

KarabükWildfire2025: Sentinel-2 ile NDVI/NBR Tabanlı Yangın Etki Analizi

Yusuf Talha ARABACI
Karabük Üniversitesi
Yüksek Lisans, Yazılım Mühendisliği Öğrencisi

Tarih: 15 Ekim 2025

İçindekiler

1	Giriş	4
2	Çalışma Alanı (AOI)	4
3	Proje Amacı	4
4	Veri Kaynakları	4
5	Görüntü İşleme Teknikleri	4
5.1	Ön İşleme ve Kompozit Üretimi	4
5.2	İndeks Türetimi (NDVI, NBR)	5
5.3	Fark İndeksleri ve İşaret Sözleşmeleri	5
5.4	Yanıklık Şiddeti ve Eşikleme	5
5.5	İndeks Seçimi ve Sınırlılıklar	5
6	Yöntem	6
6.1	Analiz Hattı ve Uygulama Altyapısı	6
6.2	Parametre Seçimleri ve Uygulama Ayrıntıları	7
6.3	Yanıklık Şiddeti Sınıflandırması	7
7	Sonuçlar	7
7.1	Bulguların Özeti	7
7.2	Haritalar	8
7.3	Özet İstatistikler	9
8	Sınırlılıklar ve Belirsizlikler	9
9	Tartışma ve Gelecek Çalışmalar	9
10	Görselleştirme	9

Özet

Bu çalışma, 2025 Karabük orman yangınının etkilerini Sentinel-2 L2A verileri kullanılarak NDVI ve NBR indeksleri üzerinden incelemektedir. Yangın öncesi ve sonrası dönemler için bulut maskeleme ve median kompozit uygulandıktan sonra NDVI/NBR bantları hesaplanmış, fark indeksleri (dNDVI, dNBR) türetilmiş ve dNBR eşiklerine dayalı bir şiddet sınıflandırması gerçekleştirılmıştır. Sonuçlar, doğal renk (RGB) ve tematik haritalar ile özet istatistikler eşliğinde sunulmaktadır. Yaklaşım, uzaktan algılama temelli hızlı durum değerlendirmesi ve afet sonrası planlama süreçlerine katkı sağlamayı amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Sentinel-2, NDVI, NBR, dNBR, yanın şiddeti, uzaktan algılama, Karabük.

1 Giriş

2025 Karabük orman yangınlarının ekosistem, toprak ve yerleşimler üzerindeki etkilerinin nicel ve mekânsal olarak ortaya konması; yangın sonrası rehabilitasyon, yeniden ormanlaştırma ve risk azaltma planlamaları açısından kritik öneme sahiptir. Uzaktan algılama, yüksek zamansal ve mekânsal çözünürlükte tekrarlanan gözlemleri mümkün kılarak yangın öncesi/sonrası karşılaştırmalı analizlerin sistematik biçimde yürütülmesine imkân tanır. Bu çalışma, Sentinel-2 L2A verileriyle *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) ve *Normalized Burn Ratio* (NBR) indekslerine dayanan bir yaklaşım sunmaktadır; fark indeksleri (dNDVI, dNBR) ve eşik tabanlı şiddet sınıflandırması ile etki alanı haritaları üretilmektedir.

2 Çalışma Alanı (AOI)

Çalışma alanı, Karabük ili Ovacık-Eskipazar çevresi ve doğuda Çankırı sınırına komşu bir bölgeyi kapsamaktadır. AOI, depo kökünde yer alan `src/aoi.geojson` dosyasında çokgen (Polygon) olarak tanımlanmıştır. Bu AOI, yanıyla doğrudan ilişkili alanları kapsayacak şekilde iteratif olarak daraltılmış ve sonuç analizlerinde esas alınmıştır.

3 Proje Amacı

Bu çalışmanın amacı, yanının öncesi ve sonrası dönemler için NDVI ve NBR indekslerini hesaplayarak, fark (dNDVI, dNBR) analizi ve basit bir şiddet sınıflandırması ile yanından etkilenen alanları ortaya koymaktır.

4 Veri Kaynakları

- **Uydu verisi:** Sentinel-2 Level-2A atmosferik olarak düzeltilmiş yansıtım ürünleri; mekânsal çözünürlük 10–20 m. Bu çalışmada NDVI için B8 (NIR) ve B4 (RED), NBR için B8 (NIR) ve B12 (SWIR2) bantları kullanılmıştır.
- **Platform:** Google Earth Engine (GEE) Python API, geniş hacimli veri erişimi ve dağıtık hesaplama altyapısı ile iş akışının ölçeklenebilir yürütümünü sağlar.
- **Bulut maskesi:** Sentinel-2 QA60 kalite bandındaki 10. (bulut) ve 11. (sirrus) bitleri sıfır olan pikseller geçerli kabul edilmiştir.
- **Kompozit:** Her dönem için median kompozit, tekil bulut kalıntılarını ve uç değerleri azaltmak üzere tercih edilmiştir.

5 Görüntü İşleme Teknikleri

Bu bölüm, Sentinel-2 L2A verileriyle yanının etkisinin haritalanmasına yönelik ön işleme, indeks türetimi ve fark analizi adımlarını biçimlendirmek olarak sunar.

5.1 Ön İşleme ve Kompozit Üretimi

Çalışmada *COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED* koleksiyonu, AOI ve tarih aralıkları ile filtrelenmiştir. Piksel düzeyinde kalite iyileştirmesi için QA60 bandındaki 10. (bulut) ve 11. (sirrus) bitleri sıfır olan pikseller geçerli kabul edilmiştir. Her dönem için maske sonrası median kompozit üretilerek tekil bulut/duman kalıntıları ve uç değerlerin etkisi azaltılmıştır. Bu seçim, farklı çekim tarihlerinin istatistiksel sağlam bir temsilini sağlar ve fark indekslerinin yorumlanabilirliğini artırır.

5.2 İndeks Türetimi (NDVI, NBR)

Bitki örtüsü ve yanıklık duyarlıklarını için iki klasik fark indeksi kullanılmıştır:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}, \quad (S2: NIR=B8, RED=B4) \quad (1)$$

$$NBR = \frac{NIR - SWIR2}{NIR + SWIR2}, \quad (S2: NIR=B8, SWIR2=B12) \quad (2)$$

NDVI [-1, 1] aralığında boyutsuz bir ölçütür vejetasyonun görelî canlılık/yoğunluğunu yansıtır. NBR, NIR azalışı ve SWIR2 artışı bir aradayken büyüyen yanık etkisine duyarlıdır; yanın öncesi yüksek, sonrası düşük olması beklenir.

5.3 Fark İndeksleri ve İşaret Sözleşmeleri

Öncesi/sonrası kompozitlerden türetilen farklar aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

$$dNDVI = NDVI_{\text{sonra}} - NDVI_{\text{önce}} \quad (3)$$

$$dNBR = NBR_{\text{önce}} - NBR_{\text{sonra}} \quad (4)$$

Bu tanım uyarınca $dNDVI < 0$ genel vejetasyon kaybına; $dNBR > 0$ ise yanıklık şiddetindeki artışa işaret eder. İndekslerin tek tek yorumundan ziyade birlikte değerlendirilmesi (ör. $dNDVI < 0$ ve $dNBR > 0$) daha güçlü kanıt sağlar.

5.4 Yanıklık Siddeti ve Eşikleme

$dNBR$ için eşik temelli bir sınıflandırma kullanılmış; 0–4 arası tamsayı kodları ile "yanıksız/düşük"ten "yüksek"e uzanan kategoriler üretilmiştir. Bu çalışmada kullanılan varsayılan eşikler literatürde yaygın aralıklara dayanır ve yerel koşullara göre kalibre edilebilir (eşik tablosu ve sınıf açıklamaları ayrıca sunulmuştur).

5.5 İndeks Seçimi ve Sınırlılıklar

NDVI ve NBR, yanık etkisi ve bitki örtüsü değişimi çalışmalarında yaygın ve yorumlanabilir iki göstergedir; $dNDVI/dNBR$ birlikte kullanıldığında yanıklık ve vejetasyon kaybı eşzamanlı olarak yakalanabilir. Gerekli bantların Sentinel-2 L2A'da düzenli bulunması ve eşik temelli sınıflandırmanın sahayla kolay kalibre edilebilmesi yöntemin pratik uygulanabilirliğini artırır. Öte yandan indeksler; atmosferik kalıntılar, aydınlatma geometrisi, toprak arka planı, mevsimsellik (fenoloji), su/yapay yüzeyler ve duman kalıntılarından etkilenebilir. Bu nedenle (i) bulut/sirrus maskesi, (ii) uygun kompozit penceresi ve (iii) fark indekslerinin birlikte kullanımını kritik önemdedir. Eşikler saha gözlemleriyle uyarlanmalıdır; yorumlar tematik haritalar, sınıf dağılımları ve özet istatistiklerle birlikte ele alınmalıdır. Alternatif fark metrikleri (örn. $RdNBR$) ileride karşılaşılmalı olarak değerlendirilebilir.

6 Yöntem

Bu çalışmada kullanılan iş akışı aşağıdaki adımlardan oluşur:

- Tarih aralıklarının seçimi ve veri erişimi
- QA60 tabanlı bulut/sirrus maskesinin uygulanması
- Median kompozitlerin üretilmesi (öncesi/sonrası)
- NDVI ve NBR indekslerinin hesaplanması
- dNDVI ve dNBR fark görüntülerinin elde edilmesi
- dNBR eşiklerine dayalı şiddet sınıflandırmasının yapılması

Sınıflandırma eşikleri temsili olup AOI/saha koşullarına göre kalibre edilebilir.

6.1 Analiz Hattı ve Uygulama Altyapısı

Çalışmadaki analiz süreci `src/pipeline.py` içinde tanımlı `run_pipeline` işleviyle otomatikleştirilmişdir. Başlıca adımlar ve üretilen çıktılar şöyledir:

- **Başlatma ve AOI:** `ee_init` ile Google Earth Engine başlatılır; `get_aoi` ile AOI GeoJSON'dan (yoksa varsayılan bbox) yüklenir.
- **Kompozitler:** `prepare_composite` ile öncesi ve sonrası dönem için QA60 maskeleme uygulanmış Sentinel-2 median kompozitleri üretilir.
- **İndeksler:** `with_indices` NDVI (B8,B4) ve NBR (B8,B12) bantlarını her iki kompozite ekler.
- **Farklar:** `compute_diffs` ile $dNDVI = \text{post.NDVI} - \text{pre.NDVI}$ ve $dNBR = \text{pre.NBR} - \text{post.NBR}$ görüntüleri hesaplanır.
- **Şiddet:** `classify_dnbr` dNBR için 0–4 arası şiddet sınıflarını (eşik temelli) üretir.
- **Haritalar:** `save_folium` ile şu HTML haritaları kaydedilir: `pre_RGB.html`, `post_RGB.html`, `pre_NDVI.html`, `post_NDVI.html`, `pre_NBR.html`, `post_NBR.html`, `dNDVI.html`, `dNBR.html`, `severity.html`.
- **Özet istatistik:** `reduce_mean` ile AOI üzerinde öncesi/sonrası NDVI ortalamaları ve dNDVI/dNBR ortalamaları hesaplanır; `write_summary_csv` ile `results/summary_stats.csv` dosyasına yazılır.

Bu çalışmada pipeline, öncesi için 2025-07-10-2025-07-25, sonrası için 2025-07-26-2025-08-10 tarih aralıklarıyla çalıştırılmıştır. Üretilen `results/summary_stats.csv` dosyasındaki değerler rapor daki özet istatistik tablosu ve yorumlarda kullanılmıştır.

Kod Modülleri (`src/`): Pipeline adımlarını destekleyen başlıca modüller aşağıdadır.

- `src/gee/preprocess.py`: Sentinel-2 L2A filtreleme, QA60 bulut/sirrus maskesi, median kompozit.
- `src/gee/indices.py`: NDVI (B8,B4) ve NBR (B8,B12) indeks bantları; `with_indices` yardımcıları.
- `src/gee/change.py`: `compute_diffs` (dNDVI/dNBR) ve `classify_dnbr` (0–4 sınıflar).
- `src/visualize.py`: `vis_params`, `save_folium`, `reduce_mean`, `write_summary_csv`, PNG dışa aktarımalar.
- `src/utils.py`: `ee_init`, `ensure_dir`, `load_aoi_geojson`.
- `src/gee/aoi.py`: AOI'nin GeoJSON'dan veya varsayılan Karabük bbox'ından elde edilmesi.
- `src/cli.py`: Komut satırı arabirimini; `run_pipeline` çağrıları.

6.2 Parametre Seçimleri ve Uygulama Ayrıntıları

- **Bulut eşiği:** Koleksiyon seçiminde $\text{CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE} < 20$ filtresi uygulanmış, ardından QA60 bitleriyle piksel düzeyinde bulut/sirrus maskesi kullanılmıştır.
- **Kompozit stratejisi:** Median kompozit, üç değerleri bastırması ve yapay parazitleri azaltması nedeniyle tercih edilmiştir.
- **Eşikler:** dNBR sınıfları literatürde önerilen aralıklardan uyarlanmış olup yerel AOI'ye/saha gözlemlerine göre kalibre edilebilir.

6.3 Yanıklık Şiddeti Sınıflandırması

Sınıf	Kod	dNBR Eşiği
Yanıksız/Düşük	0	≤ 0.10
Düşük	1	(0.10, 0.27]
Orta-Düşük	2	(0.27, 0.44]
Orta-Yüksek	3	(0.44, 0.66]
Yüksek	4	> 0.66

Tablo 1: dNBR eşikleri ile önerilen şiddet sınıfları (örnek).

Bu bölümde sunulan özet, yanım öncesi ve sonrası bitki örtüsü durumunu (NDVI) ve yanım etkisini (dNBR) nicel olarak ifade eder. NDVI 0 ile 1 arasında değer alır; daha yüksek değerler daha yoğun ve sağlıklı bitki örtüsünü gösterir. dNDVI iki tarih arasındaki NDVI farkıdır; negatif değerler yeşil örtüde azalmayı ifade eder. dNBR ise yanma şiddetine duyarlı bir fark ölçütüdür; yaklaşık 0.10–0.27 aralığı düşük, 0.27–0.44 aralığı orta, 0.44 ve üzeri daha yüksek şiddet seviyelerine karşılık gelir. Tablodaki ortalamalar, AOI genelinde yanım sonrası NDVI'da yaklaşık 0.06 birimlik düşüş (yaklaşık 0.54'ten 0.47'ye; $dNDVI < 0$) ve $dNBR \approx 0.07$ ile çoğunlukla çok düşük/düşük şiddet sinyaline işaret etmektedir. Ancak bu değerler mekânsal farklılıklar düzler; yer yer daha yüksek şiddetli cepler bulunabilir. Bu nedenle yorum, şiddet haritaları ve sınıf dağılımı ile birlikte değerlendirilmelidir.

Sınıf piksel sayıları üzerinden alan hesaplanabilir. Örneğin, piksel alanı 100 m^2 (10 m çözünürlükte) ise, sınıf alanı $A_k = n_k \times 100 \text{ m}^2$ olup hektar cinsinden $A_k/10^4$ ile verilir.

7 Sonuçlar

7.1 Bulguların Özeti

- AOI genelinde yanım etkisi *çoğunlukla çok düşük/düşük* düzeydedir ($\overline{dNBR} \approx 0.074$).
- NDVI ≈ 0.584 'ten ≈ 0.511 'e düşmüştür (mutlak ≈ 0.073 , bağıl $\approx 12.5\%$).
- Etki mekânsal olarak heterojendir; daha yüksek şiddetli cepler mevcuttur ve şiddet haritaları (??) ile doğrulanmalıdır.
- Toplam yanmış alan: 17 061.94 ha (AOI'nin $\approx 17.12\%$ 'si; `burned_area_ha`, `aoi_area_ha`).

7.2 Haritalar

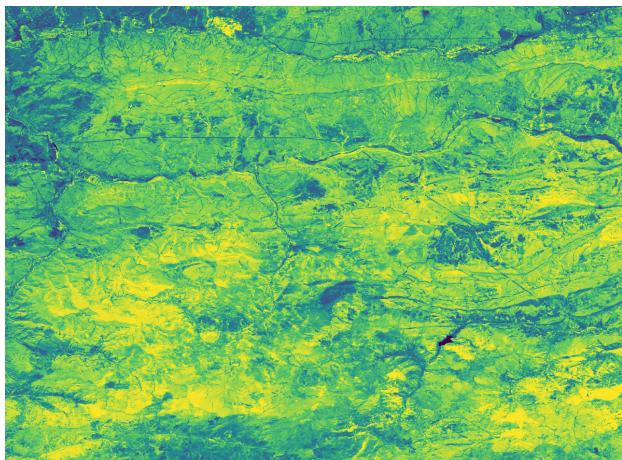


(a) Öncesi RGB (B4,B3,B2)

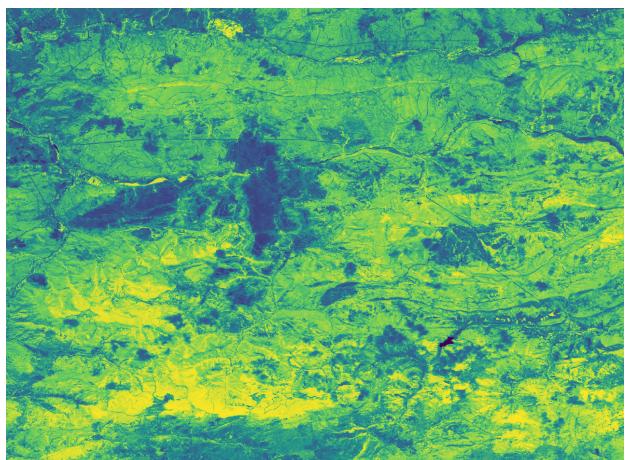


(b) Sonrası RGB (B4,B3,B2)

Şekil 1: Doğal renk (RGB) karşılaştırması.

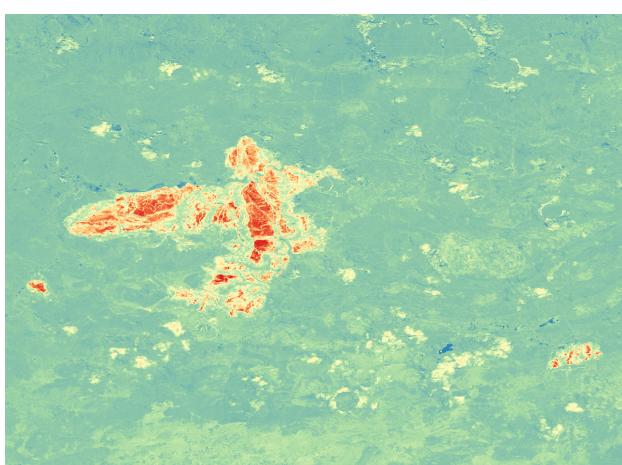


(a) Öncesi NDVI

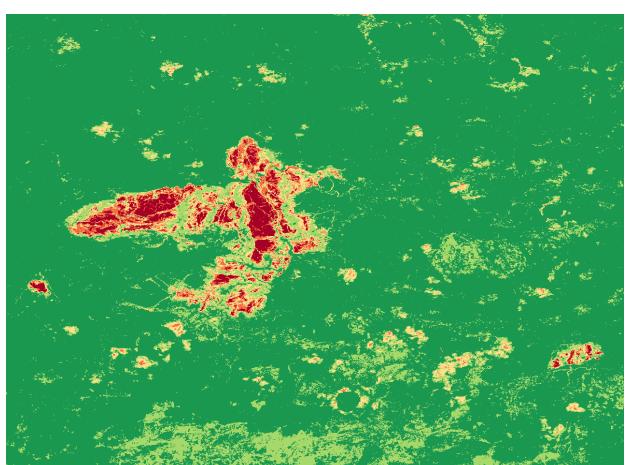


(b) Sonrası NDVI

Şekil 2: NDVI karşılaştırması.



(a) dNBR



(b) dNBR Şiddeti (0-4)

Şekil 3: Fark analizi ve şiddet sınıfları.

7.3 Özet İstatistikler

Metrik	Değer
Öncesi Ortalama NDVI	0.584
Sonrası Ortalama NDVI	0.511
Ortalama dNDVI	-0.073
Ortalama dNBR	0.074

Tablo 2: AOI genelinde özet istatistikler. Değerler `../results/summary_stats.csv` dosyasından alınmıştır.

Bu bölümde sunulan özet, yanın öncesi ve sonrası bitki örtüsü durumunu (NDVI) ve yanın etkisini (dNBR) niceł olarak ifade eder. NDVI 0 ile 1 arasında değer alır; daha yüksek değerler daha yoğun ve sağlıklı bitki örtüsünü gösterir. dNDVI iki tarih arasındaki NDVI farkıdır; negatif değerler yeşil örtüde azalmayı ifade eder. dNBR ise yanma şiddetine duyarlı bir fark ölçütüdür; yaklaşık 0.10–0.27 aralığı düşük, 0.27–0.44 aralığı orta, 0.44 ve üzeri daha yüksek şiddet seviyelerine karşılık gelir. Tablodaki ortalamalar, AOI genelinde NDVI'da ~ 0.073 birimlik düşüş (yaklaşık 0.584'ten 0.511'e; $dNDVI < 0$, bağıl $\sim 12.5\%$) ve $dNBR \approx 0.074$ ile çoğunlukla çok düşük/düşük şiddet sinyaline işaret etmektedir. Ancak bu değerler mekânsal farklılıklar düzler; yer yer daha yüksek şiddetli cepler bulunabilir. Bu nedenle yorum, şiddet haritaları ve sınıf dağılımı ile birlikte değerlendirilmelidir.

Etkilenen alan büyülükleri, sınıf piksel sayıları ve/veya eşiklerin literatürle karşılaştırılması ek bir tablo olarak verilebilir.

8 Sınırlıklar ve Belirsizlikler

Bulut ve duman kalıntıları, geometrik/atmosferik kalıntı hataları ve sınıflandırma eşiklerinin genellebilirliği sonuçları etkileyebilir. dNBR eşikleri AOI'ye ve saha gözlemlerine göre kalibre edilmelidir. Kompozit stratejisinin (median) seçimi mekânsal özgürlük ve bulutluluk koşullarına bağlıdır.

9 Tartışma ve Gelecek Çalışmalar

Yöntem, GEE altyapısıyla hızlı ve tekrarlanabilir analiz sağlar. Gelecekte RdNBR gibi normalize edilmiş fark metriklerinin denenmesi; arazi örtüsü/sınıf bilgisi ile birleştirilmiş analizler ve saha verisiyle karşılaşmalı doğrulama, karar destek perspektifinden yöntemin değerini artıracaktır. Ayrıca farklı sensörlerle (Landsat, Sentinel-1) çoklu-kaynak yaklaşımı geliştirilerek zamansal kapsam ve sağlanlık genişletilebilir.

10 Görüştürme

Harita görselleri, `analysis.ipynb` defterinden otomatik üretilen HTML ve PNG çıktıları üzerinden alınmıştır. Renk paletleri ve gösterim aralıkları `src/visualize.py` dosyasında `vis_params()` fonksiyonunda tanımlıdır.