluğu sorun yaratabilir.
- Çözüm: Standartlaştırılmış protokollerin kullanılması (ör. MQTT, OPC UA).

3. Yüksek Veri Hacmi:

- IoT cihazları tarafından üretilen büyük veri, sistemlerin analiz kapasitesini zorlayabilir.
- Çözüm: Büyük veri işleme teknolojilerinin entegrasyonu.



1.4.2 Makine Öğrenimi

Makine Öğrenimi Nedir?

Makine öğrenimi, sistemlerin açıkça programlanmadan, geçmiş verilerden öğrenmesine olanak tanıyan bir yapay zeka dalıdır. Algoritmalar, büyük miktarda veriyi analiz ederek belirli bir görevi daha iyi yerine getirmek için kendi kendine uyarlanabilir hale gelir. Makine öğrenimi, SCADA sistemlerinde verilerin analiz edilmesi, sistemlerin optimizasyonu ve öngörülerde bulunulması için güçlü bir araçtır.

Makine Öğreniminin SCADA Sistemlerindeki Rolü

Makine öğrenimi algoritmaları, SCADA sistemlerine şunları kazandırır:

Tahminleme:

- SCADA sistemlerinde, geçmiş veriler kullanılarak enerji üretimi, tüketim tahminleri ve sistem performansı öngörülebilir.
- Örnek: Güneş panellerinin gelecekteki enerji üretiminin tahmin edilmesi.

Anomali Tespiti:

- Makine öğrenimi, normalden sapmaları tespit ederek sistem arızalarını önceden uyarabilir.
- Örnek: Elektrik şebekesinde beklenmedik voltaj dalgalanmalarının tespiti.

Optimizasyon:

- Algoritmalar, süreçlerin verimliliğini artırmak için en uygun parametreleri belirler.
- Örnek: Su arıtma tesislerinde pompa hızlarının optimize edilmesi.

Kendi Kendini Ayarlayan Sistemler:

- SCADA, makine öğrenimi ile gerçek zamanlı olarak sistem ayarlarını otomatik şekilde optimize edebilir.
- Örnek: Rüzgar türbinlerinin en verimli açıda çalışmasını sağlama.

Makine Öğrenimi Algoritmaları

SCADA sistemlerinde kullanılan başlıca makine öğrenimi algoritmaları:

1. Denetimli Öğrenme (Supervised Learning):

- Geçmişteki veriler ve etiketlenmiş örneklerle sistem eğitilir.
- Örnek Algoritmalar:
 - Doğrusal regresyon (Linear Regression)
 - Destek Vektör Makineleri (SVM)
 - Karar Ağaçları (Decision Trees)

2. Denetimsiz Öğrenme (Unsupervised Learning):

- Verilerdeki gizli desenlerin ve yapının keşfedilmesi için kullanılır.
- Örnek Algoritmalar:
 - Kümeleme (Clustering)
 - Ana Bileşen Analizi (PCA)



3. Derin Öğrenme (Deep Learning):

- Yapay sinir ağlarını kullanarak karmaşık desenleri ve ilişkileri öğrenir.
- Örnek: Güneş ışığının yoğunluğunu belirlemek için görüntü işleme.

4. Takviyeli Öğrenme (Reinforcement Learning):

- Sistem, ödül ve ceza mekanizmasıyla kendi stratejilerini geliştirir.
- Örnek: Enerji şebekesi dağıtımı için akıllı kontrol sistemleri.

Makine Öğrenimi ve SCADA Uygulamaları

1. Enerji Yönetimi:

- Makine öğrenimi, SCADA sistemlerinde enerji tüketimini tahmin ederek enerji maliyetlerini düşürür.
- Örnek: Akıllı enerji şebekeleri.

2. Varlık Yönetimi:

- Algoritmalar, ekipmanların durumunu izler ve bakım ihtiyaçlarını tahmin eder.
- Örnek: Türbin motorlarının arıza tahmini.

3. Sistem Güvenliği:

- Anormal davranışları tespit ederek SCADA sistemlerini siber tehditlere karşı korur.

Makine Öğrenimi Entegrasyonunun Zorlukları

1. Veri Kalitesi:

- Algoritmaların başarısı, SCADA sisteminden gelen verilerin doğruluğuna bağlıdır.
- Çözüm: Sensör ve veri toplama süreçlerini optimize etmek.

2. Büyük Veri Yönetimi:

- Makine öğrenimi, büyük miktarda veri gerektirir ve bu da altyapıyı zorlayabilir.
- Çözüm: Bulut bilişim ve büyük veri analiz araçları kullanımı.

3. Model Eğitimi:

- SCADA'ya özel modellerin eğitimi karmaşık ve zaman alıcı olabilir.

1.4.3 Büyük Veri Analitiği

Büyük Veri Nedir?

Büyük veri (Big Data), geleneksel veri işleme yöntemleriyle analiz edilmesi güç olan, yüksek hacimli, hızla değişen ve çeşitlilik gösteren verileri tanımlar. SCADA sistemlerinde büyük veri, üretim süreçlerinden, enerji tüketiminden, cihazlardan ve sensörlerden toplanan büyük miktarda veriyi içerir. Bu veriler, işletmelerin verimliliğini artırmak, arızaları tahmin etmek, güvenliği sağlamak ve karar alma süreçlerini iyileştirmek için kullanılabilir.



Büyük Veri Analitiği (Big Data Analytics) Nedir?

Büyük veri analitiği, büyük ve karmaşık veri kümelerinin analiz edilmesini sağlayan teknolojilerdir. SCADA sistemlerinde bu analizler, gerçek zamanlı verileri işleyerek daha hızlı ve doğru kararlar alınmasını sağlar. Büyük veri analitiği, verinin çeşitli kaynaklardan toplandığı ve işlendiği, böylece değerli bilgiler ve öngörüler elde edildiği bir süreçtir.

Büyük Veri Analitiği SCADA Sistemlerinde Nasıl Kullanılır?

Gerçek Zamanlı İzleme ve Analiz:

- SCADA sistemlerinde, sensörler ve cihazlar tarafından sürekli olarak toplanan büyük veri kümeleri, anlık olarak analiz edilip izlenebilir. Bu sayede, olası arızalar veya performans düşüşleri erken tespit edilebilir.
- **Örnek:** Güneş enerjisi üretiminde, güneş panellerinin verimliliği hakkında gerçek zamanlı veriler toplanır ve bu verilerle anlık analiz yapılır.

Tahminsel Analitik:

- Büyük veri analitiği, geçmiş verilerden yararlanarak gelecekteki olayları tahmin edebilir. SCADA sistemlerinde bu tür analizler, sistem arızalarını tahmin etme, bakım gereksinimlerini belirleme ve verimlilik optimizasyonu sağlama için kullanılır.
- **Örnek:** Rüzgar türbinlerinin gelecekteki enerji üretimini tahmin etme.

Veri Madenciliği (Data Mining):

- Büyük veri analitiği, SCADA verilerinden değerli desenler ve bilgiler çıkarmak için veri madenciliği tekniklerini kullanır. Bu desenler, sistemin optimize edilmesi ve kararların iyileştirilmesi için önemlidir.
- **Örnek:** Bir su arıtma tesisinde, sistemin farklı parametreleri arasındaki ilişkileri keşfetmek ve en verimli çalışma şekillerini belirlemek.

Anomali Tespiti:

- SCADA sistemleri büyük veri analitiği kullanarak, sistemdeki olağandışı davranışları veya anormallikleri tespit edebilir. Bu sayede güvenlik tehditleri ve arızalar erkenden fark edilebilir.
- **Örnek:** Elektrik şebekesinde voltaj dalgalanmalarının tespiti.

Büyük Veri Analitiği ile SCADA Sistemi Entegrasyonu

SCADA sistemleri, veri toplama ve kontrol sistemleri sunarken, büyük veri analitiği bu verilerin depolanması, işlenmesi ve analiz edilmesi konusunda önemli bir rol oynar. Verilerin doğru şekilde işlenebilmesi için aşağıdaki teknolojiler gereklidir:

Veri Depolama ve Yönetimi: Büyük veri sistemlerinde, verilerin depolanması için veri ambarları ve veri gölleri kullanılır. SCADA sistemlerinden gelen veri kümeleri bu sistemlere entegre edilerek depolanabilir ve işlenebilir.

Veri İşleme ve Analiz: Büyük veri işleme, genellikle paralel işlem teknolojileri ve dağıtık sistemlerle gerçekleştirilir. Hadoop, Apache Spark gibi araçlar, SCADA verilerini analiz



etmek için kullanılır.

Görselleştirme: SCADA sistemlerinde görselleştirme, toplanan verilerin anlamlı hale gelmesi için kullanılır. Büyük veri analitiği, görselleştirme araçlarıyla verilerin daha hızlı bir şekilde analiz edilmesini sağlar.

Makine Öğrenimi Entegrasyonu: Büyük veri analitiği, makine öğrenimi algoritmalarıyla entegre edilerek daha doğru tahminler ve öngörüler yapılabilir. Bu entegrasyon, SCADA sistemlerinde karar alma süreçlerini daha verimli hale getirebilir.

Büyük Veri Analitiği SCADA Sistemlerinin Avantajları:

1. Verimlilik Artışı:

- Büyük veri analitiği, SCADA sistemlerinin verimli çalışmasını sağlar. Büyük veri ile yapılan analizler, süreçlerdeki darboğazları ve verimsizlikleri belirler ve düzeltir.

2. Gerçek Zamanlı Karar Verme:

- Büyük veri, SCADA sistemlerinin gerçek zamanlı olarak kararlar almasını mümkün kılar. Bu, operasyonel verimliliği artırır ve olası aksaklıkların önüne geçer.

3. Arıza ve Güvenlik Risklerini Azaltma:

- Anomalilerin tespit edilmesi ve olası arızaların önceden tahmin edilmesi, sistem güvenliğini artırır.

4. Proaktif Bakım:

- SCADA verilerini analiz ederek, arızalar olmadan önce bakım yapılabilir. Bu da maliyetleri azaltır ve sistem sürekliliğini sağlar.

Büyük Veri Analitiği ve SCADA Sistemlerindeki Zorluklar:

Veri Hacmi ve Yönetimi:

- SCADA sistemlerinden elde edilen verilerin hacmi çok büyüktür. Bu büyük verinin depolanması ve işlenmesi, yüksek depolama kapasitesine ve güçlü işlem gücüne ihtiyaç duyar.

Veri Kalitesi:

- Büyük veri analizinin doğru sonuçlar verebilmesi için verilerin kaliteli ve güvenilir olması gereklidir. Veri hataları ve eksiklikleri, yanlış sonuçlara yol açabilir.

Gerçek Zamanlı Veri İşleme:

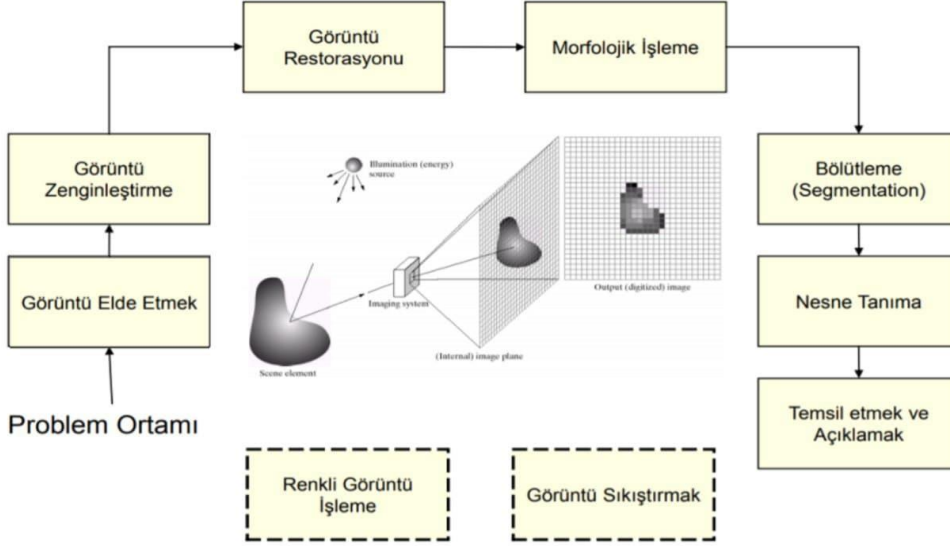
- SCADA sistemlerinde, verilerin gerçek zamanlı olarak işlenmesi ve analiz edilmesi zordur. Yüksek işlem gücü gerektiren analizler, zaman gecikmelerine yol açabilir.



1.4.4 Görüntü İşleme:

Görüntü İşleme Nedir?

Görüntü işleme, dijital görüntüler üzerinde yapılan matematiksel ve algoritmik işlemlerin bütünüdür. Amaç, görüntülerden bilgi çıkarmak, görüntülerin kalitesini artırmak veya belirli görevler için onları analiz etmektir. SCADA sistemlerinde görüntü işleme, özellikle çevresel faktörlerin izlenmesi, sistem durumlarının görselleştirilmesi ve arıza tespiti gibi uygulamalarda kullanılır.



Şekil 12: Görüntü İşleme Çalışma Prensipleri

(<https://www.simurgai.com/G%C3%B6r%C3%BCnt%C3%BCn%C4%B0%C5%9Fleme-Nedir/>)

Görüntü İşleme SCADA Sistemlerinde Nasıl Kullanılır?

Nesne Tanıma ve İzleme:

- SCADA sistemlerinde, kameralar ve görüntü işleme algoritmaları kullanılarak, güneş panelleri, rüzgar türbinleri gibi cihazların durumu sürekli olarak izlenebilir. Nesne tanıma algoritmaları, sistemdeki herhangi bir nesneyi tanımlayarak, anormallikleri (örneğin, güneş panelinin kirliliği veya hasarı) tespit edebilir.

Veri Toplama ve Görselleştirme:

- Görüntü işleme, fiziksel sistemlerin görselleştirilmesi için de kullanılır. Özellikle büyük alanlarda, sistemin durumunu görsel olarak izlemek için kameralar ve görüntü işleme yazılımları entegre edilebilir. Bu görselleştirme, operatörlerin daha hızlı ve etkili kararlar almasına yardımcı olur.



Anomali Tespiti:

- Görüntü işleme teknikleri, özellikle devre dışı kalmış veya hasar görmüş ekipmanları tespit etmek için kullanılabilir. Bu sayede SCADA sistemleri, sistemin sağlığını ve güvenliğini sağlamak için hızlı şekilde uyarılar gönderir.
- **Örnek:** Güneş panellerinin üzerinden geçen bulutlar, kar veya kirlilik, panel verimliliğini etkileyebilir. Görüntü işleme algoritmaları bu tür değişiklikleri algılar.

Kalite Kontrol ve Bakım:

- Görüntü işleme, ekipmanların fiziksel durumunun izlenmesi ve bakım gereksinimlerinin belirlenmesi için kullanılır. Özellikle dış mekan ekipmanları, görüntü işleme ile sürekli izlenebilir ve bakımı gerektiğinde sistem operatörlerine uyarılar gönderilir.

Görüntü İşleme Teknikleri SCADA Sistemlerinde

1. Kenarlık Tespiti (Edge Detection): Kenarlık tespiti, bir görüntüdeki geçiş noktalarını belirleyerek, nesnelerin sınırlarını tanımayı amaçlar. SCADA sistemlerinde, çevresel verilerin ve cihazların daha iyi analiz edilmesini sağlar. Örneğin, bir güneş panelinin kenarlarında meydana gelen hasarları tespit etmek için kullanılabilir.

2. Görüntü Segmentasyonu: Segmentasyon, bir görüntüyü anlamlı parçalara ayırarak, her parça üzerinde işlem yapılmasını sağlar. SCADA sistemlerinde, bu yöntem, farklı cihazların veya bölümlerin izlenmesini ve daha ayrıntılı analiz yapılmasını sağlar.

3. Optik Akış (Optical Flow): Optik akış, hareketli nesnelere izlemek için kullanılan bir tekniktir. SCADA sistemlerinde, özellikle rüzgar türbinleri veya güneş panelleri gibi hareketli cihazların izlenmesinde bu yöntem kullanılır.

4. Özellik Eşleme: Özellik eşleme, görüntüdeki belirli noktaları veya özellikleri tanımlayarak bu özellikleri başka bir görüntü ile karşılaştırma işlemi yapar. SCADA sistemlerinde, güneşin konumunu belirlemek veya herhangi bir cihazın durumunu izlemek için kullanılabilir.

Görüntü İşleme SCADA Sistemlerinin Avantajları:

1. Verimlilik Artışı: Görüntü işleme, fiziksel cihazların durumunun uzaktan izlenmesini sağlar. Bu da bakımların daha verimli yapılmasına ve arızaların erken tespit edilmesine olanak tanır.

2. Gerçek Zamanlı İzleme: Görüntü işleme teknolojisi, gerçek zamanlı veri işleme ve analiz yaparak, SCADA sistemlerinin hızla tepki vermesini sağlar. Bu, sistemin hızla değişen koşullara adapte olmasına yardımcı olur.

3. Otomatik Anomali Tespiti: Görüntü işleme teknikleri, cihazlardaki olağandışı durumları otomatik olarak tespit edebilir. Bu, operatörlerin manuel kontrol etmesine gerek kalmadan hızlı bir şekilde müdahale edilmesini sağlar.

4. Entegre Sistemler: Görüntü işleme, SCADA sistemine entegre edilebilir ve verilerin görselleştirilmesi ile daha etkili bir yönetim sağlar. Bu, sistem operatörlerinin durumu daha iyi anlamalarına ve daha doğru kararlar almalarına yardımcı olur.



Zorluklar ve Engeller:

1. Yüksek Hesaplama Gücü Gereksinimi: Görüntü işleme, büyük miktarda veri işlediği için yüksek hesaplama gücü gerektirir. SCADA sistemlerinde gerçek zamanlı işleme yapabilmek için güçlü donanım ve yazılım altyapısına ihtiyaç duyulmaktadır.

2. Çevresel Faktörlerin Etkisi: Görüntü işleme algoritmalarının doğruluğu, çevresel koşullardan etkilenebilir. Örneğin, düşük ışık seviyeleri, yoğun sis veya kar yağışı gibi hava koşulları, sistemin performansını olumsuz yönde etkileyebilir.

3. Veri Kalitesi ve Doğruluk: Görüntülerin kalitesi, işleme algoritmalarının doğruluğunu doğrudan etkiler. Düşük kaliteli görüntüler veya bulanık görüntüler, doğru sonuçların elde edilmesini zorlaştırabilir.

Görüntü işleme, SCADA sistemlerinde cihazların durumunu izlemek, arıza tespiti yapmak ve bakım gereksinimlerini belirlemek için son derece etkili bir yöntemdir. Bu teknolojiler, operasyonel verimliliği artırarak, sistemlerin daha güvenli ve verimli bir şekilde çalışmasını sağlar.

1.5 SCADA ve AI ile Sistem Optimizasyonu

1.5.1 Arıza Tespiti ve Önleyici Bakım

Arıza tespiti ve önleyici bakım (predictive maintenance), endüstriyel sistemlerdeki ekipmanların arızalarını tahmin etmek ve olası arızaları önlemek için kullanılan önemli bir yöntemdir. SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) sistemleri, gerçek zamanlı izleme ve kontrol imkanı sağlarken, yapay zeka (AI) ve makine öğrenimi algoritmaları, bu sistemleri optimize etmek ve arızaları daha doğru bir şekilde tahmin etmek için kullanılabilir.

Arıza Tespiti ve Önleyici Bakımın Temel Amaçları

- 1. Erken Arıza Tespiti:** Ekipmanlardaki anormallikler, performans değişiklikleri veya bozulmaların erken tespiti. Bu, sistemin kesintiye uğramadan önce gerekli önlemlerin alınmasına olanak sağlar.
- 2. Bakım Zamanlaması:** Ekipmanların ne zaman bakım gerektirdiğini tahmin etmek, böylece planlı bakım işlemlerinin zamanında yapılmasını sağlar.
- 3. Maliyetlerin Azaltılması:** Ani arızalar yerine planlı bakım uygulamaları, bakım maliyetlerini ve sistemin durma süresini azaltır.
- 4. Verimlilik Artışı:** Arızaların zamanında tespiti, sistemlerin daha verimli çalışmasını sağlar ve üretim sürekliliği temin edilir.

SCADA Sisteminde Arıza Tespiti ve Önleyici Bakım Uygulamaları

SCADA sistemleri, endüstriyel tesislerdeki ekipmanların izlenmesi, verilerin toplanması ve analiz edilmesi için kullanılır. Bu veriler, makine öğrenimi ve yapay zeka algoritmaları ile analiz edilerek sistemin durumu hakkında bilgi verir.



Veri Toplama: SCADA sistemleri, sensörler aracılığıyla sistemdeki ekipmanlardan sürekli veri toplar. Bu veriler sıcaklık, basınç, akış, titreşim, voltaj gibi parametreleri içerebilir. Bu veriler, arıza tahmininin yapılması için AI algoritmalarına beslenir.

Veri Analizi ve Anomali Tespiti: Toplanan veriler, anomalileri tespit etmek için analiz edilir. Anomaliler, normalden sapmalar olabilir ve bu sapmalar, potansiyel arızaların habercisi olabilir. AI tabanlı algoritmalar, bu anomalileri daha hızlı ve doğru şekilde tespit edebilir.

Makine Öğrenimi Algoritmaları: Makine öğrenimi, büyük veri kümeleri üzerinde eğitim alarak, sistemdeki olası arızaların ve anormalliklerin erken tespiti için güçlü bir araçtır. Klasik algoritmalar arasında regresyon analizleri, karar ağaçları ve destek vektör makineleri (SVM) bulunmaktadır. Bu algoritmalar, geçmiş veriler kullanılarak gelecekteki olası arızaları tahmin eder.

Zaman Serisi Analizi: SCADA sistemlerinden gelen veriler genellikle zaman serisi verisidir. Bu tür verilerdeki desenler ve eğilimler, olası arıza durumları hakkında bilgi verebilir. Zaman serisi analizi, özellikle makine öğrenimi ve derin öğrenme algoritmalarının kullanıldığı arıza tahminlerinde yaygın olarak kullanılır.

Yapay Sinir Ağları (ANN): Yapay sinir ağları, geçmişteki verilerden öğrenerek gelecekteki arıza durumlarını tahmin etmek için kullanılan güçlü bir AI tekniğidir. SCADA sistemlerinden gelen büyük veri setlerini kullanarak, ANN'ler karmaşık ilişkileri öğrenebilir ve arıza risklerini daha hassas bir şekilde tahmin edebilir.

Bulanık Mantık (Fuzzy Logic): Endüstriyel sistemlerdeki veriler genellikle bulanık olabilir ve net olmayan durumlar içerebilir. Bulanık mantık, bu belirsiz verileri işleyerek, arızaların olasılığını tahmin eder ve sistemin daha doğru bir şekilde yönetilmesini sağlar.

Yapay Zeka ile Arıza Tespiti ve Önleyici Bakımın Faydaları

1. Erken Uyarı Sistemi: AI algoritmaları, sistemdeki herhangi bir anormalliği erkenden tespit ederek operatörleri uyarır ve bu da sistemin daha az arıza ile çalışmasını sağlar.

2. Özelleştirilmiş Bakım Planları: Makine öğrenimi, her ekipmanın performansına göre özelleştirilmiş bakım planları oluşturabilir. Bu, gereksiz bakım harcamalarını ortadan kaldırırken, önemli arıza risklerini de azaltır.

3. Bakım Sürelerinin Azaltılması: Planlı bakım sayesinde, sistemin durma süresi azaltılır ve üretim kaybı en aza indirilir. Ayrıca, beklenmedik arıza süreleri de azalır.

4. Daha Düşük Maliyetler: Erken tespit edilen arızalar, büyük onarım maliyetlerinden kaçınılmasına yardımcı olur. Bu da uzun vadede işletme maliyetlerini önemli ölçüde düşürür.



Örnek Uygulamalar

- **Rüzgar Türbinleri:** Rüzgar türbinlerinde, SCADA sistemleri vasıtasıyla rüzgar hızları, türbinin dönme hızı, sıcaklık ve vibrasyon gibi parametreler izlenir. AI algoritmaları, türbinlerin gelecekteki performansını tahmin eder ve bakım zamanlarını optimize eder.
- **Güneş Enerjisi Santralleri:** Güneş panellerinin verimliliği, hava koşulları ve paneldeki kirlilik gibi faktörlerden etkilenir. SCADA ve AI entegrasyonu, güneş enerjisi santrallerindeki arızaları önceden tespit ederek enerji üretiminin kesintisiz devam etmesini sağlar.

SCADA sistemleri ve yapay zeka entegrasyonu, endüstriyel sistemlerin bakım süreçlerini önemli ölçüde iyileştirebilir. Yapay zeka, arıza tespiti ve önleyici bakım için güçlü bir araçtır ve bu sayede sistemlerin daha verimli ve güvenli bir şekilde çalışmasını sağlar. Arıza tahminleri, bakım zamanlaması ve erken uyarı sistemleri gibi işlevler, işletme maliyetlerini düşürür ve ekipmanların ömrünü uzatır.

1.5.2 Enerji Verimliliği ve Kaynak Yönetimi

Enerji verimliliği ve kaynak yönetimi, SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) sistemlerinde önemli bir optimizasyon alanıdır. Bu süreç, enerji tüketimini en aza indirmek, kaynakları verimli kullanmak ve sürdürülebilirlik sağlamak amacıyla SCADA sistemlerine yapay zeka ve diğer dijital teknolojilerin entegre edilmesini içerir. SCADA sistemleri, endüstriyel tesislerin, şebekelerin ve enerji santrallerinin izlenmesi ve kontrol edilmesi için kullanılırken, yapay zeka algoritmaları bu verileri analiz ederek enerji verimliliğini artırmaya yardımcı olabilir.

Enerji Verimliliği ve Kaynak Yönetimi

Enerji verimliliği, enerji tüketiminin en düşük seviyeye çekilmesi ve aynı zamanda istenilen üretim, ısıtma, soğutma ve diğer hizmetlerin sağlanması için gereken enerjinin optimize edilmesidir. Kaynak yönetimi, özellikle doğal kaynakların sürdürülebilir bir şekilde kullanılması ve iş süreçlerinin çevresel etkilerinin azaltılması üzerine odaklanır. SCADA sistemleri, bu iki alanı optimize etmek için kullanılır ve aşağıdaki şekilde işlevsel katkılar sağlar:

1. Gerçek Zamanlı İzleme ve Kontrol: SCADA sistemleri, enerji tüketimi, üretim verimliliği ve kaynak kullanımını sürekli izler. Bu sayede sistemdeki herhangi bir anormallik ya da verimsizlik anında tespit edilerek müdahale edilebilir. Yapay zeka algoritmaları, bu verileri analiz ederek, enerji israfını azaltmak için önerilerde bulunabilir.

2. Veri Analizi ve Tahminleme: Makine öğrenimi ve yapay zeka kullanarak enerji kullanımının öngörülebilmesi sağlanabilir. Örneğin, geçmiş enerji tüketim verileri, sistemin gelecekteki enerji ihtiyaçlarını tahmin etmek için kullanılabilir. Bu, enerji kaynaklarının daha verimli bir şekilde tahsis edilmesini sağlar. Ayrıca, sürdürülebilir enerji kaynakları, örneğin güneş ve rüzgar enerjisinin entegrasyonunu optimize etmek mümkündür.



3. Optimizasyon ve Planlama: Enerji tüketiminin ve kaynak kullanımının zamanla optimize edilmesi gereklidir. SCADA sistemleri, farklı zaman dilimlerinde enerji talebini analiz ederek, enerji üretimi ve dağıtımında en verimli yöntemleri seçebilir. Yüksek talep dönemlerinde enerji tüketimini azaltarak veya düşük talep dönemlerinde enerji üretimini artırarak maliyetlerin düşürülmesini sağlar.

4. Enerji Kaynakları Yönetimi: SCADA ve yapay zeka kullanılarak, yenilenebilir enerji kaynaklarının (güneş, rüzgar, hidroelektrik) verimli bir şekilde entegre edilmesi sağlanabilir. Bu tür kaynaklar, doğrudan meteorolojik veriler ve enerji talebine bağlı olarak daha verimli bir şekilde kullanılabilir.

5. Enerji Tüketiminin İzlenmesi ve Raporlanması: SCADA sistemleri, enerji tüketimi verilerini detaylı bir şekilde raporlar. Bu raporlar, yönetimin enerji verimliliği stratejilerini değerlendirerek daha bilinçli kararlar almasına yardımcı olur. Ayrıca, verilerin gerçek zamanlı olarak izlenmesi, enerji tüketimindeki ani artışları önceden fark etmeyi sağlar.

Enerji Verimliliği ve Kaynak Yönetimi için Yapay Zeka Uygulamaları

Yapay zeka, SCADA sistemlerinde enerji verimliliği ve kaynak yönetimi için birkaç temel alanda önemli bir rol oynar:

- **Enerji Optimizasyonu ve Talep Tahmini:** AI algoritmaları, enerji tüketim modellerini analiz ederek en verimli üretim süreçlerini belirler. Özellikle talep tahminleri, enerji üreticilerinin arzı daha iyi yönetmesine ve yenilenebilir kaynaklardan daha fazla fayda sağlamasına yardımcı olabilir.
- **Bulanık Mantık ve Karar Destek Sistemleri:** Enerji verimliliği sağlamak için bulanık mantık algoritmaları kullanılarak, sistemin çevresel ve içsel faktörlere daha hassas bir şekilde tepki vermesi sağlanabilir. AI tabanlı karar destek sistemleri, operatörlere doğru kararlar alması için veri sunar.
- **Anomali Tespiti:** Makine öğrenimi teknikleri, enerji sistemlerinde olağan dışı durumu tespit ederek, anormalliklerin daha erken bir aşamada fark edilmesini sağlar. Bu, enerji israfını en aza indirir.

Örnek Uygulamalar

1. Güneş Enerjisi Santralleri: SCADA sistemleri, güneş enerjisi santrallerinin enerji üretimini izlerken, yapay zeka algoritmaları güneş ışınımı, hava durumu gibi faktörlere dayalı olarak enerji üretiminin optimum seviyeye getirilmesini sağlar.

2. Akıllı Şebekeler: SCADA sistemleri, akıllı şebekelerde enerji iletimi ve dağıtımını optimize etmek için kullanılır. Yapay zeka, şebekedeki enerji akışını analiz eder, talep tahmini yapar ve enerji kayıplarını en aza indirir.

3. Sanayi Tesisleri: Fabrikalarda, SCADA ve yapay zeka kullanılarak enerji tüketimi izlenir, verimsiz enerji kullanım alanları tespit edilir ve bunlara yönelik iyileştirme stratejileri



uygulanır. Bu, işletmelerin enerji maliyetlerini düşürmesine yardımcı olur.

SCADA sistemleri ve yapay zeka entegrasyonu, enerji verimliliği ve kaynak yönetimi alanında devrim niteliğinde gelişmeler sağlamaktadır. Gerçek zamanlı izleme, veri analizi, optimizasyon ve önceden tahmin yapabilme gibi güçlü özellikler sayesinde, endüstriyel tesislerde enerji tüketimi optimize edilebilir. Aynı zamanda, doğal kaynakların sürdürülebilir yönetimi sağlanarak çevresel etkiler en aza indirilebilir.

1.5.3 Veriye Dayalı Karar Destek Mekanizmaları

Veriye dayalı karar destek mekanizmaları (Data-driven Decision Support Systems - DDSS), yönetim ve operasyonel süreçlerde doğru kararlar almayı destekleyen sistemlerdir. Bu mekanizmalar, büyük veri analizleri, makine öğrenimi, yapay zeka ve diğer analitik araçlar kullanarak, organizasyonlara daha bilinçli ve stratejik kararlar alma imkanı tanır. SCADA sistemleriyle birleşen bu mekanizmalar, enerji yönetimi, bakım süreçleri ve genel operasyonel verimlilik gibi birçok alanda faydalı olabilir.

Veriye Dayalı Karar Destek Mekanizmalarının Temel Bileşenleri

Veriye dayalı karar destek sistemleri, çeşitli veri kaynakları, analiz teknikleri ve karar alıcıları içeren çok katmanlı bir yapıya sahiptir:

1. Veri Toplama ve İzleme: SCADA sistemleri, gerçek zamanlı verileri toplayarak endüstriyel süreçleri izler. Bu veriler, çeşitli sensörlerden, RTU'lardan (Remote Terminal Units) ve PLC'lerden (Programmable Logic Controllers) alınır. Bu sistemler, sıcaklık, basınç, enerji tüketimi, ekipman durumu ve diğer fiziksel parametreleri izleyerek veritabanlarında saklar.

2. Veri Analizi ve Modelleme: Verilerin toplandıktan sonra analiz edilmesi gerekir. Bu süreçte, makine öğrenimi algoritmaları ve yapay zeka teknikleri kullanılarak veriler anlamlı bilgilere dönüştürülür. Örneğin, regresyon analizleri, zaman serisi analizleri, kümeleme ve sınıflandırma yöntemleriyle veriler incelenir.

3. Tahminleme ve Öngörü: Veriye dayalı karar destek sistemleri, geçmiş verilerle gelecekteki olayları tahmin etme imkanı sunar. Örneğin, enerji üretimindeki dalgalanmalar, bakım ihtiyacı veya olası arızalar gibi faktörler tahmin edilerek, önceden gerekli önlemler alınabilir. Bu tahminleme, makinelerin arızalanma olasılığını ve bakım zamanlarını optimize edebilir.

4. Karar Destek ve İyileştirme: Veri analizlerinin sonucu olarak elde edilen bilgiler, yöneticilere ve operatörlere sunulur. Bu bilgiler, farklı senaryolara göre olası en iyi aksiyonları belirlemelerini sağlar. Örneğin, enerji şebekelerinde daha verimli dağıtım yapılması veya üretim hatlarında kaynakların daha verimli kullanılması kararları bu aşamada verilir.



5. Geribildirim ve Optimizasyon: Sonuçlar uygulandıktan sonra, kararların etkileri takip edilip değerlendirilebilir. Elde edilen veriler tekrar analiz edilerek, karar destek sisteminin verimliliği ve doğruluğu artırılabilir. Bu da sürekli bir iyileştirme döngüsüne olanak tanır.

Veriye Dayalı Karar Destek Sistemlerinin SCADA Sistemlerindeki Uygulamaları

SCADA ve yapay zeka entegrasyonu, veriye dayalı karar destek mekanizmalarını daha etkili hale getirir. İşte SCADA sistemlerinde kullanılan bazı uygulamalar:

1. Arıza Tahmin ve Bakım Optimizasyonu: SCADA sistemleri, makine performansını izlerken, yapay zeka algoritmaları, makinelerin arızalanma olasılıklarını tahmin edebilir. Bu sayede arızaların meydana gelmeden önce önlem alınabilir ve bakım maliyetleri azaltılabilir. Makine öğrenimi ve zaman serisi analizleri, ekipmanların arıza riski konusunda karar alıcılara bilgi sağlar.

2. Enerji Verimliliği ve Optimizasyonu: Enerji yönetiminde veriye dayalı karar destek sistemleri, enerji tüketimini izleyerek, kaynakların daha verimli kullanılması için önerilerde bulunabilir. SCADA verilerinin analiziyle, enerji üretimi optimize edilebilir, enerji kayıpları önenebilir ve maliyetler düşürülebilir. Yapay zeka ise, enerji tüketimi ile ilgili öngörüler sunarak, operasyonel kararları yönlendirebilir.

3. Üretim ve İmalat Optimizasyonu: SCADA, üretim süreçlerini izlerken, veriye dayalı karar destek sistemleri, üretim hatlarındaki verimsizlikleri belirleyebilir. Yapay zeka algoritmaları, üretim hızlarını optimize edebilir, hataları azaltabilir ve en verimli üretim planlamasını önerir.

4. Kaynak Yönetimi ve Lojistik: Veriye dayalı karar destek mekanizmaları, enerji kaynakları veya diğer endüstriyel kaynakların dağıtımını optimize etmek için kullanılabilir. SCADA sistemi, kaynak akışlarını izlerken, yapay zeka bu akışları optimize etmek için önerilerde bulunabilir. Bu durum, özellikle enerji ve su kaynaklarının yönetimi gibi alanlarda büyük bir avantaj sağlar.

Veriye Dayalı Karar Destek Sistemlerinin Sağladığı Avantajlar

- **Gerçek Zamanlı Karar Alma:** SCADA sistemi ile verilerin gerçek zamanlı olarak izlenmesi ve analizi, anında karar almayı mümkün kılar. Bu da sistemdeki aksaklıkların hızla giderilmesine olanak sağlar.
- **Proaktif Yönetim:** Arıza veya sorunları önceden tahmin etmek ve bu sorunlara yönelik çözüm önerileri sunmak, operasyonel verimliliği artırır.
- **Maliyet Tasarrufu:** Optimizasyon teknikleri ve enerji verimliliği iyileştirmeleri, enerji maliyetlerini ve bakım giderlerini azaltabilir.
- **Daha Akıllı ve Veri Odaklı Karar Alma:** Yöneticiler ve operatörler, sadece deneyime değil, aynı zamanda doğru verilere dayalı kararlar alabilirler. Bu da kararların doğruluğunu ve etkinliğini artırır.



Veriye dayalı karar destek mekanizmaları, SCADA sistemlerine entegre edilen yapay zeka ve makine öğrenimi algoritmaları ile daha akıllı, verimli ve sürdürülebilir operasyonel süreçler elde edilmesine yardımcı olur. Bu mekanizmalar, endüstriyel tesislerde enerji verimliliği, bakım süreçleri ve kaynak yönetimi gibi birçok önemli alanda verimlilik sağlar. Veriye dayalı karar destek sistemlerinin SCADA ile entegrasyonu, daha etkili karar almayı ve operasyonel iyileştirmeler yapmayı mümkün kılar.

1.6 SCADA'nın Geleceği: IoT, Big Data ve AI Entegrasyonu

Akıllı şehirler, şehir yönetiminde verimliliği artırmak ve yaşam kalitesini yükseltmek için dijital teknolojilerin entegre edildiği şehirlerdir. SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) sistemleri, akıllı şehirlerin altyapısında kritik bir rol oynar. IoT (Nesnelerin İnterneti), büyük veri (Big Data) ve yapay zeka (AI) ile SCADA'nın entegrasyonu, akıllı şehirlerin işleyişini optimize etmekte ve sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmasına katkıda bulunmaktadır.

1.6.1 Akıllı Şehirler

SCADA sistemleri, akıllı şehirlerin çeşitli altyapılarının izlenmesi ve kontrol edilmesi için kullanılır. Bu altyapılar arasında enerji yönetimi, su ve atık su sistemleri, trafik kontrolü, bina otomasyonu ve çevre izleme gibi alanlar bulunur. SCADA, sensörlerden gelen verileri toplar, analiz eder ve operasyonel kararlar için bu verileri kullanır.

Akıllı Şehirlerin Tanımı

Akıllı şehirler, teknolojinin entegrasyonu ile şehirlerin altyapılarını, çevresel sürdürülebilirliğini ve vatandaşların yaşam kalitesini artırmayı hedefleyen dijital ve veri odaklı sistemlerdir. IoT (Nesnelerin İnterneti), Büyük Veri ve Yapay Zeka gibi teknolojiler, şehir yönetiminde daha verimli çözümler üretmek için SCADA sistemleriyle entegre edilmektedir. Bu entegrasyon, ulaşım, enerji, su yönetimi, atık yönetimi, trafik ve güvenlik gibi birçok alanda kullanılır.

SCADA ve Akıllı Şehirlerdeki Rolü

SCADA sistemleri, akıllı şehirlerin yönetiminde kritik bir altyapı sağlar. Bu sistemler, aşağıdaki işlevlerle şehirlerdeki operasyonları destekler:

- **Veri Toplama ve İzleme:** Çeşitli şehir altyapılarından gerçek zamanlı veri toplama.
- **Otomasyon ve Kontrol:** Enerji, su ve trafik sistemlerini optimize etmek için uzaktan otomasyon.
- **Karar Destek Mekanizmaları:** Tahminleme ve simülasyonlarla şehir yönetimi kararlarını destekleme.

IoT ile SCADA'nın Entegrasyonu

IoT cihazları, akıllı şehirlerde SCADA'nın veri toplama kapasitesini artırır. Örneğin, akıllı



sayaçlar enerji tüketimini izlerken, çevresel sensörler hava kalitesini analiz edebilir. Bu sistemlerin entegrasyonu, aşağıdaki faydaları sağlar:

- **Enerji Yönetimi:** IoT ile SCADA, enerji tüketimini optimize eder ve yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonunu kolaylaştırır.
- **Su ve Atık Yönetimi:** Su sızıntılarının tespiti ve giderilmesinde anlık veri sağlama.
- **Trafik Kontrolü:** Trafik akışının gerçek zamanlı izlenmesi ve sinyalizasyon sistemlerinin dinamik olarak ayarlanması.

Büyük Veri ile SCADA'nın Entegrasyonu

SCADA sistemlerinin ürettiği büyük miktardaki veri, büyük veri analitiği ile işlenir ve şehir yönetimine yönelik öngörüler sağlanır. Bu süreç:

- **Desen ve Trend Tespiti:** Şehir altyapılarının daha etkin kullanımı için veri analizini sağlar.
- **Tahminleme:** Tüketim tahminleri ve altyapı arızalarının önceden tespiti.
- **Kişiselleştirilmiş Hizmetler:** Vatandaşların bireysel ihtiyaçlarına yönelik çözümler.

Yapay Zeka ile SCADA Entegrasyonu

Yapay zeka, SCADA'nın karar alma süreçlerini otonom hale getirir. Şehir yönetiminde yapay zekanın katkıları şunlardır:

- **Anomali Tespiti:** Şehir altyapılarında oluşabilecek arızaların tespiti ve erken müdahale.
- **Öngörülü Bakım:** Yapay zeka, ekipmanların arıza yapmadan önce bakım gereksinimlerini tahmin eder.
- **Otomasyon ve Verimlilik:** Şehir hizmetlerinin insan müdahalesi olmadan yönetilmesi.

Akıllı Şehirlerin Ana Uygulama Alanları

- **Akıllı Enerji Yönetimi:** Güneş ve rüzgar enerjisi gibi yenilenebilir kaynaklarla enerji üretiminin optimize edilmesi.
- **Trafik ve Ulaşım:** Akıllı trafik sinyalizasyonu ve toplu taşıma sistemlerinin iyileştirilmesi.
- **Çevresel İzleme:** Hava kalitesi, gürültü ve su kirliliğinin anlık izlenmesi.
- **Akıllı Binalar:** SCADA ile enerji verimliliği ve otomasyon sağlayan binalar.

SCADA'nın Gelecekteki Rolü

Akıllı şehirler için SCADA'nın IoT, büyük veri ve yapay zeka entegrasyonu, sürdürülebilirlik ve şehir yaşam kalitesini artırma açısından temel olacaktır. Bu sistemlerin sürekli gelişimi, şehirleri daha yaşanabilir, çevre dostu ve teknolojik olarak ilerlemiş hale getirecektir.

1.6.2 Otonom Üretim Hatları

Otonom Üretim Hatlarının Tanımı

Otonom üretim hatları, insan müdahalesine gerek kalmadan üretim süreçlerini kendi başına yürütebilen, karar alma ve optimizasyon yeteneklerine sahip entegre sistemlerdir. Bu



sistemler, IoT, SCADA, yapay zeka (AI) ve robotik gibi ileri teknolojilerle desteklenir. Sanayi 4.0'ın temel taşlarından biri olan otonom üretim hatları, esnek, verimli ve hızlı üretim süreçleri sunar.

SCADA Sistemlerinin Otonom Üretim Hatlarındaki Rolü

SCADA, otonom üretim hatlarında merkezi bir kontrol ve izleme aracı olarak görev yapar. Bu sistemler, aşağıdaki işlevlerle üretim hatlarının otonom çalışmasını destekler:

- 1. Veri Toplama ve İşleme:** Sensörlerden gelen verileri toplayarak üretim süreçlerini izler.
- 2. Otomasyon ve Kontrol:** Makine ve ekipmanların gerçek zamanlı kontrolünü sağlar.
- 3. Karar Destek Sistemleri:** Yapay zeka algoritmaları ile veri analizi yaparak otomatik karar almayı kolaylaştırır.
- 4. Anomali Tespiti:** Üretim sürecindeki hataları ve potansiyel sorunları erken aşamada tespit eder.

Yapay Zeka ve Otonom Üretim Hatları

Otonom üretim hatlarında yapay zeka aşağıdaki alanlarda kullanılır:

- **Tahminleme ve Optimizasyon:** Üretim talebine göre süreçlerin önceden planlanması ve optimize edilmesi.
- **Anomali Algılama:** Üretim sırasında meydana gelen anomalilerin tespiti ve çözümü.
- **Makine Öğrenimi:** Üretim süreçlerinden elde edilen verilerle sistemlerin sürekli öğrenmesi ve kendini geliştirmesi.
- **Robotik İşbirliği:** Akıllı robotlarla insan-robot iş birliğinin sağlanması.

IoT ile Otonom Üretim

IoT cihazları, üretim hatlarında veri toplama ve iletişim için temel bir altyapı sağlar. IoT ve SCADA entegrasyonu, aşağıdaki faydaları sunar:

- **Gerçek Zamanlı İzleme:** Üretim ekipmanlarının anlık durumunun izlenmesi.
- **Önleyici Bakım:** IoT sensörlerinden gelen verilere dayalı bakım planlaması.
- **Kaynak Yönetimi:** Enerji ve malzeme kullanımının optimize edilmesi.

Otonom Üretim Hatlarının Avantajları

- 1. Artan Verimlilik:** Kesintisiz ve optimize edilmiş üretim süreçleri.
- 2. Düşük İşletme Maliyetleri:** İnsan müdahalesini azaltarak işletme maliyetlerini düşürme.
- 3. Yüksek Esneklik:** Farklı ürünlerin üretimine hızla uyum sağlayabilme.
- 4. Hata Azaltma:** Anlık izleme ve hata tespiti ile kalite kontrolünü iyileştirme.

Uygulama Alanları

- **Otomotiv Endüstrisi:** Robotik kolların ve yapay zeka algoritmalarının bir arada kullanıldığı otomatik montaj hatları.
- **Elektronik Üretim:** PCB (baskılı devre kartı) üretimi gibi hassas süreçlerin otomasyonu.



- **Gıda ve İçecek Sektörü:** Paketleme, dolum ve kalite kontrol süreçlerinin otonom olarak yürütülmesi.
- **İlaç Sanayi:** Steril üretim ortamlarında otomasyon.

SCADA ve AI Entegrasyonu ile Gelecekteki Gelişmeler

- **Tamamen Bağımsız Üretim:** Karar alma yeteneği ile insan müdahalesine tamamen ihtiyaç duymayan fabrikalar.
- **Akıllı Tedarik Zinciri:** Üretim ve lojistik süreçlerinin entegre olarak çalışması.
- **Yeşil Üretim:** Enerji verimliliğini artırarak karbon ayak izini azaltan sistemler.

1.7 Avantajlar ve Zorluklar

SCADA ve Yapay Zekâ Entegrasyonunun Avantajları

1. Gerçek Zamanlı Karar Alma:

- SCADA sistemine entegre edilen yapay zekâ, gerçek zamanlı veri analizini mümkün kılar. Bu sayede, üretim veya operasyon sırasında anında kararlar alınabilir ve süreçlerin optimizasyonu sağlanır.
- **Örnek:** Arıza tespitinde sensörlerden alınan verilerin hızlı bir şekilde analiz edilerek bakım ekibine bildirim gönderilmesi.

➤

2. Enerji ve Kaynak Verimliliği:

- Yapay zekâ algoritmaları, enerji kullanımını optimize ederek işletme maliyetlerini azaltır.
- **Örnek:** Büyük veri analitiği ile gereksiz enerji harcamasını tespit etme.

➤

3. Önleyici Bakım (Predictive Maintenance):

- Anormalliklerin erken tespit edilmesiyle, ekipmanların arıza yapmadan önce bakıma alınması sağlanır. Bu, işletme sürekliliğini artırır ve kesintileri en aza indirir.
- **Örnek:** Motor sıcaklık ve titreşim verilerini analiz ederek potansiyel arızaların önceden tespit edilmesi.

➤

4. Operasyonel Verimlilik:

- Yapay zekâ ile desteklenen SCADA, operasyonların daha hızlı ve hatasız bir şekilde yürütülmesini sağlar.
- **Örnek:** Hava koşullarına bağlı olarak enerji üretim sistemlerinin (örneğin, güneş panelleri) en uygun çalışma koşullarında tutulması.

5. Kapsamlı İzleme ve Raporlama:

- AI destekli SCADA sistemleri, verilerin daha anlamlı hale gelmesini ve operatörlere daha iyi bir görüş sunulmasını sağlar.
- **Örnek:** Fabrikada gerçekleşen her işlemin detaylı analizini grafiklerle operatörlere sunma.



SCADA ve Yapay Zekâ Entegrasyonunun Zorlukları

1. Yüksek Başlangıç Maliyeti:

- SCADA sistemlerinin yapay zekâ ile entegrasyonu, ileri düzey donanım ve yazılım gerektirdiğinden başlangıç maliyetleri yüksektir.
- **Çözüm:** Adım adım entegrasyon ve maliyet etkin çözümler.

2. Veri Güvenliği ve Gizliliği:

- IoT cihazlarının artmasıyla birlikte siber güvenlik tehditleri de artar. SCADA sistemleri, yapay zekâ entegrasyonu ile daha fazla veri toplar ve bu verilerin korunması büyük bir zorluk oluşturur.
- **Çözüm:** Gelişmiş şifreleme ve güvenlik protokolleri kullanımı.

3. Teknik ve Operasyonel Karmaşıklık:

- AI algoritmalarının SCADA sistemine entegre edilmesi, teknik bilgi gerektirir ve operasyonel karmaşıklık yaratabilir.
- **Çözüm:** Personelin eğitilmesi ve kullanıcı dostu arayüzler geliştirilmesi.

4. Uyum ve Standardizasyon Sorunları:

- SCADA sistemlerinde kullanılan donanım ve yazılımlar farklılık gösterebilir. Bu, yapay zekâ entegrasyonunu zorlaştırabilir.
- **Çözüm:** Endüstri standartlarının benimsenmesi ve açık platformlar kullanılması.

5. Veri Kalitesi ve Tutarlılığı:

- Yapay zekâ algoritmalarının etkili çalışabilmesi için kaliteli ve tutarlı verilere ihtiyaç vardır. Eksik veya hatalı veriler, sonuçların doğruluğunu olumsuz etkileyebilir.
- **Çözüm:** Veri temizleme ve kalite kontrol süreçlerinin uygulanması.

1.8 Gerçek Dünya Uygulamaları

SCADA sistemleri ve yapay zekâ entegrasyonu, endüstriyel otomasyon, enerji üretimi, ve şehir yönetimi gibi birçok alanda gerçek dünya uygulamalarıyla kendini kanıtlamaktadır. Aşağıda farklı sektörlerden örnek uygulamalar yer almaktadır:

1.8.1 Endüstriyel Otomasyon

Endüstriyel otomasyon, üretim süreçlerini optimize etmek için SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) ve yapay zekânın (AI) entegrasyonunu kapsamaktadır. Bu entegrasyon, üretim verimliliğini artırmak, maliyetleri azaltmak ve kalite kontrol süreçlerini geliştirmek için güçlü bir araçtır. Aşağıda bu sistemlerin endüstriyel otomasyondaki uygulamaları detaylı şekilde ele alınmaktadır:

Endüstriyel Otomasyonda SCADA ve Yapay Zekâ Entegrasyonu

1. Üretim Süreçlerinin Optimizasyonu:

- SCADA, üretim hatlarından sürekli olarak veri toplar ve bu verileri yapay zekâ algoritmaları ile analiz ederek üretim hızını, ürün kalitesini ve enerji tüketimini optimize eder.



- **Örnek:** Otomotiv sektöründe, birden fazla üretim hattındaki iş akışlarının senkronize edilmesi için AI destekli SCADA sistemleri kullanılır.

2. Robotik ve Otomasyon Sistemleri:

- Yapay zekâ ile SCADA, robotların koordinasyonunu sağlayarak hataları minimize eder ve verimliliği artırır.
- **Örnek:** Tesla gibi büyük üreticiler, SCADA sistemlerini yapay zekâ destekli robotlarla entegre ederek elektrikli araç üretiminde yüksek doğruluk sağlar.

3. Kalite Kontrol ve Anomali Tespiti:

- SCADA sistemleri, AI algoritmaları ile birleşerek üretim sırasında anormal durumları gerçek zamanlı olarak tespit eder. Ürün hatalarını önlemek için üretim süreçlerinde otomatik düzeltmeler yapar.
- **Örnek:** Gıda üretim tesislerinde, ürünlerin boyutları ve şekilleri AI ile izlenerek kalite standartlarına uygun olmayanlar otomatik olarak ayrılır.

Endüstriyel Otomasyonda Yapay Zekâ ve SCADA'nın Avantajları

1. **Gerçek Zamanlı Karar Alma:** Yapay zekâ, SCADA'dan gelen verileri analiz ederek operasyonel kararları hızlı ve etkili bir şekilde alır.
2. **Önleyici Bakım:** Üretim ekipmanlarının bozulmadan önce bakım gereksinimleri tahmin edilerek, beklenmeyen duruş süreleri önlenir.
3. **Enerji Tasarrufu:** Enerji kullanımını optimize ederek maliyetleri düşürür ve çevresel etkileri minimize eder.
4. **Esnek Üretim:** Farklı ürünlere hızlı geçiş imkânı sağlayarak üretim hatlarının esnekliğini artırır.

Gerçek Uygulamalar

- **Otomotiv Endüstrisi:** Otomotiv üretim hatlarında SCADA ve yapay zekâ, montaj robotlarının senkronizasyonunda kullanılır. BMW ve Ford, bu teknolojiyi kalite kontrol ve üretim hızı artırımı için uygulamaktadır.
- **Petrokimya Sektörü:** Rafinerilerde SCADA sistemleri, üretim akışlarını yapay zekâ ile analiz ederek kimyasal süreçlerin etkinliğini artırır.
- **İlaç Üretimi:** SCADA, yapay zekâ ile entegre edilerek ilaçların doğru dozlarda üretimini sağlar ve hataları minimuma indirir.

1.8.2 Enerji Yönetim Sistemleri

Enerji Yönetim Sistemleri

Enerji yönetim sistemleri (EMS), enerji üretimi, iletimi ve tüketimi süreçlerini optimize etmek için tasarlanmış sistemlerdir. SCADA ve yapay zekâ entegrasyonu, bu sistemlerin performansını artırarak enerji tüketimini azaltır ve çevresel sürdürülebilirliği destekler. Detaylar aşağıda açıklanmaktadır:



SCADA Tabanlı Enerji Yönetim Sistemleri

SCADA sistemleri, enerji altyapısının gerçek zamanlı izlenmesini ve kontrolünü sağlar. Enerji santralleri, elektrik şebekeleri ve tüketim noktalarından toplanan veriler, SCADA sistemleri ile analiz edilerek enerji akışı yönetilir. Yapay zekâ entegrasyonu ile bu veriler daha etkin şekilde işlenir:

1. Enerji Üretim Optimizasyonu:

- Elektrik üretim tesislerinde üretim miktarları, talebe göre optimize edilir.
- **Örnek:** Yenilenebilir enerji kaynaklarının (güneş, rüzgâr) değişkenliğini yapay zekâ destekli SCADA ile dengeleyerek enerji kayıpları minimize edilir.

2. Tüketim Yönetimi:

- Endüstriyel ve konut tüketicilerinin enerji kullanım modelleri analiz edilerek enerji tüketimi optimize edilir.
- **Örnek:** Büyük veri analitiği ve AI algoritmaları, enerji talep tahminlerini yaparak enerji verimliliğini artırır.

3. Dağıtım Şebekesi İzleme:

- Elektrik şebekelerinde voltaj, frekans ve akım değerleri izlenir. Anormal durumlar önceden tespit edilerek enerji kesintileri önlenir.

Yapay Zekâ ile Enerji Yönetiminde İyileştirmeler

1. Tahmin ve Optimizasyon:

- AI algoritmaları, enerji üretim ve tüketim tahminlerinde yüksek doğruluk sağlar. Özellikle yenilenebilir kaynakların değişken doğasıyla başa çıkmak için kullanılır.
- **Örnek:** Rüzgâr enerjisi üretiminde, hava durumu verileri ile enerji üretimi tahmin edilir.

2. Önleyici Bakım:

- AI destekli SCADA, enerji altyapısındaki ekipmanların durumunu izler ve olası arızaları önceden tahmin eder.
- **Örnek:** Trafo merkezlerindeki aşırı yüklenmeler veya ısınmalar tespit edilerek ekipman arızalarının önüne geçilir.

3. Enerji Tüketim Analizi:

- Enerji tüketim modelleri analiz edilerek tasarruf yöntemleri geliştirilir. Ev ve iş yerlerinde enerji verimliliği artırılır.

Gerçek Uygulamalar

1. **Akıllı Şebekeler:** Akıllı şebeke sistemlerinde SCADA, enerji üretimi ve dağıtımını optimize eder. Google'ın enerji yönetiminde yapay zekâ algoritmaları kullanılarak büyük ölçüde enerji tasarrufu sağlanmıştır.



2. **Yenilenebilir Enerji Yönetimi:** Güneş panelleri ve rüzgâr türbinlerinde enerji üretimi, SCADA sistemleri ile izlenir. Yapay zekâ, enerji üretim tahminlerini daha doğru hale getirir.
3. **Kamu Hizmetleri:** Kamu enerji dağıtım şirketleri, enerji hırsızlığını önlemek ve altyapıyı daha verimli hale getirmek için SCADA ve yapay zekâ entegrasyonunu kullanır.

Avantajlar

- Enerji tasarrufu ve maliyet düşüşü.
- Karbon ayak izinin azaltılması.
- Enerji altyapısında arıza oranlarının düşmesi.

1.8.3 Su Dağıtım Ağları

Su dağıtım ağları, temiz suyun kaynaklardan tüketicilere ulaştırılması ve atık suyun uygun bir şekilde tahliye edilmesi sürecini yönetir. Bu sistemler, şehirler ve endüstriyel tesisler gibi çeşitli ortamlarda kullanılır. SCADA ve yapay zekâ entegrasyonu, su dağıtım ağlarının daha verimli, güvenilir ve sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesini sağlar.

SCADA Sistemlerinin Su Dağıtımında Kullanımı

SCADA sistemleri, su dağıtım ağlarında aşağıdaki işlevleri yerine getirir:

1. Gerçek Zamanlı İzleme:

- Boru hatlarındaki su basıncı, akış hızı, su seviyesi gibi veriler sürekli izlenir.
- **Örnek:** Depo doluluk seviyeleri gerçek zamanlı olarak takip edilerek taşma veya susuz kalma durumları önlenir.

2. Uzaktan Kontrol:

- Pompaların, vanaların ve diğer ekipmanların uzaktan yönetilmesini sağlar.
- **Örnek:** Talebe göre su pompaları otomatik olarak açılıp kapatılır.

3. Veri Toplama ve Analiz:

- Ağa dair tüm veriler toplanır, analiz edilir ve raporlanır.
- **Örnek:** Suyun kayıp oranları belirlenerek kaçaklar tespit edilir.

Yapay Zekâ ile Su Dağıtımının Optimizasyonu

Yapay zekâ, SCADA sistemleriyle entegre edilerek su dağıtım ağlarının performansını artırır:

1. Kaçak Tespiti ve Önlenmesi:

- Yapay zekâ algoritmaları, basınç ve akış verilerini analiz ederek boru hattı kaçaklarını tespit eder.
- **Örnek:** Sensörlerden alınan verilerle, normal dışı basınç değişimleri erken uyarı sağlar.

2. Talep Tahmini:

- AI algoritmaları, geçmiş su tüketim verilerini analiz ederek talep tahmini yapar.



- **Örnek:** Mevsimsel ve günlük değişimler için su pompalama programları optimize edilir.
- 3. **Enerji Tüketimi Optimizasyonu:**
 - Pompaların enerji verimliliğini artıracak şekilde çalıştırılmasını sağlar.
 - **Örnek:** AI destekli sistemler, pompaların en düşük enerji maliyetine sahip saatlerde çalıştırılmasını önerir.
- 4. **Kimyasal Dozaj Yönetimi:**
 - Su arıtma tesislerinde kimyasal kullanım miktarları optimize edilir.
 - **Örnek:** Kirlilik seviyelerine göre yapay zekâ, klorlama işlemini otomatik olarak ayarlar.

Gerçek Dünya Uygulamaları

1. **Akıllı Şebekeler:** Şehirlerde su tüketimini optimize eden sistemler geliştirilmiştir. Örneğin, Singapur'daki su yönetim projeleri AI destekli SCADA ile verimlilik sağlamaktadır.
2. **Arıtma Tesisleri:** Atık su arıtma tesislerinde, yapay zekâ tabanlı SCADA sistemleri suyun kalitesini izler ve süreçleri optimize eder.
3. **Tarımda Su Yönetimi:** Akıllı sulama sistemlerinde suyun tarım alanlarına eşit şekilde dağıtılması yapay zekâ algoritmalarıyla sağlanmaktadır.

5. Avantajlar

- Kaçak ve kayıpların azaltılması.
- Enerji ve su tüketiminde tasarruf.
- Daha iyi kriz yönetimi (örneğin, susuzluk veya boru hattı arızaları)



ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 1

Soruları dikkatlice okuyun ve doğru cevabı seçin.

1. Aşağıdakilerden hangisi SCADA nın temel bileşenlerinden biri değildir.

- A) RTU
- B) PLC
- C) C++
- D) HMI

2. Aşağıdakilerden hangisi RTU nun temel görevleri arasında yer almaz.

- A) Görüntü İşleme
- B) Veri Toplama
- C) Veri İşleme
- D) Yerel Kontrol

3. RTU'nun Avantajları:

- I. Uzaktan İzleme ve Kontrol
- II. Dayanıklılık
- III. Enerji Verimliliği
- IV. Geniş Uygulama Alanı

Yukarıda RTU nun sağladığı avantajlar verilmiştir.

Buna göre yukarıdaki bu avantajlardan hangisi veya hangileri RTU nun gerçekten sağladığı avantajlardandır.

- A) YOLO
- B) C ++
- C) Faster R-CNN
- D) Siamese Network

4. Aşağıdakilerden hangisi PLC nin temel çalışma prensipleri arasında yer almaz

- A) Giriş
- B) Patern Çıkarma
- C) İşleme
- D) Çıkış



MODÜL DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümleler de boş bırakılan yerlere uygun kelimeleri yazınız.

1., bir operatör ile makine veya sistem arasındaki etkileşimi sağlayan bir arayüzdür.
2. HMI sisteminin temel bileşenleri donanım,..... ve iletişim arayüzü olmak 3 e ayrılır.
3.sistemleri, güneş enerjisi sistemleri gibi büyük ölçekli enerji yönetiminde kritik bir rol oynar.
4.entegrasyonu, SCADA sistemlerinin daha akıllı, özerk ve verimli çalışmasını sağlar.

Aşağıdaki verilen bilgilerin karşısına Doğru ise 'D' Yanlış ise 'Y' harflerini yazınız.

- 1.() Geleneksel SCADA sistemleri, sensörlerden alınan verilerin merkezi bir kontrol istasyonuna iletilerek enerji üretimi ve dağıtımının optimize edilmesine olanak tanımaz.
- 2.() RTU (Remote Terminal Unit), saha cihazlarından veri toplamak, bu verileri işlemek ve merkezi bir SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) sistemine iletmek için kullanılan bir yazılım dilidir.
- 3.() RTU (Remote Terminal Unit), düşük enerji tüketimine sahiptir, genellikle batarya veya yenilenebilir enerji ile çalışabilir.



Soruları dikkatlice okuyun ve doğru cevabı seçin.

1. Aşağıdakilerden hangisi HMI nin yazılımları arasında yer almaz.

- A) Siemens WinCC
- B) Rockwell Automation
- C) Java Script
- D) Wonderware In Touch

2. Aşağıdakilerden hangisi SCADA da kullanılan Yapay Zeka(YZ) algoritmalarından biri değildir

- A) Makine Öğrenmesi(ML)
- B) ChatGPT
- C) Derin Öğrenme(DL)
- D) Yapay Sinir Ağları(ANN)

3. Aşağıdakilerden hangisi HMI türleri arasında yer almaz.

- A) Wifi HMI
- B) Yerel HMI
- C) Dağıtılmış HMI
- D) Mobil HMI

1. SCADA Sistemlerinin Tanımı ve Çalışma Prensipleri hakkında bilgi veriniz.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



DEĞERLENDİRME

Lütfen cevapları cevap anahtarı ile karşılaştırınız. Yanlış cevaplarınız varsa, Öğrenme Aktivitesini gözden geçirmeniz gerekir. Tüm sorulara doğru cevaplar verirseniz, lütfen öğretmeninizle iletişime geçin ve bir sonraki öğrenme etkinliğine geçin.

CEVAP ANAHTARLARI

Ölçme ve Değerlendirme-1:

Çoktan Seçmeli:

1	C
2	A
3	D
4	B

Modül DEĞERLENDİRME:

Boşluk Doldurma:

1	HMI
2	YAZILIM
3	SCADA
4	YAPAY ZEKA

Doğru(D) - Yanlış(Y)

1	Y
2	Y
3	D

Çoktan Seçmeli:

1	C
2	B
3	A

1. SCADA Sistemlerinin Tanımı ve Çalışma Prensipleri hakkında bilgi veriniz.

SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), endüstriyel süreçlerin uzaktan izlenmesi, kontrolü ve yönetimi için kullanılan bir sistemdir. Genellikle enerji üretimi ve dağıtımı, su kaynaklarının yönetimi, ulaşım ve üretim hatları gibi geniş kapsamlı süreçlerde kullanılır. SCADA, sahadan veri toplayarak merkezi bir kontrol istasyonuna iletir ve bu veriler üzerinden karar alma süreçlerini destekler.



REFERANSLAR VE KAYNAKLAR

REFERANSLAR

1. Soni, P., & Verma, H. (2018). "Data-driven Decision Support in SCADA Systems: A Review." *International Journal of Computer Science & Information Technology*.
2. Zhang, Q., & Hu, L. (2020). "Artificial Intelligence in SCADA Systems for Industrial Applications." *Journal of Intelligent Systems*.
3. Luo, Z., & Chen, Q. (2017). "Optimizing Industrial Systems using SCADA and Data-Driven Decision Making." *IEEE Transactions on Industrial Informatics*.
4. Li, Z., & Zhang, L. (2018). "AI-Based Energy Management for SCADA Systems." *IEEE Transactions on Industrial Electronics*.
5. Yang, J., & Zhao, X. (2017). "Smart Grid Energy Efficiency through SCADA and AI." *Journal of Energy Management and Technology*.4
6. Wang, F., & Zhang, Y. (2019). "Artificial Intelligence for Energy Efficiency in Industrial Systems." *Energy Systems*.

KAYNAKLAR WEB (erişim tarihi 06.11.2024)

1. **"Development of an IoT Based Open Source SCADA System for PV System Monitoring"**
Bu çalışma, IoT tabanlı açık kaynak bir SCADA sisteminin güneş enerjisi (PV) sistemleri üzerindeki uygulamalarını ele almaktadır. Yapay zeka entegrasyonu, gerçek zamanlı izleme ve yönetim için verimliliği artırıcı çözümler sunmaktadır. Detaylı bilgiye [IEEE Xplore](#) adresinden ulaşabilirsiniz **【109】** .
2. **"AI and IoT Integration in Solar Energy Systems"**
Bu makale, IoT cihazlarından toplanan verilerin yapay zeka algoritmalarıyla işlenerek enerji yönetiminin optimize edilmesi üzerine odaklanmaktadır. AI ve IoT entegrasyonu, SCADA sistemlerinin daha doğru kararlar almasını sağlamaktadır. Kaynak: [World Economic Forum](#) **【110】** .
3. **"Artificial Intelligence Applications in Renewable Energy Systems"**
Bu kaynak, yapay zekanın SCADA sistemlerine uygulanmasını, veri analitiği ve sistem optimizasyonu gibi yönlerden incelemektedir. Özellikle solar enerji çiftliklerinde daha verimli enerji üretimi hedeflenmektedir. Erişim: [ScienceDirect](#) **【109】 【110】** .



4. **"Smart SCADA Systems for Solar Farms"**
SCADA sistemlerinin güneş enerjisi çiftliklerinde yapay zeka algoritmalarıyla akıllı hale getirilmesi, enerji üretimini artırma ve çevresel değişikliklere uyum sağlama üzerine detaylı bilgiler içermektedir. Kaynak: [ResearchGate](#) 【110】 .
5. **"The Role of AI in Renewable Energy Transition"**
Bu yazıda, yapay zekanın enerji sektöründeki yenilikçi uygulamalarına yer verilirken, özellikle SCADA sistemlerinin güneş enerjisi optimizasyonundaki rolüne vurgu yapılmaktadır. Daha fazla bilgi için: [World Economic Forum](#) 【110】 .

Bu kaynaklar, solar sistemlerde SCADA'nın yapay zeka ile kontrolüne dair geniş bir çerçeveye sunmaktadır. Detaylı incelemeler için ilgili bağlantıları kullanabilirsiniz.

