

**Atf İçin:** Kılıçaslan, S., Ekinci, R. ve Arslanoğlu, M.C. (2023). Pamuk Bitkisi Üretim Alanı Ortam Nem ve Sıcaklık Değerlerinin, SAR ve Optik Uydu Görüntüleri ile Tahmin Edebilirliğinin Araştırılması. *İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 13(3), 2217-2228.

**To Cite:** Kılıçaslan, S., Ekinci, R. & Arslanoğlu, M.C. (2023). Investigation of Predictability of Cotton Plant Production Area Ambient Humidity and Temperature Values with SAR and Optical Satellite Images. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 13(3), 2217-2228.

### **Pamuk Bitkisi Üretim Alanı Ortam Nem ve Sıcaklık Değerlerinin, SAR ve Optik Uydu Görüntüleri ile Tahmin Edebilirliğinin Araştırılması**

Serkan KILIÇASLAN<sup>1</sup>, Remzi EKİNCİ<sup>2\*</sup>, Mehmet Cengiz ARSLANOĞLU<sup>3</sup>

#### **Öne Çıkanlar:**

- Pamuk
- Ortam Nemi
- Ortam Sıcaklığı
- SAR Uydu Görüntüleri
- Optik Uydu Görüntüleri

#### **Anahtar Kelimeler:**

- Pamuk
- Sıcaklık
- Nem
- SAR
- Google Earth Engine

#### **ÖZET:**

Mardin İli Artuklu ve Kızıltepe İlçelerine bağlı 8 adet köy ve 27 adet pamuk parselinde yürütülen çalışmada, arazilerde ortam nem ve sıcaklık değerleri, 6 saat aralıklar ile datalogger cihazları ile ölçülmüş ve kayıt altına alınmıştır. Data loggerlardan elde edilen veriler, Google Earth Engine (GEE) ortamında hazırlanan Sentinel-1 ve Landsat-8 uydu verileriyle analiz edilerek aralarındaki ilişki irdelenmiştir. Ortam nemi (ON) değerleri ile VV ( $R^2=0.63$ ), VV-VH ( $R^2=0.68$ ), Toprak Nem İndeksi (SMI) ( $R^2=0.84$ ) arasında yüksek ilişki saptanırken, VH ( $R^2=0.05$ ), LEE\_VH ( $R^2=0.07$ ), LEE\_VV ( $R^2=0.56$ ), GAMMA\_VH ( $R^2=0.09$ ), GAMMA\_VV ( $R^2=0.50$ ), MALIK\_VH ( $R^2=0.07$ ), MALIK\_VV ( $R^2=0.57$ ) ve Arazi Yüzey Sıcaklığı (LST) ( $R^2=0.35$ ) arasında düşük ilişki saptanmıştır. Ortam sıcaklığı (OS) değerleri ile LST ( $R^2=0.80^{**}$ ) arasında yüksek ilişki saptanırken, VV ( $R^2=0.51$ ), VH ( $R^2=0.06$ ), VV-VH ( $R^2=0.49$ ), LEE\_VH ( $R^2=0.09$ ), LEE\_VV ( $R^2=0.49$ ), GAMMA\_VH ( $R^2=0.11$ ), GAMMA\_VV ( $R^2=0.08$ ), MALIK\_VH ( $R^2=0.08$ ), MALIK\_VV ( $R^2=0.49$ ) ve SMI ( $R^2=0.50$ ) arasında düşük ilişki saptanmıştır. Geniş ölçekli arazi çalışmalarında ortam nemi değerlerinin tahmin edilmesinde VV, VV-VH ve SMI indisi; ortam sıcaklığı değerlerinin tahmin edilmesinde LST bandı yüksek doğruluk ile kullanılabilirliği sonucuna varıldığından tavsiye edilmiştir.

### **Investigation of Predictability of Cotton Plant Production Area Ambient Humidity and Temperature Values with SAR and Optical Satellite Images**

#### **Highlights:**

- Cotton
- Ambient Humidity
- Ambient temperature
- SAR Satellite Images
- Optical Satellite Images

#### **Keywords:**

- Cotton
- Temperature
- Moisture
- SAR
- Google Earth Engine

#### **ABSTRACT:**

In the study carried out in 8 villages and 27 cotton parcels of Mardin Province Artuklu and Kızıltepe Districts, ambient humidity and temperature values in the field were measured and recorded with data logger devices at 6-hour intervals. The data obtained from the data loggers were analyzed with the Sentinel-1 and Landsat-8 satellite data prepared in the Google Earth Engine (GEE) environment and the relationship between them was examined. While a high correlation was found between ambient humidity (ON) values and VV ( $R^2=0.63$ ), VV-VH ( $R^2=0.68$ ), Soil Moisture Index (SMI) ( $R^2=0.84$ ), low correlation was found between VV ( $R^2=0.51$ ), VH ( $R^2=0.06$ ), VV-VH ( $R^2=0.49$ ), LEE\_VH ( $R^2=0.09$ ), LEE\_VV ( $R^2=0.49$ ), GAMMA\_VH ( $R^2=0.11$ ), GAMMA\_VV ( $R^2=0.08$ ), MALIK\_VH ( $R^2=0.08$ ), MALIK\_VV ( $R^2=0.49$ ), SMI ( $R^2=0.50$ ). A high correlation was found between ambient temperature (OS) values and Land Surface Temperature (LST) ( $R^2=0.80^{**}$ ). However, a low correlation was found between ambient temperature (OS) and VV ( $R^2=0.51$ ), VH ( $R^2=0.06$ ), VV-VH ( $R^2=0.49$ ), LEE\_VH ( $R^2=0.09$ ), LEE\_VV ( $R^2=0.49$ ), GAMMA\_VH ( $R^2=0.11$ ), GAMMA\_VV ( $R^2=0.08$ ), MALIK\_VH ( $R^2=0.08$ ), MALIK\_VV ( $R^2=0.49$ ), SMI ( $R^2=0.50$ ). In large-scale field studies; VV, VV-VH and SMI index in estimating ambient humidity values; as it was concluded that the LST band can be used with high accuracy in estimating ambient temperature values, it has been recommended.

<sup>1</sup> Serkan KILIÇASLAN ([Orcid ID: 0000-0002-5595-2338](https://orcid.org/0000-0002-5595-2338)), Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri ABD, Diyarbakır, Türkiye

<sup>2</sup> Remzi EKİNCİ ([Orcid ID: 0000-0003-4165-6631](https://orcid.org/0000-0003-4165-6631)), Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Diyarbakır, Türkiye

<sup>3</sup> Mehmet Cengiz ARSLANOĞLU ([Orcid ID: 0000-0001-5152-569X](https://orcid.org/0000-0001-5152-569X)), Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü, Yalova, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Remzi EKİNCİ, e-mail: remzi.ekinci@dicle.edu.tr

Bu çalışma Serkan KILIÇASLAN'ın Doktora tezinden üretilmiştir.

## GİRİŞ

Pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) dünya çapında en yaygın kullanılan tekstil hammaddelerinden biridir. Pamuk, tekstil endüstrisinde yaygın olarak kullanılması ve yetiştirildiği ülkelerde iş olanakları sağlaması nedeniyle küresel ekonomide önemli bir ekonomik rol oynamaktadır (Khan,2013; Yaşar, 2023). Pamuk başta tekstil olmak üzere, yağ, yem ve kimya vb. birçok sanayi sektörü için hammadde oluşturmaktadır. Hızlı nüfus artışı ile pamuk ürününe olan talep artarken Covid-19 krizi, iklim değişikliği, aşırı ve düzensiz yağışların yanında son yıllarda daha sık yaşanmaya başlayan bölgesel kuraklık afeti gibi nedenlerle pamuk üretimin yeterli düzeyde artış gösteremediği, ticaretinin azaldığı ve stoklamanın arttığı gözlenmektedir. Uluslararası Pamuk Danışma Kurulu'nun (ICAC) 2021/2022 yılı üretim sezonu verilerine göre Dünya'da pamuk ekim alanı, 33.18 milyon ha, üretim miktarı 25.73 milyon ton, tüketim 25.62 milyon ton, stok miktarı 20.45 milyon ton gözlenmiştir. Türkiye, pamuk ekim alanı bakımından dünyada birim alan bakımından on birinci, lif pamuk verimi açısından Beşinci, pamuk üretimi bakımından altıncı; pamuk tüketimi açısından ise dördüncü sıradadır (Yaşar, 2022). Türkiye'de pamuk ekim alanı 480 000 ha, üretim 833 000 ton, tüketim 1.61 milyon ton, stok miktarı 1.54 milyon ton gerçekleşmiştir (Anonim, 2023).

Ülkemiz koşullarında pamuk bitkisi 170-185 günlük vejetasyon süresine sahip olup yıllık su ihtiyacı bölgelere göre değişmekle birlikte 492-1153 mm arasında, ortalama 700-800 mm olmaktadır (Anonim, 2017). Pamuğun yetiştirme dönemi olan Nisan-Ekim ayları arasında çok az yağış alan -özellikle Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu- bölgelerde, meydana gelen su açığı sulama ile tamamlanmaya çalışılmaktadır. Bu da doğal kaynakların tüketimi, çevre ve toprak açısından sorun olabileceği gibi, enerji ve işgücü ihtiyacını arttırarak üretim maliyetleri açısından da gündeme gelmektedir. Dolayısıyla doğru zamanda ve miktarda sulama ile etkin bir sulama yöntemi oldukça önemli olmaktadır. Bu konularda çeşitli klasik ölçme ve değerlendirme metodlarının yanında nispeten daha yeni bir teknoloji olarak Uzaktan Algılama teknolojisi de karşımıza çıkmaktadır.

Uzaktan algılama yeryüzü ve bağlı kaynaklarda hakkında arada herhangi bir fiziksel temas olmadan cisimlerden yansıyan/yayılan elektromanyetik ışınların nitelik ve nicelik yönünden yorumlanması ile cismin özelliklerinin ölçülmesi ve belirlenmesi bilim ve sanattır. Uzaktan algılama, algılayıcının tipine göre aktif ve pasif algılama olarak sınıflandırılmaktadır. Yeryüzü ve cisimlerin kendi yaydığı ya da güneşten gelen ışınların yansıtımının algılanması pasif, uydunun kendisinin yeryüzüne ışın göndererek, yansıyan ışınları algılamasına da aktif sistemler denilmektedir. Pasif sistemlere optik, ısı ve mikrodalga algılayıcılar, aktif sistemlere LİDAR (Light Detection and Ranging) ve RADAR (Radio Detection and Ranging) sistemleri örnek verilebilir. Uzaktan algılama tarımda bitki örtüsü ve dağılımı, arazi kullanımı, bitki gelişimi, rekolte tahmini, sınıflandırma, toprak ve bitki özellikleri gibi birçok alanda kullanılmaktadır (Sunar ve ark., 2016). Bazı kullanımları için bitki, arazi, ürün değerlendirme bilgilerine ihtiyaç duyulmakta, bu amaçla bitki gelişimi, bitki ve toprak yapısı ile ilgili çeşitli araç ve sensörler kullanılmaktadır

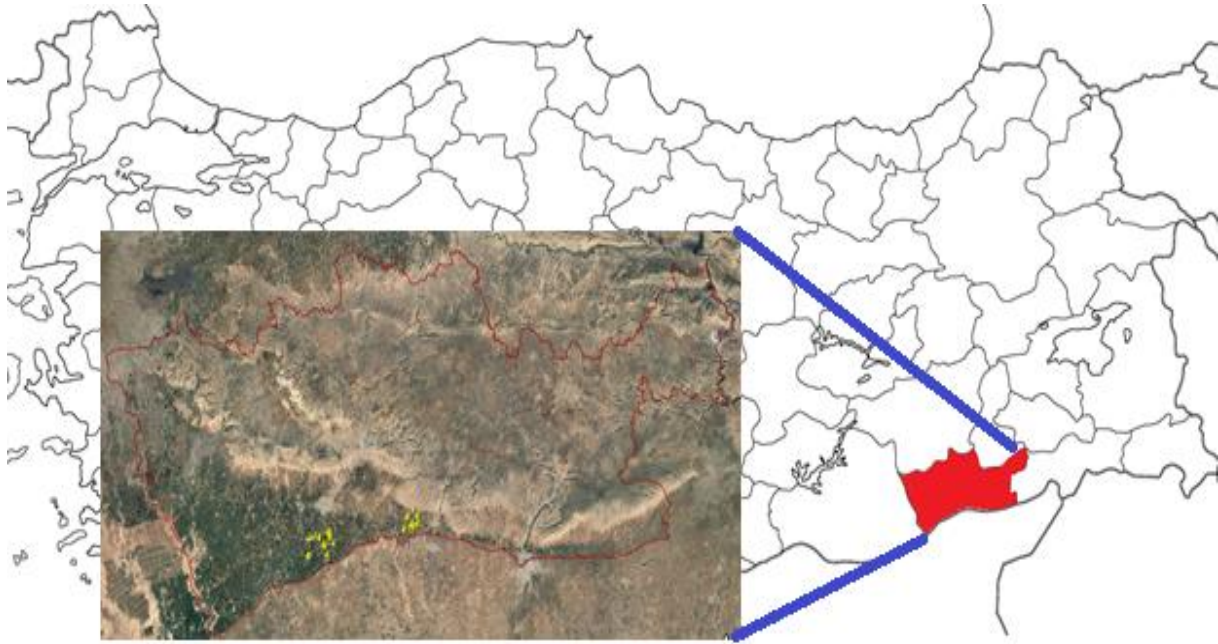
Tarla içi sensör kullanımı ile toprak ve bitki durumları gözlenerek sulama önerileri getirilmeye (Koçak, 2002; Mthandi ve ark., 2013; Raper, 2014; El Ghandour ve ark., 2019; Yetbarek ve ark., 2020), meteorolojik olayların etkisi gözlenmeye (Aktaş ve ark., 2020), her iki durum birleştirilerek aralarındaki ilişki belirlenmeye çalışılmıştır (Bulut ve ark., 2019).

Bu çalışma, pamuk bitkisi üretim alanı içi sensörlerle ortam nem ve sıcaklık değerlerini data logger cihazına kaydederek, bu değerlerin SAR (Synthetic Aperture Radar) ve optik uydu görüntüleri ile

aralarındaki ilişkileri belirlemek, uydu görüntülerinin nem ve sıcaklık değerlerini tahmin etmede kullanılabilirliğini araştırmak amacı ile yapılmıştır.

## MATERYAL VE METOT

**Çalışma Alanı:** Araştırma, Mardin İli Artuklu ve Kızıltepe ilçelerinde 8 adet köyde, 27 adet farklı pamuk bitkisi ekili parsellerde yürütülmüştür. Parsellere ait bilgiler, **Şekil 1** ve **Çizelge 1**'de verilmiştir.

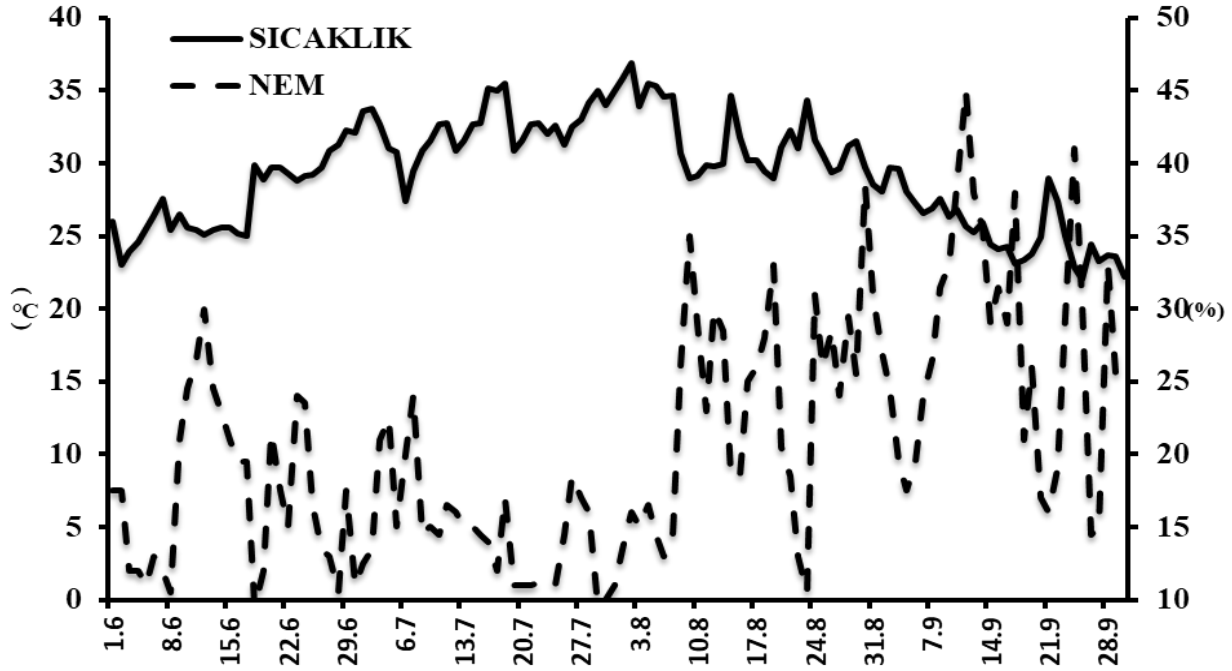


Şekil 1. Parsellere ait bilgiler

Çizelge 1. Parsellere ait bilgiler ve koordinatları

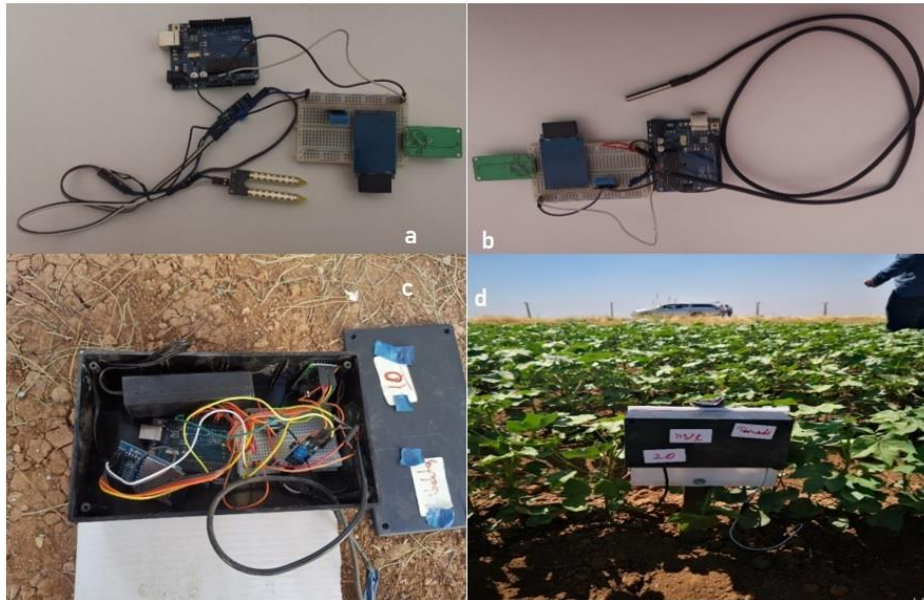
NO	Köy (Parsel),	X ; Y Koord.	NO	Köy (Parsel),	X ; Y Koord.
S01	ALAKUŞ (133/1)	40.856; 37.139	S15	ALTINTOPRAK (113/1)	40.611; 37.100
S02	ALAKUŞ (133/1)	40.860; 37.138	S16	ALTINTOPRAK (117/1)	40.596; 37.101
S03	ALAKUŞ (116/6)	40.878; 37.142	S17	TANRIVERDİ (135/1)	40.583; 37.094
S04	ALAKUŞ (130/1)	40.866; 37.136	S18	TANRIVERDİ (134/1)	40.578; 37.097
S05	ALAKUŞ (130/2)	40.865; 37.134	S19	ALTINTOPRAK (122/2)	40.597; 37.109
S06	KÜÇÜKKÖY (111/3)	40.853; 37.129	S20	TANRIVERDİ (113/1)	40.591; 37.067
S07	ALAKUŞ (116/3)	40.877; 37.157	S21	TANRIVERDİ (110/3)	40.590; 37.075
S08	ÇIPLAKTEPE (108/11)	40.843; 37.152	S22	AKYÜZ (109/2)	40.531; 37.108
S09	ÇIPLAKTEPE (108/4)	40.846; 37.157	S23	AKYÜZ (108/6)	40.538; 37.113
S10	DİBEKTAŞ (116/13)	40.836; 37.128	S24	AKYÜZ (122/1)	40.565; 37.112
S11	DİBEKTAŞ (116/12)	40.834; 37.128	S25	AKYÜZ (101/4)	40.549; 37.114
S12	ALTINTOPRAK (103/1)	40.598; 37.119	S26	GÖZLÜCE (107/2)	40.531; 37.072
S13	ALTINTOPRAK (103/1)	40.593; 37.124	S27	GÖZLÜCE (107/3)	40.528; 37.073
S14	ALTINTOPRAK (102/1)	40.600; 37.114			

Çalışma alanlarında pamuk bitkisi 2021 yılında ekilmiş ve çiftçi koşullarında tarla içi kültürel işlemler. Bakım-besleme ve sulama işlemleri yapılmış, herhangi bir ek uygulamaya gidilmemiştir. Çalışmanın yürütüldüğü Haziran-Eylül dönemi boyunca bölgede herhangi bir yağış oluşmamıştır. Vejetasyon dönemi ortam sıcaklık ve nem değerleri değişimi, **Şekil 2**'de verilmiştir.



Şekil 2. Vejetasyon dönemi Ortam Sıcaklık ve Nem Değerleri Değişimi

a) **Yer Data Logger Gözlemleri:** Araştırma kapsamında 27 adet datalogger cihazı kullanılmış olup, ortam nem/sıcaklık sensörü tarafından okunan veriler elde edilmiştir. Cihazlar Arduino yazılım programı ile programlanmış ve her 6 saatte 1 adet veri kayıt alacak şekilde programlanmıştır. Datalogger, Şekil 3 a. b. c. d’de verilmiştir.



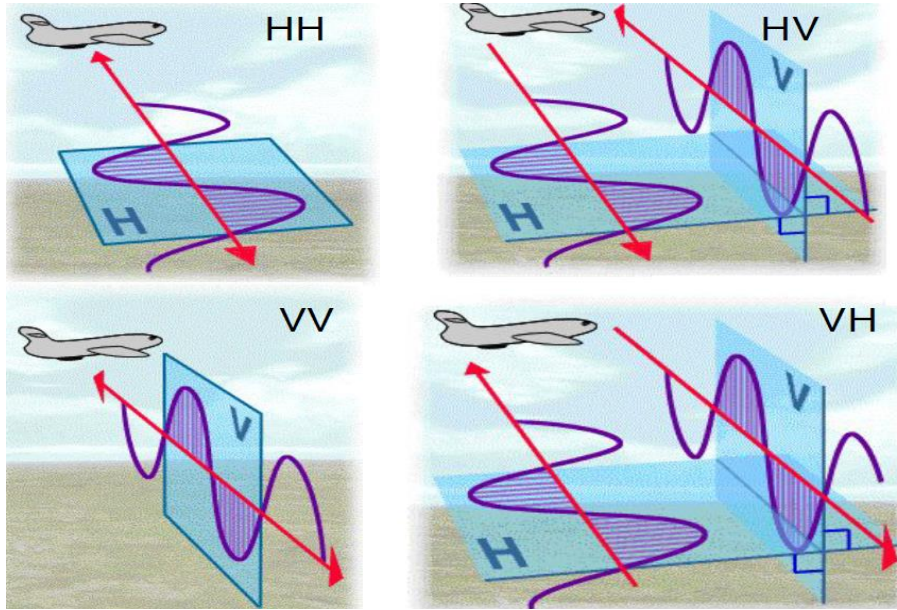
Şekil 3. a. b. c. d. Data logger Cihazı

**Ortam Nem (ON) ve Sıcaklık (OS) Sensörü Özellikleri:** 0 ile +60°C arasında  $\pm 2^\circ\text{C}$  hassasiyet ile sıcaklık, %0-%90 nem arasında  $\pm 5\%$  nem hassasiyeti ile nem verileri ölçülmüştür.

Cihazlar haziran ayının ikinci haftasında araziye kurulmuş. Eylül ayının ilk haftasında toplanmış ve bu dönem boyunca cihazlar arazideki Ortam nem (ON) ve Ortam sıcaklık (OS) değerlerini kaydetmiştir.

## b) Uydu Gözlemleri

**Sentinel-1:** Avrupa Uzay Ajansı'nın (ESA) yürütmüş olduğu Kopernik Programı çerçevesinde ilki (Sentinel-1A) 2014 yılında, ikincisi (Sentinel-1B) 2016 yılında fırlatılmış uydu takımlarıdır. 5\*20 metreye kadar uzamsal çözünürlüklü. C-bandı sentetik açıklıklı radar (SAR) sensörüne, düşey (V) ve yatay (H) olmak üzere VV, VH çift polarizasyonuna sahiptir (Anonim, 2023a). Çalışmada Sentinel-1 Interferometric Ground Range Detected (GRD) seviye görüntüleri kullanılmıştır.



Şekil 4. Radar Uydu polarizasyonları (Anonim, 2023b)

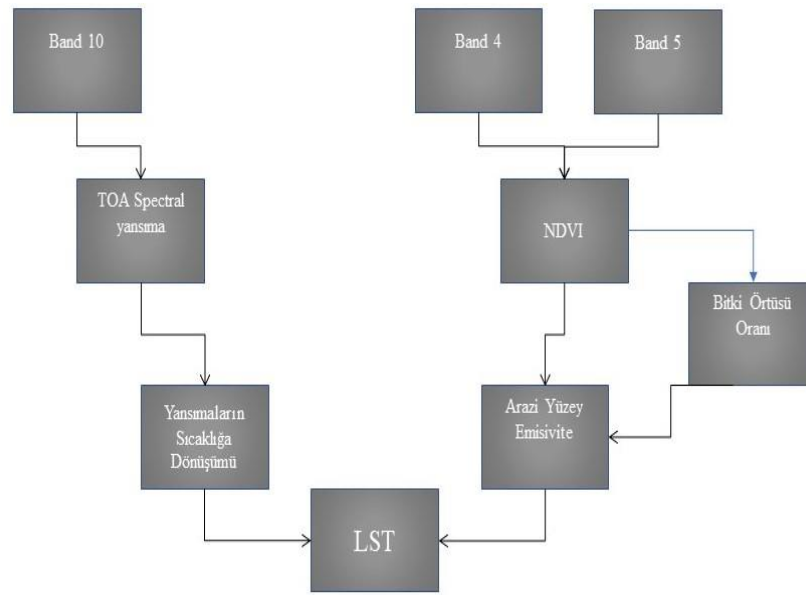
Sentinel-1 GRD görüntülerinde benek filtreleme amacıyla Refined Lee, Gamma Map ve Perona Malik (Medesani ve Reddy, 2017; Mansourpour ve ark., 2006; Cresson ve ark., 2018) filtreleri kullanılmıştır. Refined Lee filtresi, kenarları korurken belirlenen alanın ortalamasını almakta, görüntü ayrıntılarının daha iyi korunmasını sağlamakta (Medesani ve Reddy, 2017). Gamma Map filtresi, sahne yansıtıcılığının Gauss dağılımı olduğunu varsayarak yüksek frekanslı özellikleri koruyarak ortalama almakta (Mansourpour ve ark., 2006). Perona Malik filtresi, nesnelerin dış hatlarını korurken, görüntüleri yumuşatmak için kullanılmaktadır (Cresson ve ark., 2018). Bu filtreler yine GEE ortamında kullanılmış ve elde edilen bant değerleri MS Office Excel programına işlenmiştir.

**Landsat-8:** Birleşik Devletler Jeoloji Kurumu (USGS) tarafından 2013 yılında fırlatılmış olup, 15-30 m çözünürlüklü Operasyonel Arazi Görüntüleyicisi (OLI) ve 100 m çözünürlüklü Termal Kızılötesi Sensörü (TIRS) içermektedir (Anonim, 2023b). Çalışmada Landsat-8 arazi yüzey yansıtma (SR) görüntüleri kullanılmıştır.

**Normalize Edilmiş Fark Bitki İndeksi (NDVI):** Bitki gelişimi ve bitki sağlığındaki değişimleri değerlendirme amaçlı kullanılmıştır. Kırmızı ve yakın kızılötesi bantlar arasındaki oran dayanmakta olup, **Eşitlik 1** ile elde edilmiştir (Rouse Jr. J. W ve ark., 1973).

$$NDVI = (NIR-RED)/(NIR+RED) \quad (1)$$

**Kara Yüzey Sıcaklığı (LST):** Top of Atmosphere Reflectance (TOA) algoritması Landsat-8 termal bandı (Band 10) piksel dijital numaralarını parlaklık sıcaklığına dönüştürür (Chander ve ark., 2009). Dönüştürülmüş bu band kullanılarak arazinin yüzey sıcaklığı hesaplanmaktadır (Şekil 5) (Avdan ve Jovanovska, 2016).



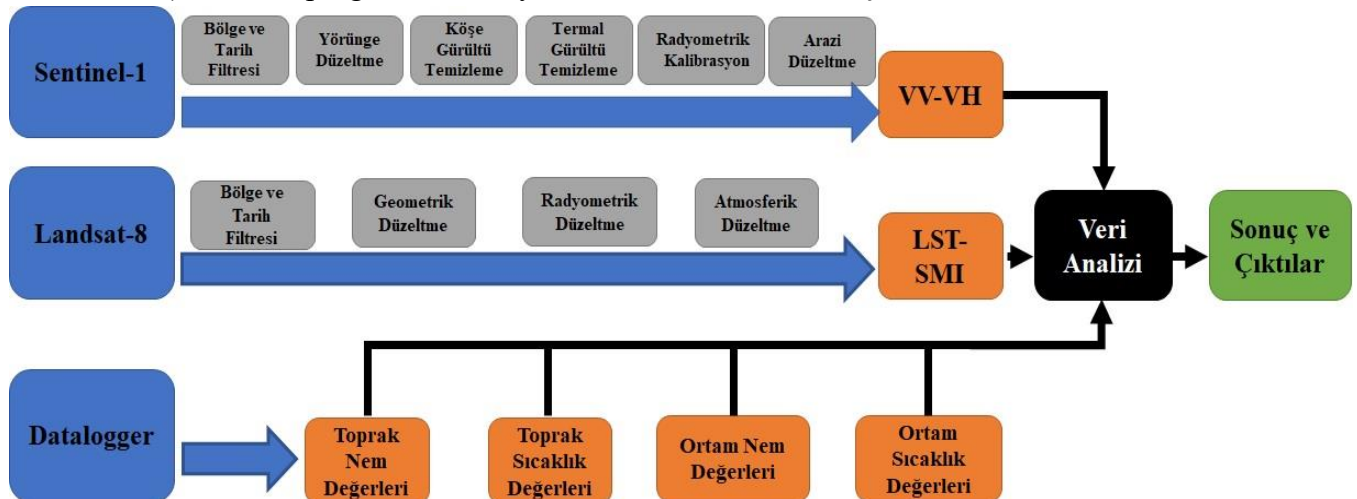
Şekil 5. Kara Yüzey Sıcaklığı (LST) verisi elde edilme iş akış şeması (Avdan ve Jovanovska, 2016)

**Toprak Nem İndeksi (SMI):** Landsat serisi uydular için NDVI ve LST değerleri kullanılarak toprak nemi tahmini amacıyla geliştirilmiş olup, **Eşitlik 2** ile elde edilmektedir (Zeng ve ark., 2004).

$$SMI = (LST_{max} - LST) / (LST_{max} - LST_{min}) \quad (2)$$

**Google Earth Engine (GEE):** 2010 yılında Google tarafından piyasaya sunulmuştur. Bulut tabanlı coğrafi bilgi işlem platformudur. Veri depolama, analiz etme, çeşitli formatlarda çıktı ve haritalar türetilebilmesinin yanında Bölgesel, Ulusal ve Küresel ölçekte işlem yapılabilmesi kullanıcılar için büyük avantaj sağlamaktadır (Anonim, 2023c).

Sentinel-1 ve Landsat-8 uydu görüntüleri GEE ortamı üzerinden temin edilmiştir. Bu platformda Sentinel-1 GRD görüntüleri için ön işlem olarak yörünge düzeltme, köşe gürültü temizleme, termal gürültü temizleme, radyometrik kalibrasyon ve arazi düzeltme işlemleri, Landsat-8 görüntüleri için Land Surface Reflectance Code (LaSRC) algoritması kullanılarak, geometrik, radyometrik ve atmosferik düzeltme işlemleri yapılmıştır (Şekil 6). Zaman aralıkları belirlenerek elde edilen band piksel değerleri, MS Office Excel programına işlenmiş ve DL değerleri ile JMP 5.0.1 (Copyright © 1989-2002 SAS Institute Inc.) istatistik programında varyans analizine tabi tutulmuştur.



Şekil 6. İş Akış Protokolü

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Yer gözlemleri data logger cihazları tarafından elde edilen ON ve OS verileri ile Sentinel-1 ve Landsat-8 uydu değerleri öncelikle korelasyon analizine tabi tutulmuş, istatistiki olarak önemli olanlar regresyon analizine tabi tutulmuştur. Elde edilen ON verilerine ilişkin regresyon ve ters regresyon analiz sonuçları **Çizelge 2**'de, OS verilerine ilişkin regresyon ve ters regresyon analiz sonuçları **Çizelge 3**'de verilmiştir.

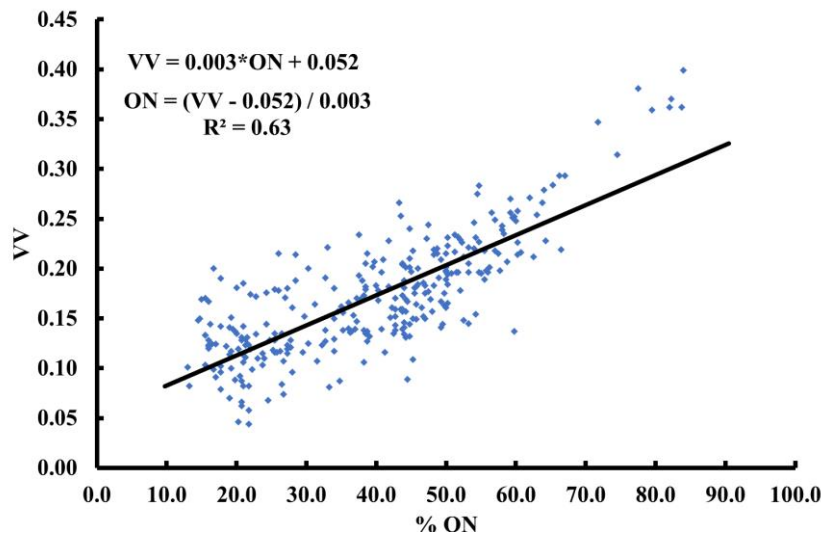
**Çizelge 2.** Ortam Nem (ON) Verileri ile Sentinel-1 ve Landsat-8 band/indisleri Regresyon ve Ters Regresyon Analiz Sonuçları

Band/İndisleri	R <sup>2</sup>	RMSE	Regresyon Denklemi	Ters Regresyon Denklemi	Uydu
VV	0.63**	0.03	VV = 0.003*ON + 0.052	ON = (VV - 0.052) / 0.003	Sentinel-1
VH	0.05**	0.01	VH = 0.0001*ON + 0.0249	ON = (VH - 0.249) / 0.0001	Sentinel-1
VV-VH	0.60**	0.03	VV-VH = 0.003*ON + 0.028	ON = (VV-VH - 0.028) / 0.003	Sentinel-1
LEE_VH	0.07**	1.42	LEE_VH = 0.03*ON - 16.47	ON = (LEE_VH + 16.47) / 0.03	Sentinel-1
LEE_VV	0.56**	0.92	LEE_VV = 0.07*ON - 10.60	ON = (LEE_VV + 10.60) / 0.07	Sentinel-1
GAMMA_VH	0.09**	1.25	GAMMA_VH = 0.02*ON - 16.36	ON = (GAMMA_VH + 16.36) /	Sentinel-1
GAMMA_VV	0.50**	0.87	GAMMA_VV = 0.06*ON - 10.08	ON = (GAMMA_VV + 10.08) /	Sentinel-1
MALIK_VH	0.07**	1.52	MALIK_VH = 0.03*ON - 16.54	ON = (MALIK_VH + 16.54) /	Sentinel-1
MALIK_VV	0.56**	0.95	MALIK_VV = 0.07*ON - 10.73	ON = (MALIK_VV + 10.73) /	Sentinel-1
SMI	0.84**	0.11	SMI = 0.01*ON - 0.11	ON = (SMI + 0.11) / 0.01	Landsat-8
LST	0.35**	4.17	LST = -0.16*ON + 45.64	ON = (LST - 45.64) / -0.16	Landsat-8

ON: Ortam Nemi. R<sup>2</sup>: Regresyon Katsayısı. RMSE: Hata Kare Ortalamalarının Karekökü. \*\*:0.01 düzeyinde önemli

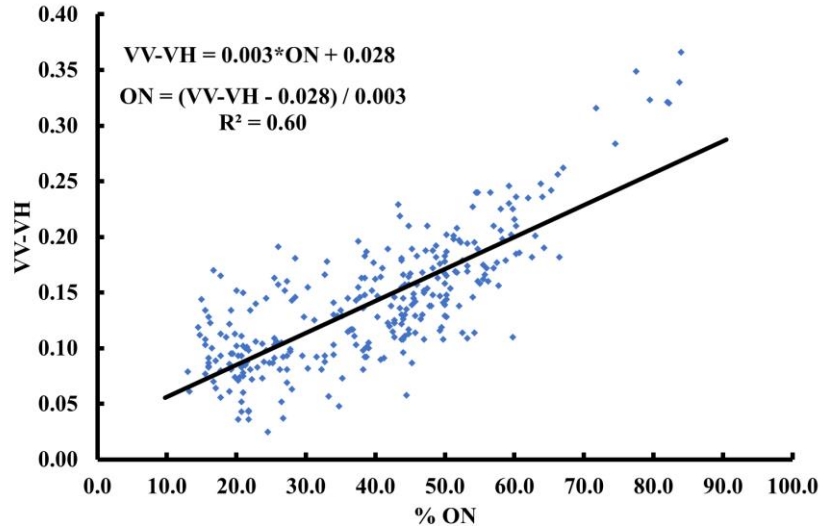
Ortam nemi (ON) değerleri ile VV (R<sup>2</sup>=0.63), VV-VH (R<sup>2</sup>=0.60), SMI (R<sup>2</sup>=0.84) arasında yüksek ilişki saptanırken, VH (R<sup>2</sup>=0.05), LEE\_VH (R<sup>2</sup>=0.07), GAMMA\_VH (R<sup>2</sup>=0.09), MALIK\_VH (R<sup>2</sup>=0.07), LEE\_VV (R<sup>2</sup>=0.56), GAMMA\_VV (R<sup>2</sup>=0.50), MALIK\_VV (R<sup>2</sup>=0.56) ve LST (R<sup>2</sup>=0.35) arasında düşük ilişki saptanmıştır.

Ortam nemi (ON) ile Sentinel-1 VV bant değerleri arasında linear (VV=0.003\*ON + 0.052) (R<sup>2</sup>=0.63) bir ilişkinin var olduğu görülmektedir (**Çizelge 2** ve **Şekil 7**). Ortam nemi ile Sentinel-1 VV bant değerleri arasındaki linear ve önemli (%1) ilişkinin saptanması, anlık/dinamik ortam nem (ON) değerinin belirlenmesine yönelik olarak Sentinel-1 VV bant değerlerinin kullanılabilceğini ortaya koymaktadır.



**Şekil 7.** VV ile Ortam Nemi (ON) arasındaki değişim

Sentinel-1 VV bant değerleri ile Ortam nemi (ON) arasında linear ( $ON = (VV - 0.052) / 0.003$ ) ( $R^2 = 0.63$ ) bir ilişki saptanmıştır. Anlık/dinamik Ortam nemi (ON) değerlerinin elde etmemiz de Sentinel-1 VV bandı kullanılarak rahatlıkla saptanabileceğini ortaya koymaktadır. Elde ettiğimiz bulgular, Amazirh ve ark. (2018); Raper (2014); Ahlmer ve ark. (2018); Schmutge ve ark. (1976); Hoskera ve ark. (2020); Khabbazan ve ark. (2019); Acar ve ark. (2020); Pablos ve ark. (2016); Makoei (2015); Şekertekin (2018); Navarro ve ark. (2016)'nın bulgularını desteklemektedir.



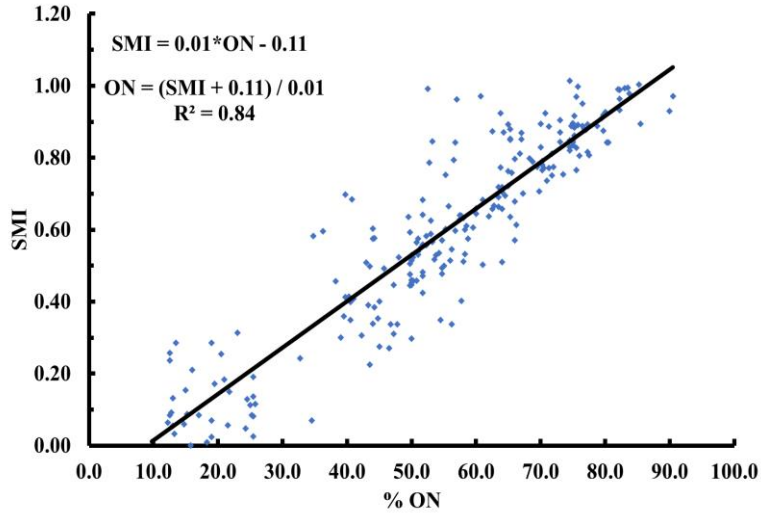
Şekil 8. VV-VH ile Ortam Nemi (ON) arasındaki değişim

Ortam nemi (ON) ile Sentinel-1 VV-VH bant değerleri arasında linear ( $VV-VH = 0.003*ON + 0.028$ ) ( $R^2 = 0.60$ ) bir ilişkinin var olduğu görülmektedir (Çizelge 2 ve Şekil 8). Ortam nemi ile Sentinel-1 VV-VH bant değerleri arasındaki linear ve önemli (%1) ilişkinin var olması, anlık/dinamik ortam nem değerinin belirlenmesi ile Sentinel-1 VV-VH bant değerlerinin saptanmasında kullanılabileceğini ortaya koymaktadır. Sentinel-1 VV-VH bant değerleri ile Ortam nemi (ON) arasında linear ( $ON = (VV-VH - 0.028) / 0.003$ ) ( $R^2 = 0.60$ ) bir ilişki saptanmıştır. Anlık/dinamik Ortam nemi (ON) değerlerinin elde etmemiz de Sentinel-1 VV-VH bandı kullanılarak rahatlıkla saptanabileceğini ortaya koymaktadır. Elde ettiğimiz bulgular, Amazirh ve ark. (2018); Raper (2014); Ahlmer ve ark. (2018); Schmutge ve ark. (1976); Hoskera ve ark. (2020); Khabbazan ve ark. (2019); Acar ve ark. (2020); Pablos ve ark. (2016); Makoei (2015); Şekertekin (2018); Navarro ve ark. (2016)'nın bulgularını desteklemektedir.

Ortam nemi (ON) ile Landsat-8 SMI indisi arasında linear ( $SMI = 0.01*ON - 0.11$ ) ( $R^2 = 0.84$ ) bir ilişkinin var olduğu görülmektedir (Çizelge 2 ve Şekil 9), ortam nemi ile SMI değeri arasındaki linear ve önemli (%1) ilişkinin var olması, anlık/dinamik ortam nem değerinin belirlenmesi ile SMI değerinin saptanmasında kullanılabileceğini ortaya koymaktadır. Landsat-8 SMI indisi değerleri ile ortam nemi (ON) arasında linear ( $ON = (SMI + 0.11) / 0.01$ ) ( $R^2 = 0.84$ ) bir ilişki saptanmıştır. Anlık/dinamik Ortam nemi (ON) değerlerinin elde etmemiz de Landsat-8 SMI bandı kullanılarak rahatlıkla saptanabileceğini ortaya koymaktadır. Elde ettiğimiz bulgular, Qui (2006); Pablos ve ark. (2016); Masoud ve ark. (2019); Saha ve ark. (2018); Zhang ve ark. (2016); Özelkan ve ark. (2014)'nın bulgularını desteklemektedir.



**Pamuk Bitkisi Üretim Alanı Ortam Nem ve Sıcaklık Değerlerinin, SAR ve Optik Uydu Görüntüleri ile Tahmin Edebilirliğinin Araştırılması**



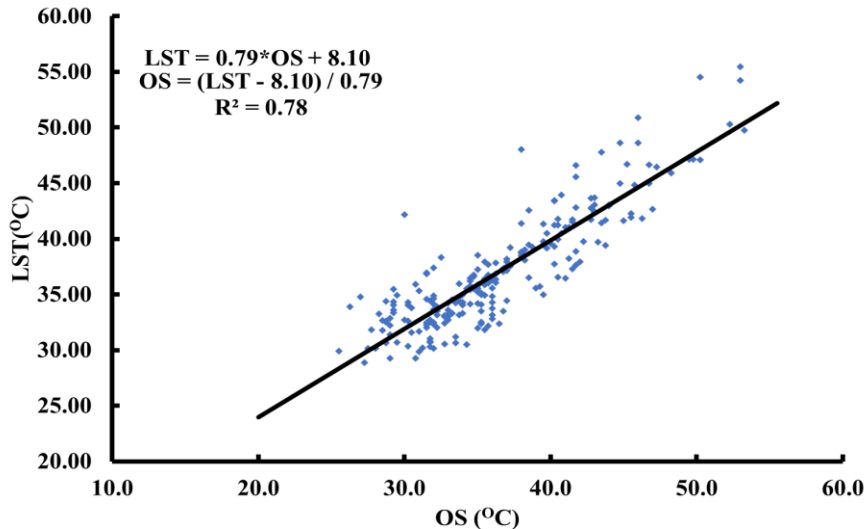
Şekil 9. SMI ile Ortam Nemi (ON) arasındaki değişim

**Çizelge 3.** Ortam Sıcaklık (OS) Verileri ile Sentinel-1 ve Landsat-8 band/indisleri Regresyon ve Ters Regresyon analiz sonuçları

Band/İndisleri	R <sup>2</sup>	RMSE	Regresyon Denklemi	Ters Regresyon Denklemi	Uydu
VV	0.46**	0.04	VV = -0.007*OS + 0.436	OS = (VV - 0.436) / -0.007	Sentinel-1
VH	0.06**	0.01	VH = -0.0004*OS + 0.0465	OS = (VH - 0.0465) / -0.0004	Sentinel-1
VV-VH	0.43**	0.04	VV-VH = -0.007*OS + 0.389	OS = (VV-VH - 0.389) / -0.007	Sentinel-1
LEE_VH	0.09**	1.41	LEE_VH = -0.08*OS - 12.60	OS = (LEE_VH + 12.60) / -0.08	Sentinel-1
LEE_VV	0.48**	0.99	LEE_VV = -0.17*OS - 1.63	OS = (LEE_VV + 1.63) / -0.17	Sentinel-1
GAMMA_VH	0.10**	1.24	GAMMA_VH = -0.08*OS -	OS = (GAMMA_VH + 12.62) / -	Sentinel-1
GAMMA_VV	0.46**	0.90	GAMMA_VV = -0.15*OS - 2.36	OS = (GAMMA_VV + 2.36) / -	Sentinel-1
MALIK_VH	0.08**	1.51	MALIK_VH = -0.08*OS - 12.57	OS = (MALIK_VH + 12.57) / -0.08	Sentinel-1
MALIK_VV	0.49**	1.02	MALIK_VV = -0.18*OS -1.39	OS = (MALIK_VV + 1.39) / -0.18	Sentinel-1
SMI	0.49**	0.19	SMI = -0.03*OS + 1.80	OS = (SMI - 1.80) / -0.03	Landsat-8
<b>LST</b>	<b>0.78**</b>	<b>2.33</b>	<b>LST = 0.79 * OS + 8.10</b>	<b>OS = (LST - 8.10) / 0.79</b>	<b>Landsat-8</b>

OS: Ortam Sıcaklık. R<sup>2</sup>: Regresyon Katsayısı. RMSE: Hata Kare Ortalamalarının Karekökü. \*\*:0.01 düzeyinde önemli

Ortam sıcaklığı (OS) değerleri ile Landsat-8 LST (R<sup>2</sup>=0.78\*\*) arasında yüksek ilişki saptanırken, Sentinel-1 VV (R<sup>2</sup>=0.46), VV-VH (R<sup>2</sup>=0.43), LEE\_VV (R<sup>2</sup>=0.48), GAMMA\_VV (R<sup>2</sup>=0.46), MALIK\_VV (R<sup>2</sup>=0.49), VH (R<sup>2</sup>=0.06), LEE\_VH (R<sup>2</sup>=0.09), GAMMA\_VH (R<sup>2</sup>=0.10), MALIK\_VH (R<sup>2</sup>=0.08) ve Landsat-8 SMI (R<sup>2</sup>=0.49) arasında düşük ilişki saptanmıştır.



Şekil 10. Ortam Sıcaklığı (OS) ile LST arasındaki değişim

Ortam sıcaklığı (OS) ile Landsat-8 LST değerleri arasında linear ( $LST = 0.79 \cdot OS + 8.10$ ) ( $R^2=0.78$ ) bir ilişkinin var olduğu görülmektedir (Çizelge 3 ve Şekil 10). Ortam sıcaklığı ile LST değeri arasındaki linear ve önemli (%1) ilişkinin var olması, anlık/dinamik ortam sıcaklığı değerinin belirlenmesi ile LST değerinin saptanmasında kullanılabilmesini ortaya koymaktadır. LST indisi değerleri ile ortam sıcaklığı (OS) arasında linear ( $OS = (LST - 8.10) / 0.79$ ) ( $R^2=0.78$ ) bir ilişki saptanmıştır. Anlık/dinamik Ortam sıcaklığı (OS) değerlerinin elde etmemiz de Landsat-8 LST bandı kullanılarak rahatlıkla saptanabileceğini ortaya koymaktadır. Elde ettiğimiz bulgular, Ghafarian Malamiri (2015); Qui (2006); Pablos ve ark. (2016); Masoud ve ark. (2019); Saha ve ark. (2018); Zhang ve ark. (2016); Özelkan ve ark. (2014)'nın bulgularını desteklemektedir.

## SONUÇ

Sonuç olarak, ortam nem ve ortam sıcaklık verileri ile Sentinel-1 ve Landsat-8 bant/indis değerleri arasında yapılan regresyon analiz sonuçlarına göre; geniş ölçekli arazi çalışmalarında ortam nemi değerlerinin tahmin edilmesinde VV, VV-VH ve SMI indisinin yüksek doğruluk ile kullanılabilmesi; VH, LEE\_VH, LEE\_VV, GAMMA\_VH, GAMMA\_VV, MALIK\_VH, MALIK\_VV ve LST yüksek doğrulukta tahmin edilmesi için uygun olmadığı; geniş ölçekli arazi çalışmalarında ortam sıcaklığı değerlerinin tahmin edilmesinde LST bandının yüksek doğruluk ile kullanılabilmesi; VV VH VV-VH LEE\_V LEE\_VV GAMMA\_VH GAMMA\_VV MALIK\_VH MALIK\_VV ve SMI bant/indisinin yüksek doğrulukta tahmin edilmesi için uygun olmadığı sonucuna varılmıştır. Ancak bu çalışmamızda yeterli doğruluk göstermediklerinden dolayı tahmin için uygun görülmeyen bant ve indislerin faydalı olabileceği farklı metotlar ile araştırılması tavsiye edilmektedir.

## TEŞEKKÜR

Dicle Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FBE.21.009 nolu proje numarası ile desteklenmiştir. Bilimsel Araştırma Koordinasyon Birimi'ne desteğinden ötürü teşekkür ederiz.

## Çıkar Çatışması

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

## Yazar Katkısı

Makalenin ağırlıklı kısmı birinci ve ikinci yazar tarafından yapılmış, ikinci yazar, birinci tez danışmanı, üçüncü yazar ise ikinci tez danışmanıdır.

## KAYNAKLAR

- Acar. E. ve Özerdem. M.S. (2020). On a yearly basis prediction of soil water content utilizing sar data: a machine learning and feature selection approach. Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences (2020) 28: 2316 – 2330.
- Ahlmer. A.K., Cavalli. M., Hansson. K., Koutsouris. A.J., Crema. S. and Kalantari. Z. (2018). Soil moisture remote-sensing applications for identification of flood-prone areas along transport infrastructure. Environ Earth Sci 77. 533 (2018). <https://doi.org/10.1007/s12665-018-7704-z>.
- Aktaş. F.A. and Üstündağ. B.B. (2020). Soil moisture monitoring of the plant root zone by using phenology as context in remote sensing. Ieee Journal of Selected Topics In Applied Earth Observations And Remote Sensing. Vol. 13. 6051– 6063 04 September 2020.

- Amazirh, A. Merlin, O. Er-Raki, S. Gao, Q. Rivalland, V. Malbeteau, Y. ... & Escorihuela, M.J. (2018). Retrieving surface soil moisture at high spatio-temporal resolution from a synergy between Sentinel-1 radar and Landsat thermal data: A study case over bare soil. *Remote sensing of environment*, 211, 321-337.
- Anonim. (2017). Türkiye’de sulanan bitkilerin bitki su tüketimleri. TAGEM
- Anonim. (2023). <https://icac.org/DataPortal/DataPortal?Year=2020/21%20est> Erişim: 10.01.2023
- Anonim. (2023a). [http://www.nik.com.tr/content\\_sistem\\_uydu.asp?id=101](http://www.nik.com.tr/content_sistem_uydu.asp?id=101) Erişim: 31.01.2023
- Anonim. (2023b). <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20200001565/downloads/20200001565.pdf>
- Anonim. (2023c). <https://earthengine.google.com/faq/> Erişim: 31.12.2022
- Avdan, U. & Jovanovska, G. (2016). Algorithm for automated mapping of land surface temperature using LANDSAT 8 satellite data. *Journal of sensors*, 2016, 1-8.
- Bulut, B. Yılmaz, M.T. Afshar, M.H. Şorman, A.Ü. Yücel, İ. Cosh, M.H. and Şimşek, O. (2019). Evaluation of Remotely-Sensed and Model-Based Soil Moisture Products According to Different Soil Type, Vegetation Cover and Climate Regime Using Station-Based Observations over Turkey. *Remote Sens*, 2019, 11, 1875. <https://doi.org/10.3390/rs11161875>.
- Chander, G. Markham, B.L. & Helder, D.L. (2009). Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. *Remote sensing of environment*, 113(5), 893-903.
- Cresson, R. Grizonnet, M. & Michel, J. (2018). Orfeo ToolBox Applications. *QGIS and generic tools*, 1, 151-242.
- El Ghandour, F.-E. Alfieri, S.M. Houali, Y. Habib, A. Akdim, N. Labbassi, K. and Menenti, M. (2019). Detecting the Response of Irrigation Water Management to Climate by Remote Sensing Monitoring of Evapotranspiration. *Water* 2019, 11, 2045. <https://doi.org/10.3390/w11102045>.
- Ghafarian H R. (2015). Reconstruction of Gap-Free Time Series Satellite Observations of Land Surface Temperature to Model Spectral Soil Thermal Admittance. The Netherlands: Delft University of Technology. DOI:10.4233/uuid:63dc3402-9fd6-4594-a00e-7aa5ae2501aa
- Hoskera, A.K. Nico, G. Irshad Ahmed, M. and Whitbread, A. (2020). Accuracies of Soil Moisture Estimations Using a Semi-Empirical Model over Bare Soil Agricultural Croplands from Sentinel-1 SAR Data. *Remote Sens*, 2020, 12, 1664. <https://doi.org/10.3390/rs12101664>.
- Khabbazan, S. Vermunt, P. Steele-Dunne, S. Ratering Arntz, L. Marinetti, C. Van Der Valk, D. Iannini, L. Molijn, R. Westerdijk, K. and Van Der Sande, C. (2019). Crop Monitoring Using Sentinel-1 Data: A Case Study from The Netherlands. *Remote Sens*, 2019, 11, 1887. <https://doi.org/10.3390/rs11161887>.
- Khan, N. U. (2013). Diallel analysis of cotton leaf curl virus (CLCuV) disease, earliness, yield and fiber traits under CLCuV infestation in upland cotton. *Australian journal of crop science*, 7 (12), 1955-1966.
- Koçak, M. (2002). Elektriksel yöntemlerle algılanan toprak neminin sulama otomasyonunda kullanılması Ankara Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı Doktora Tezi.
- Makoei, E.B. (2015). Evaluation of three semi-empirical soil moisture estimation models in agriculture areas with Radarsat-2 imagery processing in The Southeast Of Turkey. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik Ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi.
- Mansourpour, M. Rajabi, M. A. & Blais, J. A. R. (2006). Effects and performance of speckle noise reduction filters on active radar and SAR images. In *Proc. Isprs* (Vol. 36. No. 1, p. W41).
- Masoud, G. Mohammad, R.M. and Meisam, A. (2019). Soil moisture estimation using land surface temperature and soil temperature at 5 cm depth. *International Journal of Remote Sensing*, 40:1, 104-117. DOI: 10.1080/01431161.2018.1501167.
- Medasani, S. & Reddy, G.U. (2017). Analysis and evaluation of speckle filters for polarimetric synthetic aperture radar (PolSAR) data. *International Journal of Applied Engineering Research*, 12(15), 4916-4927.
- Mthandi, J. Kahimba, F. Tarimo, A. Salim, B. and Lowole, M. (2013). Root zone soil moisture redistribution in maize (*Zea mays* L.) under different water application regimes. *Agricultural Sciences*, 4, 521-528. doi: 10.4236/as.2013.410070.

- Navarro. A. Rolim. J. Miguel. I. Catalão. J. Silva. J. Painho. M. and Vekerdy. Z. (2016). Crop Monitoring Based on SPOT-5 Take-5 and Sentinel-1A Data for the Estimation of Crop Water Requirements. *Remote Sens.* 2016. 8. 525. <https://doi.org/10.3390/rs8060525>.
- Özelkan. E. Bagis. S. Ozelkan. C.E. ve Üstündağ. B.B. (2014). Land surface temperature retrieval for climate analysis and association with climate data. *European Journal of Remote Sensing – 2014.47*: 655-669.
- Pablos. M. Martínez-Fernández. J. Piles. M. Sánchez. N. Vall-llossera. M. and Camps. A. (2016). Multi-Temporal Evaluation of Soil Moisture and Land Surface Temperature Dynamics Using in Situ and Satellite Observations. *Remote Sens.* 2016. 8. 587. <https://doi.org/10.3390/rs8070587>.
- Qui. H. (2006). Rhermal remote sensing of soil moisture: validation of presumed linear relation between surface temperature gradient and soil moisture content. The University of Melbourne. Civil and Environmental Engineering Department. A final year research Project.
- Raper. T.B. (2014). In-season Drought Monitoring: Testing Instrumentation and Developing Methods of Measurement Analysis. Theses and Dissertations Retrieved from <https://scholarworks.uark.edu/etd/2238>.
- Rouse Jr. J.W. Haas. R.H. Schell. J.A. & Deering. D.W. (1973). Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation (No. NASA-CR-132982).
- Saha. A. Patil. M. Goyal. V. and Rathore. D.S. (2018). Assessment and impact of soil moisture index in agricultural drought estimation using remote sensing and gis techniques. 3rd International Electronic Conference on Water Sciences (ECWS-3) Roorkee. Uttarakhand. India. 15–30 November 2018.
- Schmugge. T. Wilheit. T. Webster. W. and Gloersen. P. (1976). Remote sensing of soil moisture with microwave radiometers-II. Nasa Technical Note. Nasa TN D-8321. National Aeronautics and Space Administration Washington. D.C. September 1976.
- Şekertekin. A.İ. 2018. Aktif mikrodalga uydu görüntü verileri kullanılarak toprak neminin belirlenmesi. Bülent Ecevit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi.
- Sunar. F. Özkan. Ç. ve Osmanoğlu. B. (2016). Uzaktan Algılama. Eskişehir. Anadolu Üniversitesi.
- Yaşar, M. (2022). Evaluation of some new cotton genotypes against verticillium disease (*Verticillium dahliae* Kleb.). *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 6 (1), 110-117. DOI: <https://doi.org/10.46291/ISPECJASvol6iss1pp110-117>
- Yaşar, M. (2023). Yield and fiber quality traits of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) cultivars analyzed by biplot method. *Journal of King Saud University-Science*, 35 (4), 102632. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2023.102632>
- Yetbarek Acar. H. Özerdem. M.S. and Acar. E. (2020). Soil moisture inversion via semiempirical and machine learning methods with full-polarization Radarsat-2 and polarimetric target decomposition data: a comparative study. *IEEE Access* (Volume: 8) 197896- 197907 02 November 2020.
- Zeng. Y. Feng. Z. & Xiang. N. (2004). Assessment of soil moisture using Landsat ETM+ temperature/vegetation index in semiarid environment. In *IGARSS 2004. 2004 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium* (Vol. 6. pp. 4306-4309).
- Zhang. D. and Zhou. G. (2016). Estimation of Soil Moisture from Optical and Thermal Remote Sensing: A Review. *Sensors* (Basel. Switzerland). 16(8). 1308. <https://doi.org/10.3390/s16081308>.