

Google Earth Engine ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanarak Orman Yangını Şiddetinin Belirlenmesinde Farklı İndekslerin Karşılaştırılması: 2023 Hatay-Belen Yangını Örneği

Celal BIÇAKCI¹, Selim Serhan YILDIZ^{2*}

¹ Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Osmaniye Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, 80000, Osmaniye

² Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 80000, Osmaniye

¹<https://orcid.org/0000-0002-4743-2391>

²<https://orcid.org/0000-0001-6221-7035>

*Sorumlu yazar: serhan@osmaniye.edu.tr

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi:

Geliş tarihi: 15.12.2023

Kabul tarihi: 10.01.2024

Online Yayınlanma: 11.03.2024

Anahtar Kelimeler:

Coğrafi bilgi sistemleri

Google earth engine

Orman yangın haritası

dNBR

dNDVI

ÖZ

Orman yangınları sıkça rastlanan doğal afetlerden biridir ve önemli ekonomik kayıplara ve orman örtüsünün tahrip olmasına neden olmaktadır. Türkiye’de her yıl çeşitli nedenlerle birçok orman yangını meydana gelmektedir. Orman Genel Müdürlüğü’nün ormancılık istatistiklerine göre Türkiye’de sadece 2022 yılında 2160 adet orman yangını meydana gelmiş ve 12799 hektarlık ormanlık alan yanmıştır. Yangın sonucu tahrip olan alanların tespit edilmesi yangın sonrası iyileştirme çalışmalarına katkı sağlamaktadır. Orman yangınları sonucunda yanan alanların belirlenmesinde son yıllarda gelişen uydu teknolojileri ile Uzaktan Algılama (UA) yöntemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada Hatay ili, Belen ilçesinde 16.07.2023 tarihinde çıkan orman yangını Sentinel-2 uydu görüntüleri kullanılarak incelenmiştir. Google Earth Engine Platformunda (GEE) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak yangın şiddeti haritaları üretilmiş ve yanma şiddetlerine göre yanan alanlar hesaplanmıştır. Bu amaçla GEE platformunda yangın öncesi ve yangın sonrası Normalize Edilmiş Bitki İndeksi (NDVI) ve Normalize Edilmiş Yanma Şiddeti (NBR) indeksleri uydu görüntülerine uygulanmıştır. Daha sonra dNBR (Fark Normalize Edilmiş Yanma Şiddeti) ve dNDVI (Fark Normalize Edilmiş Bitki İndeksi) indeksleri oluşturulmuştur. dNBR ve dNDVI haritaları CBS araçları ile sınıflandırılarak orman yangının gerçekleştiği alana ait yanma şiddeti haritaları oluşturulmuştur. Her bir yanma şiddeti sınıfına ait yanan alanlar hesaplanmıştır. dNDVI ve dNBR indeksleri ile oluşturulan yanma şiddeti haritalarına göre toplam yanan alan sırasıyla 811,04 ha ve 826,02 ha olduğu tespit edilmiştir. dNDVI sonuçlarına göre yanan alanların %44,83’ü düşük şiddetli, %52,07’si orta-düşük şiddetli ve %3,09’u orta-yüksek şiddetlidir. Yüksek şiddetli yanmış alan bulunmamaktadır. dNBR sonuçlarına göre yanma şiddetlerine ait alan değerleri ise %33,45’i düşük şiddetli, %38,61’i orta-düşük şiddetli, %27,67’si orta-yüksek şiddetli ve %0,26’sı yüksek şiddetli yanma olarak hesaplanmıştır.

Comparison of Different Indices in Determination of the Burning Intensity Using Google Earth Engine and Geographic Information Systems: 2023 Hatay-Belen Forest Fire

Research Article

Article History:

Received: 15.12.2023

Accepted: 10.01.2024

Published online: 11.03.2024

ABSTRACT

Forest fires are frequent natural disasters and cause significant economic losses and destruction of forest cover. Every year, many forest fires occur in Turkey for various reasons. According to the forestry statistics of the General Directorate of Forestry, 2160 forest fires occurred in Turkey in

Keywords:

Geographic information systems
Google earth engine
Forest fire map
dNBR
dNDVI

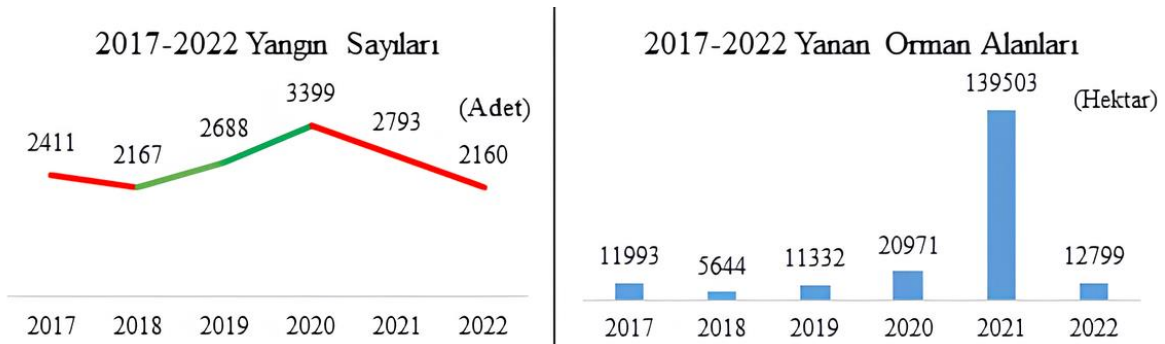
2022 and 12799 hectares of forest area burned. The determination of burned areas by forest fire contributes to post-fire recovery efforts. Remote Sensing (RS) methods and satellite technologies that have developed in recent years are widely used in determination of burned areas. In this study, the forest fire that occurred on July 16, 2023, in Belen district of Hatay province was examined using Sentinel-2 satellite images. Fire intensity maps were produced using the Google Earth Engine Platform (GEE) and Geographic Information Systems (GIS), and the burned areas were calculated by the burning intensity. For this aim, pre-fire and post-fire Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and Normalized Burning Ratio (NBR) indices were applied to satellite images on the GEE platform. Then, the dNBR (Difference Normalized Burning Ratio) and dNDVI (Difference Normalized Vegetation Index) indices were created. dNBR and dNDVI maps were classified with GIS tools and burning intensity maps of the forest fire area were created. Burned areas belonging to burning intensity classes were calculated. According to the burning intensity maps created with dNDVI and dNBR indices, the total burned area was determined as 811.04 ha and 826.02 ha, respectively. When the dNDVI results are examined, 44.83% of the burned areas are in the low intensity class, 52.07% in the medium-low intensity class and 3.09% in the medium-high intensity class. There are no high intensity burned areas in dNDVI results. In dNBR results, the distribution of burned areas depending on intensities is 33.45%, 38.61%, 27.67% and 0.26% in the same order as dNDVI.

To Cite: Bıçakçı C., Yıldız SS. Google Earth Engine ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanarak Orman Yangını Şiddetinin Belirlenmesinde Farklı İndekslerin Karşılaştırılması: 2023 Hatay-Belen Yangını Örneği. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 2024; 7(2): 708-719.

1. Giriş

Dünya üzerindeki tüm toprakların üçte birini kapsayan ormanlar, dünyadaki oksijenin yaklaşık üçte ikisini üreten önemli bir çevresel kaynaktır (McKinley ve ark., 2011; Keenan ve ark., 2015). Ormanlar ekosistemde ve iklimde belirleyici bir etkiye sahip olmakla birlikte sağlık, sanayi, turizm, ekonomi gibi farklı birçok alanda ülke ekonomisine katkıda bulunan önemli bir yenilenebilir kaynaktır (Yılmaz ve ark., 2021). Ancak ormanlar iklim değişikliği, orman yangınları, toprak kaymaları ve haşereler gibi çeşitli felaketlere karşı hassastır (Mollicone ve ark., 2006; McKinley ve ark., 2011).

Türkiye’de her yıl binlerce hektarlık orman alanının yok olduğu orman yangınları meydana gelmektedir. Orman Genel Müdürlüğü’nün ormancılık istatistiklerine göre Türkiye’de 2017-2022 yılları arasındaki yangın sayıları ve yanan orman alanları Şekil 1’de gösterilmiştir (URL-1).



Şekil 1. 2017-2022 Türkiye’deki orman yangını sayıları ve yanan orman alanları (URL-1).

Orman Genel Müdürlüğünün 2022 yılı verilerine göre orman yangınlarının bölge müdürlüklerine göre alan olarak dağılımında Muğla, Mersin, İzmir, Çanakkale ve Adana ilk sıralarda yer almaktadır (URL-1). İklim çeşitliliği bakımından zengin olan ülkemizde yazları kurak geçen Akdeniz ve Ege bölgelerinde orman yangın riski oldukça yüksektir (Oğuz ve ark., 2021).

Büyük alanlarda etkili olan ve uzun süren yangınlar, meydana geldiği bölgede bitki örtüsünü tahrip ederken bu alandaki habitatında zarara uğramasına, canlıların yaşam alanlarının zarar görmesine ve ekonomik kayıplara sebep olmaktadır. Bu nedenle yangın sonucunda meydana gelen ekolojik etkilerin ve ekonomik zararların belirlenmesi için orman yangınlarının sebep olduğu tahribatın tespit edilmesi, etkilenen alanların belirlenerek haritalanması büyük önem taşımaktadır (Gürbüz, 2023). UA yöntemlerine yeni teknolojik gelişmelerin eklenmesiyle, yangından etkilenen alanların belirlenmesi, orman yangınları sonucunda yanan yerlerin tespiti ve alanların hesaplanması, yangın sonrası gerçekleştirilecek iyileştirme süreçlerinin planlanmasında UA yöntemleri ile CBS sıkça kullanılan araçlar haline gelmiştir (Cavdaroglu, 2021; Güzel ve ark., 2021; Konkathi ve Shetty, 2021; Yılmaz ve ark., 2021; Gürbüz, 2022).

Gürbüz (2022), çalışmasında orman yangınından sonraki tahribat ve yanan alana ait iyileştirme sürecini GEE platformunda Landsat 8 görüntüleri kullanarak NBR ve NDVI yöntemleri ile tespit etmiştir. Cavdaroglu (2021), GEE platformunda Sentinel-2 uydu görüntüleri kullanarak yangın öncesi ve sonrasına ait uydu görüntülerine NBR uygulamış ve yanan alanları belirlemiştir. Konkathi ve Shetty (2021), yanan alanları ve yangının şiddetini tespit etmek için GEE kullanarak Sentinel-2 ve Landsat-8 gibi yüksek çözünürlüklü çok spektrumlu görüntülere NBR yöntemi uygulamış ve yanan alanların yanma şiddetinin değerlendirmesini gerçekleştirmiştir. Güzel ve ark. (2021), orman yangınları tarafından tahrip edilen alanların yenilenme sürecinin izlenmesi amacıyla GEE platformunda 2000-2020 yılları arasındaki MODIS uydu görüntülerine NDVI analizi gerçekleştirmiştir. Yılmaz ve ark. (2021), Hatay'ın Belen ilçesinde 2020 yılında gerçekleşen yangın alanındaki yanma derecelerini GEE platformunda Sentinel-2A uydu görüntüleri ile NDVI, NBR ve dNBR yöntemlerini kullanarak belirlemiştir. Bunun yanında yanma şiddeti ile topografik etkenler arasındaki ilişki CBS tabanlı olarak irdelenmiştir.

Son zamanlarda UA çalışmalarında GEE platformunun yaygın kullanımı dikkat çekmektedir (Yılmaz ve ark., 2021). GEE platformu tüm yeryüzü için Landsat, Sentinel-2 ve MODIS gibi uydulara ait farklı çözünürlüklerdeki çeşitli verilere sahip olan ücretsiz bir bulut bilişim platformudur (URL-2). GEE yüksek hesaplama hızına sahiptir ve geniş bir alana kolaylıkla uygulanabilmektedir (Gorelick ve ark., 2017). GEE platformunda kodlar kullanılarak konumsal verilerin analizi ve işlenmesi mümkündür (Liu ve Duan, 2018; Sidhu ve ark., 2018).

Bu çalışmada GEE kullanarak yanan orman alanlarının hızlı bir şekilde belirlenmesi ve yangın şiddetine göre bölgelerin derecelendirilerek haritalanması amaçlanmıştır. Bu amaçla Hatay ili, Belen ilçesinde 16.07.2023 tarihinde çıkan orman yangını Sentinel-2 uydu görüntüleri kullanılarak incelenmiştir. Bu kapsamda GEE içerisinden temin edilen yangın öncesine ve yangın sonrasına ait Sentinel-2 uydu

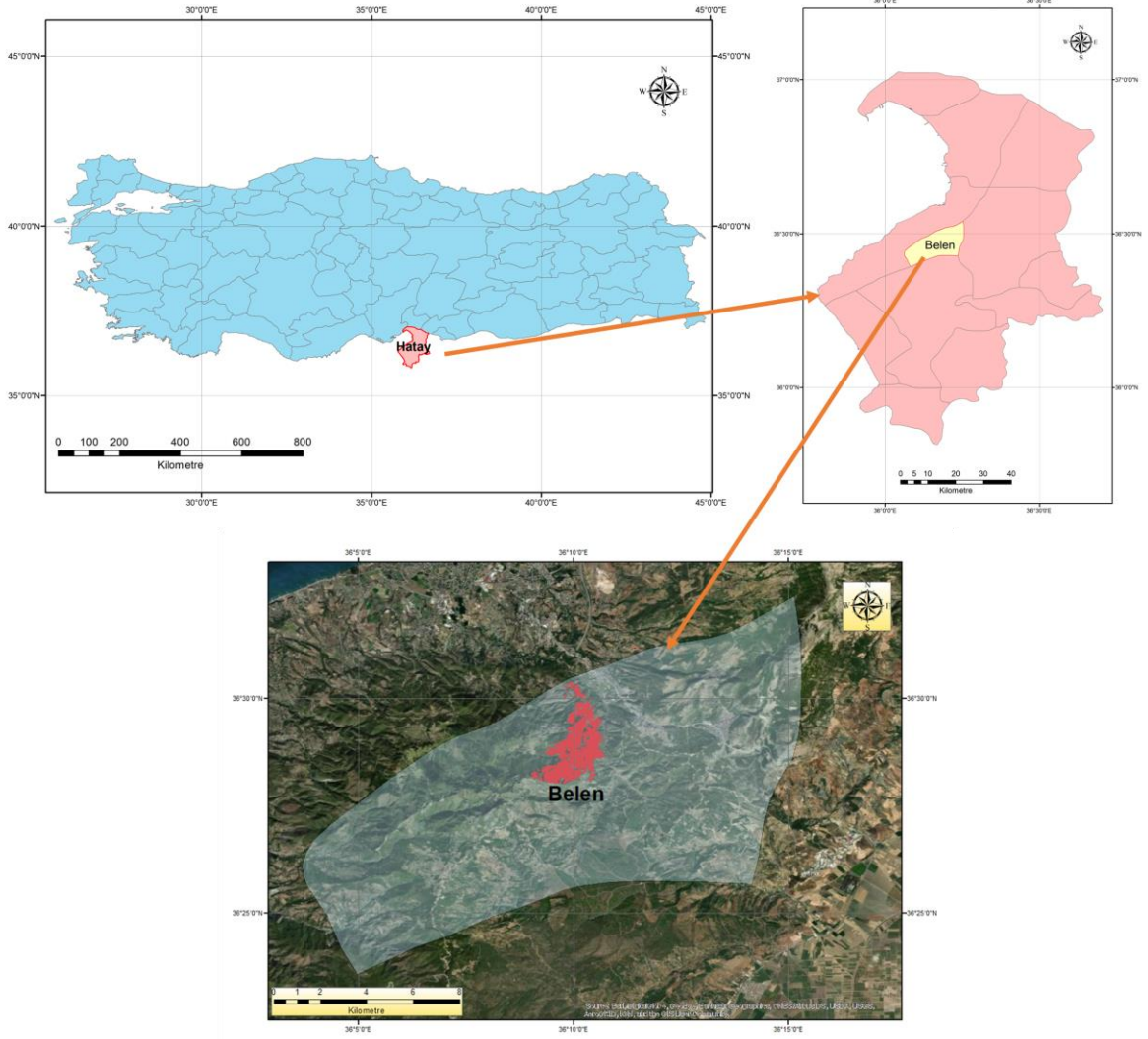
görüntüleri kullanılarak yangın bölgesine ait haritalar oluşturulmuştur. Yangın şiddetini belirlemek için yangın öncesi ve sonrasına ait görüntüler ile dNBR haritası oluşturulmuştur. Daha sonra yangın öncesi ve sonrasına ait görüntülere NDVI uygulanmış ve iki tane NDVI haritası elde edilmiştir. Elde edilen NDVI haritaları kullanılarak farklandırılmış dNDVI haritası oluşturulmuştur. Bölgedeki yanan alanın tespiti için iki farklı indeks uygulanmıştır. GEE platformunda uygulanan kod ile uydu görüntüsü indirilmeden bulut ortamında analizler gerçekleştirilmiştir. İki farklı indeks kullanılarak yanan orman alanları belirlenmiş, yangın derecelendirme haritaları CBS ortamında üretilmiş ve dNBR ile dNDVI sonuçları karşılaştırılmıştır.

2. Çalışma Alanı

Çalışma alanı Hatay ilinin Amanos Dağlarındaki tek ilçesi olan Belen ilçesidir. İlçenin yüzölçümü 184 kilometrekaredir. İlçenin doğusunda Kırıkhan, batısında Arsuz, kuzeyinde İskenderun ve güneyinde Antakya ilçeleri bulunmaktadır (Şekil 2). Topraklarının geneli dağlık alanlarda yer alan ilçede Akdeniz iklimi görülmekte; yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve yağışlı geçmektedir. 740 metre rakıma sahip olan Belen ilçesinin bitki örtüsünü makiler ve ormanlar oluşturmaktadır. Amanos Dağları'nın Amik Ovası ve Akdeniz kısmına bakan bölümlerinde 700 metreden 1200 metreye kadar ardıç, sedir, çınar, kızılçam ve karaçam ağaçlarından oluşan ormanlar bulunmaktadır (URL-3).

3. Materyal

Yanmış orman alanlarının belirlenmesinde GEE platformunun en çok kullanılan araçlardan biri olması, yüksek boyutlu depolamaya ihtiyaç duymaması ve hızlı analizlere imkân sağlaması gibi etkenlerden dolayı bu çalışmada GEE platformu kullanılmış ve yanan orman alanların belirlenmesine ve yanma şiddetinin tespitine odaklanılmıştır. Bu çalışmada yangın öncesi ve sonrasına ait uydu görüntüleri kullanılarak yangında tahrip olan alanlar ve yanma şiddetleri incelenmiştir. Yanma şiddetlerinin derecelendirilmesi ve haritalanması CBS ortamında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada GEE platformunda kullanılan Sentinel-2 uydu görüntülerine ait bantlar ve özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.



Şekil 2. Çalışma alanı

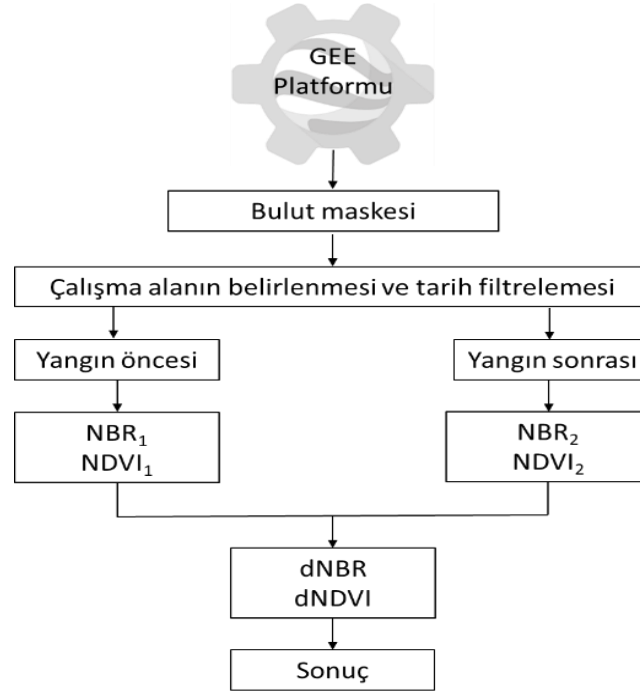
Tablo 1. Sentinel-2 uydusunun bant özellikleri (Kaplan ve Avdan, 2017)

| Sentinel-2 Bandı | Merkezi dalga boyu (μm) | Çözünürlük (m) |
|----------------------------------|--------------------------------------|----------------|
| Bant-1 Kıyı Aerosolü | 0,433 | 60 |
| Bant-2 Mavi | 0,490 | 10 |
| Bant-3 Yeşil | 0,560 | 10 |
| Bant-4 Kırmızı | 0,665 | 10 |
| Bant-5 Vejetasyon kırmızı kenar | 0,705 | 20 |
| Bant-6 Vejetasyon kırmızı kenar | 0,740 | 20 |
| Bant-7 Vejetasyon kırmızı kenar | 0,783 | 20 |
| Bant-8 NIR | 0,842 | 10 |
| Bant-8B Vejetasyon kırmızı kenar | 0,865 | 20 |
| Bant-9 Su buharı | 0,945 | 60 |
| Bant-10 SWIR - Cirrus | 1,375 | 60 |
| Bant-11 SWIR | 1,610 | 20 |
| Bant-12 SWIR | 2,190 | 20 |

16 Temmuz 2023 tarihinde başlayan ve üç gün sonra kontrol altına alınabilen Belen yangınında tahrip olan alanları ve yanma şiddetlerini belirlemek için yangın öncesi 10-15 Temmuz 2023 ve yangın sonrası 24-29 Temmuz 2023 tarihleri arasında ait Sentinel-2 uydu görüntüleri kullanılmıştır.

4. Metot

Belen ilçesinde 16.07.2023 tarihinde çıkan orman yangının şiddetinin GEE platformunda farklı indeksler kullanılarak belirlenmesi amacıyla öncelikli olarak yangın öncesi ve sonrasına ait uydu görüntüleri için tarih aralıkları belirlenmiştir. Daha sonra Şekil 3'te gösterilen adımlar uygulanarak yangın sonrası yanan alan ve yanma şiddetleri tespit edilmiştir.



Şekil 3. Akış şeması

İlk olarak GEE platformu üzerinden çalışma alanı belirlenmiş ve çalışma alanını kapsayan Sentinel-2 uydu görüntüleri tespit edilmiştir. Belirlenen uydu görüntülerinde bulut filtrelemesi gerçekleştirilerek bulutluluk oranı %5'ten küçük olmasına dikkat edilmiştir. Yangın öncesi için 10-15 Temmuz 2023, yangın sonrası için ise 24-29 Temmuz 2023 tarihlerini kapsayan görüntüler GEE'ye aktarılmıştır. GEE platformunun kullanıcıya sağladığı önemli avantajlardan biri, uydu görüntüleri için radyometrik ve atmosferik düzeltmelerin gerçekleştirilmiş olması ve kullanıcının başka bir ek düzeltme işlemine ihtiyaç duymamasıdır. Bu sayede çalışmada Sentinel-2 verileri herhangi bir ek düzeltme işlemi uygulanmadan doğrudan kullanılmıştır.

UA uygulamalarında yeşil bitki örtüsünün belirlenmesinde, artış ve azalışının izlenmesinde en sık kullanılan indeks NDVI indeksidir (Sabuncu ve Özener, 2019). NDVI bitki indeksi 1974 yılında Rouse Jr ve ark. (1974) tarafından geliştirilmiştir (Rouse ve ark., 1974). Uydu görüntülerine Eşitlik 1 uygulanarak NDVI hesaplaması sonucunda görüntüdeki her bir piksel (-1) ile (+1) arasında değişen bir değer ile sonuçlanır (Arekhi ve ark., 2019). Bitki örtüsünün yoğun olduğu yerlerde NDVI +1'e yaklaşırken, bitki örtüsünün seyrek ve çıplak olduğu alanlarda NDVI değeri sıfıra yaklaşmaktadır. Kar, su ve bulut gibi farklı nesnelere NDVI değerleri ise -1'e yakındır (Hatfield ve ark., 1985). Bu çalışmada NDVI bitki indeksi (Eşitlik 1) yangın öncesi ve yangın sonrası Sentinel-2 görüntüleri için NDVI₁ ve

NDVI₂ olarak hesaplanmıştır. Burada NDVI₁ yangın öncesi, NDVI₂ yangın sonrası durumu ifade etmektedir.

$$NDVI = \frac{Bant\ 8 - Bant\ 4}{Bant\ 8 + Bant\ 4} \quad (1)$$

Orman yangınları sonrasında yanan alanların tespiti ve meydana gelen bitki örtüsü değişikliği için NDVI haricinde, uydu görüntüleri ile oluşturulmuş spektral indeksler kullanılmaktadır. Yanan orman alanlarının belirlenmesinde NBR indeksinin literatürde sıklıkla kullanıldığı görülmektedir (Cavdaroğlu, 2021; Sabuncu ve Özener, 2019; Konkathi ve Shetty, 2021; Gürbüz, 2022; Aksoy ve Çabuk, 2018). NBR indeksi (Eşitlik 2), ormanlık alanlara ait yangın öncesi ve sonrasına ait görüntüler arasındaki değişikliği saptamak için Bant 8 (NIR) ve Bant 12 (SWIR) değerlerini kullanmaktadır (Key ve Benson, 2005). NBR'den elde edilen sonuçlar -1 ve +1 arasında değerler alır.

$$NBR = \frac{Bant\ 8 - Bant\ 12}{Bant\ 8 + Bant\ 12} \quad (2)$$

Belirlenen tarih aralıklarına göre yangın öncesi ve sonrasına ait Sentinel-2 görüntüleri ile NBR1 ve NBR2 hesaplanmıştır. Burada NBR1 yangın öncesi ve NBR2 yangın sonrası durumu ifade etmektedir. Orman yanma şiddeti haritalarının tespitinde yaygın olarak kullanılan dNBR, Miller ve Thode (2007) tarafından geliştirilmiş ve yapılan çalışmada bitki örtüsünde meydana gelen yanma şiddeti sınıflandırılmıştır. dNBR, yangın öncesi ve sonrası NBR indekslerinin çıkarılması sonucunda elde edilmektedir (Miller ve Thode, 2007).

Sentinel uydu görüntülerine farklı indekslerin uygulanması ile elde edilen dNDVI ve dNBR analiz sonuçları CBS ortamına aktarılmıştır. Görüntülerdeki her bir pikselin sahip olduğu değer ve USGS FIREMON (Fire Effects Monitoring And Inventory Protocol) tarafından bir bölgedeki yanma şiddetini tanımlamak üzere belirlenmiş eşik değerler kullanılarak görüntüler sınıflandırılmıştır (Tablo 2). Sınıflandırma sonucunda yanma şiddeti haritaları oluşturulmuştur (Lutes ve ark., 2006).

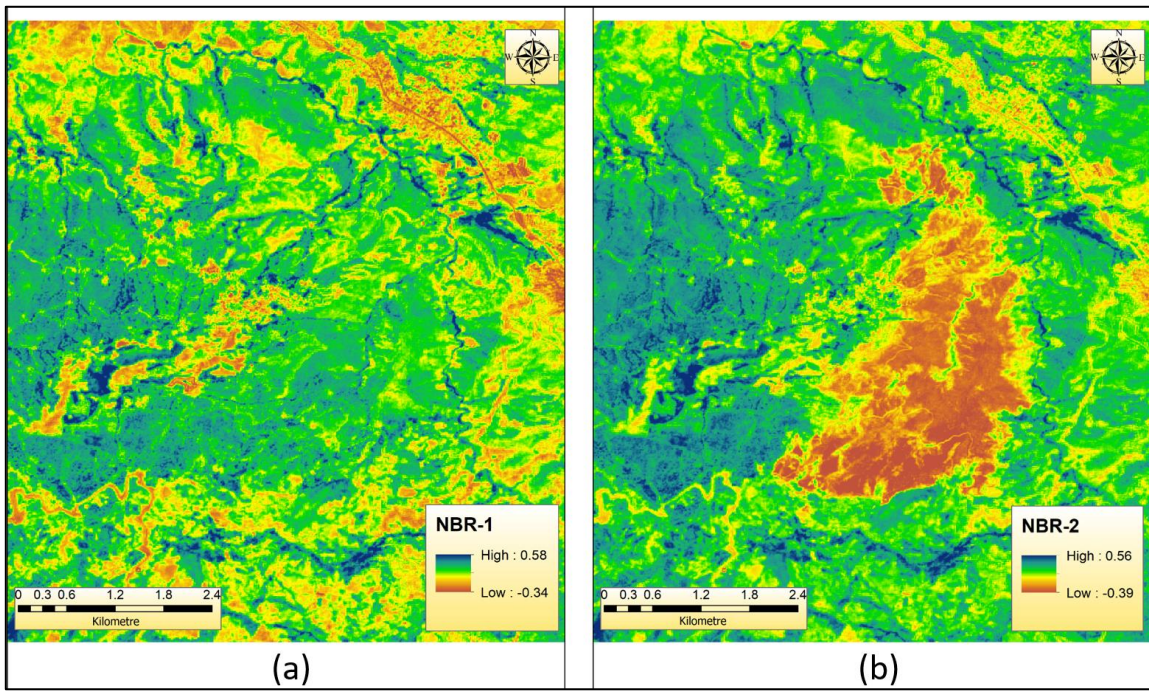
Tablo 2. Yanma şiddeti sınıflarının eşik değer değerleri (Lutes ve ark., 2006)

| Sıra No | Eşik Değeri | Yanma Şiddeti Sınıfı |
|---------|-----------------|------------------------------------|
| 1 | -0,50 ile -0,25 | Yüksek seviyede yeniden yeşillenme |
| 2 | -0,25 ile -0,1 | Düşük seviyede yeniden yeşillenme |
| 3 | -0,1 ile 0,1 | Yanmamış alan |
| 4 | 0,1 ile 0,27 | Düşük şiddetli yanma |
| 5 | 0,27 ile 0,44 | Orta-düşük şiddetli yanma |
| 6 | 0,44 ile 0,66 | Orta-yüksek şiddetli yanma |
| 7 | 0,66 ile 1,30 | Yüksek şiddetli yanma |

Elde edilen yanma şiddeti haritalarında her bir sınıfa ait piksel sayısı belirlenmiş. Daha sonra piksel sayıları kullanılarak her bir sınıfa ait alanlar hesaplanarak toplam yanan alan hesaplanmıştır.

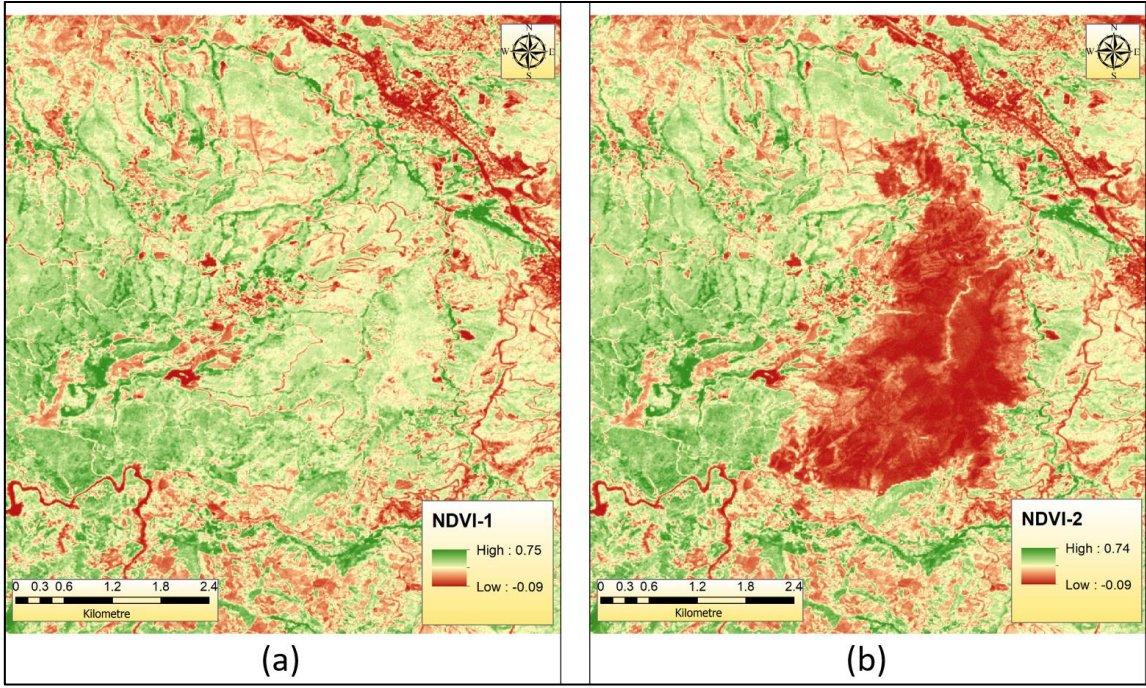
5. Bulgular

Yangından sonra bitkilerde meydana gelen kimyasal değişiklik bitkilerin spektral yansımalarını değiştirmektedir. Sağlıklı bitkilerdeki klorofile duyarlı NIR bandı ile bitki içeriğindeki ve topraktaki su içeriğine, oksitler ve kil gibi minerallere hassas SWIR-2 bandının matematiksel bağıntısı sonucu elde edilen NBR indeksi yanmış alanlarda oluşan kimyasal değişikliğe karşı duyarlıdır (Lutes ve ark., 2006; Yılmaz ve ark., 2021). NBR indeksinin uygulanması sonucunda görüntüdeki her bir piksel -1 ve +1 arasında değer almaktadır. +1 değeri sağlıklı bitki örtüsünü, -1 değeri ise çıplak zemini ve yakın zamanda yanmış alanları temsil etmektedir. Bitki örtüsündeki zararı belirlemek için GEE platformunda uydu görüntülerine NBR indeksi uygulanmış; yangın öncesi ve yangın sonrasına ait sonuçlar elde edilmiştir (şekil 4).



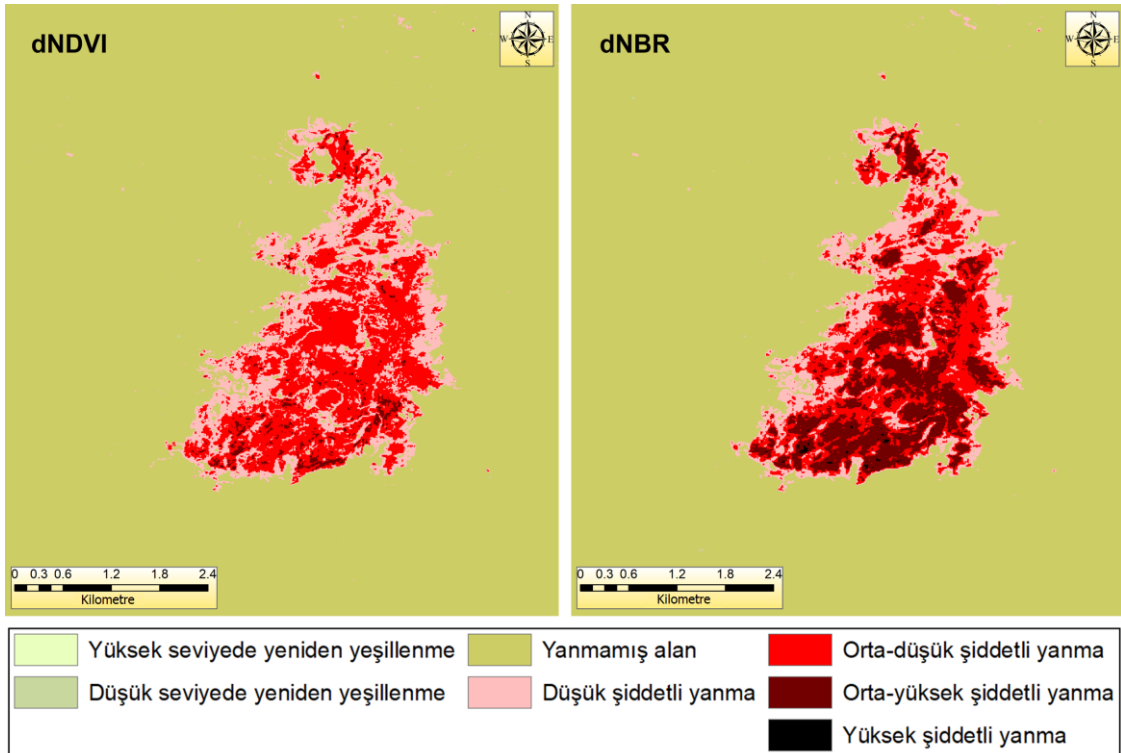
şekil 4. Yangın öncesine (a) ve yangın sonrasına (b) ait NBR indeksi uygulaması

Uydu görüntülerine ait yakın kızıl ötesi ve kırmızı bantların matematiksel bir oranla ifade edilmesi ile elde edilen NDVI, bitki örtüsünün izlenmesinde kullanılmaktadır. NDVI indeksi uygulaması sonucunda elde edilen görüntüde pikseller -1 ile +1 arasında değerler alır. Klorofil açısından zengin bitkilere ait değer +1'e yaklaşırken, klorofil bakımından zayıf ya da l bitkilere ait değer -1'e yaklaşmaktadır. Çalışma alanındaki yanmış alanı belirlemek için GEE platformunda yangın öncesi ve yangın sonrasına ait uydu görüntülerine NDVI indeksi uygulanmış ve sonuçlar elde edilmiştir (şekil 5).



Şekil 5. Yangın öncesi (a) ve yangın sonrasına (b) ait NDVI indeksi uygulaması

Yangın öncesi ve sonrasına ait NBR ve NDVI analiz sonuçları kullanılarak dNBR ve dNDVI görüntüleri GEE platformunda oluşturulmuştur. Oluşturulan görüntüler CBS ortamına aktarılarak her bir pikselin almış olduğu değere göre sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiş ve orman yangınının yanma şiddeti haritaları farklı indeksler kullanılarak oluşturulmuştur (Şekil 6).



Şekil 6. Çalışma alanının farklı indeksler kullanılarak oluşturulan yanma şiddeti haritaları

CBS ortamında oluşturulan sınıflandırılmış görüntüler üzerinden her bir sınıfa ait alan değeri hesaplanmıştır. Hesaplanan alanlardan yanan alanlara ait veriler Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Toplam yanan alanlar

| Sınıf | dNDVI(ha) | dNBR(ha) |
|----------------------------|-----------|----------|
| Düşük şiddetli yanma | 363,62 | 276,32 |
| Orta-düşük şiddetli yanma | 422,32 | 318,96 |
| Orta-yüksek şiddetli yanma | 25,10 | 228,59 |
| Yüksek şiddetli yanma | 0,00 | 2,15 |

6. Sonuçlar

Bu çalışma kapsamında 2023 yılı Temmuz ayında Hatay'ın Belen ilçesinde meydana gelen orman yangını alanı çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Sentinel 2 uydu görüntüleri ile GEE ve CBS platformları kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir. Literatürde orman yangını şiddetinin belirlenmesini konu alan çalışmalarda NDVI ve NBR indeksleri sıklıkla kullanıldığı ve başarılı sonuçlar elde edildiği görülmüştür (Çavdaroglu, 2021; Konkathi ve Shetty, 2021; Yılmaz ve ark., 2021; Gürbüz, 2022). Bu çalışmada Orman yangını şiddetinin belirlenmesinde bu iki indeks kullanılarak oluşturulan dNDVI ve dNBR yardımıyla orman yanma şiddeti haritalar oluşturulmuştur. Bu indekslerin yanmış alanların belirlenmesindeki karşılaştırılması vurgulanmıştır. Ayrıca, GEE platformunda yazılan kod ile uydu görüntülerini indirme ve görüntülere düzeltme yapılmaması gereksinimi duymadan platform ortamında çok daha kolay ve hızlı işlenebildiği gösterilmiştir.

Orman yangını sonrası bilgiye ulaşmak için 10 m mekânsal çözünürlüğe sahip Sentinel-2 görüntüleri oldukça kullanışlıdır. Geliştirilen indekslerin kullanımı ile yanmış orman alanlarının tespiti ve yanma şiddetlerinin belirlenmesine dair bulunan sonuçlar hızlı bir şekilde elde edilmektedir. Bu çalışmada gerçekleştirilen NBR indeksi uygulaması sonucunda yangından zarar gören bitki örtüsünün yangın sonrası negatif değer aldığı tespit edilmiştir ve haritada kırmızı olarak renklendirilmiştir. Bitki örtüsündeki zararın şiddetini belirlemek için yangın öncesi ve yangın sonrası NBR indeksi farkı olan dNBR haritası oluşturulmuştur. Oluşturulan haritadan yangın alanında orta-düşük şiddetli ve orta-yüksek şiddetli yanma meydana gelen alanların ağırlıklı olduğu tespit edilmiştir. NDVI indeksi uygulaması sonucunda sağlıklı bitki örtüsünün yangın sonrasında klorofil bakımından zayıf ya da ölü bitkilere ait değer olan negatif değer aldığı görülmektedir. Yangın sonrası klorofil bakımından zayıf ya da ölü bitkilere ait alanlar haritada kırmızı ile gösterilmiştir. Bitki örtüsündeki zararın şiddetini belirlemek için yangın öncesi ve yangın sonrası NDVI indeksi farkı olan dNDVI haritası oluşturulmuş, oluşturulan haritadan yangın alanının büyük miktarında orta-düşük şiddetli yanma meydana geldiği tespit edilmiştir.

Çalışma alanındaki yangın sonucu, dNDVI ve dNBR indeksleri ile oluşturulan yanma şiddeti haritalarına göre toplam yanan alan sırasıyla 811,04 ha ve 826,02 ha olduğu tespit edilmiştir. Toplam yanan alanlarda, dNDVI sonuçlarına göre yanan alanın %44,83'ü düşük şiddetli, %52,07'si orta-düşük

şiddetli, % 3,09'u orta-yüksek şiddetli yanmış alan, yüksek şiddetli yanmış alan ise sıfır olarak hesaplanmıştır. dNBR sonucuna göre yanma şiddetlerinin toplam yanan alandaki dağılımı ise %33,45'i düşük şiddetli, %38,61'i orta-düşük şiddetli, %27,67'si orta-yüksek şiddetli ve %0,26'sı yüksek şiddetli yanma olarak hesaplanmıştır. dNDVI ve dNBR ile elde edilen sonuçlar incelendiğinde toplam yanan alan miktarlarının birbirine yakın olmakla birlikte, farklı yanma şiddetlerine ait alanlarda farklılıklar olduğu tespit edilmiştir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağladıklarını beyan eder.

Kaynakça

- Aksoy T., Çabuk A. Orman yangını sonrası uzaktan algılama yöntemleri ile yangın şiddetinin tespiti İzmir Menderes orman yangını örnekleme. Uluslararası Marmara Fen ve Sosyal Bilimler Kongresi, 23-25 Kasım 2018, sayfa no:1221-1226, Kocaeli.
- Arekhi M., Goksel C., Balık Sanlı F., Senel G. Comparative evaluation of the spectral and spatial consistency of Sentinel-2 and Landsat-8 OLI data for Igneada Longos Forest. ISPRS International Journal of Geo-Information 2019; 8(2): 56-69.
- Cavdaroglu GC. Google Earth Engine based approach for finding fire locations and burned areas in Muğla, Turkey. American Journal of Remote Sensing 2021; 9(2): 72-77.
- Gorelick N., Hancher M., Dixon M., Ilyushchenko S., Thau D., Moore R. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. Remote Sensing of Environment 2017; 202: 18-27.
- Gürbüz E. Uzaktan algılama ile yangın şiddeti belirlenmesinde farklı indekslerin karşılaştırılması. Harita Dergisi 2023;170: 8-22.
- Gürbüz E. Google Earth Engine ile yangın tahribatının ve sonrası iyileştirme süreçlerinin izlenmesi. VIII. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu, 17-19 Kasım 2022, sayfa no: 335-341, Ankara.
- Güzel A., Bıçaklı K., Bıçaklı F., Kaplan G. Monitoring the regeneration process of areas destroyed by forest fires aided by Google Earth Engine. Kastamonu University Journal of Forestry Faculty 2021; 21(2): 122-130.
- Hatfield JL., Kanemasu ET., Asrar G., Jackson RD., Pinter PJ Jr., Reginato RJ., Id SB. Leaf area estimates from spectral measurements over various planting dates of wheat. International Journal of Remote Sensing 1985; 6(1): 67-75.
- Kaplan G., Avdan U. Object-based water body extraction model using Sentinel-2 satellite imagery. European Journal of Remote Sensing 2017; 50(1): 137-143.

- Keenan RJ., Reams GA., Achard F., de Freitas JV., Grainger A., Lindquist E. Dynamics of global forest area: Results from the FAO global forest resources assessment 2015. *Forest Ecology and Management* 2015; 352: 9-20.
- Key CH., Benson NC. Landscape assessment: remote sensing of severity, the normalized burn ratio and ground measure of severity, the composite burn index. FIREMON: Fire effects monitoring and inventory system Ogden, Utah: USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station; 2005.
- Konkathi P., Shetty A. Inter comparison of post-fire burn severity indices of Landsat-8 and Sentinel-2 imagery using Google Earth Engine. *Earth Science Informatics* 2021; 14: 645-653.
- Liu J., Duan Z. Quantitative assessment of landslide susceptibility comparing statistical index, index of entropy, and weights of evidence in the Shangnan area. China. *Entropy* 2018; 20(11): 868-890.
- Lutes DC., Keane RE., Caratti JF., Key CH., Benson NC., Sutherland S., Gangi LJ. Firemon: Fire effects monitoring and inventory system. technical report RMRS-GTR-164-CD. US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station: Fort Collins, CO, USA, 2006.
- McKinley DC., Ryan MG., Birdsey RA., Giardina CP., Harmon ME., Heath LS., Houghton RA., Jackson RB., Morrison JF., Murray CB., Pataki DE., Skog KE. A synthesis of current knowledge on forests and carbon storage in the United States. *Ecological Applications* 2011; 21(6): 1902-1924.
- Miller JD., Thode AE. Quantifying burn severity in a heterogeneous landscape with a relative version of the delta normalized burn ratio (dNBR). *Remote Sensing of Environment* 2007; 109(1): 66–80.
- Mollicone D., Eva HD., Achard F. Human role in Russian wild fires. *Nature* 2006; 440(7083) : 436-437.
- Oğuz K., Oğuz E., Çamalan, G. İzmir-Tirazlı orman yangınının uydu ve model verileri ile analizi. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi* 2021; 4(1): 1-12.
- Rouse JW., Haas RH., Schell JA., Deering DW. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *Technology Satellite-1 Symposium*, 10-14 December 1974, page: 309-351, Washington.
- Sabancı A., Özener H. Uzaktan algılama teknikleri ile yanmış alanların tespiti: İzmir Seferihisar orman yangını örneği. *Artvin Çoruh Üniversitesi Doğal Afetler Uygulama ve Araştırma Merkezi Doğal Afetler ve Çevre Dergisi* 2019; 5(2): 317-326.
- Sidhu N., Pebesma E., Câmara G. Using Google Earth Engine to detect land cover change: Singapore as a use case. *European Journal of Remote Sensing* 2018; 51(1): 486-500.
- URL-1 <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane/resmi-istatistikler> (Erişim tarihi: 15.11.2023)
- URL-2 <https://earthengine.google.com/> (Erişim tarihi: 20.11.2023)
- URL-3 <https://tr.wikipedia.org/wiki/Belen> (Erişim tarihi: 11.10.2023)
- Yılmaz OS., Oruç MS., Ateş AM., Gülgen F. Orman yangın şiddetinin Google Earth Engine ve Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanarak analizi: Hatay-Belen örneği. *Journal of the Institute of Science and Technology* 2021; 11(2): 1519-1532.