

Derin Öğrenme ile Güneş Paneli Analizi

İlkay Özkan
İstanbul Topkapı Üniversitesi
Bilgisayar Mühendisliği
ilkayozkan@stu.topkapi.edu.tr

Ahmet Koç
İstanbul Topkapı Üniversitesi
Bilgisayar Mühendisliği
ahmetkoc1@stu.topkapi.edu.tr

Özetçe—Bu proje, güneş panellerindeki çeşitli yüzey kusurlarını sınıflandırmak için derin öğrenme tabanlı bir yaklaşım sunmaktadır. ResNet18 modeli kullanılarak, bir güneş paneli veri seti üzerinde eğitim gerçekleştirilmiştir. Eğitim sürecinde veri artırma teknikleri ve normalize edilmiş giriş verileri kullanılarak modelin genel performansı artırılmıştır. Model, farklı yüzey kusurları (örneğin, kuş pisliği, toz, kar, fiziksel hasar, elektriksel hasar gibi) arasında sınıflandırma yapabilmektedir.

Karışıklık matrisi ve korelasyon analizi ile modelin performansı detaylı bir şekilde değerlendirilmiş, sınıflar arasındaki tahmin doğruluğu görselleştirilmiştir. Eğitim ve test sonuçları grafiklerle analiz edilmiş, nihai model bir video dosyası ve gerçek zamanlı kamera görüntüleri üzerinde başarılı tahminler gerçekleştirmiştir.

Proje kapsamında geliştirilen model, güneş panellerinin durumunu izlemek ve bakım süreçlerini optimize etmek için kullanılabilir bir prototip olarak değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler—Solar panel detection, surface defect classification, ResNet18

I. GİRİŞ

Solar enerji sistemleri, sürdürülebilir enerji üretiminde giderek daha önemli bir rol oynamaktadır. Ancak, güneş panellerinin verimliliğini koruyabilmek için düzenli bakım ve yüzey kontrolü kritik bir gerekliliktir. Yüzeyde biriken toz, kuş dışkıları, fiziksel hasar veya kar gibi faktörler, panellerin performansını olumsuz etkileyebilir. Bu çalışmada, derin öğrenme yöntemlerinden yararlanılarak güneş paneli yüzeyindeki farklı kusurların otomatik olarak tespit edilmesi amaçlanmıştır. ResNet18 modeli, önceden işlenmiş görüntüler üzerinde eğitilerek sınıflandırma gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. Bu yaklaşım, bakım süreçlerini optimize ederek güneş enerjisinin etkinliğini artırmayı hedeflemektedir.

A. KUŞ DIŞKISI



Şekil 1a Kuş Dışkısı

Güneş panelleri, temiz enerji üretimi sağlarken, dış ortam koşullarına sürekli maruz kalmaları nedeniyle çeşitli sorunlarla karşılaşabilir. Kuş pislikleri, bu sorunlar arasında

önemli bir yer tutar. Kuşların paneller üzerinde bıraktığı dışkılar, yalnızca panellerin görsel estetiğini bozmakla kalmaz, aynı zamanda güneş ışığını engelleyerek enerji üretim verimliliğini de düşürür. Özellikle yoğun birikim olduğunda, bu durum panel performansında ciddi kayıplara yol açabilir. (Şekil 1a gösterilmiştir)

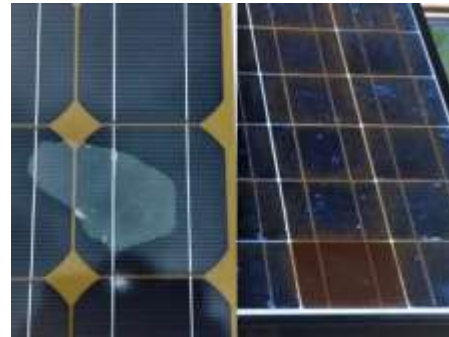
B. TOZ



Şekil 1b Toz

Güneş panelleri, dış ortam koşullarına sürekli maruz kaldıkları için toz birikimi gibi sorunlarla karşılaşabilir. Tozlanma, panellerin yüzeyini kaplayarak güneş ışığının enerji üreten hücrelere ulaşmasını engeller ve enerji üretim verimliliğini düşürür. Özellikle kuru ve rüzgârlı bölgelerde bu durum daha yaygın olup, düzenli temizlenmeyen panellerde performans kayıplarına yol açabilir. Toz birikiminin yoğunluğu arttıkça, panellerin enerji üretim kapasitesindeki düşüş daha belirgin hale gelir. (Şekil 1b gösterilmiştir)

C. ELEKTRİK HASARI



Şekil 1c Elektrik Hasarı

Güneş panelleri, elektriksel bileşenlerinde meydana gelebilecek hasarlar nedeniyle performans kaybı yaşayabilir. Elektrik hasarları, genellikle bağlantı noktalarında, kabloların aşınmasında veya hücrelerin iç yapısında oluşan arızalardan kaynaklanır. (Şekil 1c gösterilmiştir)

D. KAR KAPLANMASI



Şekil 1d Kar Kaplanması

Güneş panelleri, özellikle kış aylarında karla kaplanabilir, bu da enerji üretimini önemli ölçüde engeller. Kar, panel yüzeyine birikerek güneş ışığının panelin fotovoltaiik hücrelerine ulaşmasını zorlaştırır. Bu durum, güneş panelinin verimliliğini düşürür ve enerji üretim kapasitesini sınırlayabilir. Ayrıca, karın uzun süre paneller üzerinde birikmesi, panelin sıcaklık dengesini bozarak malzeme yorgunluğuna ve potansiyel olarak fiziksel hasarlara yol açabilir. (Şekil 1d gösterilmiştir)

E. FİZİKSEL HASAR



Şekil 1e Fiziksel Hasar

Güneş panelleri, çeşitli çevresel ve mekanik etkilere bağlı olarak fiziksel hasarlarla karşılaşabilir. Bu tür hasarlar arasında çatlaklar, çizikler, kırık camlar veya panel yüzeyindeki deformasyonlar yer alır. Fiziksel hasarlar, güneş ışığının panel yüzeyine düzgün bir şekilde ulaşmasını engelleyerek enerji üretiminde ciddi kayıplara yol açabilir. Ayrıca, bu tür sorunlar zamanla daha da büyüyerek panelin tamamen işlevsiz hale gelmesine neden olabilir. (Şekil 1e gösterilmiştir)

F. TEMİZ GÖRÜNTÜ



Şekil 1f Temiz Görüntü

Güneş panelleri için temiz bir görüntü, verimli bir enerji üretimi sağlamak adına oldukça önemlidir. Temiz bir panel

yüzeyi, güneş ışığının fotovoltaiik hücrelere maksimum düzeyde ulaşmasını ve dolayısıyla daha yüksek verim elde edilmesini sağlar. Geliştirilen modelin, temiz panel görüntülerini doğru şekilde tanımlaması, ideal bir durumdur çünkü bu, panellerin düzgün çalıştığını ve dış etkenlerden etkilenmediğini gösterir. Temiz paneller, hiçbir kir, toz, kuş pisliği veya diğer engellerle karşılaşmadığı için enerji üretiminde en yüksek performansı sunar. Bu nedenle, temiz görüntüler modelin arzu edilen çıktısıdır ve güneş enerjisi sistemlerinin verimliliğini artırma açısından önemli bir referans noktasıdır. (Şekil 1f gösterilmiştir)

II. METODLAR

A. Gerekli Kütüphanelerin İmport Edilmesi

Bu projede, PyTorch, OpenCV, ve diğer destekleyici kütüphaneler kullanılmaktadır. PyTorch, modelin eğitiminde, optimizasyonunda ve tahmin işlemlerinde temel araçları sağlamaktadır. OpenCV, video verisi ve kameradan alınan görüntülerin işlenmesinde, ayrıca sonuçların görselleştirilmesinde kullanılmıştır.

B. Veri Setinin Yüklenmesi ve Ayarlanması

Veri seti, eğitim ve test verileri olarak ikiye ayrılmış ve ilgili dizinlerden yüklenmiştir. Görüntüler 224x224 boyutuna dönüştürülmüş ve her görüntüde 32'lik paketler halinde yükleme yapılmıştır. Veriler, etiketlenmiş ve karıştırılmış şekilde yüklenmiştir. Eğitim verisi dataset/train, test verisi ise dataset/test dizinlerinden alınmıştır.

C. Veri Ön İşleme

Görüntülerde ön işleme adımları gerçekleştirilmiştir. Resimler, ResNet modeline uygun olarak 224x224 boyutuna getirilmiştir. Ayrıca, modelin girişine uygun olması için görüntüler 1/255 ile normalize edilmiştir. Eğitim verileri üzerinde çeşitli veri artırma (data augmentation) işlemleri, yatay çevirme, rastgele döndürme ve kontrast ayarlama gibi teknikler ile yapılmıştır.

D. Modelin Oluşturulması (Transfer Learning)

Veri setine uygun olarak, önceden eğitilmiş ResNet18 modelinden faydalanılmıştır. Bu modelin son katmanı değiştirilerek, 4 farklı sınıf için tahmin yapacak şekilde yapılmıştır. İlk olarak, ResNet18'in son katmanındaki tam bağlantılı (Fully Connected) katman değiştirilmiş ve kendi sınıflandırma katmanımız eklenmiştir. Modelin çıktısına global ortalama havuzlama ve Dropout katmanları eklenerek, aşırı öğrenme (overfitting) engellenmeye çalışılmıştır.

E. Modelin Derlenmesi ve Eğitimi

Model, çapraz entropi kaybı (CrossEntropyLoss) ve Adam optimizasyon algoritması ile derlenmiştir. Eğitim işlemi, 6 dönem boyunca, eğitim ve test verileri üzerinde gerçekleştirilmiştir. En iyi modeli kaydedebilmek için erken

durdurma (EarlyStopping) ve model kontrol noktası (Checkpoint) işlevleri uygulanmıştır. Eğitim sırasında, doğruluk ve kayıp (loss) değerleri sürekli olarak takip edilmiştir.

F. Eğitim & Test Sonuçlarının Görselleştirilmesi

Modelin eğitimi sırasında elde edilen kayıp ve doğruluk değerleri, her epoch sonunda görselleştirilmiştir. Sonuçlar, eğitim ve test verileri için ayrı ayrı çizilerek modelin başarısı hakkında bilgi verilmiştir. Ayrıca, karışıklık matrisi (confusion matrix) ile sınıflar arasındaki tahmin doğrulukları analiz edilmiştir.

G. Sonuçların Değerlendirilmesi ve Modelin Kaydedilmesi

Eğitim tamamlandıktan sonra, test verileri ile modelin son doğruluğu ölçülmüştür. Eğitim ve test doğruluklarının yanı sıra, karışıklık matrisi ve korelasyon analizi yapılmıştır. Son olarak, model başarıyla kaydedilmiş ve gelecekte kullanılmak üzere solar_panel_model.pth dosyasına aktarılmıştır.

III. SONUÇLAR

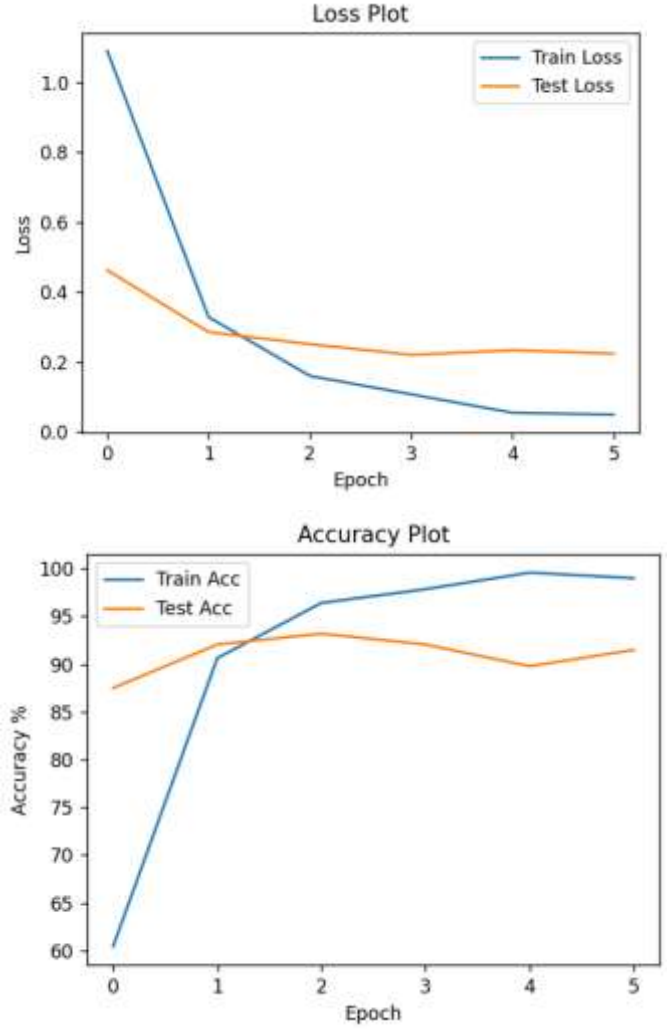
Bu çalışma, güneş panelleri üzerindeki çeşitli olumsuz durumları (kuş pisliği, tozlanma, elektriksel hasar, fiziksel hasar, kar kaplanması gibi) tespit etmek amacıyla derin öğrenme yöntemlerinden yararlanarak bir görüntü sınıflandırma modeli geliştirmeyi amaçlamıştır. Kullanılan ResNet18 modelinin transfer öğrenme yöntemleriyle önceden eğitilmiş ağırlıkları, modelin hızla eğitim almasına olanak sağlamış ve doğruluk oranlarını artırmıştır.

Modelin eğitim sürecinde, veri ön işleme, veri artırma (augmentation) ve uygun optimizasyon teknikleri kullanılarak sınıflandırma başarısı artırılmaya çalışılmıştır. Eğitim ve test verileri üzerinde yapılan deneyler, modelin doğruluk oranlarının %92 civarlarında seyrettiğini göstermiştir. Görselleştirmeler ve karışıklık matrisi sonuçları, modelin her bir sınıfı doğru bir şekilde ayırt etmede ne kadar başarılı olduğunu göstermektedir.

Test sonuçları, modelin genelleştirme yeteneği konusunda olumlu bulgular sunmuş, ancak bazı sınıflar arasında küçük doğruluk farkları gözlemlenmiştir. Bu farklar, modelin daha ileri düzeyde optimize edilmesi ve daha büyük veri setleriyle eğitilmesiyle giderilebilir. Ayrıca, modelin gerçek dünya uygulamalarında daha etkili olabilmesi için düşük ışık, kamera açısı değişiklikleri ve görüntüdeki gürültüler gibi faktörler de göz önünde bulundurularak iyileştirmeler yapılabilir.

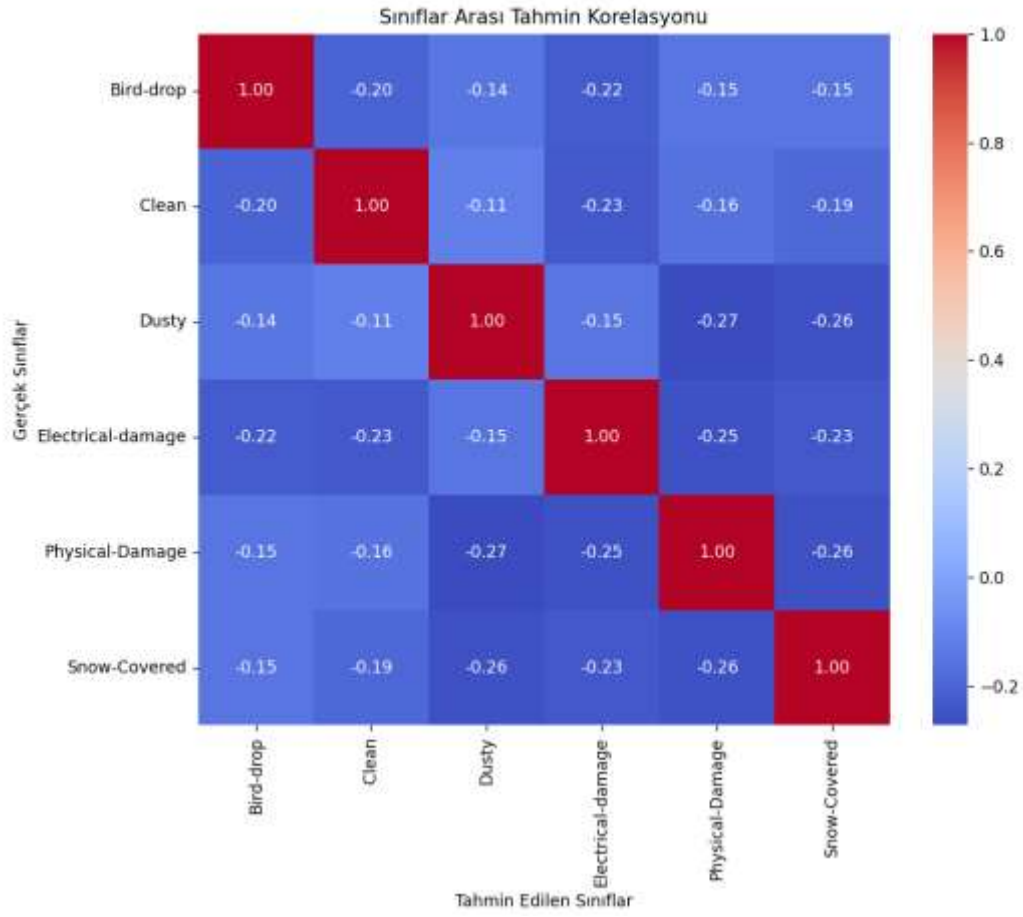
Elde edilen sonuçlar, güneş panellerinin bakımı için bu tür bir modelin kullanılabileceğini ve operasyonel verimliliğin artırılmasına yardımcı olabileceğini göstermektedir. Bu tarz yapay zeka destekli çözümler, panellerin düzenli bakımını kolaylaştırarak, enerji üretiminin daha verimli hale gelmesini sağlayabilir.

A. EĞİTİM VE TEST SONUÇLARI

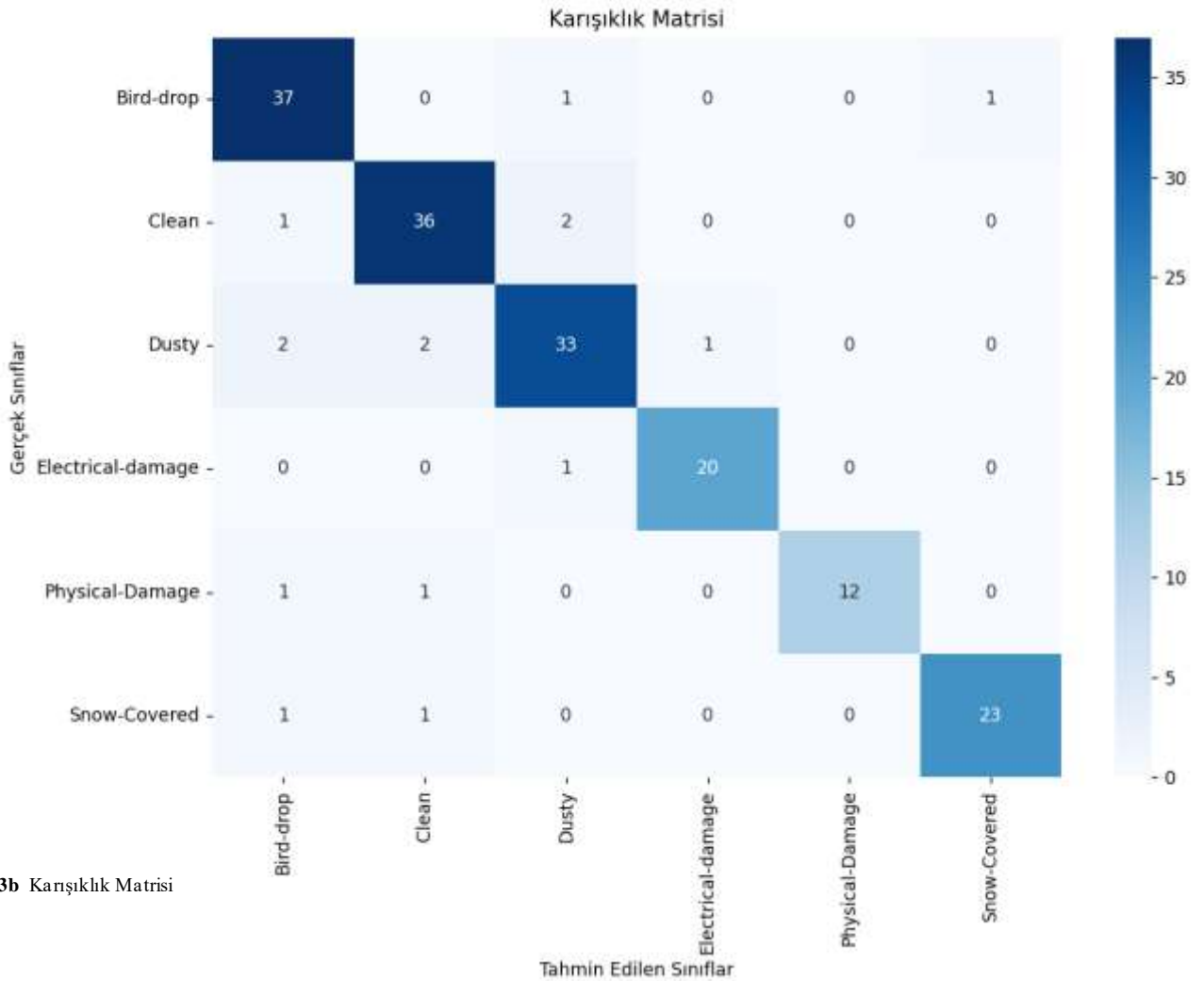


Sonuç olarak, bu çalışma, güneş paneli bakım süreçlerine katkıda bulunabilecek potansiyele sahip bir görüntü işleme çözümü geliştirmiştir. Gelecekteki çalışmalar, modelin daha büyük veri setleri ile eğitilmesi, farklı sınıfların daha iyi ayrılabilmesi için çeşitli optimizasyon tekniklerinin uygulanması ve modelin gerçek dünya koşullarında test edilmesi üzerine odaklanabilir.

(Şekil 3a ve 3b ile gösterilmiştir.)



Şekil 3a Korelasyon Matrisi



Şekil 3b Karışıklık Matrisi

REFERENCES

- [1] <https://www.kaggle.com/datasets/francismon/curated-colon-dataset-for-deep-learning>(Kasım2024):23:04
- [2] https://keras.io/examples/vision/image_classification_from_scratch/ (Kasım2024):23:04
- [3] <https://www.tensorflow.org/tutorials/keras/classification?hl=tr> (Kasım2024):23:04
- [4] <https://pytorch.org/docs/stable/index.html> (Ocak 2025),18:09
- [5] <https://scikit-learn.org/stable/> (Ocak 2025),18:09
- [6] <https://www.kaggle.com/datasets/pythonafroz/solar-panel-images> (Ocak 2025),18:09

Github Repository:

- [7] <https://github.com/osiass/SolarPanelFaultDetection> (Ocak 2025),18:09



Ahmet KOÇ

İstanbul Topkapı Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği

Java ile nesne tabanlı programlama, veri analizi ve mühendislik uygulamaları için Matlab, otomasyon ve yapay zeka çözümleri için Python



İlkan Özkan

İstanbul Topkapı Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği

Kotlin ile Android uygulamaları geliştirme. Java ile nesne tabanlı programlama ve Swing kütüphanesi kullanarak masaüstü uygulamalar, otomasyon ve yapay zeka çözümleri için Python