

# Çelik Yüzey Kusuru Sınıflandırması

23040301067 – Mustafa ÖZBEZEK

23040301045 – Mehmet Kerem HAKAN

Ekip Adı: DevENG

İstanbul Topkapı Üniversitesi – Mühendislik Fakültesi Yazılım  
Mühendisliği Bölümü

GitHub:

[github.com/keremh9/DevENG\\_DeepLearning\\_Project\\_FET312](https://github.com/keremh9/DevENG_DeepLearning_Project_FET312)

YouTube Link: <https://youtu.be/ICsRilibHCc?si=b1LgLIz65YjTtMXz>

# PROBLEM TANIMI VE MOTİVASYON

**Sektörel Sorun ve İş Sorusu:** Sıcak haddelenmiş çelik üretiminde oluşan yüzey kusurlarını, kalitesi doğrudan düşürmekte ve maliyetli geri dönüşlere yol açmaktadır. Peki bu kusurlar insan faktörü olmadan , yapay zeka ile %100 güvenilir şekilde sınıflandırılabilir mi ?

**Neden Derin Öğrenme?** İnsan Faktörü: Geleneksel gözle kontrol yöntemleri yavaştır, yorucudur ve kişisel yorumlara dayalı hata payı yüksektir.

Otomasyon: 7/24 kesintisiz denetim ve fabrikadaki yüksek üretim hızına uyum sağlayan anlık tespit kapasitesi. Maliyet: Hatalı ürünlerin erkenden elenmesiyle sağlanan operasyonel verimlilik.

**Projenin Hedefi:**

NEU Surface Defect veri setini kullanarak; Baseline CNN ile gelişmiş modellerin (ResNet18, EfficientNet) kıyaslanması ve en optimum çözümün sunulması..



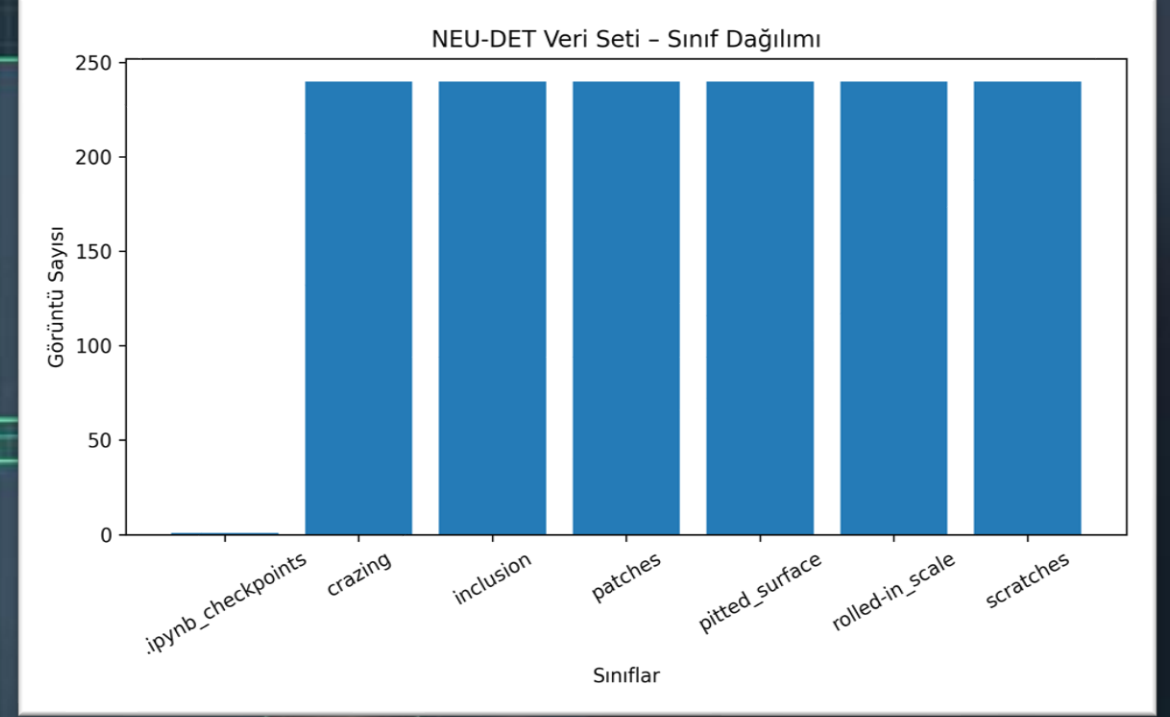
# VERİ KÜMESİ VE KUSUR SINIFLARI

## NEU Surface Defect Veri Seti Özellikleri:

**Toplam Görüntü: 1800 adet yüksek çözünürlüklü metal yüzey fotoğrafı.**

**Sınıf Dağılımı: 6 farklı kusur türü, her sınıf için 300 dengeli örnek.**

**Format: 224x224 piksel, gri tonlu (grayscale) görüntüler.**



# Sınıflandırılan 6 Temel Kusur Türü

**Crazing (İnce Çatlaklar):** Yüzeydeki ağısı mikro çatlaklar.

**Inclusion (Yabancı Madde):** Metal içine karışmış istenmeyen partiküller.

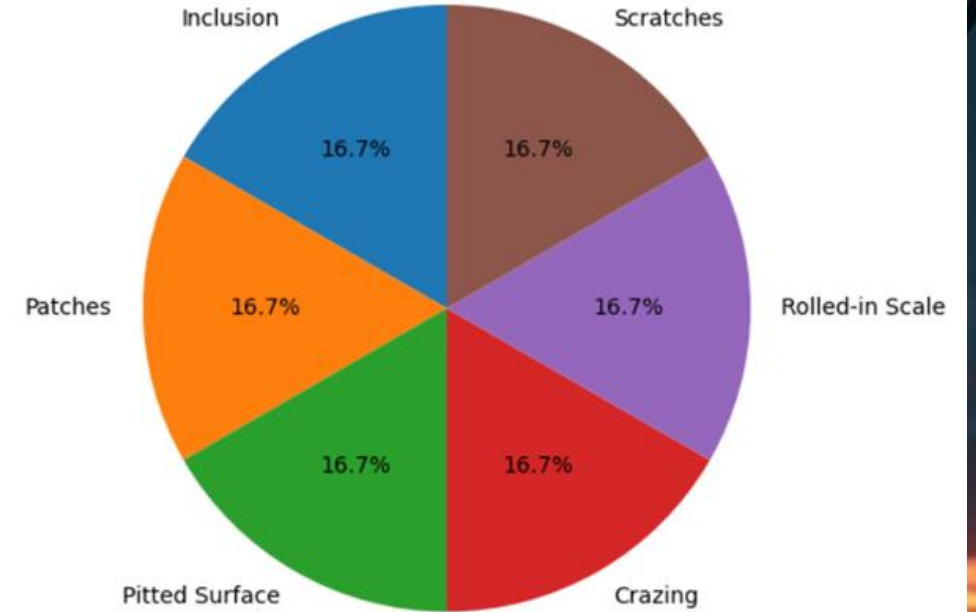
**Patches (Yamalar):** Yüzeydeki düzensiz tabaka değişimleri

**Pitted Surface (Çukurlu Yüzey):** Korozyon kaynaklı küçük delikler.

**Rolled-in Scale (Haddelenmiş Pül):** Üretim sırasında yapışan oksit tabakası.

**Scratches (Çizikler):** Mekanik kaynaklı doğrusal izler.

Class Distribution of NEU Surface Defect Dataset





# MODEL MİMARİLERİ VE EĞİTİM STRATEJİSİ

## Kullanılan Mimari Yapılar:

- Vize aşamasında baseline CNN modelleri kullanılmıştır, final aşamasında ise gelişmiş derin öğrenme mimarileri eğitilmiş ve kullanılmıştır kullanılan mimariler ise aşağıdadır.

## Kullanılan Gelişmiş Modeller:

ResNet18 (Frozen) – Kerem

ResNet18 (Fine-tune) – Kerem

EfficientNet-B0 (Frozen) – Mustafa

MobileNetV3-Small (Frozen) – Mustafa

## Eğitim Parametreleri (Hiperparametreler):

**Optimizer:** Adam Optimizer (Dinamik öğrenme oranı yönetimi).

**Loss Fonksiyonu:** CrossEntropyLoss (Çok sınıflı sınıflandırma optimizasyonu).

**Öğrenme Oranı (LR):** 0.001 (Baseline) / 0.0005 (Gelişmiş katmanlar için).

**Batch Size & Epoch:** 32 Batch boyutu ve 10-15 Epoch eğitim süresi.

# EĞİTİM PERFORMANSI VE BAŞARI METRİKLERİ

**Modeller Arası Başarı Kıyaslaması:** Başlangıç seviyesindeki SimpleCNN modellerimiz ile %83 doğruluk (Accuracy) seviyesine ulaştık.

Gelişmiş mimarilere geçtiğimizde ise EfficientNet-B0 ile %97.78, ResNet18 Fine-tune modelimizle ise %100 tam doğruluk elde ettik.

**Sınıf Bazlı Model Başarımı:** Crazing, Patches ve Rolled-in Scale gibi kusurlar modellerimiz tarafından kusursuz bir şekilde sınıflandırılmıştır. Özellikle sınıflandırılması en zor olan 'Inclusion' ve 'Pitted Surface' sınıflarında, uyguladığımız Fine-tuning stratejisi sayesinde %100 F1-skoruna ulaştık.

**Eğitim Karakteristiği ve Stabilitate:** Eğitim ve doğrulama kayıp eğrilerimizin birbiriyle uyumlu ilerlemesi, modellerimizin ezberlemediğini yani yüksek genelleme yeteneğine sahip olduğunu göstermektedir.

**Mühendislik Çıkarımı:** Bu sonuçlar, derin öğrenme modellerinin çelik sanayisindeki kalite kontrol süreçlerinde insan hatasını sıfıra indirme potansiyelini teknik olarak kanıtlamaktadır.



# KARŞILAŞILAN ZORLUKLAR VE ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ

**Veri Ön İşleme Zorlukları:** Gri tonlu görüntülerin (Grayscale) modern mimarilere (ResNet, EfficientNet) uyumlu hale getirilmesi için 3 kanallı "Pseudo-RGB" formatına dönüştürülmesi sağlanmıştır.

**Aşırı Öğrenme (Overfitting) Engelleme:** Modellerin eğitim verisini ezberlemesini önlemek amacıyla Mustafa tarafından "Rotation, Random Crop ve Flip" gibi kapsamlı veri artırma (augmentation) teknikleri uygulanmıştır.

**Hesaplama Maliyeti:** Derin modellerin (ResNet18) eğitim hızını artırmak ve donanım kaynaklarını verimli kullanmak adına Batch Size 32 olarak optimize edilmiştir.



# GELECEK VİZYONU VE ENDÜSTRİ 4.0 ENTEGRASYONU

**Real-Time (Anlık) Karar Destek Sistemi:** Geliştirdiğimiz algoritmanın yüksek işlem hızı sayesinde, üretim bandı üzerine yerleştirilen kameralarla saniyeler içinde hatasız denetim yapılması hedeflenmektedir.

**Tam Otonom Kalite Kontrol:** Hata tespit edildiği anda üretim bandını durduran veya kusurlu parçayı otomatik olarak ayıran bir PLC mekanizması ile entegre edilerek, insan müdahalesi gerektirmeyen "Sıfır Hata" fabrikaları vizyon edilmektedir.



# GENEL DEĞERLENDİRME VE PROJE KAPANIŞI

**Akademik ve Teknik Kazanımlar:** Proje süresince hem özgün CNN mimarileri tasarlanmış hem de **ResNet18** ve **EfficientNet-B0** gibi modern mimarilerin çelik yüzey kusurları üzerindeki başarımı karşılaştırmalı olarak kanıtlanmıştır.

**Mühendislik Yaklaşımı:** Hiperparametre optimizasyonu, stratified veri bölme stratejileri ve kapsamlı performans analiz metrikleri kullanılarak endüstriyel bir problemin çözüm süreçleri uçtan uca deneyimlenmiştir.

**Açık Kaynak ve Erişim:** Bilimsel şeffaflık adına projemizin tüm kaynak kodları, veri setleri ve analiz raporları **GitHub** depomuzda kamuya açık olarak paylaşılmıştır.

**Teşekkür:** Sabrınız ve değerli vaktiniz için teşekkür ederiz.