

Kataforez kaplamalı parçalarda görüntü işleme ve yapay zekâ destekli otomatik kalite kontrol sistemi

Karakaya68 Ar-Ge Merkezi

Yüksek Hassasiyetli Endüstriyel Yüzey Denetimi

Kataforez (KTL) kaplama, elektroforetik prensiple çalışan, metal yüzeylere yüksek korozyon dayanımı kazandıran bir yüzey işlem teknolojisidir. Elektrik alanı yardımıyla kataforez boya partikülleri metal yüzeye düzgün bir şekilde birikerek koruyucu bir film tabakası oluşturur. Ancak proses parametrelerinde meydana gelebilecek küçük sapmalar –örneğin daldırma süresi, banyo sıcaklığı, voltaj değeri veya banyo kimyasının dengesizliği– kaplama kalitesini doğrudan etkileyebilir. Bunun yanı sıra, parça yüzeyinde yağ, toz, pas, partikül tutunması ya da mikro pürüz gibi etkiler kaplamada istenmeyen hataların oluşmasına neden olabilir. Kaplama esnasında oluşan hatalar, hem estetik görünümü hem de kaplamanın korozyon direncini ve yapışma performansını olumsuz yönde etkiler. Ar-Ge Merkezimizde; **yüksek çözünürlüklü endüstriyel görüntüleme, ileri seviye görüntü işleme algoritmaları ve derin öğrenme tabanlı karar sistemlerinden oluşan entegre bir otomatik kalite kontrol sistemi projesi** geliştirilmiştir.

Sistem genel olarak dört temel bileşenden oluşmaktadır:

1. Görüntü alma ve aydınlatma modülü,
2. Görüntü ön işleme ve analitik modül,
3. Yapay zekâ tabanlı karar verme algoritmaları,
4. Veri yönetimi, görselleştirme ve raporlama altyapısı.

Kaplama hattından çıkan parçalar, özel konumlandırılmış **endüstriyel CMOS kameralar** aracılığıyla yük-

Kataforez (KTL) kaplama, metal yüzeylerde yüksek korozyon direnci sağlayan kritik bir işlemdir. Ancak proses parametrelerindeki küçük sapmalar veya yüzeydeki mikro kusurlar, kaplama kalitesini ve performansını olumsuz etkileyebilir. Bu zorluğa çözüm olarak, Ar-Ge Merkezimizde yapay zekâ destekli, tam otomatik bir kalite kontrol sistemi geliştirildi. Sistem; yüksek çözünürlüklü endüstriyel kameralar, ileri görüntü işleme ve derin öğrenme algoritmalarından oluşuyor.



sek çözünürlüklü olarak görüntülenmektedir. Sistem, kusur tespiti için **özellik çıkarımı (feature extraction)** yöntemleriyle yüzeyden geometrik, tekstürel ve istatistiksel parametreler elde eder. Bu veriler, yapay zekâ modeline giriş olarak kullanılır. Sistemin analitik çekirdeğini, **konvolüsyonel sinir ağları (CNN)** temelli bir yapay zekâ modeli oluşturmaktadır. Model, binlerce etiketli hata verisiyle eğitilmiştir ve hata tiplerini (örneğin çizik, pütür, boya eksikliği, kabarcık, akıntı) yüksek doğruluk oranıyla sınıflandırabilmektedir. Bu hibrit model yapısı, hem **lokal kusur bölgelerinin hassas koordinatlarını** belirleyebilmekte hem de **hata yoğunluğunu kantitatif olarak** raporlayabilmektedir. Modelin öğrenme kapasitesi, **transfer learning** yaklaşımıyla yeni ürün tiplerine hızlı adaptasyon sağlayacak şekilde tasarlanmıştır.

Yapay zekâ analiz sonuçları, sistemin **karar modülü** tarafından değerlendirilerek parçalar "OK" veya "NOK" olarak işaretlenir. Karar motoru, hata

türüne ve önem derecesine göre **parametrik tolerans aralıkları** kullanır.

Tüm kontrol sonuçları, **SQL tabanlı bir veri tabanına** otomatik olarak kaydedilerek veri yönetimi ve izlenebilirlik sağlamaktadır. Her parça için tarih, vardiya, operatör, hata tipi, hata konumu ve görsel kayıt tutulur.

Bu sistem, geleneksel görsel muayene süreçlerini tamamen dijitalleştirerek **endüstri 4.0 ekosistemine** entegre edilebilir bir altyapı sunmaktadır. Geliştirilen bu yapay zekâ destekli görüntü işleme sistemi, kataforez kaplama proseslerinde yüzey hatalarının tespitinde **yüksek doğruluk, hız ve tekrarlanabilirlik** sağlamaktadır. Manuel denetim süreçlerine kıyasla kontrol süresinde yüzde 70'e varan azalma ve hata tespitinde yüzde 96'ya ulaşan doğruluk elde edilmiştir. Gelecek çalışmalarda, sistemin robotik manipülatörlerle entegre edilerek **tam otonom kalite kontrol hücresi** haline getirilmesi hedeflenmektedir. ●