



Yapay Zekâ ve Ürün Yaşam Döngüsünde Bakım Süreçlerinde Kullanımı

Yapay zekâ (YZ), günümüz endüstriyel sistemlerinde sadece üretim ve lojistik süreçlerinde değil, bakım ve onarım süreçlerinde de kritik bir rol üstlenmektedir. Özellikle **ürün yaşam döngüsü yönetimi (Product Lifecycle Management – PLM)** kapsamında, çevrim içi (real-time) ve geçmiş verilerin birlikte değerlendirilmesiyle gerek kısa vadeli, gerekse uzun vadeli tahminlerin doğruluğu artırılabilir.

YZ destekli sistemler sayesinde;

- Üretim, malzeme tedariki ve transfer süreçlerinin optimizasyonu,
- Stok takibi, raf ömrü yönetimi ve buna bağlı iş gücü/sermaye tasarrufu,
- Personel ve vardiya planlamasında verimlilik,
- Öngörüye dayalı bakım (Predictive Maintenance) uygulamalarıyla maliyet etkin çözümler,
- Akıllı rota planlamasıyla transfer ve lojistik maliyetlerinin düşürülmesi sağlanabilir.

Dolayısıyla, yapay zekâ destekli bakım uygulamaları yalnızca **operasyonel maliyetleri azaltmakla** kalmaz, aynı zamanda ürünün tüm yaşam döngüsü boyunca **karlılık, güvenilirlik ve sürdürülebilirlik** yönlerinden hedeflenen seviyelere ulaşılmasını da sağlar.

Günümüzde PLM ve Bakım Süreçleri

PLM araçları, lojistik alanda yürütülen süreçlerde genellikle stok, transfer ve tedarik zinciri süreçlerine odaklanmaktadır. Bunun temel nedeni, bu alanlarda hem geçmiş hem de çevrim içi verilerin mevcut teknolojilerle kolaylıkla toplanabilmesi ve işlenebilmesidir.

Buna karşın **öngörüye dayalı bakım (Predictive Maintenance)** alanı, uzun yıllar boyunca gerçek zamanlı veri elde etme teknolojilerinin yetersizliği nedeniyle istenilen olgunluğa ulaşamamıştır. Sensör teknolojileri, IoT cihazları, bulut bilişim ve yapay zekâ algoritmalarındaki gelişmeler sayesinde bu alan, son yıllarda hızla gelişen ve kurumlara ciddi rekabet avantajı sağlayan bir uygulama haline gelmiştir.

Makine Öğrenmesi ve Bakım Planlamaları

Geçmiş verilerle eğitilen **makine öğrenmesi (ML) algoritmaları**, bakım süreçlerinin planlanmasını mümkün kılar. Ancak bu yöntem çoğunlukla **statik** planlar üretir; yani belirli dönemlerde bakım yapılmasını öngörür. Bu da gereksiz bakım maliyetlerine veya erken müdahale edilemeyen arızalara yol açabilir.

Buna karşılık, **gerçek zamanlı sensör verileriyle bütünleştirilen ML modelleri**, dinamik olarak anlık veya geleceğe dönük tahminler yapabilir. Örneğin:

- Bir rulmanın titreşim verileri sürekli takip edilerek, bozulma olasılığı önceden tahmin edilebilir.
- Sıcaklık ve basınç sensörlerinden alınan anomaliler, ekipman arızasına işaret edebilir.

Böylece, arızalar meydana gelmeden önce gerekli bakım aksiyonları alınabilir ve plansız duruşların önüne geçilebilir.



Bakım Türleri

1. Düzeltici Bakım (Corrective Maintenance)

- Yaklaşım: “Çalışıyorsa dokunma.”
- Dezavantaj: Yüksek maliyet, plansız duruş, iş güvenliği riskleri.
- Kullanım: Kritik olmayan, düşük maliyetli ekipmanlarda tercih edilebilir.

2. Önleyici Bakım (Preventive Maintenance)

a. Frekansa Bağlı Bakım (Periodic Maintenance)

- Yaklaşım: “Çalışıyorsa da değiştir.”
- Dezavantaj: Gereksiz bakım ve parça değişimi, zaman/maliyet kayıpları.
- Kullanım: Hâlâ birçok endüstride standart yöntemdir.

b. Koşula Bağlı Bakım (Condition-Based Maintenance – CBM)

- Yaklaşım: “Hararet arttı, değiştir.”
- Dezavantaj: Çoğu zaman arızaya çok yakın aşamada müdahale edilebilir.
- Kullanım: Belirli sensörlere dayalı basit sistemlerde uygulanır.

c. Öngörüye Dayalı Bakım (Predictive Maintenance)

- Yaklaşım: “Hararet artabilir, suyu kontrol et.”
- Avantaj: Yalnızca mevcut durumu değil, gelecekteki riskleri de öngörür.
- Kullanım: Yüksek maliyetli, kritik ekipmanlarda giderek yaygınlaşmaktadır.

Tahmini Bakım Aşamaları



Şekil-1

Yapay Zekânın Önleyici Bakım Aşamalarındaki Kullanımı

1. Veri Toplama

- **Üretim planları:** Çalışma yükü, vardiya saatleri.
- **Sensör verileri:** Sıcaklık, titreşim, basınç, ses, akım, voltaj vb.
- **Bakım kayıtları:** Daha önceki arızalar, müdahaleler, parça değişimleri.
- **Çevresel koşullar:** Ortam sıcaklığı, nem, toz, titreşim.

2. Veri Ön İşleme

- Temizleme: Gürültülü/hatalı verilerin elenmesi.
- Normalizasyon: Ölçek farklılıklarının giderilmesi.
- Özellik çıkarımı: Verilerin anlamlı parametrelere dönüştürülmesi.

3. YZ Modeli Seçimi

- Regresyon analizi (ömrün tahmini için).
- Sınıflandırma modelleri (arızaların tür bazlı tespiti için).
- Derin öğrenme yöntemleri (karmaşık sensör verilerinin analizi için).

4. Tahminleme ve Çıktılar

- Ürün ömrü tahmini.
- Arıza olasılığı ve arıza türü.
- Eşik değer aşımalarına dayalı alarm/uyarı sistemleri.
- Dinamik bakım planlaması.



FMEA/FMECA ile Entegrasyon

Hata Türleri ve Etkileri Analizi (FMEA) ve Hata Türleri, Etkileri ve Kritiklik Analizi (FMECA), bakım planlamasında kullanılan en yaygın mühendislik yöntemleridir.

YZ, bu yöntemlerle entegre edildiğinde:

- Sensör verileri ile FMEA'daki kök nedenler eşleştirilebilir.
- Hangi arıza türünün hangi bakım eylemini tetikleyeceği otomatik belirlenebilir.
- Yapay sinir ağları kullanılarak, birden fazla hata senaryosu ve bu hataların kombinasyonları için bakım önerileri üretilebilir.

Doğru yapılandırılmış bir FMEA/FMECA, makine öğrenmesi modellerinin doğruluğunu artırır, yanlış alarm oranını minimize eder ve sistem güvenilirliğini yükseltir.

Yapay Zekânın Sağladığı Yararlar

- **Maliyet Avantajı:** Ürün yaşam döngüsü maliyetleri azalır, ürünün kullanım ömrü uzar.
- **Operasyonel Verimlilik:** Plansız duruşlar en aza iner, üretim sürekliliği sağlanır.
- **Bakım Optimizasyonu:** Yalnızca gerektiğinde bakım yapılır, gereksiz müdahaleler ortadan kalkar.
- **Stok Yönetimi:** Yedek parça ihtiyacı daha isabetli tahmin edilerek stok maliyetleri düşer.
- **İş Güvenliği:** Potansiyel iş kazaları önceden engellenebilir.
- **Stratejik Analiz:** YZ tabanlı bakım sistemi, **Hizmet İçi Lojistik Destek Analizi (In-Service LDA)** için ideal altyapıyı oluşturur.

Yapay zekâ, ürün yaşam döngüsünün her aşamasında kritik bir destek unsuru olmakla birlikte, özellikle **bakım süreçlerinde** maliyetleri düşüren, güvenilirliği artıran ve iş güvenliği risklerini azaltan yenilikçi çözümler getirmektedir. Çevrim içi verilerin sensör teknolojileriyle toplanabilmesi ve makine öğrenmesi modelleriyle işlenebilmesi, **düzeltilici, periyodik ve koşula bağlı** bakımlardan **öngörüye dayalı bakımlara** geçişi hızlandırmaktadır. Bu dönüşüm, gelecekte bakım süreçlerinin **tamamen öngörülebilir ve proaktif** hale gelmesini mümkün kılacaktır.

VİYA LM&BT olarak, başta FMEA/FMECA olmak üzere tüm LDA faaliyetlerini sistematik biçimde yürütmekte; **MPLM** ürünümüz ile önleyici ve planlayıcı bakım odaklı, yapay zekâ tabanlı entegre çözümler geliştirmekteyiz.