

GOOGLE EARTH ENGINE YARDIMIYLA MULTİ-SPEKTRAL UYDU GÖRÜNTÜLERİ KULLANILARAK MISIR BİTKİSİ GELİŞİMİNİN İZLENMESİ

Osman Yavuz ALTUNTAŞ¹, Muhammed Yusuf ÖZTÜRK¹, İsmail ÇÖLKESEN¹

¹Arş. Gör., Gebze Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 41400, Gebze, Kocaeli, oyavuzaltuntas@gtu.edu.tr

¹Arş. Gör., Gebze Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 41400, Gebze, Kocaeli, m.ozturk2020@gtu.edu.tr

¹Doç. Dr., Gebze Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 41400, Gebze, Kocaeli, icolkesen@gtu.edu.tr

ÖZET

Mısır bitkisi binlerce yıldır pek çok ülkede tarımı yapılan önemli bitkilerden bir tanesidir. Ülkemizde arpa ve buğdaydan sonra yer alan ve tarımı yapılan bir bitkidir. Hayvan yemi ve insan gıdası olarak kullanılmakta ve sanayide ham madde ihtiyacını karşılamaktadır. Ekonomik ve gıda arzı açılarından bakıldığında mısır bitkisinin fenolojik gelişiminin izlenmesi önem arz etmektedir. Uzaktan algılama teknolojileri, ürün gelişimi koşullarını izlemek için etkili bir araç olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu çalışmada, mısır bitkisinin fenolojik gelişimi Google Earth Engine platformu üzerinden çok zamanlı Landsat-8 ve Sentinel-2 uydu görüntüleri kullanılarak izlenmiştir. Gelişime, 2018- 2021 yılları dahil olmak üzere aralıktaki her yıl için Mayıs- Ekim aylarını kapsayacak şekilde bakılmıştır. Bu amaç doğrultusunda Sakarya ili Ferizli ilçesinde mısır ekimi yapılan toplam 9 parsel seçilmiştir. Aylık bazda Arazi Yüzey Sıcaklığı (Land Surface Temperature- LST) ve bitki indeksleri (NDVI, EVI) arasındaki ilişki incelendiğinde, LST değerlerinin düşük olduğu görüntülerde bitki indeksi değerleri nispeten daha yüksek olduğu, LST değerlerinin yüksek olduğu görüntülerde ise bitki indeksi değerlerinin nispeten daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca verim (kg/ m²) ile bitki indeksleri (NDVI, EVI) arasındaki korelasyona yıllık bazda bakılmıştır. Verim ile NDVI arasında, Landsat-8 ve Sentinel-2 uydu görüntüleri için sırasıyla 0,91 ve 0,98 korelasyon görülürken Verim ile EVI arasında, Landsat 8 ve Sentinel 2 uydu görüntüleri için sırasıyla 0,87 ve 0,93 korelasyon görülmüştür.

Anahtar Sözcükler: Google Earth Engine, Mısır, Arazi yüzey sıcaklığı, Normalize edilmiş fark bitki örtüsü indeksi, Gelişmiş bitki örtüsü indeksi

ABSTRACT

MONITORING MAIZE PLANT DEVELOPMENT USING MULTI-SPECTRAL SATELLITE IMAGES WITH THE HELP OF THE GOOGLE EARTH ENGINE

The maize plant is one of the essential plants cultivated in many countries for thousands of years. It is a plant located after barley and wheat in our country and is cultivated. It is used as animal feed and human food and meets the need for raw materials in the industry. In terms of economic and food supply, it is important to monitor the phenological development of the maize plant. Remote sensing technologies have been widely used as an effective tool for monitoring plant development conditions. In this study, the phenological development of the maize plant was monitored using multitemporal Landsat-8 and Sentinel-2 satellite images via the Google Earth Engine platform. Development is looked at from May to October for each year in the range, including 2018-2021. For this study, 9 parcels cultivated with maize located in the Ferizli district of Sakarya province were selected. When the relationship between Land Surface Temperature (LST) and vegetation indices (NDVI, EVI) was examined monthly, the vegetation index values were relatively higher in images with low LST values, while the vegetation index values were relatively lower in images with high LST values. In addition, the correlation between yield (kg/ m²) and vegetation indices (NDVI, EVI) was examined annually. While 0.91 and 0.98 correlations were seen between Yield and NDVI for Landsat-8 and Sentinel-2 satellite images, respectively, 0.87 and 0.93 correlations were observed between Yield and EVI for Landsat-8 and Sentinel-2 satellite images, respectively.

Keywords: Google Earth Engine, Maize, Land Surface Temperature, Normalized Difference Vegetation Index, Enhanced Vegetation Index

1. GİRİŞ

Kültür bitkileri içerisinde dünyada pek çok ülkede üretimi yapılan nadir bitki türü olan mısır, insan gıdası ve hayvan yemi olarak tüketiminin yanı sıra endüstride nişasta, irmik ve yağ gibi birçok ürünün elde edilmesinde hammadde olarak kullanılmaktadır. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) 2020 verilerine göre Dünya’da mısır üretimi yapılan alanlar son 10 yıl içerisinde yaklaşık olarak %20 artarak 198 milyon hektarı aşmıştır (www.fao.org). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre ise, Türkiye’de mısır ekim alanları 2001 yılında 5.5 milyon dekar iken, 2021 yılı itibarıyla ekili alan miktarı %38 artış göstererek 7.6 milyon dekar olarak gerçekleşmiştir Buna karşın, 2001 yılında mısır üretimi 2.2 milyon ton iken, 2021 yılı itibarıyla 6.75 milyon tonluk bir üretim ile en yüksek seviyelerde gerçekleşmiştir. Dünya ve Türkiye ile ilgili verilen istatistikler dikkate alındığında hassas tarım kavramı daha da önem kazanmıştır.

ALTUNTAŞ vd. : Google Earth Engine yardımıyla multispektral uydu görüntüleri kullanarak mısır bitkisi gelişiminin izlenmesi

Geleneksel tarım uygulamalarının teknoloji ile ilişkilendirilmesi olarak tanımlanabilen hassas tarım kavramı ortaya çıkmıştır. 2019 yılında Uluslararası Hassas Tarım Topluluğu (ISPAG) hassas tarımı, zamansal, mekansal ve bireysel verileri toplayan, işleyen ve analiz eden ve bunları diğer bilgilerle birleştiren bir yönetim stratejisi olarak tanımlamıştır. Bu anlamda, Uzaktan Algılama bilimi ile elde edilen bilgiler hassas tarım uygulamalarında kullanılabilir.

Uzaktan algılama teknolojileri sahip olduğu önemli avantajlarla yeryüzünün görüntülenmesi ve yeryüzüne ait önemli bilgilerin elde edilmesi noktasında önemli bir kaynak durumundadır. Uzaktan algılama teknolojilerinin etkin olarak kullanıldığı çalışma alanlarından birisi de yeryüzündeki doğal nesnelerin izlenmesi, tespiti, ayırt edilmesi ve zaman içinde meydana gelen değişimlerin incelenmesini de içerisine alan uygulamalardır. Zaman içinde meydana gelen değişimler zaman serisi analizleri ile incelenmektedir. Zaman serisi, farklı zamanlarda kaydedilen uydu görüntülerinden çıkartılan bilginin zamana göre değişimidir. Zaman serisi analizi için bulut tabanlı Google Earth Engine platformu son yıllarda özellikle tarımsal uygulamalarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Dong, vd., 2016; Xiong, vd., 2017; Massey, vd., 2018; Xie, vd., 2019; Amani, vd., 2020). Google Earth Engine (GEE), büyük miktardaki yer konumlu verinin izleme ve analiz için bulut tabanlı işleme programıdır. Ücretsiz olan program yardımıyla uydu görüntülerine bir web uygulaması yardımıyla yüksek kapasiteli bilgisayarlara ihtiyaç duymadan erişim sağlanarak, uydu görüntülerinin işlenmesi, analizi ve görselleştirilmesi yapılabilmektedir (Mahdianpari vd., 2020).

Bu çalışmanın temel amacı, bulut tabanlı GEE platformu kullanarak çok zamanlı multispektral uydu görüntüleri yardımıyla mısır bitkisi gelişimini izlemektir. Bu amaç doğrultusunda mısırın fenolojik gelişimi süresince Landsat-8 ve Sentinel-2 görüntüleri ile NDVI ve EVI indeksleri hesaplanmış ve zaman serileri elde edilmiştir. Bunun yanında, termal görüntüler yardımıyla yüzey sıcaklıkları hesaplanmış ve hesaplanan indeks değerleri ile karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Son olarak hesaplanan indeks değerleri ile verim arasındaki korelasyon düzeyi istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

1.1 Çalışma Alanı ve Veri seti

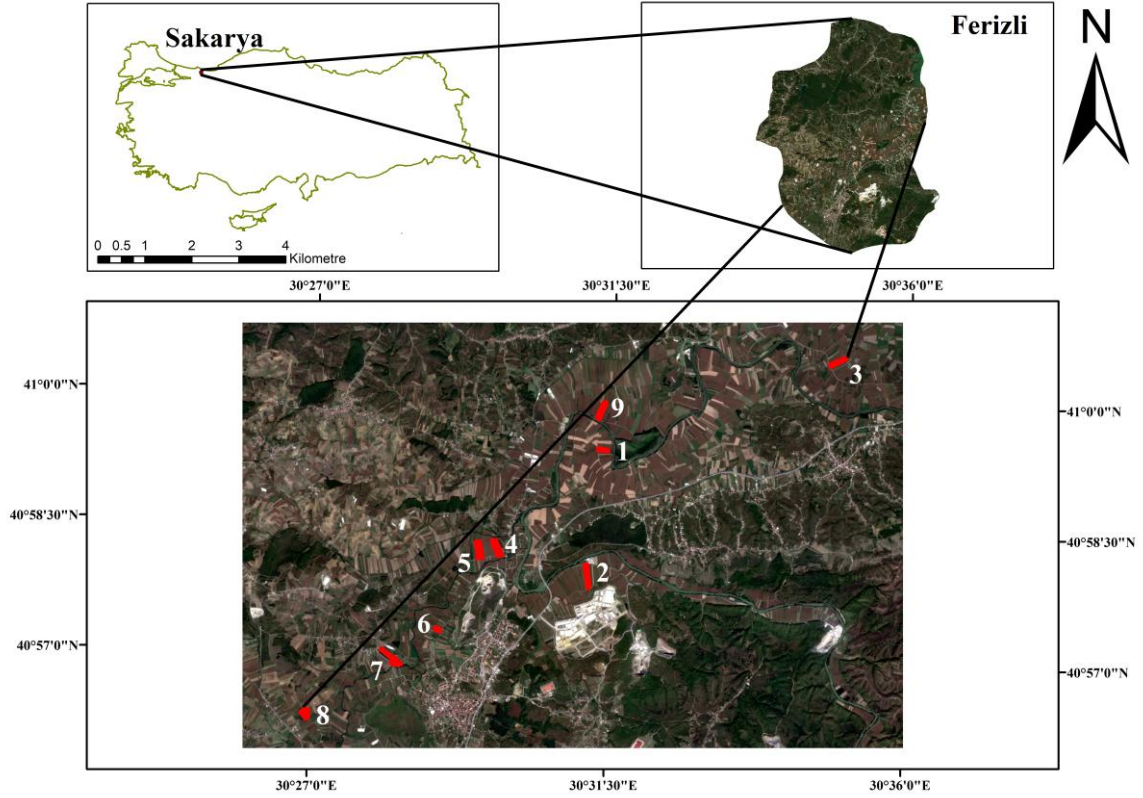
Mısır bitkisi ülkemiz ekonomisi için önemli bir tarımsal ürün çeşitidir. Ülkemizdeki mısır ekim alanlarının %4,7'si ve mısır üretiminin %5,2'si Sakarya iline aittir (Tarım ürünleri piyasaları MISIR, 2021). Bu çalışmada önemli mısır üretim alanlarına sahip Sakarya ili Ferizli ilçesinde 9 adet mısır üretimi yapılan kadastral parsel seçilmiştir. Parsel sınırlarına ait veriler Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM)'ne ait Parsel Sorgulama (<https://parselsorgu.tkgm.gov.tr/>) uygulamasından alınmıştır. Her bir parselin tapu alanı Çizelge 1'de sunulmuş olup toplamda yaklaşık 189 da mısır ekili alan çalışma kapsamında analiz edilmiştir.

Çizelge 1. Parsellerin tapu alanları

Parsel Numarası	Tapu Alanı (daa)
1	7.36
2	23.54
3	17
4	31.29
5	31.98
6	5.28
7	25.83
8	21.04
9	25.25
Toplam	188.61

Çalışma alanını ve uygulamada değerlendirmeye alınan parsellerin çalışma alanındaki dağılımı Şekil 1' de gösterilmiştir.

ALTUNTAŞ vd. : Google Earth Engine yardımıyla multispektral uydu görüntüleri kullanarak mısır bitkisi gelişiminin izlenmesi



Şekil 1. Çalışma alanı: Sakarya ili Ferizli ilçesi ve mısır ekili parsellerin konumu.

Bu çalışma kapsamında mısır bitkisinin gelişiminin takip edilmesinde temel veri kaynağı olarak Landsat-8 ve Sentinel-2 uydu görüntüleri kullanılmıştır. Landsat 8 uydusu 30 metre mekânsal çözünürlüğe sahip ve 0,43-2,29 μm dalga boyu arasında algılanan 7 multispektral bant ile 0,50-0,68 μm dalga boyu aralığında algılanan ve 15 metre mekânsal çözünürlüğe sahip pankromatik bant sunmaktadır. Ayrıca sahip olduğu termal sensörler sayesinde 2 farklı dalga boyu aralığında (10,6-11,19 μm ve 11,50-12,51 μm) ve 100 metre mekânsal çözünürlükte ürün sağlamaktadır. Diğer yandan, ESA tarafından tasarlanan Sentinel-2 uydusu üç farklı mekânsal çözünürlükte (10, 20 ve 60 metre) ve toplam 13 spektral bant ile yeryüzü nesnelerinin izlenmesine imkan sunmaktadır. Sentinel-2 uydusu 5 günlük zamansal çözünürlüğü ile sahip olduğu 3 farklı kırmızı kenar bandı ve 2 farklı NIR bandı sayesinde tarımsal uygulamalar gibi birçok çalışmada sıklıkla kullanılır hale gelmiştir.

1.2. Arazi Yüzey Sıcaklığı

Arazi yüzey sıcaklığı yüzeyin sıcaklığını belirleyen parlaklık sıcaklığıdır (Dousset ve Gourmelon, 2003). Meteoroloji istasyonu veya özel sektör gözlemleri gibi geleneksel bir yüzey sıcaklığı tahmini yöntemi, her türlü arazi koşulu için uygulanabilir olmamakla birlikte zaman alıcıdır. Ancak uzaktan algılama uyduları, bölgenin herhangi bir topoğrafik ve iklimsel durumu için, özellikle de farklı arazi yüzeyleri tarafından üretilen kendine özgü yerel iklimler için veri sağlar. Arazi Yüzey Sıcaklığı, termal kızılötesi bölgede algılama yapabilen bir banda sahip uzaktan algılama uydusu aracılığıyla hesaplanabilir (Suresh vd., 2016). Termal kızılötesi bölgede algılanan spektral bantlar, Arazi Yüzey Sıcaklığını izlemek ve geniş alanlar üzerindeki konumsal-zamansal değişiklikleri analiz etmek için yaygın olarak kullanılmaktadır (Awais vd., 2021). Landsat 8'in termal bantları, Arazi Yüzey Sıcaklığı hesaplamasında kullanılan önemli bantlardır (Rajendran ve Mani, 2015). Landsat görüntüleri kullanılarak Normalize Edilmiş Fark Bitki İndeksi (NDVI) ve Arazi Yüzey Sıcaklığının, çeşitli arazi kullanımı ve arazi örtüsü kategorilerinde özellikle de bitki örtüsü yoğun olan alanlarda, yakından ilişkili olduğu bulunmuştur (Srivani vd., 2012). Arazi yüzey sıcaklığının en önemli uygulamalarından birisi, özellikle su sıkıntısı çeken bölgelerde toprak ve su koruma, hassas tarım, sulama ve karar destek sistemleri için bilgi sağlamaktır (Penuelas, vd., 1993). Önerilen yöntem ile Landsat-8 Yüzey yansıtması (Surface reflectance) uydu görüntüleri kullanılarak Arazi yüzey sıcaklığı hesaplanabilir.

Her bir görüntü için hesaplanan Normalize edilmiş fark bitki örtüsü indeksinin minimum ve maksimum değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanmış minimum ve maksimum değerler yardımıyla Bitki örtüsü oranı Eşitlik (1) yardımıyla elde edilir.

ALTUNTAŞ vd. : Google Earth Engine yardımıyla multispektral uydu görüntüleri kullanarak mısır bitkisi gelişiminin izlenmesi

$$\text{Bitki örtüsü oranı } (P_v) = \left(\frac{NDVI - NDVI_{\text{minimum}}}{NDVI_{\text{maksimum}} - NDVI_{\text{minimum}}} \right)^2 \quad (1)$$

Her bir görüntü için hesaplanan Bitki örtüsü oranının (P_v) bir fonksiyonu olan Yüzey yayılım değerinin (e) hesabı ise Eşitlik (2) yardımıyla hesaplanabilir.

$$\text{Yüzey yayılım değeri } (e) = 0.004 * P_v + 0.986 \quad (2)$$

Landsat 8 Yüzey yansıtımı görüntülerinin 10 numaralı bandı, Parlaklık sıcaklığını Kelvin (K) biriminde ve 0.1 ile ölçekleyerek saklamaktadır. Bu bant uydu veri toplama aşamasında 100 m konumsal çözünürlüğe sahipken, kübik evrişim kullanılarak 30 m konumsal çözünürlüğe yeniden örneklenmiş şekilde servis edilmiştir (Earth Engine Data Catalog, 2015). Arazi yüzey sıcaklık değeri, Parlaklık sıcaklığı, termal bandın ortalama dalga boyu (λ), ışık hızı ve Yüzey yayılım değerinin (e) bir fonksiyonu olarak Eşitlik (3) yardımıyla hesaplanabilir.

$$\text{Arazi yüzey sıcaklığı } (LST) = \frac{\text{Bant } 10 * 0.1}{(1 + \left(\frac{\lambda * \text{Bant } 10 * 0.1}{c^2} \right) * \ln(e))} - 273.15 \quad (3)$$

1.3. Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI)

Kriegler vd. (1969) yakın kızılötesi yansımanın kırmızı yansımadan farkının, yakın kızılötesi yansımanın kırmızı yansıma ile toplamına oranı şeklinde NDVI adı verilen basit bir bant dönüşümünün canlı bitki örtüsü için önemli bir ölçüt olduğunu ifade etmiştir. NDVI, değerleri -1 ile 1 arasında değişen sağlıklı, yeşil bitki örtüsü koşullarının nitel değerlendirmesi için tasarlanmıştır (Rouse vd., 1973; Tucker, 1979). Dolayısıyla NDVI değerinin yüksek olduğu alanlarda sağlıklı bitki örtüsü fazladır, düşük olduğu bölgelerde çok azdır ya da yoktur değerlendirme yapılabilir. Uydu görüntüleri, NDVI verisi üretmek için en sık kullanılan kaynaklar arasındadır (Ke vd., 2015; Houborg ve McCabe, 2016). MODIS, Landsat, Sentinel ve Gaofen dahil olmak üzere giderek yaygınlaşan ücretsiz uydu veri kaynakları bu indeksin üretimi için önemli kaynaklardır. Belirtilen yöntemle göre yakın kızılötesi ve kırmızı dalga boyu aralığında algılama yapabilen Landsat- 8 ve Sentinel- 2 uydu görüntüleri kullanılarak NDVI aşağıdaki Eşitlik (4)'te verilen formül ile hesaplanabilir.

$$NDVI = \frac{\text{Yakın kızılötesi} - \text{Kırmızı}}{\text{Yakın kızılötesi} + \text{Kırmızı}} \quad (4)$$

1.4. Gelişmiş Bitki Örtüsü İndeksi (EVI)

EVI yüksek biyokütleyle sahip bölgelerde, gelişmiş hassasiyet ile bitki örtüsü sinyalini optimize etmek ve gölgelik alanlarda arka plan sinyalinin ayrıştırılması ve atmosfer etkilerinin azaltılması yoluyla iyileştirilmiş bitki örtüsü izlemesi için önerilmiştir. NDVI ile EVI arasındaki farklardan biri, kar varlığında NDVI'nin azalması, ile EVI'nin ise artmasıdır (Huete vd., 2002). Aralarındaki bir diğer fark ise EVI'nin yüksek bitki örtüsüne sahip bölgelere NDVI'dan daha duyarlı olmasıdır (Zhao vd., 2021). İki bitki örtüsü birbirini tamamlar ve bitki örtüsünde yer alan tüm yüzey biyofiziksel veya kimyasal bilgi ve süreçlerin daha eksiksiz bir karakterizasyonunu sunar (Huete vd., 2010). Elektromanyetik spektrumun yakın kızılötesi, kırmızı ve mavi bölgelerinde algılama yapabilen uzaktan algılama sensörü ile EVI hesaplanabilmektedir. Bitki örtüsü pikselleri için EVI değerleri 0 ile 1 arasında değerler almaktadır. Önerilen yöntemle göre EVI'nin hesaplanması ile ilgili olarak elektromanyetik spektrumun yakın kızılötesi, kırmızı ve mavi bölgelerinden yansıyan enerjiye göre hesaplanan bu indeksin genel formülü Eşitlik (5)'de verilmiştir.

$$EVI = 2.5 * \frac{\text{Yakın kızılötesi} - \text{Kırmızı}}{\text{Yakın kızılötesi} + 6 * \text{Kırmızı} - 7.5 * \text{Mavi} + 1} \quad (5)$$

2. UYGULAMA

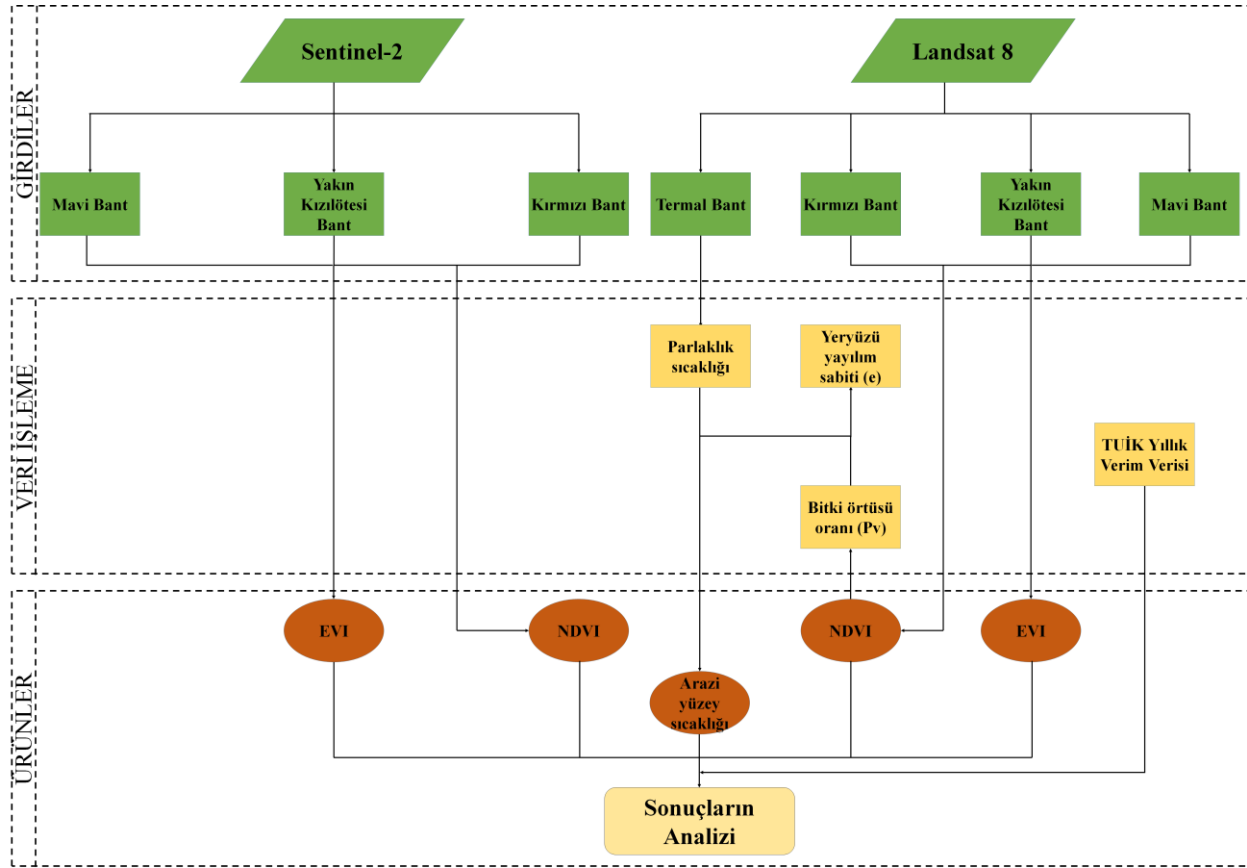
Uygulama kapsamında, ücretsiz olarak uzaktan algılanmış veri sunan ve orta- yüksek çözünürlüğe sahip Landsat- 8 ve Sentinel- 2 uydu görüntüleri kullanılmıştır. Kullanılan görüntüler üzerinde bulut olmamasına dikkat edilmiştir. Görüntülere ait daha detaylı bilgi Çizelge 2'de sunulmuştur.

ALTUNTAŞ vd. : Google Earth Engine yardımıyla multispektral uydu görüntüleri kullanarak mısır bitkisi gelişiminin izlenmesi

Çizelge 2. Çalışmada kullanılan uydu görüntülerine ilişkin bilgiler.

Uydu Görüntüsü	Kullanılan Görüntü Sayısı	Pencere Numarası	Kullanım Amacı
Sentinel- 2	206	T35TQF	NDVI ve EVI indislerinin hesaplanması
Landsat- 8	208	Path: 179 Row: 31	Arazi Yüzey Sıcaklığı değerleri ile NDVI ve EVI indislerinin hesaplanması

Yukarıda bahsedilen üç farklı büyüklüğe (LST, NDVI ve EVI) ait değerler, mısır üretiminin yapıldığı bilinen 9 farklı parsel için ayrı olarak üretilmiştir. Her bir parselin sınır bilgisini taşıyan Shapefile dosyası, WGS-84 koordinat sisteminde (EPSG:4326) Google Earth Engine platformuna yüklenmiştir. Parsel bazlı olarak üretilen her bir değer, parsel sınırları içerisinde giren piksellere göre ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Çalışma kapsamında yapılan işlemler Şekil 2’de sunulmuştur.



Şekil 2. Çalışmada takip edilen iş akışı.

Şekilde verilen akış şeması dikkate alındığında Landsat-8 uydu görüntülerinden LST elde etmek için, Yakın Kızılötesi ve Kırmızı bantın değerleri kullanılarak her bir parsel için NDVI değerleri Eşitlik (4) kullanılarak hesaplanmıştır. Her bir parsel için üretilen NDVI değerleri yardımıyla Bitki örtüsü oranı (P_v) değerleri Eşitlik (1) kullanılarak hesaplanmıştır. P_v 'nin bir fonksiyonu olan Eşitlik (2) yardımıyla ise Yüzey yayılım değerleri (e) hesaplanmıştır. Arazi yüzey sıcaklık değerleri, termal bant ile elde edilen Parlaklık sıcaklığı, termal bantın ortalama dalga boyu (λ), ışık hızı ve Yüzey yayılım değerinin (e) bir fonksiyonu olarak Eşitlik (3) yardımıyla hesaplanmıştır. Sonuç sıcaklık değerlerini Celsius ($^{\circ}\text{C}$) biriminde elde etmek için 273.15 değeri çıkartılmıştır. Yakın Kızılötesi, Kırmızı ve Mavi bantlar kullanılarak parsellere ilişkin EVI değerlerini elde etmek için Eşitlik (5) kullanılmıştır.

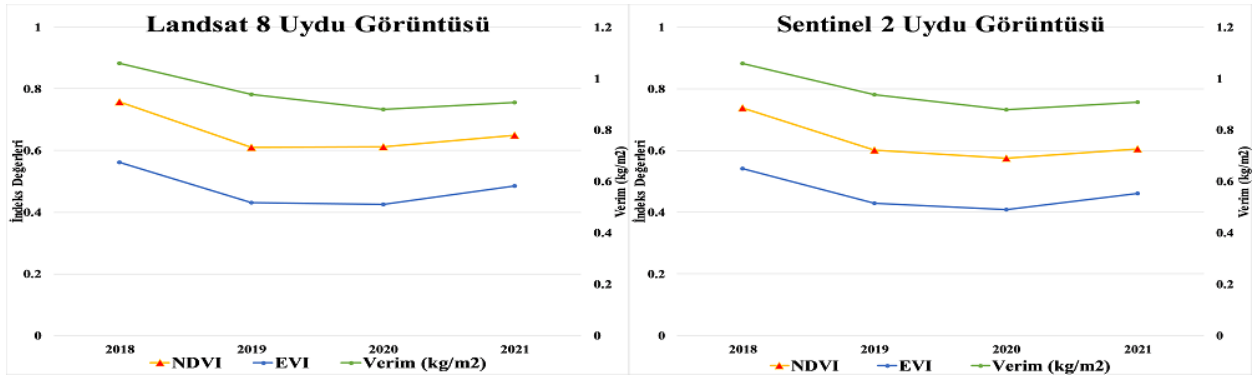
Sentinel-2 uydu görüntülerinin Yakın Kızılötesi ve Kırmızı bantı kullanılarak her bir parsel için NDVI değerleri Eşitlik (4) yardımıyla hesaplanmıştır. Yakın Kızılötesi, Kırmızı ve Mavi bantlar kullanılarak parsellere ilişkin EVI değerlerini elde etmek için ise Eşitlik (5) kullanılmıştır. Landsat-8 ve Sentinel-2 uydu görüntülerinden üretilen NDVI ve EVI değerleri ile üretilen LST değerleri arasındaki değişim altı aylık periyotlarda (Mayıs-Ekim) grafiksel olarak incelenmiştir. Ferizli ilçesi mısır bitkisine ait 2018, 2019, 2020 ve 2021 yıllarına ait verim değerleri TUİK'ten alınmıştır.

ALTUNTAŞ vd. : Google Earth Engine yardımıyla multispektral uydu görüntüleri kullanarak mısır bitkisi gelişiminin izlenmesi

Verim değerleri ile NDVI ve EVI bitki indekslerinin ilişkisi istatistiki olarak incelenerek korelasyon değerleri hesaplanmıştır. Sonuçların analizlerinde ortalama değerler dikkate alınmıştır. Bu analizlere göre de aşağıdaki sonuçlar üretilmiştir.

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Panek ve Gozdowski (2020) tarafından verim tahmini için, genellikle Normalize edilmiş fark bitki örtüsü indeksi NDVI EVI gibi bitki indeksleri veya görünür ve kızıl ötesi yansımaya bağlı başka benzer indekslerin kullanılabileceğini ifade etmiştir. Bu amaçla, Türkiye İstatistik Kurumu'ndan (TÜİK) yıllık bazda alınan verim ile yine yıllık bazda GEE kullanılarak hesaplanan bitki indeksleri (NDVI, EVI) arasındaki ilişki incelenmiştir. Landsat-8 ve Sentinel-2 görüntüleri için Verim ve bitki indeksi (BI) ilişkisi Şekil 2'de grafiksel olarak gösterilmiştir. Şekil incelendiğinde benzer bir trend eğiliminde oldukları görülmüştür. Trend eğiliminden anlaşılabileceği üzere bu iki bitki indeksinin verim tahmini çalışmalarında kullanılabileceği yadsınamaz bir gerçektir. İki farklı indeksin ilişkisine istatistiksel anlamda ayrı ayrı da bakılmıştır. Verim ile NDVI arasında, Landsat-8 ve Sentinel-2 uydu görüntüleri için sırasıyla 0,91 ve 0,98 korelasyon görüldükten, bu değerler Verim ile EVI arasındaki ilişki için sırasıyla 0,87 ve 0,93 olarak hesaplanmıştır.

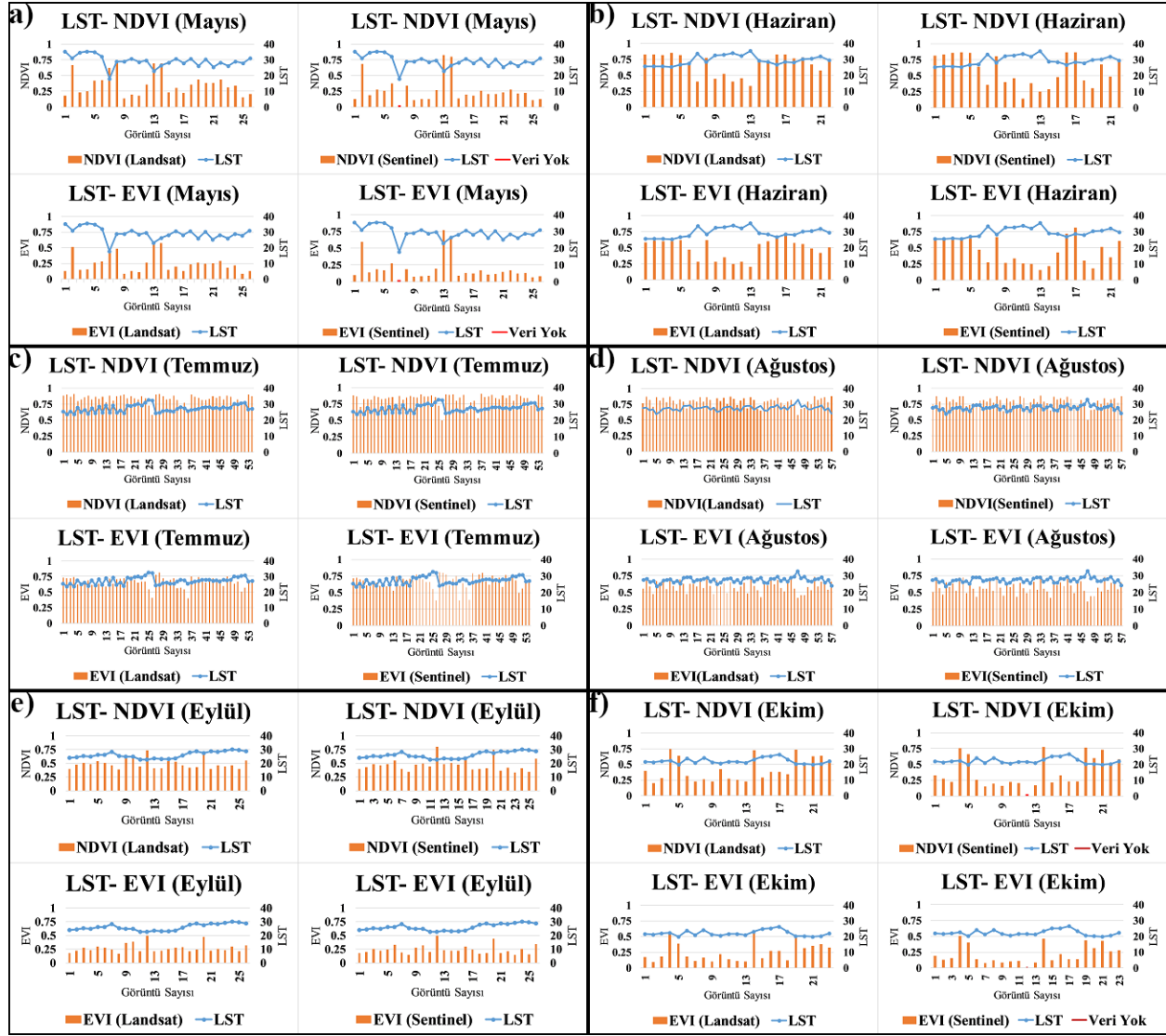


Şekil 3. Verim- BI ilişkisi

Arazi Yüzey Sıcaklık (Land Surface Temperature-LST) değerleri ve bitki indeksleri (NDVI, EVI) 2018- 2021 yılları dahil olmak üzere aralıktaki her yıl için Mayıs- Ekim aylarını kapsayacak şekilde incelenmiştir. İnceleme sonucunda LST değerinin yüksek olduğu görüntülerde bitki indeksi (BI) değerleri nispeten daha düşük gelirken, LST değeri düşük olduğu görüntülerde ise bitki indeksi değerleri nispeten daha yüksek gelmiştir. Bunun nedeninin Mısır bitkisinin su muhtevası (içeriği) nedeniyle olduğu düşünülmektedir. Şekil 3'te belirtilen aylara ait Landsat-8 ve Sentinel-2 için grafikler verilmiştir.

Şekil 4 incelendiğinde, Arazi yüzey sıcaklığı, NDVI ve EVI değerleri Mayıs ayında minimum seviyelerinde seyrettiği görülmektedir. Mısır bitkisinin ekim işlemi Nisan ayının sonlarında yapıldığından Mayıs ayında bitki daha topraktan çıkmadığı veya yeni çıkmaya başladığı için hesaplanan değerlerin toprak ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Bu anlamda Mayıs ayında mısır bitkisinin varlığı ya yoktur ya da çok az olduğu düşünülmektedir. Haziran ayına bakıldığında Arazi yüzey sıcaklığı, NDVI ve EVI değerleri Mayıs ayına göre artma eğilimine geçmiştir. NDVI ve EVI değerlerinin bu ayda artış yapmasının sebebi mısır bitkisinin artık topraktan çıkış yaparak büyümeye başladığı düşünülmektedir. Literatürde Mayıs- Haziran aylarını kapsayan dönem çiçeklenme öncesi dönem olarak geçmektedir. Temmuz- Ağustos aylarında Arazi yüzey sıcaklığı, NDVI ve EVI değerleri pik yapmıştır. Bu dönemde mısır bitkisinin yapraklarındaki klorofil içeriğinin maksimum seviyede olduğu düşünülmektedir. Literatürde Temmuz- Ağustos aylarını kapsayan dönem çiçeklenme dönemi olarak geçmektedir. Eylül ayında Arazi yüzey sıcaklığı, NDVI ve EVI değerleri bir önceki döneme göre azalma eğilimindedir. NDVI ve EVI değerlerinin bu ayda azalma eğiliminde olmasına, mısır bitkisinin sararma yapmaya başlaması ile birlikte mısır bitkisinin yapraklarındaki klorofil içeriğinin azalmaya başlamasının sebep olduğu düşünülmektedir. Ekim ayında ise mısır bitkilerinin çoğunluğunun sararma yaptığı ve bu sebeple de mısır bitkisinin yapraklarındaki klorofil içeriğinin yok olmasının Eylül ayına göre NDVI ve EVI değerlerinde azalmaya sebep olduğu düşünülmektedir. Ayrıca, Arazi yüzey sıcaklığındaki artış veya azalışın sebebi ise tamamen meteorolojik parametreler tarafından kontrol edildiği bilinmektedir.

ALTUNTAŞ vd. : Google Earth Engine yardımıyla multispektral uydu görüntüleri kullanarak mısır bitkisi gelişiminin izlenmesi



Şekil 4. a) Mayıs ayı için b) Haziran ayı için c) Temmuz ayı için d) Ağustos ayı için e) Eylül ayı için f) Ekim ayı için LST- Bİ ilişkisi

İşlemler ayrı ayrı paket programlar kullanılarak yapılacağına, internet bağlantısı olduğu sürece Uzaktan Algılama ile ilgili bir işlem kodlanarak bulut tabanlı GEE platformunda yapılabilmektedir. Özellikle yüksek boyutlu ve çok zamanlı uydu görüntüleriyle çalışılıyorsa GEE platformunu kullanmak kaçınılmaz olacaktır.

Çalışmanın sonuçlarına göre bitki indeksleri (NDVI ve EVI) ile verim arasında istatistiki olarak yüksek düzeyde korelasyon bulunduğu için, alansal olarak büyük ve mısır bitkisinin ekili olduğu bilinen tarım arazilerinde ücretsiz Landsat-8 ve Sentinel-2 uydu görüntüleri kullanılarak verim tahmini çalışmalarında kullanılabileceği saptanmıştır. İlgili uzaktan algılanmış verilerin ücretsiz olması verim tahmini gibi çalışmalar mühimdir. Karar vericiler standart bir bilgisayar yardımıyla ilgili hesaplamaları ücretsiz olarak yapabilir ve mısır bitkisi için ithalat ile ihracat düzenlemelerini üretecekleri bir sonuca göre planlayabilirler. Çalışmanın bir diğer sonucuna göre yine alansal olarak büyük ve mısır bitkisinin ekili olduğu bilinen tarım arazilerinde mısırın fenolojik dönemleri boyunca izlenmesi yapılabilir. Arazi yüzey sıcaklığı'nın yüksek olduğu bilinen mısır bitkisine ait alanlarda bitki indeksleri (NDVI ve EVI) nispeten daha düşük değerlere sahip olması, Arazi yüzey sıcaklığı'nın düşük olduğu bilinen mısır bitkisine ait alanlarda ise bitki indeksleri (NDVI ve EVI) nispeten daha yüksek değerlere sahip olması mısır bitkisinin termal banda sahip uydu görüntülerinden tespit edilebileceğini göstermektedir. Karar vericilerin mısır bitkisi ile ilgili olarak planlama aşamasındayken bu çalışmanın sonuçlarından fikir alacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Amani, M., Kakooei, M., Moghimi, A., Ghorbanian, A., Ranjgar, B., Mahdavi, S., Davidson, A., Fisette, T., Rollin, P., Brisco, B., ve Mohammadzadeh, A. 2020. Application of google earth engine cloud computing platform, sentinel imagery, and neural networks for crop mapping in Canada. *Remote Sensing*, 12(21), 3561.
- Awais, M., Li, W., Cheema, M. J., Hussain, S., Shaheen, A., Aslam, B., Liu C., ve Ali, A., 2022. Assessment of optimal flying height and timing using high-resolution unmanned aerial vehicle images in precision agriculture. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 19(4); 2703-2720.
- Dong, T., Liu, J., Shang, J., Qian, B., Huffman, T., Zhang, Y., Champagne, C. ve Daneshfar, B. 2016. Assessing the impact of climate variability on cropland productivity in the canadian prairies using time series modis fapar. *Remote Sensing*, 8(4), 281.
- Dousset, B., ve Gourmelon, F., 2003. Satellite multi-sensor data analysis of urban surface temperatures and landcover. *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing*, 58(1-2); 43-54.
- Earth Engine Data Catalog. 2015. USGS Landsat 8 Surface Reflectance Tier 1 [deprecated]. https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/LANDSAT_LC08_C01_T1_SR#bands [Erişim Tarihi: 10.09.2022]
- FAO. 2019. FAOSTAT – Production: Crops and livestock products. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> [Erişim tarihi: 15.08.2022].
- Hokao, K., Phonekeo, V., ve Srivanit, M., (2012). Assessing the impact of urbanization on urban thermal environment: A case study of Bangkok Metropolitan. *International Journal of Applied*, 2(7).
- Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E. P., Gao, X., ve Ferreira, L. G., 2002. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote sensing of environment*, 83(1-2); 195-213.
- Huete, A., Didan, K., Leeuwen, W. V., Miura, T., ve Glenn, E. 2010. MODIS vegetation indices. In *Land remote sensing and global environmental change* (pp. 579-602). Springer, New York, NY.
- ISPA. 2019. Precision Ag Definition, 2019. <https://www.ispag.org/about/definition> [Erişim tarihi: 16.08.2022]
- Kriegler, F. J., Malila, W. A., Nalepka, R. F., ve Richardson, W., 1969. Preprocessing transformations and their effects on multispectral recognition. *Remote sensing of environment*, VI, 97.
- Massey, R., Sankey, T. T., Yadav, K., Congalton, R. G., ve Tilton, J. C. 2018. Integrating cloud-based workflows in continental-scale cropland extent classification. *Remote Sensing of Environment*, 219, 162-179.
- Panek, E., ve Gozdowski, D., 2020. Analysis of relationship between cereal yield and NDVI for selected regions of Central Europe based on MODIS satellite data. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 17, 100286.
- Peñuelas, J., Filella, I., Biel, C., Serrano, L., ve Save, R., 1993. The reflectance at the 950–970 nm region as an indicator of plant water status. *International journal of remote sensing*, 14(10); 1887-1905.
- Rajendran, P., ve Mani, K., 2015. Estimation of spatial variability of land surface temperature using Landsat 8 imagery. *International Journal of Engineering and Science*, 11(4); 19-23.
- Rouse Jr, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., ve Deering, D. W., 1973. *Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation* (No. NASA-CR-132982).
- Suresh, S., Ajay, S. V., ve Mani, K., 2016. Estimation of land surface temperature of high range mountain landscape of Devikulam Taluk using Landsat 8 data. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 5(1); 2321-7308.
- Tamiminia, H., Salehi, B., Mahdianpari, M., Quackenbush, L., Adeli, S., ve Brisco, B., 2020. Google Earth Engine for geo-big data applications: A meta-analysis and systematic review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 164; 152-170.

ALTUNTAŞ vd. : Google Earth Engine yardımıyla multispektral uydu görüntüleri kullanarak mısır bitkisi gelişiminin izlenmesi

Tarım ürünleri piyasaları. 2021. Tarım ürünleri piyasaları MISIR.

<https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF%20Tar%C4%B1m%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Piyasalar%C4%B1/2021-Ocak%20Tar%C4%B1m%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Raporu/M%C4%B1s%C4%B1r,Ocak-2021,%20Tar%C4%B1m%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Piyasa%20Raporu.pdf> [Erişim tarihi:17.08.2022]

Tucker, C. J., 1979. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote sensing of Environment*, 8(2), 127-150.

TÜİK. 2021.Bitkisel üretim istatistikleri, 2021. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-202137249#:~:text=Buna%20g%C3%B6re%20%C3%BCretim%20miktarlar%C4%B1%202021,9%20milyon%20ton%20olarak%20ger%C3%A7ekle%C5%9Fti.> [Erişim tarihi: 15.08.2022]

Zhao, H., Li, Y., Chen, X., Wang, H., Yao, N., ve Liu, F., 2021. Monitoring monthly soil moisture conditions in China with temperature vegetation dryness indexes based on an enhanced vegetation index and normalized difference vegetation index. *Theoretical and Applied Climatology*, 143(1), 159-176.

Xie, Y., Lark, T. J., Brown, J. F., ve Gibbs, H. K. 2019. Mapping irrigated cropland extent across the conterminous United States at 30 m resolution using a semi-automatic training approach on Google Earth Engine. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 155, 136-149.

Xiong, J., Thenkabail, P. S., Gumma, M. K., Teluguntla, P., Poehnelt, J., Congalton, R. G., Yadav, K. ve Chau, D. 2017. Automated cropland mapping of continental Africa using Google Earth Engine cloud computing. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 126, 225-244.