

**PAMUKTA (*G. hirsutum* L.) BİTKİ-SU İLİŞKİSİNİN  
SAPTAMASINDA UYDU GÖRÜNTÜLERİNİN  
KULLANMA OLANAKLARININ  
ARAŞTIRILMASI**

**SERKAN KILIÇASLAN**

**TEMMUZ 2023**

**DİYARBAKIR**

DİCLE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PAMUKTA (*G. hirsutum* L.) BİTKİ-SU İLİŞKİSİNİN  
SAPTAMASINDA UYDU GÖRÜNTÜLERİNİN  
KULLANMA OLANAKLARININ  
ARAŞTIRILMASI**

SERKAN KILIÇASLAN

DİCLE ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM-ÖĞRETİM VE SINAV  
YÖNETMELİĞİNİN BİR PARÇASI OLARAK  
TARLA BİTKİLERİ ANA BİLİM DALINDA  
DOKTORA TEZİ  
OLARAK HAZIRLANMIŞTIR

TEMMUZ 2023

DİYARBAKIR

**PAMUKTA (*G. hirsutum* L.) BİTKİ-SU İLİŞKİSİNİN SAPTAMASINDA  
UYDU GÖRÜNTÜLERİNİN KULLANMA OLANAKLARININ  
ARAŞTIRILMASI**

**Serkan KILIÇASLAN** tarafından Dicle Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin bir parçası olarak hazırlanan bu çalışma, aşağıda bilgileri yazılı jüri üyeleri tarafından değerlendirilerek **Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı**'nda **Doktora Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Neslihan DALKILIÇ  
Müdür, **Fen Bilimleri Enstitüsü**

Doç. Dr. Remzi EKİNCİ  
Danışman, **Tarla Bitkileri Bölümü,**  
**Dicle Üniversitesi**

Dr. Mehmet Cengiz ARSLANOĞLU  
İkinci Danışman,  
**Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü**

**Sınav Jürisi:**

Prof. Dr. Sema BAŞBAĞ (\*)  
Tarla Bitkileri Bölümü,  
Dicle Üniversitesi

Doç. Dr. Remzi EKİNCİ (\*\*)  
Tarla Bitkileri Bölümü,  
Dicle Üniversitesi

Doç. Dr. Enver KENDAL  
Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü,  
Mardin Artuklu Üniversitesi

Doç. Dr. Yusuf ARSLAN  
Tarla Bitkileri Bölümü,  
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Vedat PİRİNÇ  
Bahçe Bitkileri Bölümü,  
Dicle Üniversitesi

ONAY

**Savunma Tarihi: 25 / 07 / 2023**

(\*) Sınav Jürisi kısmının birinci satırına Jüri Başkanının bilgilerini yazınız.

(\*\*) Sınav Jürisi kısmının ikinci satırına Tez Danışmanının bilgilerini yazınız.

**Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tez çalışmasında yer alan tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu beyan ederim. Ayrıca, bahse konu bu kural ve ilkelerin gerektirdiği üzere, bu çalışmada özgün olmayan tüm bilimsel içerikleri kurallara uygun biçimde alıntılıyıp kaynak gösterdiğimi beyan ederim. Beyanımınla çelişen herhangi bir delil bulunduğu takdirde tüm sorumluluğu üstleneceğimi kabul ederim.**

**Ad, Soyad: Serkan KILIÇASLAN**

**İmza: .....**



## TEŞEKKÜR

Danışmanım Sayın Doç. Dr. Remzi Ekinci'ye ve ikinci danışmanım Sayın Dr. Mehmet Cengiz Arslanoğlu'na çalışmanın tüm aşamalarında gösterdikleri yardım ve desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Tez İzleme süresince Tez İzleme Komitesinde yer alan jüri üyeleri Sayın Prof. Dr. Sema Başbağ ve Dr. Öğr. Üyesi Vedat Pirinç hocalarıma değerli görüşleri ve yol göstericilikleri için teşekkür ederim

Tezin arazi çalışmaları sırasında her türlü yardımı yapan değerli meslektaşlarım Ziraat Mühendisi Abdurrahman Kaplan, Fethullah Kösen ve Abdülkadir Gezer'e, Bilgisayar Mühendisi Fatih Eybek'e teşekkür ederim.

Yazar, Dicle Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne (DÜBAP), bu tez çalışması için sağladıkları finansal destek için (Proje No: FBE.21.009) için teşekkürü bir borç bilir.

En önemlisi, çalışmanın her aşamasında bana sabırla destek olan aileme çok teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

|                                                                                                |      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| TEŞEKKÜR.....                                                                                  | v    |
| İÇİNDEKİLER .....                                                                              | vi   |
| ŞEKİLLER LİSTESİ .....                                                                         | viii |
| TABLOLAR LİSTESİ.....                                                                          | xii  |
| SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ .....                                                          | xiv  |
| ÖZET.....                                                                                      | xix  |
| ABSTRACT.....                                                                                  | xx   |
| 1. GİRİŞ .....                                                                                 | 1    |
| 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....                                                                      | 5    |
| 2.1 Bitki-Su İlişkileri ile İlgili Çalışmalar .....                                            | 5    |
| 2.2 Tarla İçi Ölçümlerle Toprak ve Bitki-Su Durumunun Belirlenmesi ile İlgili Çalışmalar ..... | 5    |
| 2.3 Optik Uydu Görüntüleri ile İlgili Çalışmalar .....                                         | 7    |
| 2.4 SAR Uydu Görüntüleri ile İlgili Çalışmalar.....                                            | 30   |
| 2.5 Optik ve SAR Uydu Görüntülerinin Birlikte Kullanıldığı Çalışmalar .....                    | 33   |
| 3. MATERYAL VE METOT .....                                                                     | 37   |
| 3.1 Materyal .....                                                                             | 37   |
| 3.1.1 Çalışma alanı .....                                                                      | 37   |
| 3.1.2 Meteorolojik veriler .....                                                               | 38   |
| 3.1.3 Toprak analizi.....                                                                      | 38   |
| 3.1.4 Gözlem alanlarına ait bilgiler .....                                                     | 39   |
| 3.2 Metot .....                                                                                | 40   |
| 3.2.1 Toprak nemi (%).....                                                                     | 40   |
| 3.2.2 Toprak sıcaklığı (°C) .....                                                              | 41   |
| 3.2.3 Ortam nemi (%) .....                                                                     | 42   |

|                                                          |     |
|----------------------------------------------------------|-----|
| 3.2.4 Ortam sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ ).....        | 42  |
| 3.2.5 Normalize fark bitki örtüsü indeksi .....          | 41  |
| 3.2.6 Yaprak alan indeksi .....                          | 43  |
| 3.2.7 Bitki oransal su içeriği (%).....                  | 43  |
| 3.2.8 Bitki Kanopi Sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ )..... | 44  |
| 3.2.9 Sentinel-1 uydu görüntüleri .....                  | 44  |
| 3.2.10 Sentinel-2 uydu görüntüleri .....                 | 47  |
| 3.2.11 Landsat-8 uydu görüntüleri .....                  | 47  |
| 3.2.12 PlanetScope uydu görüntüleri.....                 | 48  |
| 3.2.13 Google Earth Engine platformu .....               | 49  |
| 3.2.14 Uydu indeksleri.....                              | 51  |
| 4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....                            | 67  |
| 4.1 Toprak Nemi (%).....                                 | 71  |
| 4.2 Toprak Sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ ).....         | 78  |
| 4.3 Ortam Nemi (%).....                                  | 85  |
| 4.4 Ortam Sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ ).....          | 92  |
| 4.5 Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi.....     | 99  |
| 4.6 Yaprak Alan İndeksi.....                             | 123 |
| 4.7 Bitki Oransal Su İçeriği (%).....                    | 144 |
| 4.8 Bitki Kanopi Sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ ) .....  | 165 |
| 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....                            | 173 |
| KAYNAKLAR .....                                          | 189 |
| ÖZGEÇMİŞ .....                                           | 209 |

## ŞEKİLLER LİSTESİ

|                                                                                                                                                                 |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Şekil 3.1 Çalışma bölgesi.....                                                                                                                                  | 37  |
| Şekil 3.2 Meteorolojik veriler .....                                                                                                                            | 38  |
| Şekil 3.3 Datalogger cihazı .....                                                                                                                               | 41  |
| Şekil 3.4 NDVI ölçüm cihazı .....                                                                                                                               | 42  |
| Şekil 3.5 LAI ölçüm cihazı ve kullanım örneği .....                                                                                                             | 43  |
| Şekil 3.6 BOSİ ölçümleri .....                                                                                                                                  | 43  |
| Şekil 3.7 FLIR Tools yazılım görüntüsü.....                                                                                                                     | 44  |
| Şekil 3.8 Radar Uydu polarizasyonları .....                                                                                                                     | 46  |
| Şekil 3.9 SAR Uydu bantları penetrasyon özellikleri .....                                                                                                       | 47  |
| Şekil 3.10 Google Earth Engine ortamı .....                                                                                                                     | 49  |
| Şekil 3.11 Çalışma iş akış protokolü.....                                                                                                                       | 50  |
| Şekil 3.12 Uydu edinim ve gözlem değer alım tarihleri .....                                                                                                     | 50  |
| Şekil 3.13 LST alım için iş akış şeması .....                                                                                                                   | 64  |
| Şekil 3.14 SMI alım için iş akış şeması .....                                                                                                                   | 65  |
| Şekil 4.1 TN gözlem değerleri ile Sentinel-1, Landsat-8 bant/indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri .....                   | 76  |
| Şekil 4.2 TS gözlem değerleri ile Sentinel-1, Landsat-8 bant/indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri .....                   | 83  |
| Şekil 4.2 ON gözlem değerleri ile Sentinel-1, Landsat-8 bant/indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri .....                   | 90  |
| Şekil 4.4 OS gözlem değerleri ile Sentinel-1, Landsat-8 bant/indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri .....                   | 97  |
| Şekil 4.5 NDVI gözlem değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri.....        | 106 |
| Şekil 4.5 NDVI gözlem değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri (Devamı)107 |     |
| Şekil 4.5 NDVI gözlem değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri (Devamı)108 |     |
| Şekil 4.5 NDVI gözlem değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri (Devamı)109 |     |

|                                                                                                                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Şekil 4.5 NDVI gözlem değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri (Devamı)       | 110 |
| Şekil 4.5 NDVI gözlem değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri (Devamı)       | 111 |
| Şekil 4.5 NDVI gözlem değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri (Devamı)       | 112 |
| Şekil 4.5 NDVI gözlem değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri (Devamı)       | 113 |
| Şekil 4.5 NDVI gözlem değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri (Devamı)       | 114 |
| Şekil 4.5 NDVI gözlem değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri (Devamı)       | 115 |
| Şekil 4.5 NDVI gözlem değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri (Devamı)       | 116 |
| Şekil 4.5 NDVI gözlem değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri (Devamı)       | 117 |
| Şekil 4.5 NDVI gözlem değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri (Devamı)       | 118 |
| Şekil 4.5 NDVI gözlem değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri (Devamı)       | 119 |
| Şekil 4.6 LAI gözlem değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri.....       | 129 |
| Şekil 4.6 LAI gözlem değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri (Devam)... | 130 |
| Şekil 4.6 LAI gözlem değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri (Devam)... | 131 |
| Şekil 4.6 LAI gözlem değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri (Devam ).. | 132 |
| Şekil 4.6 LAI gözlem değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri (Devam)... | 133 |
| Şekil 4.6 LAI gözlem değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri (Devam)... | 134 |

[illegible]

Şekil 4.7 BOSI gözlem değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri (Devam) ..160

Şekil 4.7 BOSI gözlem değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri (Devam) ..161

Şekil 4.8 BKS gözlem değerleri ile Sentinel-1 bant/indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri..... 170



## TABLÖLAR LİSTESİ

|                                                                                                                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tablo 3.1 Çalışmanın yürütüldüğü parsellerin koordinatları .....                                                                                                         | 37 |
| Tablo 3.2 Toprak Analiz Sonuçları .....                                                                                                                                  | 39 |
| Tablo 3.3 Arazi ekim-hasat tarihleri .....                                                                                                                               | 40 |
| Tablo 3.4 Sentinel 1 uydusu karakteristikleri .....                                                                                                                      | 45 |
| Tablo 3.5 SAR uyduları band karakteristikleri .....                                                                                                                      | 46 |
| Tablo 3.6 Sentinel 2 uydusu karakteristikleri .....                                                                                                                      | 47 |
| Tablo 3.7 Landsat 8 uydusu karakteristikleri .....                                                                                                                       | 48 |
| Tablo 3.8 PlanetScope uydusu karakteristikleri .....                                                                                                                     | 48 |
| Tablo 3.9 Çalışmada kullanılan optik uydu indeksleri .....                                                                                                               | 51 |
| Tablo 3.9 Çalışmada kullanılan optik uydu indeksleri (Devam) .....                                                                                                       | 52 |
| Tablo 3.9 Çalışmada kullanılan optik uydu indeksleri (Devam) .....                                                                                                       | 53 |
| Tablo 3.10 Çalışmada kullanılan S1 uydu bant ve indeksleri .....                                                                                                         | 53 |
| Tablo 3.10 Çalışmada kullanılan S1 uydu bant ve indeksleri (Devam) .....                                                                                                 | 54 |
| Tablo 4.1 Arazi gözlem bilgileri .....                                                                                                                                   | 67 |
| Tablo 4.1 Arazi gözlem bilgileri (Devam) .....                                                                                                                           | 68 |
| Tablo 4.1 Arazi gözlem bilgileri (Devam) .....                                                                                                                           | 69 |
| Tablo 4.2 BKS gözlem bilgileri .....                                                                                                                                     | 70 |
| Tablo 4.3 TN gözlem değerleri ile Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Korelasyon ve Regresyon Analiz sonuçları .....         | 72 |
| Tablo 4.3 TN gözlem değerleri ile Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Korelasyon ve Regresyon Analiz sonuçları (Devam) ..... | 73 |
| Tablo 4.4 TS gözlem değerleri ile Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Korelasyon ve Regresyon Analiz sonuçları ....          | 79 |
| Tablo 4.4 TS gözlem değerleri ile Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Korelasyon ve Regresyon Analiz sonuçları (Devam)       | 80 |
| Tablo 4.5 ON gözlem değerleri ile Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Korelasyon ve Regresyon Analiz sonuçları .....         | 86 |
| Tablo 4.5 ON gözlem değerleri ile Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Korelasyon ve Regresyon Analiz sonuçları (Devam)       | 87 |



|                                                                                                                                                                                        |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tablo 4.6 OS gözlem değerleri ile Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Korelasyon ve Regresyon Analiz sonuçları .....                       | 93  |
| Tablo 4.6 OS gözlem değerleri ile Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Korelasyon ve Regresyon Analiz sonuçları (Devam)                     | 94  |
| Tablo 4.7 NDVI gözlem değerleri ile Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Korelasyon ve Regresyon Analiz sonuçları .....                     | 100 |
| Tablo 4.7 NDVI gözlem değerleri ile Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Korelasyon ve Regresyon Analiz sonuçları (Devam) .....             | 101 |
| Tablo 4.8 LAI gözlem değerleri ile Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Korelasyon ve Regresyon Analiz sonuçları .....                      | 124 |
| Tablo 4.8 LAI gözlem değerleri ile Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Korelasyon ve Regresyon Analiz sonuçları (Devam) .....              | 125 |
| Tablo 4.9 BOSI gözlem değerleri ile Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Korelasyon ve Regresyon Analiz sonuçları .....                     | 145 |
| Tablo 4.9 BOSI gözlem değerleri ile Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Korelasyon ve Regresyon Analiz sonuçları (Devam) .....             | 146 |
| Tablo 4.10 BKS gözlem değerleri ile Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Korelasyon ve Regresyon Analiz sonuçları .....                     | 166 |
| Tablo 4.10 Çizelge 4.8. BKS gözlem değerleri ile Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Korelasyon ve Regresyon Analiz sonuçları (Devam)..... | 167 |

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

### Simge

### Açıklama

|                 |                          |
|-----------------|--------------------------|
| %               | Yüzde Oran               |
| <sup>0</sup> C  | Santigrat derece         |
| br              | Birim                    |
| CO <sub>2</sub> | Karbondioksit            |
| EC              | Elektriksel Kondüktivite |
| gr              | Gram                     |
| m               | Metre                    |
| cm              | Santimetre               |
| mm              | Milimetre                |
| nm              | Nanometre                |
| pH              | Potential Of Hydrogen    |

### Kısaltma

### Açıklama

|        |                                                               |
|--------|---------------------------------------------------------------|
| ABM    | Yer Üstü Biyokütle                                            |
| AFRI   | Serbest Aerosol Bitki Örtüsü İndeksi                          |
| ALOS-2 | Gelişmiş Kara Gözlem Uydusu 2                                 |
| ARI    | Antosiyanin Yansıma İndeksi                                   |
| ARI 2  | Değiştirilmiş Antosiyanin Yansıma İndeksi                     |
| ARVI   | Atmosfere Dirençli Bitki Örtüsü İndeksi                       |
| ARVI2  | Atmosfere Dirençli Bitki Örtüsü İndeksi 2                     |
| ASCAT  | Gelişmiş Saçılım ölçer                                        |
| ASTER  | Gelişmiş Uzay Kaynaklı Termal Emisyon ve Yansıma Radyometresi |
| AwIFS  | Gelişmiş Geniş Alan Sensörü                                   |
| BAIS2  | Sentinel-2 İçin Yanmış Alan İndeksi                           |
| BI     | Parlaklık İndeksi                                             |
| BNDVI  | Normalleştirilmiş Fark NIR/Mavi Vejetasyon İndeksi            |
| BKS    | Bitki Kanopi Sıcaklığı                                        |
| BOSI   | Bitki Oransal Su İçeriği                                      |
| BSI    | Bitki Su İçeriği                                              |
| CCI    | Klorofil Konsantrasyon İndeksi                                |
| Chl- a | Klorofil- A                                                   |
| CI     | Klorofil İndeksleri                                           |
| CI     | Renk İndeksi                                                  |

|                     |                                                        |
|---------------------|--------------------------------------------------------|
| CI <sub>Green</sub> | Yeşil Klorofil İndeksi                                 |
| CR                  | Birleşik Oran                                          |
| CWC                 | Kanopi Su İçeriği                                      |
| CWR                 | Mahsul Su Gereksinimi                                  |
| CWUE                | Mahsul Suyu Kullanım Verimliliği                       |
| DEM                 | Digital Elevation Model                                |
| DI                  | Yağış Dilimleri                                        |
| DISPATCH            | Fiziksel ve Teorik Ölçek Değişikliği                   |
| DM                  | Kuru Madde                                             |
| dNBR                | Normalize Fark Yanma Oranı                             |
| dNDVI               | Normalize Fark Bitki Örtüsü İndeksi                    |
| DPSVI               | Çift Polarizasyonlu SAR Bitki Örtüsü İndeksi           |
| DVI                 | Fark Bitki Örtüsü İndeksi                              |
| ESA                 | Avrupa Uzay Ajansı                                     |
| EVI                 | Zenginleştirilmiş Bitki Örtüsü İndeksi                 |
| EVI 2               | Zenginleştirilmiş Bitki Örtüsü İndeksi 2               |
| EWT                 | Eşdeğer Su Kalınlığı                                   |
| fAPAR               | Fotosentetik Aktif Radyasyon Fraksiyonu                |
| FPAR                | Fotosentetik Aktif Radyasyon Fraksiyonu                |
| FTIR                | Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Tekniği                   |
| GAMMA               | Gamma MAP                                              |
| GARI                | Atmosfere Dayanıklı Yeşil Bitki Örtüsü İndeksi         |
| GBNDVI              | Yeşil-Mavi NDVI                                        |
| GCI                 | Yeşil Klorofil İndeksi                                 |
| GDVI                | Yeşil Fark Bitki Örtüsü İndeksi                        |
| GEE                 | Google Earth Engine                                    |
| GEMI                | Küresel Çevre İzleme İndeksi                           |
| GI                  | Yeşil İndeks                                           |
| GLI                 | Yeşil Yaprak İndeksi                                   |
| GNDVI               | Yeşil Normalize Fark Bitki Örtüsü İndeksi              |
| GOSAVI              | Yeşil Optimize Toprak Düzeltilmiş Bitki Örtüsü İndeksi |
| GRD                 | Ground Range Detected                                  |
| GRNDVI              | Yeşil-Kırmızı NDVI                                     |
| GRVI                | Yeşil Oran Bitki Örtüsü İndeksi                        |
| GSAVI               | Yeşil Toprak Düzeltilmiş Bitki Örtüsü İndeksi          |
| GVI                 | Püsküllü Şapka- Bitki Örtüsü                           |
| GVMİ                | Küresel Bitki Örtüsü Nem İndeksi                       |
| H                   | Yatay                                                  |
| HANTS               | Zaman Serilerinin Harmonik Analizi                     |
| hc                  | Ürün Yüksekliği                                        |
| ICAC                | Uluslararası Pamuk Danışma Kurulu                      |

|                 |                                                                                             |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| IPVI            | Kızılötesi Yüzde Bitki Örtüsü İndeksi                                                       |
| IRECI           | Çevrilmiş Kırmızı Kenar Klorofil İndeksi                                                    |
| İHA             | İnsansız Hava Aracı                                                                         |
| k               | Işık Sönme Katsayısı                                                                        |
| Kc              | Mahsul Katsayısı                                                                            |
| LAI             | Yaprak Alan İndeksi                                                                         |
| LAIDI           | LAI Belirleme İndeksi                                                                       |
| LaSRC           | Land Surface Reflectance Code                                                               |
| LCI             | Yaprak Klorofil İndeksi                                                                     |
| LEE             | Refined Lee                                                                                 |
| LiDAR           | Işık Algılama ve Uzaklık Ölçümü                                                             |
| LSP             | Arazi Yüzey Fenolojisi                                                                      |
| LST             | Kara Yüzey Sıcaklığı                                                                        |
| MALIK           | Perona-Malik                                                                                |
| mARI            | Değiştirilmiş Antosiyanin Yansıtma İndeksi                                                  |
| MAX             | Maksimum                                                                                    |
| MCARI           | Modifiye Klorofil Absorpsiyon Oranı İndeksi                                                 |
| MCARI/ MTVI2    | Modifiye Klorofil Absorpsiyon Oranı İndeksi / Değiştirilmiş Üçgen Bitki Örtüsü İndeksi 2    |
| MCARI/ OSAVI    | Modifiye Klorofil Absorpsiyon Oranı İndeksi / Optimize Toprak Ayarlı Bitki Örtüsü İndeksi   |
| MCARI1          | Modifiye Klorofil Absorpsiyon Oranı İndeksi 1                                               |
| MCARI2          | Modifiye Klorofil Absorpsiyon Oranı İndeksi 2                                               |
| MCARI2 / OSAVI2 | Modifiye Klorofil Absorpsiyon Oranı İndeksi / Optimize Toprak Ayarlı Bitki Örtüsü İndeksi 2 |
| MIN             | Minimum                                                                                     |
| MIR             | Orta Kızılötesi                                                                             |
| MNDVI           | Modifiye Normalize Fark Bitki Örtüsü İndeksi                                                |
| MNLI            | Modifiye Doğrusal Olmayan İndeks                                                            |
| MODIS           | Orta Çözünürlüklü Görüntüleme Spektrometresi                                                |
| MRENDVI         | Modifiye Kırmızı Kenar Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi                          |
| MRESR           | Modifiye Kırmızı Kenar Basit Oran                                                           |
| MSAVI           | Modifiye Toprak Ayarlı Bitki Örtüsü İndeksi                                                 |
| MSI             | Nem Stres İndeksi                                                                           |
| MSR             | Modifiye Basit Oran                                                                         |
| MTCI            | MERIS Karasal Klorofil İndeksi                                                              |
| MTVI            | Değiştirilmiş Üçgen Bitki Örtüsü İndeksi                                                    |
| MTVI2           | Değiştirilmiş Üçgen Bitki Örtüsü İndeksi 2                                                  |
| N               | Nitrojen                                                                                    |
| NBR             | Normalleştirilmiş Yanma Oranı                                                               |
| NC              | Nitrojen Konsantrasyonu                                                                     |

|                |                                                                     |
|----------------|---------------------------------------------------------------------|
| NCI            | Normalleştirilmiş Kanopi İndeksi                                    |
| NDMI           | Normalleştirilmiş Fark Nem İndeksi                                  |
| NDVI           | Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi                         |
| NDWI           | Normalleştirilmiş Fark Su İndeksi                                   |
| NHD            | Sıcak Gün Sayısı                                                    |
| NIR            | Yakın Kızılötesi                                                    |
| NL             | Doğal Oran                                                          |
| NLI            | Doğrusal Olmayan İndeks                                             |
| NMDI           | Normalleştirilmiş Çok Bantlı Kuraklık İndeksi                       |
| OLI            | Operasyonel Arazi Görüntüleyicisi                                   |
| ON             | Ortam Nemi                                                          |
| ONLI           | Optimize Edilmiş Doğrusal Olmayan Bitki Örtüsü İndeksi              |
| OS             | Ortam Sıcaklığı                                                     |
| OSAVI          | Optimize Toprak Ayarlı Bitki Örtüsü İndeksi                         |
| OSAVI 2        | Optimize Toprak Ayarlı Bitki Örtüsü İndeksi 2                       |
| PS             | PlanetScope                                                         |
| PSRI           | Bitki Duyarlılığı Yansıtma İndeksi                                  |
| PVI            | Dikey Bitki Örtüsü İndeksi                                          |
| r              | Korelasyon Katsayısı                                                |
| R <sup>2</sup> | Regresyon Katsayısı                                                 |
| RADAR          | Radyo Algılama ve Uzaklık Ölçümü                                    |
| RDI            | Oran Kuraklık İndeksi                                               |
| RDVI           | Re normalize Fark Bitki Örtüsü İndeksi                              |
| REDEGE1        | Kırmızı kenar 1                                                     |
| REDEGE2        | Kırmızı kenar 2                                                     |
| RENDVI         | Kırmızı Kenar Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi           |
| REP            | Kırmızı Kenar Konumu Doğrusal Enterpolasyon                         |
| RF             | Rastgele Orman                                                      |
| RH             | Bağıl Nem                                                           |
| RI             | Kırmızılık İndeksi                                                  |
| RMSE           | Kök-Ortalama-Kare Hatası                                            |
| RVI            | Oran Bitki Örtüsü İndeksi                                           |
| S1             | Sentinel-1                                                          |
| S2             | Sentinel-2                                                          |
| SAR            | Sentetik Açıklıklı Radar                                            |
| SAVI           | Toprak Ayarlı Bitki Örtüsü İndeksi                                  |
| SARVI          | Toprağa Göre Ayarlanmış ve Atmosfere Dayanıklı Bitki Örtüsü İndeksi |
| SCRI           | Kısa Dalga Ürün Yansıtma İndeksi                                    |
| SIPI           | Yoğun Yapı Pigment İndeksi                                          |
| SLAVI          | Spesifik Yaprak Alanı Vejetasyon İndeksi                            |

|                    |                                                      |
|--------------------|------------------------------------------------------|
| SM                 | Toprak Nemi                                          |
| SMAP               | Toprak Nemi Aktif Pasif                              |
| SMI                | Toprak Nem İndeksi                                   |
| SMOS               | Toprak Nemi ve Okyanus Tuzluluğu                     |
| SPI                | Standartlaştırılmış Yağış İndeksi                    |
| SPOT-4             | Dünya Gözlem Uydusu                                  |
| SR                 | Basit Oran                                           |
| SR                 | Yüzey Reflektans                                     |
| SRT                | Yüzey Radyometrik Sıcaklığı                          |
| SVI                | Spektral Bitki Örtüsü İndeksi                        |
| SWIR               | Kısa-Dalga Kızılötesi                                |
| TCARI              | Dönüştürülmüş Klorofil Absorpsiyon Oranı             |
| TCARI/OSAVI        | Dönüştürülmüş Klorofil Absorpsiyon Oranı / Optimize  |
| TCF                | Toprak Ayarlı Bitki Örtüsü İndeksi                   |
| TCI                | Püsküllü Şapka Özellikleri                           |
| TCT                | Üçgen Klorofil İndeksi                               |
| TDVI               | Püsküllü Şapka Dönüşümü                              |
| TGI                | Dönüştürülmüş Fark Bitki Örtüsü İndeksi              |
| TIR                | Üçgen Yeşillik İndeksi                               |
| TIRS               | Termal Kızılötesi                                    |
| TMPA               | Termal Kızılötesi Sensörü                            |
| TN                 | Çoklu Uydu Tabanlı Yağış Analizi                     |
| TNDVI              | Toprak Nemi                                          |
| TRVI               | Dönüştürülmüş Normalize Fark Bitki Örtüsü İndeksi    |
| TS                 | Üçgen Oranı Bitki Örtüsü İndeksi                     |
| TSAVI              | Toprak Sıcaklığı                                     |
| TVI                | Dönüştürülmüş Toprak Ayarlı Bitki Örtüsü İndeksi     |
| USGS               | Üçgen Bitki Örtüsü İndeksi                           |
| V                  | Birleşik Devletler Jeoloji Kurumu                    |
| VARI               | Dikey                                                |
| VEN <sub>μ</sub> S | Görünür Atmosferik Dayanıklılık İndeksi              |
| WDRVI              | Yeni Bir Mikro-Uydu ile Bitki Örtüsü ve Çevre İzleme |
| WDVI               | Geniş Dinamik Aralıklı Bitki Örtüsü İndeksi          |
| WET                | Ağırlıklandırılmış Fark Bitki Örtüsü İndeksi         |
|                    | Püsküllü Şapka- ıslaklık                             |

## ÖZET

### **PAMUKTA (*G. hirsutum* L.) BİTKİ-SU İLİŞKİSİNİN SAPTAMASINDA UYDU GÖRÜNTÜLERİNİN KULLANMA OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI**

Kılıçaslan, Serkan

Doktora, Tarla Bitkileri Bölümü

Danışman: Doç. Dr. Remzi Ekinci

İkinci Danışman: Dr. Mehmet Cengiz Arslanoğlu

Temmuz 2023, 231 sayfa

Bu çalışma, pamuk bitkisi üretim alanlarında, sensör ve ölçüm cihazlarıyla elde edilen özelliklerin incelenen uydu görüntüleri ile aralarındaki ilişkileri ve uydu görüntülerinin bu gözlem değerlerini tahmin etmede kullanılabilirliğini belirlemek, uydu görüntülerini değerlendirmek, gözlem değerlerini tahmin etmede uydu, band ve indeksler açısından tavsiyede bulunmak, uzaktan algılama sistemlerinin getirdiği avantajlar ve tarım arazilerinde kullanılabilme olanaklarını araştırmak amacı ile yapılmıştır.

Çalışma Mardin İli Artuklu ve Kızıltepe İlçelerine bağlı 8 farklı köyde yetiştirilen 27 farklı pamuk üretim alanında yürütülmüştür. 8 farklı parametre (Toprak Nemi (TN), Toprak Sıcaklığı (TS), Ortam Nemi (ON), Ortam Sıcaklığı (OS), Normalize Edilmiş Fark Bitki İndisi (NDVI), Yaprak Alan İndisi (LAI), Bitki Oransal Su İçeriği (BOSI) ve Bitki Kanopi Sıcaklığı (BKS)) ile 4 farklı uydu (Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope) görüntülerinden elde edilen band/indeksler incelenmiştir. Alınan gözlem değerleri uydu band ve indeksleriyle korelasyon ve regresyon analizlerine tabi tutulmuş, yüksek regresyon değerleri elde edilen band ve indeksler için regresyon ve ters regresyon denklemleri oluşturulmuş ve ilgili özellik, uydu, band ve indeksler için tavsiyelerde bulunulmuştur.

Sonuç olarak araştırılan özellikleri tahmin etmede uydu verileri ve türetilen band ve indekslerin güvenilirlikle kullanılabileceği saptanmıştır. Ayrıca bu sonuçlara dayanarak; uydu verilerinin kullanıcılar için karar destek sistemlerinde çok önemli bir veri kaynağı olduğu, tarla içinde gözle görülmesi zor ya da oldukça işgücü, zaman ve enerji isteyen gözlemlerin uydu verileri aracılığı ile elde edilebileceği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Pamuk, Uzaktan Algılama, Optik & SAR Uydular

## ABSTRACT

### INVESTIGATION THE POSSIBILITIES OF USING SATELLITE IMAGERY IN DETERMINING THE PLANT-WATER RELATIONSHIP IN COTTON (*G. hirsutum* L.)

Kılıçaslan, Serkan

Doctoral Thesis in Department of Field Crops

Supervisor: Doç. Dr. Remzi Ekinici

Co-Supervisor: Dr. Mehmet Cengiz Arslanoğlu

July 2023, 231 pages

This study aims to determine the relationships between the characteristics obtained by sensors and measurement devices in cotton plant production areas and the satellite images examined, and the usability of satellite images in estimating these observation values and to evaluate the satellite images. It was made in order to give advice in terms of satellites, bands and indexes in estimating the observation values, to investigate the advantages of remote sensing systems and the possibilities of using them in agricultural lands.

The study was carried out in 27 different cotton production areas grown in 8 different villages of the Artuklu and Kızıltepe Districts of Mardin Province. Band/indices obtained from 4 different satellite (Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat-8 and PlanetScope) images with 8 different parameters (Soil Moisture (TN), Soil Temperature (TS), Ambient Humidity (ON), Ambient Temperature (OS), Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Leaf Area Index (LAI), Plant Proportional Water Content (BOSI), and Plant Canopy Temperature (BKS)) were examined. Obtained observation values were subjected to correlation and regression analyzes with satellite bands and indexes, regression and reverse regression equations were created for bands and indexes with high regression values, and recommendations were made for related features, satellites, bands and indexes.

As a result, it has been determined that satellite data and derived bands and indexes can be used with confidence to predict the investigated features. In addition, based on these results; It has been concluded that satellite data is a very important data source for users in decision support systems, and observations that are difficult to see in the field or that require a lot of labor, time and energy can be obtained through satellite data.

Keywords: Cotton, Remote Sensing, Optical & SAR Satellites



## 1. GİRİŞ

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 2021/2022 yılı 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'de ise pamuk ekim alanı 480.000 ha, üretim 833.000 ton, tüketim 1,61 milyon ton, stok miktarı 1,54 milyon ton gerçekleşmiştir (Anonim, 2023).

Tarımsal ürünlerde; bir bölgeye düşen yağış miktarının ve yağışın vejetasyon dönemindeki dağılımının verim ve kaliteyi sınırlayan en önemli faktörlerden biri olduğu, bitkilerin tür ve çeşide bağlı olarak farklı büyüme ve gelişme dönemlerinde farklılık gösteren su ihtiyacını içinde bulundukları ortamdan sağlamak zorunda kaldığı, bitkilerin ihtiyaç duyduğu dönemde toprakta yeterli su bulunmadığında ve sulama suyu ile desteklenmediğinde, kısa ve uzun dönemde çeşitli zararlanmalarla karşı karşıya kalacağı bildirilmektedir ( Aktepe Tangu, 2012).

Hem ülkemizde hem de dünya çapında, iklim değişimi ve küresel ısınma, yağış miktarında azalma, yağış zamanında düzensizlik ve kuraklık stresi tarımı olumsuz yönde etkilemektedir. Fiziksel ve kimyasal stres kaynakları, abiotik stres faktörleri olarak da isimlendirilmekte olup, bunlar arasında kuraklık stresi Dünya' da bitkisel üretimi sınırlayan en önemli faktör durumundadır. Dünya topraklarının 1/3' ünden fazlasını yakından ilgilendiren kuraklık stresi, tarımsal ürünlerin üretiminde ciddi sorunlara neden olmaktadır (Bressan, 1987).

Özellikle sulanarak tarımı yapılan yazlık bitkiler içinde, pamuk bitkisi için mevcut olan ve ileride daha da artacağı tahmin edilen su miktarlarındaki azalma, bitki büyüme, gelişme ve üretimi için önemli bir tehlike oluşturmaktadır. Bu nedenle pamuk bitkisinin büyüme, gelişim ve veriminde etkili olan faktörlerin başında gelen bitkinin ihtiyaç duyduğu su ve su noksanlığının etkilerinin araştırılması, bitkide meydana gelen

değişiklikleri gözlemlemek için çok önemlidir (Huck ve Klepper, 1977; Klepper vd. 1973; Taylor ve Klepper, 1974).

Pamuk, toprak nem koşullarına karşı oldukça hassas bir bitkidir ve su tüketimi çok yüksektir. 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 (Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, 2017). Pamuğun yetiştirme dönemi olan Nisan-Ekim ayları arasında çok az yağış alan, özellikle Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde bu su açığı sulama ile tamamlanmaya çalışılmaktadır. Bu durum, 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.

Pamuk bitkisinin gereksinim duyduğu nem koşullarının belirlenmesi ve bitki gelişiminin su ihtiyaçları açısından değerlendirilmesi oldukça önemlidir. Bu konularda çeşitli klasik ölçme ve değerlendirme metotlarının yanında nispeten daha yeni bir teknoloji olarak Uzaktan Algılama teknolojisi de karşımıza çıkmaktadır. Uzaktan algılama, herhangi bir fiziksel temas olmadan cisimlerden yansıyan/yayılan elektromanyetik ışınların kalite ve kantite 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 Işık Algılama ve Uzaklık Ölçümü (LiDAR) ve Radyo Algılama ve Uzaklık Ölçümü (RADAR) sistemleri örnek verilebilir.

Uzaktan algılama, tarımda toprak, su ve bitki özelliklerinin belirlenmesi, bitki gelişiminin izlenmesi, bitki örtüsü ve dağılımı ile ürün rekolte tahmini, arazi kullanımı ve ürün sınıflandırma gibi birçok alanda kullanılmaktadır (Sunar vd., 2016).

Uzaktan algılamada uydu görüntülerini oluşturan bantlar ve bu bantlar kullanılarak farklı matematiksel işlemler yardımıyla elde edilen indeksler ile bitkinin vejetatif ve generatif büyümesi arasındaki en iyi dengeyi sağlamak ve yüksek verim ile su kullanım etkinliğini bulmak amacıyla çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda tarımsal kullanım alanları için bitki, toprak ve ürün yersel gözlemlerine dayanan değerlendirme bilgilerine ihtiyaç duyulmakta, bu amaçla bitki gelişimi, bitki ve toprak yapısı ile ilgili çeşitli araç ve sensörler kullanılmaktadır. Bu araç ve sensörler kullanılarak meteorolojik olayların toprak ve bitki üzerindeki etkisi incelenmiş, toprak nemi, bitki su tüketimi gibi toprak ve bitki parametreleri elde edilerek bitki su ilişkileri ve sulama uygulamaları konusunda araştırmalar yapılmıştır.

Tarla içi sensör kullanımı ile toprak ve bitki durumları gözlenerek sulama önerileri getirilmeye El Ghandour vd. (2019); Koçak (2002); Mthandi vd. (2013); Raper (2014); Yetbarek ve Oihia (2020), meteorolojik olayların etkisi gözlenmeye Aktaş ve Üstündağ (2017), her iki durum birleştirilerek aralarındaki ilişki belirlenmeye çalışılmış Bulut vd. (2019), uydu görüntüleri ile toprak nemi algılama performansı incelenmiş Serrano (2010), küresel ölçekte evotranspirasyon belirlenmeye Zheng vd. (2017) ve mahsul su gereksinimleri tahmin edilmeye çalışılmıştır (Akdim vd., 2014).

Bitki su içeriğinin tahmin edilmesinde kullanılan, jeofizik ve atmosferik gürültü etkilerini azaltma Ceccato vd. (2002), bitki örtüsü su içeriğini tahmin etme Gao (1996), NDVI'da yer alan Near Infrared (NIR) bandına düzeltme faktörü ekleyerek yüksek yoğunluklu bitki örtüsü hakkında daha hassas bilgi sağlama Gitelson (2004) amaçlı indeksler geliştirilmiş, kentsel ekosistemi yönetmek için NDVI ve Normalleştirilmiş Fark Nem İndeksi (NDMI) yardımıyla yeni bir metot oluşturmaya çalışılmış, Strashok vd. (2022), buğday bitkisi sulama yönetimi için NDVI, Normalleştirilmiş Fark Su İndeksi (NDWI), Kısa Dalga Ürün Yansıtma İndeksi (SCRI) ve Nem Stres İndeksi (MSI) indeksleri Solgi vd. (2023), şehirleşme senaryolarında yeşil bitki örtüsü, su ve çıplak arazilerin durumu hakkında bilgi sahibi olmak amacıyla Püsküllü Şapka – ıslaklık (WET) ve NDVI arasındaki ilişkiyi değerlendirerek güçlü bulunmuş, Sajadi (2011); Samarawickrama vd. (2017), çalışma bölgesi için NDVI, NDMI, Digital Elevation Model (DEM) ve Kara Yüzey Sıcaklığı (LST) verilerinden faydalanarak mahsul uygunluğu tahmini amaçlı araştırma yürütülmüş, Jargalsaikhan vd. (2021), su

stresi yönetimi açısından evotranspirasyon değişimlerinin izlenmesi Jahangir ve Arast (2020), Optik ve Sentetik Açıklıklı Radar (SAR) uydu görüntüleri kullanarak pamukta su kullanım etkinliğini bulmak amacıyla LAI gibi bitki örtüsü değişkenlerinin tahmini Kaplan vd. (2023) amaçlı çalışmalar yapılmıştır.

Toprak nemi tahmin çalışmalarında LST, NDVI ve NDMI'dan faydalanılmış Khanmohammadi vd. (2015), artan hava sıcaklıklarının Kuzey kutbundaki bitki örtüsüyle ilişkisini vejetasyon indeksleri yardımıyla Raynolds, ve Walker (2016), tuz madenlerinin çevresindeki bitki örtüsü değişikliğine olan etkileri uydu fotoğrafları aracılığıyla Poenaru vd. (2012) değerlendirilmiş, LST ve NDVI arasında güçlü ve negatif ilişki bulunmuş Yue vd. (2007); Guha vd. (2020), açık ve gizli ısı akışlarını tahmin etmek için model geliştirmeye çalışılmıştır (He vd., 2021).

Bu çalışma, pamuk bitkisi üretim alanlarında, sensör ve ölçüm cihazlarıyla toprak ve ortam nem, sıcaklık, NDVI, LAI, BOSI ve BKS değerlerini elde ederek, bu gözlem değerlerinin Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope uydu görüntüleri ile aralarındaki ilişkileri ve uydu görüntülerinin bu gözlem değerlerini tahmin etmede kullanılabilirliğini belirlemek, uydu görüntülerini değerlendirmek, gözlem değerlerini tahmin etmede uydu, band ve indeksler açısından tavsiyede bulunmak, uzaktan algılama sistemlerinin getirdiği avantajlar ve tarım arazilerinde kullanılabilme olanaklarını araştırmak amacı ile yapılmıştır.

## **2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR**

### **2.1 Bitki-Su İlişkileri ile İlgili Çalışmalar**

Reginato ve Howe (1985) çalışmalarında herhangi bir bitkinin ne zaman sulanması gerektiğini ne toprak su içeriği ne de atmosferik istem, bitkinin kendi içsel su durumu kadar doğru olarak belirlemeyeceğini, bu nedenle, bitkinin içsel su durumunu belirlemeye yönelik yöntemlerin sulama programlarının hazırlanmasında yaygın olarak kullanıldığını bildirmişlerdir.

Bressan (1987) çalışmalarında bitki büyüme ve gelişmesini azaltan veya olumsuz yönde etkileyen çevre faktörlerindeki değişimler olarak, tanımlanabilen stres nedenleri fiziksel, kimyasal veya biyolojik kaynaklı olabileceğini, fiziksel ve kimyasal stres kaynakları, abiotik stres faktörleri olarak da isimlendirilmekte olup, bunlar arasında kuraklık stresi Dünya'da bitkisel üretimi sınırlayan en önemli faktör durumunda olduğunu, Dünya topraklarının 1/3'ünden fazlasını yakından ilgilendiren kuraklık stresi, tarımsal ürünlerinin üretiminde ciddi sorunlara neden olacağını bildirmişlerdir.

Wang vd. (2003) araştırmalarında su noksanlığına karşı oluşturulan cevaplar; türe, genotipe, su kaybı süre ve şiddetine, bitkinin gelişim durumuna, yaşına, organ ile hücre tipine, hücre çeperi ve hücre zarı gibi özelliklere bağlı olarak değiştiğini bildirmişlerdir.

Stiller vd. (2004) Avusturalya'da 6 yıl boyunca kuru ve sulanan koşullarda yürütülen çalışmada, kuru koşullarda yetiştirilen pamuğun sulanana göre %52 daha az verim verdiğini bildirmişlerdir.

### **2.2 Tarla İçi Ölçümlerle Toprak ve Bitki-Su Durumunun Belirlenmesi ile İlgili Çalışmalar**

Clawson ve Blad (1982) Tarım alanlarında, sınırlı su kaynaklarının işletilmesinde uygun sulama programlarının öneminin giderek arttığını belirterek, infrared termometre ile ölçülen taç sıcaklığının sulama programlarının hazırlanmasında kullanılabileceğini vurgulamışlardır.

Koçak (2002) laboratuvar koşullarında farklı tip topraklarda toprak nemini ölçmek için tansiyometre, toprak nem ölçme bloğu ve frekans etkili nemölçer kullanarak, elde edilen değerlere göre sulama başlangıç ve bitiş zamanlarını belirlediği çalışmasında algılayıcılar arasında değerlendirme yaparak frekans etkili nemölçerin daha hızlı cevap verme süresine sahip olduğunu, sulama otomasyonu için kullanılmasının uygun olacağını belirtmiştir.

Raper (2014) farklı topraklardaki su içeriğinin test edilmesi, kurak pamuk çeşidi denemelerinde kuraklık stresini ölçmek için indeks geliştirme, toprak nem sensörlerinin bitki su içeriğini, sulama zamanlarını belirlemede kullanılıp kullanılamayacağını belirlemek için yaptığı çalışmada, kuraklık indekslerinin denemelerde yaşanan stres miktarını yansıtmaya potansiyeli olduğunu bildirmiştir.

Mohamadi-Monavar (2018) yersel ölçümlerle (Greenseeker) ile alınan NDVI değerlerinin Landsat uydusundan elde edilen NDVI değerleri ile karşılaştırılması amacıyla yapılan çalışmada, Greenseeker cihazının NDVI tahmini için kullanılabileceğini bildirmiştir.

Thorp vd. (2018) su kullanımını ölçmek ve değerlendirmek amacıyla yüksek verimli bir metod geliştirmeye yönelik yaptıkları çalışmada 4 farklı sulama oranı kullanmışlar, insansız hava aracı (micasense kamera) ile haftalık görüntüler alıp fraksiyonel bitki örtüsü hesaplanmış (spektrometre ile), bu veriler ile günlük su kullanım miktarı evotranspirasyon tabanlı toprak su dengesi modelini yönetmek için kullanılmış, kullanılan su hacmi başına mahsul verimi olarak tanımlanan Mahsul Suyu Kullanım Verimliliğinin (CWUE) iyileştirilmesi amaçlı uygun eşitleri belirlemeye çalışmışlardır.

Aktaş vd. (2020) Türkiye geneline dağılmış 16 yağmurla beslenen buğday parselinden elde edilen verileri kullanarak büyük ölçekli tarımsal alanlarda kök bölgesi toprak neminin tahminine yönelik farklı kümeler geliştirmeye çalışmışlar ve tahmin değerlerini, farklı kümeler için % 21'den % 78 ile % 95 arasında bir aralığına kadar yükseltmişlerdir.

Yetbarek ve Ojha (2020) buğday ve pirinçte farklı derinliklerde algılayıcı kullanarak toprak nemi ölçülmüş, farklı derinliklerdeki nem oranlarının değişkenliği, zamansal kararlılığı, analiz edilmiştir.

### **2.3 Optik Uydu Görüntüleri ile İlgili Çalışmalar**

Kriegler vd. (1969) Uzaktan algılama ve optik uydu görüntüleri ile elde edilen, bilinen en yaygın spektral bitki indeksini (NDVI) geliştirmişlerdir.

Kauth ve Thomas (1976) Landsat uydu görüntüleri kullanarak bitki gelişiminin takibi, toprak ve atmosferik pus, nem gibi etkilerini düzletmek amaçlı yeni bir Spectral Vegetation Index (SVI) geliştirmeye çalışmışlar ve Tasseled Cap algoritmasını önermişlerdir.

Huete (1988) arka plan toprak parlaklık etkisini azaltmak amaçlı bir dönüşüm tekniği ile Toprak Ayarlı Bitki Örtüsü İndeksini (SAVI) geliştirmiş, bu SVI'nın toprak kaynaklı varyasyonları neredeyse tamamen ortadan kaldırdığını bildirmiştir.

Hunt ve Rock (1989) NIR ve Orta Kızılötesi (MIR) dalga boyunu kullanan SVI'ların bitki su stresi tespitinde kullanımını araştırdıkları çalışmalarında, MSI'nin değişimini belirleyerek, LAI ile ilişkilendirilmesi gerektiğini bildirmişlerdir.

Cibula vd. (1992) bitki su içeriği azaldıkça yaprak yansıma değerlerindeki değişim meydana geldiği varsayımını değerlendirmek amaçlı çalışmalarında, hipotezi doğrulamışlardır.

Kaufman ve Tanre (1992) Orta Çözünürlüklü Görüntüleme Spektrometresi (MODIS) uydusunda bitki örtüsünün izlenmesi için atmosfer etkilerini aza indiren bir SVI geliştirmek için yaptıkları çalışmada Atmosfere Dirençli Bitki Örtüsü İndeksini (ARVI) önermişlerdir.

Friedl vd. (1994) yüksek boylu çayır alanlarında biyokütle ve LAI tahmini için yer verileri ile uydu verilerinin karşılaştırılması amacıyla yaptıkları çalışmada, regresyon

modellerinde yüksek varyasyon olduğu, arazi değişkenlerinin kalibrasyon modellerine dahil edilmesi gerektiğini bildirmişlerdir.

Huete vd. (1994) MODIS-EOS uydusu için geliştirilen SVI’larda bitki örtüsü sinyali, atmosferik ve toprak kaynaklı gürültülerin giderilmesi için kriter oluşturarak 2 SVI (ARVI ve Toprağa Göre Ayarlanmış ve Atmosfere Dayanıklı Bitki Örtüsü İndeksi-SARVI) geliştirmişlerdir.

Gillies ve Carlson (1995) bölgesel yüzey nemini tahmin etmek amaçlı çalışmalarında vejetasyon değişkenleri ve örtüsünü kullanarak, uydu fotoğrafları yardımıyla türettikleri yüzey sıcaklığı ve indeksler ile model oluşturmuşlardır.

Chen (1996) orman alanlarının biyofiziksel parametrelerini tahmin etmek için iki bantlı birkaç bitki indeksinin değerlendirilmesi temel alınarak yeni bir indeks geliştirmiş ve bu indeksin LAI ve Fotosentetik Aktif Radyasyon Fraksiyonu (FPAR) ile iyi şekilde uyumlu olduğunu bildirmiştir.

Gao (1996) bitki su içeriğinin uzaktan algılanması amacıyla yeni bir SVI tasarlamak amacıyla yapılan çalışmada, yeni SVI’nın (NDWI) atmosferik etkilere NDVI’dan daha az duyarlı olduğu ve tamamlayıcısı olduğu, bitki örtüsü su içeriğine duyarlı olduğunu bildirmiştir.

Gitelson vd. (1996) yaprak canlılığını (yeşilliği) şimdiye kadar olan farklı bir yöntemle tespit etmek amacıyla yaptıkları çalışmada NDVI yerine Yeşil bandı kullanan Yeşil NDVI (GNDVI) önermişler, bu indeksin NDVI’YA göre Klorofil- a (Chl-a) konsantrasyonuna 5 kat daha duyarlı olduğunu, ARVI indeksinden Atmosfere Dayanıklı Yeşil Bitki Örtüsü İndeksi (GARI) indeksini türetmişler, bu indeksin klorofil konsantrasyonu algılama, fotosentez hızını ölçme ve bitki stresini izlemede etkin olduğunu bildirmişlerdir.

Rondeaux vd. (1996) ARVI, NDVI, SAVI, Dönüştürülmüş Toprak Ayarlı Bitki Örtüsü İndeksi (TSAVI), Küresel Çevre İzleme İndeksi (GEMI), Modifiye Toprak Ayarlı Bitki Örtüsü İndeksi (MSAVI) SVI’larının toprak arka plan etkilerine karşı



hassasiyetlerinin değerlendirildiği çalışmalarında, toprak ayarlama faktörü olarak 0.16 değerinin bulunduğunu bildirmişlerdir.

Carlson ve Ripley (1997) LAI ve NDVI ile fraksiyonel bitki örtüsü arasındaki bağımlılığı göstermek amaçlı çalışmalarında, LAI ve fraksiyonel bitki örtüsünün bir modelde bağımsız olarak kullanımına dikkat edilmesi gerektiği, çıplak ve seyrek örtülü toprakta NDVI alımında 20 dereceden daha az görüş açıları için atmosferik düzeltmenin etkisiz olduğu, NDVI ile fraksiyonel bitki örtüsü arasında basit ilişki olduğu, LAI'nin NDVI'ya duyarlı bir bağımlılığı olduğunu bildirmişlerdir.

Huete vd. (1997) eşitli Landsat görüntülerini 250 metrelik MODIS görüntülerini simüle etmek için kullanmışlar ve çeşitli biyomlarda bu görüntülerden oluşturulan SVI'ların arasındaki ilişkiyi incelemişler, SVI'lar ile bitki örtüsü varyasyonları arasında niteliksel ilişki olduğunu bildirmişlerdir.

Jurgens (1997) tarım alanlarında oluşan don hasarını tahmin etmek amaçlı yeni bir SVI (Modifiye Normalize Fark Bitki Örtüsü İndeksi -mNDVI) geliştirildiğini ve uygulamada ümit verici sonuçların olduğunu bildirmiştir.

Daughtry vd. (2000) yaprak klorofil konsantrasyonuna duyarlı dalga boylarını belirlemek, ışınlımlı transfer modelini kullanarak kanopi yansımısını simüle etmek ve uzaktan algılama verileri yardımıyla yaprak klorofil içeriğini tahmin etmek için yaptıkları çalışmalarında, arka plan yansımadaki ve LAI'deki farklılıkların, klorofil konsantrasyonundaki küçük değişikliklere karşı duyarlılığı azalttığını, NIR ve diğer görünür bantların kombinasyonundan oluşan spektral indekslerin yaprak klorofil konsantrasyonu ve arka plan yansımalarına karşı duyarlı olduğunu bildirmişlerdir.

Gupta vd. (2000) LAI ile NDVI arasındaki doğrusal olmayan ilişki nedeniyle 1-4 derecelik polinomları kullandıkları çalışmada, 4 ve daha yukarı dereceli polinomların buğday verilerine, 2 ve daha yukarı dereceli polinomların ise soğan verilerine daha iyi uyduğunu ve sonuçların %99 seviyesinde anlamlı olduğunu bildirmişlerdir.

Lymburner vd. (2000) Landsat TM verileri ile LAI tahmininde bulunabilmek amacıyla yaptıkları çalışmada, yaprak optik özelliklerindeki varyasyonun LAI ile olan ilişkisine dayalı bir yöntem geliştirilmeye çalışılmış ve SARVI-2, NDVI ve Oran Bitki Örtüsü İndeksi (RVI) SVI'larının LAI tahmininde kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Plant vd. (2000) NDVI değerlerinin pamukta saha yönetimi için faydalı bilgiler sağlamasını araştırdıkları çalışmada, su ve azot stresi uygulanmış, NDVI değerlerinin stres etkisinde lif verimi ile önemli ilişkisi olduğu, oluşturulan NDVI modelinin stres faktörlerini yansıttığı, verimde azalma olmadığı durumlarda bile azot stresini yansıtmaya eğiliminde olduğunu bildirmişlerdir.

Karnieli vd. (2001) Kısa-Dalga Kızılötesi (SWIR) bandların görünür mavi, yeşil ve kırmızı bandlarla olan ilişkisine dayanarak duman, sülfat gibi aerosollerin olduğu durumlardan etkilenmeyi en aza indirecek bir SVI geliştirmeye çalışarak Serbest Aerosol Bitki Örtüsü İndeksini (AFRI) önermişlerdir.

Boegh vd. (2002) Danimarka'da bitki örtüsü miktarı ve fizyolojik durumundaki değişiklikleri ölçmek için havadan spektral görüntüleyici verileri ile LAI ve kanopi Nitrojen Konsantrasyonu (NC) oluşturmuş ve Zenginleştirilmiş Bitki Örtüsü İndeksi (EVI) ile LAI arasında güçlü ( $r = 0,88$ ), NC ile ( $r = 0,78$ ) ilişki olduğunu bildirmişlerdir.

Ceccato vd. (2002) spektrumdaki uzaktan algılama verilerini kullanarak yaprak, kanopi ve atmosfer düzeyinde ölçülen bitki örtüsü su içeriğini tahmin etmek amacıyla yeni bir indeks (Küresel Bitki Örtüsü Nem İndeksi -GVMI) önermişlerdir. Senegal'de GVMI'nin doğruluğunu test amaçlı yürüttükleri çalışmada, GVMI'nin saha ölçümleriyle uyumlu olduğunu bildirmişlerdir.

Gitelson vd. (2002) bitki karotenoid içeriği tahmini amaçlı çalışmalarında 510 nm, 550 nm, 700 nm ve 750 nm 'nin üzerindeki NIR bantlarını yeterli bulduklarını bildirmişlerdir.

Huete vd. (2002) MODIS uydusundan türetilen 500 m çözünürlüklü NDVI ve EVI SVI'larının radyometrik ve biyofiziksel performansını değerlendirmek amaçlı

alışmalarında, dört farklı biyom (yarı kurak çim/çalı, savan ve tropik orman) alanında SVI'ların yer ve hava tabanlı ölçümlerle uyum gösterdiğini bildirmişlerdir.

Liu vd. (2003) iki SVI'nın (AFRI ve ARVI), NDVI ile karşılaştırmasını yaptıkları çalışmada, her iki SVI'nın NDVI'dan daha iyi performans gösterdiğini bildirmiştir.

Dobermann ve Ping (2004) tahıl verim haritaları oluşturmak için hassas tarım kullanımı ele aldıkları çalışmalarında, enterpolasyonlu verim haritaları oluşturmak için farklı jeoistatistik prosedürler kullanılabileceğİ, değİşken yerel araçlarla yapılan basit kriging tane verimi haritalarının en iyi performansı gösterdiğİ, uydu görüntülerinden yararlanmanın verim izleme işlemleriyle ilişkili hataları azaltılabileceğİni, yüksek verimli mahsuller için verime duyarlı bitki örtüsü indeksleri geliştirmenin zor olabileceğİni bildirmişlerdir.

Gitelson (2004) LAI tahminini iyileştirmek amacıyla yeni bir SVI geliştirme çalışmasında, NDVI'nin modifikasyonu olarak önermişler, bu SVI'nın (Geniş Dinamik Aralıklı Bitki rts İndeksi -WDRVI) LAI'ye NDVI'dan en az 3 kat daha fazla duyarlı olduğunu, bitki örtüsü izlemede faydalı olacağını bildirmiştir.

Haboudane vd. (2004) yaprak klorofil içeriğinin LAI tahminindeki etkisini azaltmak ve LAI tahmin doğruluğunu arttıran algoritmalar geliştirmek amacıyla yaptıkları çalışmada, Değİştirilmiş gen Bitki rts İndeksi-2 (MTVI-2) ve Modifiye Klorofil Absorpsiyon Oranı İndeksi-2 (MCARI-2) SVI'larının klorofil içeriğinden en az etkilenerek en iyi LAI tahmin edici SVI olduklarını bildirmişlerdir.

Jackson vd. (2004) mısır ve soya fasulyesi bitkilerinde bitki su içeriğini haritalamak ve uydu verilerinin potansiyelini belirlemek amaçlı çalışmalarında NDWI (ya da NDMI) indeksinin potansiyeli olduğunu belirtmişlerdir.

Vina vd. (2004) mısır bitkisi fenolojik dönemlerin takibini uzaktan algılama yoluyla yaptıkları çalışmada, toplam biomasstaki değİşimi, üreme organlarındaki gelişme ve değİşimi, erkenden yaşılanma başlangıcını çeşitli indekslerle tespit etmeye çalışmışlardır.

Zeng vd. (2004) LST ve NDVI verileri kullanarak toprak nemi belirlemek için yöntem geliştirme amacıyla yürüttükleri çalışmada, yöntemin yarı kurak alan uygulandığı, toprak neminin mekânsal haritasının çıkarıldığı ve çölleşmenin toprak nemine büyük etkisinin olduğu bildirilmiştir.

Heiskanen (2006) orman alanlarında biyokütle ve LAI ile Gelişmiş Uzay Kaynaklı Termal Emisyon ve Yansıma Radyometresi (ASTER) uydu verileri arasındaki ilişkinin incelendiği çalışmada, biyokütle ve LAI ile ASTER verileri arasında önemli ilişkinin gözlemlendiği bildirilmiştir.

Qui (2006) çalışmada toprak nemi ve yüzey sıcaklığı gradyanının varsayılan doğrusal ilişkisini doğrulamayı, ilişki üzerindeki kanopi etkilerini ve sıcaklık gradyanlarını hesaplamak için termal görüntülerin kullanımını araştırmış, optimum senaryoyu belirlemeye çalışmış ve sonuçların iyileştirilmesine yönelik önerilerde bulunmuştur.

Eitel vd. (2007) RapidEye uydusu RedEdge bandından elde edilen spektral indekslerin buğday azot içeriğinin tahmin etme potansiyelinin değerlendirildiği çalışmalarında, MCARI ve MTCVI-2 indekslerinin ümit verici olduğunu bildirmişlerdir.

Hancock ve Dougherty (2007) yonca bitkisinde hasat öncesi biyokütleyi tahmin edebilmek için, LAI ve SVI'lar arasındaki ilişkileri değerlendirmek amacıyla yaptıkları çalışmada, kırmızı ve mavi band tabanlı NDVI ve WDRVI SVI'ları NIR yansıma ölçeğinde değerlendirilmiş ve kırmızı ve mavi band tabanlı SVI'ların kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Yue vd. (2007) arazi örtüsü/arazi kullanımı ile NDVI ve LST arasındaki ilişkinin incelendiği çalışmada, LST ve NDVI arasında negatif korelasyon olduğu, arazi türlerinin LST ve NDVI değerlerine önemli ölçüde etki ettiği, uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemlerinin kentsel ekosistemlerin izlenmesinde önemli bir araç olduğunu bildirmişlerdir.

Zhao vd. (2007) farklı dozda azotlu gübre uygulanan pamuk alanlarında verim ile LAI ve Yer Üstü Biyokütle (ABM) arasındaki ilişkileri araştırmak amacıyla yaptıkları çalışmada, SVI'lar kullanılmış ve erken çiçek aşamasında kullanılan SVI'ların verim kaybını tahmin etmek için kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Boer vd. (2008) yangın etkilerini ölçmek ve derecelendirmek amaçlı çalışmalarında LAI'nin Normalleştirilmiş Yanma Oranından (NBR) önemli ölçüde avantajlı olduğunu, LAI'deki değişikliklerin haritalanarak nesnel olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Escuin vd. (2008) yangın şiddeti değerlendirilmesi için Landsat TM/ETM görüntülerinden elde edilen NBR ve NDVI spektral indekslerinin potansiyelini araştırdıkları çalışmalarında, NBR indeksinin uygun olduğunu bildirmişlerdir.

Jiang vd. (2008) MODIS uydu görüntülerinden türetilen EVI SVI'sından atmosferik etkilerin önemsiz ve veri kalitesinin iyi olduğu durumlar için yeni bir SVI geliştirmek için yaptıkları çalışmada EVI-2 SVI'sını önermişlerdir.

McMillan ve Goulden (2008) orman alanlarında Landsat SVI'ları ile albedo, maksimum CO<sub>2</sub> alımı ve LAI değerlerinin tahmin edilmesi amacıyla yaptıkları çalışmada, yerinde yapılan ölçümler ile SVI'lar arasında güçlü uzamsal ilişkilerin bulunduğunu bildirmişlerdir.

Miura vd. (2008) ASTER (15 m) ve MODIS (250 m – 500 m) uydularına ait SVI'ların karşılaştırılarak iki sensöre ait ürünler arasındaki radyometrik uyumun araştırılması amacıyla yaptıkları çalışmada, türetilen NDVI ve EVI SVI'larının küresel ölçekte iki sensör arasında iyi bir şekilde karşılaştırıldığı ancak sensörler arasında sistematik farklılıklar olduğunu, ASTER atmosferik düzeltme algoritmasının performansının değişkenlik gösterdiği ve görüntü kalitesini düşürebileceği bildirmişlerdir.

Wu vd. (2008) NDVI, Modifiye Basit Oran (MSR), MCARI, Dönüştürülmüş Klorofil Absorpsiyon Oranı (TCARI), Optimize Toprak Ayarlı Bitki Örtüsü İndeksi (OSAVI) ve (MCARI/OSAVI ve TCARI/OSAVI) SVI'larının klorofil içeriğini tahmin etme

potansiyelinin değerlendirdikleri çalışmada, MSR, MCARI, TCARI/OSAVI ve MCARI/OSAVI'nin klorofil içeriği ile daha iyi ilişkiye sahip olduğu, LAI varyasyonlarında dayanıklı oldukları bildirmişlerdir.

Yang vd. (2008) ResourceSat-1 Gelişmiş Geniş Alan Sensörü (AwiFS) ile arazi kullanımı/arazi örtüsü sınıflandırmasındaki performansını ölçmek amacıyla yaptıkları çalışmada, SVI'ların sınıflandırma sonuçlarına katkısı olduğu bildirmişlerdir.

Chander vd. (2009) Landsat görüntüleri dijital numaralarını atmosfer üstü yansıtma, sensördeki parlaklık sıcaklığı mutlak birimlerine dönüştürmek için mevcut denklem ve yeniden ölçeklendirme faktörlerinin bir özetini sunmuşlardır.

Fan vd. (2009) İç Moğolistan yarı kurak bölgelerde NDVI ve LAI arasındaki ilişkinin yerinde gözlemlerle araştırılması amacıyla yaptıkları çalışmalarında, NDVI ile basit ve tahribatsız şekilde LAI değerlerinin tahmin edilebileceğini ( $R^2 = 0.79$ ) bildirmişlerdir.

Guan ve Liu (2009) yüksek LAI değerlerinde ya da toprak arka plan etkisinin fazla olduğu alanlarda daha doğru LAI tahmini amacıyla yaptıkları çalışmada 4 yeni SVI ((MTVI-1), MTVI-2, MCARI-1 ve MCARI-2) önererek, MTVI-2 ve MCARI-2'nin klorofil içeriğini daha iyi tahmin ettiğini bildirmişlerdir.

Rocha ve Shaver (2009) Arktik Tundra bölgesinde MODIS sensörü verilerinden türetilen EVI-2 ve NDVI SVI'larını karşılaştırmak amaçlı yaptıkları çalışmada, EVI-2'nin NDVI'ya göre bazı avantajları olduğu, LAI farklılıklarını daha iyi çözebildiği bildirmişlerdir.

Serrano (2010) uydu görüntülerine dayalı bir modelin seyrek bitki örtüsü varlığında yarı kurak bölgeler için toprak nemi algılama performansını inceleyerek, bitki örtüsünün optik derinliği analizleri için model ıktısı, Landsat veya MODIS görüntüleri kullanılarak NDVI ve EVI ile karşılaştırmış, model tahmin ve algılanan toprak nemi arasında % 3-10 fark olduğunu bildirmiştir.

Ahamed vd. (2011) biokütleyi izlemek ve tahmin etmek amacıyla uzaktan algılama sistemlerinin uygunluğunu araştırdıkları çalışmada, hava ve uydu uzaktan algılama sistemlerinin biyokütle hammadde üretim sistemlerinin planlaması için uygun olduğunu bildirmişlerdir.

Alvino vd. (2011) büyük tarım arazilerinin saha düzeyinde izlenme sorununu çözmek için uzaktan algılama teknikleri kullandıkları çalışmalarında çeşitli bitki indeksleri yardımıyla mısır bitkisindeki değişiklikleri takip etmiş, genel olarak tüm indekslerin yüksek korelasyon gösterdiğini bildirmişlerdir.

Hanes ve Schwartz (2011) Arazi Yüzey Fenolojisini (LSP) izleyebilmek için model geliştirme çalışmalarında, LAI ve LST değerleri kullanarak oluşturdukları modelde belli konumlarda LAI ve LST arasında tutarlı ilişki olduğunu ve modelin doğrulanabildiğini bildirmişlerdir.

Herrmann vd. (2011) tarla bitkilerinde LAI'nin değerlendirilebilmesi için Yeni Bir Mikro-Uydu ile Bitki Örtüsü ve Çevre İzleme (VEN $\mu$ S) ve Sentinel-2 uydularının RedEdge spektral bantlarının kullanımını ve sınırlamalarını araştırmışlardır. VEN $\mu$ S ve Sentinel-2 uydularının hiperspektral sensörler kadar verimli olabileceğini bildirmişlerdir.

Hunt vd. (2011) yaprak klorofil içeriğini tahmin edebilmek için yeni SVI geliştirme amaçlı çalışmalarında, kırmızı, yeşil ve mavi bantlara dayalı bir SVI (Üçgen Yeşillik İndeksi -TGI) önermişler, TGI 'nin dijital kameralar gibi düşük maliyetli sensörlerde kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Mondal (2011) Orta Hindistan'da korumalı bir arazide yüzey gradyanlarını ölçmek ve EVI-2 SVI'sının faydalarını araştırmak amacıyla yaptığı çalışmada, EVI'nin farklı arazi örtüsü sınıflarıyla güçlü ilişkide olduğu, peyzaj özelliklerini tanımlama potansiyeli olduğunu bildirmiştir.

Sajadi (2011) Püsküllü Şapka Dönüşümü (TCT) 3 band (parlaklık-yeşillik-ıslaklık) değerleri ile NDVI değerlerinin karşılaştırılması amacıyla yaptığı çalışmada, TCT değerlerinin NDVI değerleri ile doğrulandığını bildirmiştir.

Vina vd. (2011) farklı yaprak yapılarına sahip türlerde (mısır ve soya fasulyesi) LAI'nin tahmini için SVI'ları değerlendirmek amaçlı çalışmada, klorofil SVI'larının Klorofil İndeksleri (CI) (The CIGreen, The CIREd-edge ve MERIS Karasal Klorofil İndeksi, MTCI) LAI ile güçlü ilişki gösterdiğini bildirmişlerdir.

Maes ve Steppe (2012) Termal kameraların, bitki ıslahı, hastalık ve zararlı saptamasında, bitki-su ilişkileri ve sulama programlarının belirlenmesinde kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Parwati vd. (2012) Dünya Gözlem Uydu (SPOT-4) sensörü verileri kullanılarak yanmış arazileri belirlemek için Normalize Fark Yanma Oranı (dNBR) ve Normalize Fark Bitki Örtüsü İndeksi (dNDVI)'lerinin performansı değerlendirilmiş, dNBR'ın yanmış alanları belirlemede daha uygun olduğunu, dNDVI'nin ise yangın olmaksızın orman değişikliklerini algılamak için uygun olduğu bildirmişlerdir.

Pfeifer vd. (2012) Doğu Ark Dağları'ndaki biyomlar için LAI ve peyzaj haritalarını geliştirmek amaçlı çalışmalarında, yerinde gözlemler ile Landsat ETM+ sensörü verilerinden elde edilen SVI'lar karşılaştırılmış ve NDVI, MSAVI-2 ve EVI-2 indekslerinin LAI tahminlerini % 10'a kadar önemli ölçüde iyileştirdiğini bildirmişlerdir.

Poenaru vd. (2012) Landsat 5, Landsat 7, ASTER ve MODIS sensör verilerini kullanarak tuz kullanımının bitki örtüsünde neden olduğu zamansal değişimleri araştırdıkları çalışmalarında, uzaktan algılamanın tuz madenciliği alanlarındaki bitki örtüsü durumunu değerlendirmede kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Singh vd. (2012) buğday bitkisinde uygulanan farklı azot seviyeleri ile LAI, Kuru Madde (DM), Bitki Boyu ve Klorofil Konsantrasyon İndeksi (CCI) değerleri kaydedilmiş ve bu değerler NDVI, RVI, MSI, Yeşil İndeks (GI), Yaprak Klorofil



İndeksi (LCI), Bitki Duyarlılığı Yansıtma İndeksi (PSRI) SVI'ları ile karşılaştırılması amacıyla yaptıkları çalışmada, SVI'ların ürün parametreleri ile ilişkilendirildiği bildirmişlerdir.

Zhao vd. (2012) LAI ile NDVI, EVI, EVI-2, RVI ve SAVI SVI'ları arasındaki ilişkinin araştırıldığı çalışmada, LAI ile tüm SVI'ların iyi bir korelasyon gösterdiğini bildirmişlerdir.

Zhou vd. (2012) boşlukların Zaman Serilerinin Harmonik Analizi (HANTS) tarafından NDVI'nin zaman serisi yeniden inşası üzerindeki etkisini değerlendirmişler, belirli durumlar için HANTS'ın herhangi bir zaman serisinin kalite göstergesinin tanımlanmasına yönelik güvenilirliğini belirtmek için bir referans olarak alınabileceğini açıklamışlardır.

Bolton ve Friedl (2013) MODIS verileri kullanarak Orta Amerika'da mısır ve soya fasulyesinde verim tahmin çalışması için yürüttükleri çalışmada, sonuçta EVI ve NDWI kombinasyonunun ekin fenolojisi ile uyumlu olduğunu bildirmişlerdir.

Fu vd. (2013) LAI tahmininde uzaktan algılamayı sınırlayan doygunluk etkisi ve toprak arka plan etkisini sınırlandırmak ve SVI'lardan daha iyi faydalanabilmek amacıyla PROSPECT ve SAILH modellerini kullandıkları çalışmalarında, LAI =3 ün SVI'ların analizinde sınır noktası olduğunu, LAI >3 durumunda SVI'lar üzerinde önemli etkisi olduğunu, LAI'nin 3'ten büyük olduğu durumlarda EVI-2, LAI Belirleme İndeksi (LAIDI), Re normalize Fark Bitki Örtüsü İndeksi (RDVI), SAVI, MTVI-2 ve MCARI-2 SVI'larının klorofil konsantrasyonuna karşı duyarlı olduğunu bildirmişlerdir.

Mthandi vd. (2013) tarla içi sensörler kullanılarak, farklı sulama suyu ve nitrojen uygulama rejimleri altında mısır kökleri bölgesinde toprak neminin mekânsal olarak yeniden dağılımını değerlendirdikleri çalışmada, su ihtiyacının %100'ünün karşılandığı su rejiminde, su ihtiyacının %40'ının karşılandığı su rejimine göre nem kaybının daha fazla olduğu, %40'luk su rejiminde suyun toprak parçacıklarına güçlü bir şekilde çekildiği ve su kaybetme potansiyelinin azaldığını bildirmişlerdir.

Parinaz vd. (2013) optik/termal kızılötesi MODIS verilerinden elde edilen buharlaşma fraksiyonuna dayalı toprak nemini tahmin etmek için yeni bir yaklaşım sunulmuş, Uzaktan algılanan arazi yüzey sıcaklığı / bitki örtüsü indeksi konseptini kullanan bir buharlaşma fraksiyonu modeli, Kuzey Amerika Bölgesel Yeniden Analiz verileri dahil ederek modifiye edilmiş ve toprak nemi tahmini için kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Xiao vd. (2013) yaprak, kanopi ve bölgesel ölçekte biyokimyasal ve biyofiziksel değişikliklerin izlenmesi amacıyla yaptıkları çalışmada, SVI'lar ile biyokimyasal ve biyofiziksel değişkenler arasındaki ilişkinin gözlem ölçeğinden oldukça etkilendiğini bildirmişlerdir.

Akdim vd. (2014) Mahsul Su Gereksinimlerinin (CWR) tahmin edilmesi için 1-NDVI ile mahsul katsayısı (Kc) arasındaki korelasyona dayanan Kc-NDVI yöntemi 2- yüzey albedo (r), LAI ve ürün yüksekliği (hc) gibi kanopi biyofiziksel değişkenlerin yansıtma temelli tahminleri ile Penman-Monteith denkleminin doğrudan uygulanmasına dayanan analitik yaklaşım olmak üzere basit ve (yarı) ampirik yaklaşımları araştırdıkları çalışmalarında, Kc-NDVI yaklaşımının mahsul evotranspirasyonu ile uyumlu olduğunu ( $R^2 = 0,75$ ) bildirmişlerdir.

Özelkan vd. (2014) uzun yılların aylık ortalama kara yüzey sıcaklığı ile hava sıcaklığı, toplam yağış ve bağıl nem arasındaki ilişkiyi göstermek amacıyla Doğu Trakya bölgesindeki 27 meteoroloji istasyonundan gelen veriler ve buna karşılık gelen Landsat-5 ve Landsat-7 termal kızılötesi görüntüleri kullandıkları çalışmalarında, uydu görüntülerinin ilgili veriler için iyi bir tahmin edici oluşunu açıklamışlardır.

Xie vd. (2014) hiperspektral veriler kullanılarak bölgesel LAI haritalanmasının amaçlandığı çalışmada, RVI, MSR, NDVI yeni önerilen NDVI-like (NDVI), MTVI-2 ve MSAVI SVI'ları test edilmiş ve NDVI'nin en iyi LAI tahmin edicisi olduğu bildirmişlerdir.

Caturegli vd. (2015) çim bitkilerinde Nitrojen (N) içeriği tahmini amaçlı çalışmalarında GeoEye-1 uydu verilerini kullanarak, NDVI ile yersel ölçümler arasında yüksek ilişki tespit etmişlerdir.

Ghafarian Malamiri (2015) LST ve toprak ısı akısının (G0) zaman serisi uydu gözlemleri kullanılarak belirlenen Spektral Toprak Isıl Admitansının (SSTA) ters modellemesi ile toprak ısı özelliklerini tahmin etmek için yeni bir yaklaşım önermek ve değerlendirmek amacıyla yaptığı çalışmada, SSTA'nın arklı toprak katmanlarının termal özellikleri hakkında bilgi içerdiğini bildirmiştir.

Gowda vd. (2015) LAI'nin bölgesel olarak daha iyi tahmin edilmesi amacıyla SVI geliştirmek için yaptıkları çalışmada, spektrumun kırmızı ve NIR kısmını kullanan SVI'ların LAI'ye duyarlı olduğunu bildirmişlerdir.

Syed ve Javed (2015) uzaktan algılanan verilerle (Fourier Transform Infrared Technique (FTIR) ve optik) toprak nemini tahmin etmek ve sonuçların sahada ölçülen toprak nem verileriyle ilişkisini belirlemek amacıyla 0–15 cm derinlikte yapılan zemin ölçümleri ile termal görüntüleri karşılaştırmışlardır. FTIR analizi ile yapılan çalışmadan, daha az zaman ve kaynak tükettiğinden, uzaktan algılanan verilerin yüzey toprak neminin tahmininde kullanılabileceği sonucuna varılmışlardır. Geniş ölçekte uygulanabilir olması, tarım yönetimi, kuraklık yönetimi, karar verme için toprak neminin düzenli olarak izlenmesi yapılabileceğini, toprak neminin anahtar bir bileşen olduğu hidrolojik modellemede de kullanılabileceğini açıklamışlardır.

Khanmohammadi vd. (2015) MODIS 1B verileri kullanarak NDVI, NDMI ve LST verileri yardımıyla toprak nemi tahmini için model oluşturmaya çalışmışlar, neticede oluşturulan modele göre ortalama bir korelasyon (0,66) bulunduğunu bildirmişlerdir. Avdan ve Jovanovska, (2016) Landsat-8 termal verilerini kullanarak arazi yüzey sıcaklığının otomatik olarak haritalanması için bir algoritma oluşturmuşlardır.

Kang vd. (2016) LAI ile SVI'lar arasındaki ilişkiyi genel olarak değerlendirmek için yaptıkları çalışmada, 5 adet SVI (Simple Ratio -SR), NDVI, EVI ve EVI-2 ve Yeşil

Klorofil İndeksi - $CI_{Green}$ ) kullanmışlar ve SVI-LAI ilişkisinin istatistiksel olarak anlamlı, ürüne özgü ve çoğunlukla doğrusal olmadığını bildirmişlerdir.

Raynolds ve Walker (2016) Landsat TM ve ETM+ verileri kullanarak 1985-2011 yılları arası Alaska ve Kuzey Kutup Bölgesinde bitki örtüsündeki değişiklerin izlenmesi amacıyla yürütülen çalışmada, NDVI ve TCT SVI'larındaki eğilimler hesaplanmış, bölgedeki bitki örtüsü değişiminin büyük ölçüde tespit edildiği bildirilmiştir.

Siegefried (2016) çok bantlı uydu görüntülerinden türetilen bitki örtüsünün, sulanan bir mısır üretim sistemindeki toprak nem değişkenliğini ölçmeye yardımcı olup olamayacağını anlamak, tek bir görüntünün toprak nem koşullarını temsil ettiği süreyi bulmak, mahsul kanopi sıcaklığı ile tarla içi toprak nem gerilimi arasındaki eşzamanlı ölçümler arasındaki ilişkiyi belirlemek ve isteğe bağlı mahsul kanopi sıcaklığı gerilimi eşiklerinin toprak nem gerilimi ile mahsul kanopi sıcaklığı arasındaki ilişkiye etkisini anlamak amacıyla yaptıkları çalışmada, uydudan türetilen bitki örtüsü indekslerinin, geniş tarla ölçeklerinde toprak nem değişkenliğinin zamana duyarlı karakterizasyonlarını oluşturmak için yararlı olabileceğini, bir stres eşiğiyle entegre edildiğinde, eşzamanlı kanopi sıcaklığı, mahsul büyüme aşamalarında başarıyla toprak nem gerilimini ölçebildiğini açıklamıştır.

Van Hoek vd. (2016) çapraz spektral analiz uygulayarak frekans alanında yağış ve NDVI sinyali arasındaki zaman gecikmesini tahmin etmek için yeni bir yaklaşım keşfetmek amacıyla yaptıkları çalışmada, toprak su tutma kapasitesine karşı faz gecikmesini yorumlayarak, daha yüksek su tutma kapasitesine sahip topraklar için kurak yılda biraz daha yüksek bir faz gecikmesinin gözlemlendiği, tahmini faz gecikmesinin doğruluğu diğer simülasyonlar ile değerlendirildiği ve yıllık bileşen için güvenilir tahminler sunduğunu açıklamışlardır.

Zhang ve Zhou (2016) araştırmada Toprak Nemini (SM) tahmin etmek için optik ve termal uzaktan algılamayı kullanmanın yeni, kapsamlı ve sistematik bir incelemesi sunulmakta, tahmin yöntemlerinin fiziksel temeli ve durumu detaylı olarak analiz edilip özetlenmiştir. Zamansal bilgileri kullanarak toprak nem tahminindeki önemli

gelişmeler gösterilmiştir. Optik ve termal kızılötesi uzaktan algılanan verilerin kombinasyonları, SM tahmini için daha değerli bilgiler sağlayabileceği belirtilerek, farklı yaklaşımların avantajları ve zayıflıkları karşılaştırılmıştır.

Aktaş ve Üstündağ (2017) Landsat uydu görüntüleri kullanarak fenolojik tabanlı NDVI haritaları üretip bunların verimle olan ilişkisini araştırdıkları çalışmalarında, en iyi NDVI örnekleme gününü 15 Nisan olarak belirlemiş ve yıllık verimle korelasyon analizi yapmak için kullanılabileceğini, bitki ilk boğum oluşturma aşamasına karşılık gelen fenolojik örneklerin en yüksek korelasyon değerlerine sahip olduğu, sonuçta fenoloji tabanlı NDVI kullanımının verim tahmin yüzdesinin arttırdığını bildirmişlerdir.

Calera vd. (2017) uydu görüntüleri kullanarak mahsul biyofiziksel parametrelerinin izlenmesi ile mahsul suyu kullanımının yakalanması, meteorolojik verilerin doğru tahmini, ile mahsul suyu ihtiyacının belirlenmesinin güçlü ve zayıf yönleri değerlendirilmiş optik uzaktan algılamaya dayalı işlevsel ve önceden araştırılmış yöntemler gözden geçirilmektedir. Uzaktan algılama tabanlı yaklaşımlar ile evotranspirasyon tahmini araştırmalarının güçlü-zayıf yönleri incelenmiş, uzaktan algılamanın operasyonel kullanımı ile su yönetimi araştırmaları incelenmiş ve son kullanıcı için kara verme modeli belirlenmeye çalışılmışlardır.

Duan vd. (2017) farklı buğday çeşitlerinde tarla yönetimleri için İnsansız Hava Aracına (İHA) monte edilmiş multispektral kamera ile büyüme sezonu boyunca NDVI ölçümleri alınmış ve NDVI değerleri ile verim arasında güçlü korelasyon ( $R^2 = 0,82$ ) bulunduğunu bildirmişlerdir.

Pablos vd. (2017) tarımsal kuraklık indeksleri kullanarak kurak haftaları tahmin etmek, aralarındaki korelasyonu bulmak, amacıyla meteoroloji istasyonu verilerinden de faydalanarak MODIS ve Toprak Nemi ve Okyanus Tuzluluğu (SMOS) (1 km çözünürlüklü) uydu görüntüleri kullanılmış, kuraklık göstergesi için en uygun indeksleri belirlemeye çalışmışlardır.

Zhang vd. (2017) kışlık buğday bitkisinde yaprak ve kanopi su içeriğini Sentinel-2 uydu verilerinden türetilen indekslerin potansiyelini belirlemek amaçlı çalışmalarında NDWI (ya da NDMI) indeksinin büyük bit potansiyel olduğunu bildirmişlerdir.

Zheng vd. (2017) çalışma Pan-Avrasya ve Afrika kıtaları için su kullanım bilgisi, gerçek evotranspirasyonu ölçmek, tahmini su kullanımını belirlemek, su kullanımının mekânsal ve zamansal dağılımını belirlemek amacıyla yapılmış olup, ET Monitör ile küresel ölçekte buharlaşma-terleme tahmin edilmeye çalışıldıklarını belirtmişlerdir.

Zhen-wang vd. (2017) LAI'nin daha iyi tahmini için Rastgele Orman (RF) yönteminin değerlendirildiği çalışmada, tatmin edici tahmin değerleri alındığını, RF algoritmasının LAI tahmin etmede pratik ve güçlü yeteneğe sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Filipponi (2018) yanmış alanları haritalamak amacıyla Sentinel-2 uydusu RedEdge bandı kullanarak yeni bir indeks geliştirme amacıyla yapılan çalışmada, yeni indeksin (Sentinel-2 İçin Yanmış Alan İndeksi- BAIS2) iyi bir performans gösterdiğini bildirmiştir.

Fontanet vd. (2018) bu çalışmada, Fiziksel ve Teorik ölçek Değişikliği (DISPATCH) algoritmasına dayalı tahminleri, yağış olaylarının neden olduğu ıslak koşullar ve yerel yağmurlama sulama ile yönlendirilen ıslak koşullar olan iki farklı hidrolojik senaryo sırasında bir tarımsal alanda DISPATCH algoritmasını doğrulamak için toprak nem sensörleri ve gravimetrik ölçümlerle karşılaştırılmıştır. Sonuçta, DISPATCH algoritmasının genel yağış olayları sırasında uygun toprak nem tahminleri sağladığını, ancak yağmurlama sulaması heterojenite oluşturduğunda uygun olmadığını göstermiş, bu durumu açıklamak için, ölçek küçültme sürecine dahil olan girdi değişkenleri olan NDVI ve LST verilerinin uzamsal değişkenlik ölçeklerini incelenmiş, ve NDVI ve LST özellikleriyle ilişkili uzamsal ölçeklerin, sahadaki ortalama toprak neminin varyasyonlarını temsil etmek için çok büyük olduğunu göstermiş olduğunu belirtmişlerdir. Sonuç olarak, ölçeği küçültülmüş toprak nem tahminlerinin yağış olaylarının neden olduğu toprak nemindeki değişiklikleri tahmin edebildiğini, ancak

yerel sulamanın neden olduğu ortalama su içeriğindeki zamansal dalgalanmaları doğru tahmin edemediğini açıklamışlardır.

Huang vd. (2018) mısır bitkisinde LAI tahmini için iki yeni SVI (Dönüştürölmüş Fark Bitki Örtüsü İndeksi -TDVI) ve Üçgen Oranı Bitki Örtüsü İndeksi -TRVI) geliştirmeye çalışmışlar, TDVI ve TRVI ile LAI arasında güçlü ilişki (sırasıyla  $R^2 = 0,92$  ve  $0,94$ ) bulduklarını bildirmişlerdir.

Pan vd. (2018) LAI ve bitki su içeriğini uzaktan algılanan verilerle tahmini amacıyla yaptıkları çalışmada, deneysel ölçümler gerçekleştirmiş PROSAIL modeline dayalı farklı spektral indeksler, sinir ağı algoritmaları yardımıyla ampirik modeller kullanarak LAI ve Kanopi Su İçeriğini (CWC) yüksek doğrulukla tahmin edebilmişlerdir.

Saha vd. (2018) uzaktan algılama verilerini (optik ve termal) kullanarak toprak ve toprak nem haritalamasındaki nem içeriğini değerlendirme amacıyla toprak nem indeksi kullanımına dayanan uzaktan algılama tekniğı uyguladıkları çalışmada, sonuçta tarımsal kuraklık ve sel felaketi değerlendirmesinin izlenmesinde, uydu görüntülerinin toprak nemini tahmin etmek için verimli bir şekilde kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Ren vd. (2018) SAVI formölünde bulunan toprak ayarlama faktörü ( $L=0-1$ ) değeriinin çöl bozkırında performansını değerlendirmek amacıyla yapılan çalışmada, toprak ayarlama faktörünün arka plan toprak gürültüsünde tatmin edici bir azalma sağladığını bildirmişlerdir.

Tahir vd. (2018) Multispektral İnsansız Hava Aracı (İHA) ile bitki klorofil içeriğini izlemek ve doğru tahmin etmek amacıyla yaptıkları çalışmada, İHA görüntülerinden türetilen Dönüştürölmüş Normalize Fark Bitki Örtüsü İndeksi (TNDVI), NDVI, MCARI-2, SAVI ve MSAVI-2 SVI'larından MSAVI-2 ve TNDVI'nın klorofil içeriğı ile en güçlü ilişkide bulunduğunu (sırasıyla  $R^2 = 0,89$  ve  $0,85$ ) bildirmişlerdir.

Blinn vd. (2019) ABD'nin güney bölgelerindeki orman alanlarında Landsat-7 verileri ile LAI tahmini amacıyla çalışma yapmışlar, geliştirdikleri model için SR ve NDMI indekslerinin kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Bulut vd. (2019) meteorolojik istasyon bazlı toprak nem gözlemlerine karşı 2008-2011 yılları arasında değerlendirmeler yapılmış, uzaktan algılanan ve modele dayalı toprak nem ürünlerinin değerlendirilmesi, zaman serilerinin (yani mevsimsellik ve anormallik bileşenleri) ve çalışma bölgesinin (yani toprak tipi, bitki örtüsü, toprak ıslaklığı ve iklim rejimi) farklı özellikleri dikkate alınarak yapılmış ve aralarındaki ilişki ( $r = 0,57-0,87$ ) belirlenmeye çalışılmıştır.

Feng vd. (2019) hiperspektral veriler kullanarak buğday bitkisinde yüksek LAI şartlarında, LAI tahmin doğruluğunun iyileştirildiği yeni bir spektral indeksi geliştirmek amacıyla yaptıkları çalışmalarında, LAI ile indeksler arasında güçlü ilişki bulunduğunu bildirmişlerdir (Doğrusal Olmayan İndeks (NLI)  $R^2 = 0,76$ ; MTVI-2 ve EVI-2 indeksleri  $R^2 < 0,71$  ve yeni geliştirilen Optimize Edilmiş Doğrusal Olmayan Bitki Örtüsü İndeksi (ONLI) indeksi  $R^2 = 0,78$ ).

Herrero-Huerta vd. (2019) düşük çözünürlüklü MODIS (1 km.) Termal Kızılötesi Sensörü (TIRS) görüntüleri ile yüksek çözünürlüklü Landsat (30 m) görüntüleri birleştirilmiş. Elde edilen görüntüler Sentinel-2 (10 m) görüntüleri ile birleştirilmiştir. Bu görüntüler ile mahsul gelişim takibi, biyofiziksel dinamikleri izlemek amaçlanmıştır. HANTS algoritması ile yıllık sıcaklık döngüsü kullanarak sınıflandırmadaki SUOMI, SENTINEL-3, ASTER, HJ-1, GEOFEN-1 uydularının kullanılması ile daha iyi sonuçların alınacağı önerilmiştir.

Masoud vd. (2019) çalışmada, Yüzey Radyometrik Sıcaklığı (SRT) veya LST verilerini kullanarak bitki örtüsü olmayan veya seyrek olan alanlar üzerinde SM'yi 5 cm Derinlikte tahmin etmek için deneysel bir model geliştirilmiş, genel olarak, önerilen modellerin sahada toplanan veya optik uydular tarafından alınan farklı derinliklerdeki Toprak Sıcaklığı verilerini kullanarak SM tahmini için yüksek potansiyele sahip olduğu sonucuna varıldığı açıklanmıştır.



Mostaza-Colado vd. (2019) Ketencik (*Camelina sativa* L.) bitki çeşitlerinin üretimini tahmin etmek için Sentinel-2 uydu sensörleri ile Greenseeker cihazı verilerinin uygunluğunu araştırmak amacıyla yapılan çalışmada, Hem Sentinel-2 sensörlerinin hem de Greenseeker cihazının NDVI tahmini için güvenilir olduğunu bildirmişlerdir.

Neinavaz vd. (2019) Almanya’da karışık bir orman alanında LAI tahmini için görünür-NIR- SWIR dalga boylarında elde edilen spektral veriler ile Landsat-8 termal bandı kullanımının araştırıldığı çalışmalarında, termal verilerin eklenmesiyle doğruluğun arttığını ( $R^2=0,81$ ), termal verilerin ışınlı transfer modeli ile birleştiğinde bölgesel LAI haritalaması ve diğer bitki biyofiziksel ve biyokimyasal değişkenleri tahmin için kullanılabileceği bildirilmiştir.

Qiao vd. (2019) LAI tahmini için bitki gelişim dönemlerini dikkate alarak MODIS SVI’ları arasındaki ilişkinin araştırıldığı çalışmada, tüm bir vejetasyon dönemi için tek bir LAI-SVI ilişkisi yerine farklı fenolojik dönemlere dayalı parçalı LAI-SVI ilişkisinin önerildiği bildirilmiştir.

Que vd. (2019) Endonezya’da yanmış alanlarda SVI’ların değişimini izlemek amaçlı çalışmada, NDVI ve NBR SVI’ları kullanılarak yanan alanların değerlendirildiği bildirilmiştir.

Rahman ve Mesev (2019) Kuraklık kapsamı ve şiddetini değerlendirmek için arazi kullanım/kaplamasındaki değişiklikleri ölçmek amaçlı çalışmada, NDVI, NDMI ve TCT SVI’ları kombinasyon halinde uygulanarak arazi kullanım ve değişimlerinin kategorileştirildiği bildirilmiştir.

Srinet vd. (2019) uzaktan algılama görüntülerini yersel verilerle entegre ederek LAI ve Işık Sönme Katsayısının (k) uzamsal dağılımını tahmin etmek amaçlı model geliştirmeye çalışmışlar, LAI ve k için en iyi tahmin edici SWIR -1, SWIR-2, WET, MSI ve NDMI olduğunu bildirmişlerdir.

Chrysafis vd. (2020) Kuzeybatı Yunanistan bölgesinde orman alanlarında LAI tahmini için Sentinel-2 uydu görüntülerinin spektral özelliklerini değerlendirmek amaçlı

Çalışma yapmışlar ve bazı indekslerin (Normalleştirilmiş Kanopi İndeksi -NCI, NDVI ve Püsküllü şapka Özellikleri -TCF) LAI tahmini için kullanılabilir olduğunu bildirmişlerdir.

Jahangir ve Arast (2020) su stres yönetimi için evotranspirasyon değişimlerinin MODIS görüntüleri ile izlenmesi amacıyla çalışmışlar ve sonuçta indeksler ile su stresi arasında korelasyon ( $r = 0.74$ ) olduğunu bildirmişlerdir.

Kim vd. (2020) toprak nem verileri, meteorolojik veriler kullanılarak hücre tabanlı toprak suyu analiz modülü ve tarımsal kuraklık indeksi geliştirmişlerdir.

Kokhan ve Vostokov (2020) yersel ölçümlerle (Greenseeker) PlanetScope uydu verilerini karşılaştırmak amacıyla yapılan çalışmada, uydu NDVI verilerinin yersel verilerle önemli ölçüde ilişkili ( $<0,05$ ) olduğunu bildirmişlerdir.

Ochtyra vd. (2020) bitki örtüsündeki ani ve kademeli değişimleri tespit edebilen bir algoritma geliştirme amacıyla yapılan çalışmada, Landsat TM, ETM+ ve OLI görüntüleri kullanılmış, bu görüntülerden türetilen SVI'lar arasında NDMI bitki örtüsü bozulmalarına karşı en duyarlı, çeşitli gürültülere karşı dirençli bulunduğu bildirilmiştir.

Pellegrini vd. (2020) buğday bitkisinde Fotosentetik Aktif Radyasyon Fraksiyonu (fAPAR) tahmini için el tipi Greenseeker cihazı verileri ile Sentinel-2 ve MODIS sensörleri NDVI verilerini test etmek amaçlı çalışmalarında, Sentinel-2, Greenseeker ve MODIS NDVI değerleri ile fAPAR ölçümleri arasında güçlü bir ilişki olduğunu (sırasıyla  $R^2 = 0,89; 0,88; 0,95$ ) bildirmişlerdir.

Prada vd. (2020) uydu görüntüleri zaman serisi verileri kullanarak kanopi gelişimi izlemek amaçlı yapılan çalışmada, MCARI-2'inin kanopi değişimlerini izlemede NDVI'dan daha iyi olduğunu bildirmişlerdir.

Prananda vd. (2020) WorldView-2 sensör verileri kullanarak LAI tahmini amaçlı yapılan çalışmada, NDVI'nin en yüksek performansı ( $R^2 = 0,83$ ) verdiğini bildirmişlerdir.

Rasul vd. (2020) MODIS sensörü kullanılarak LAI LST'nin kıtasal ve bölgesel ölçeklerde değişimini ve mekânsal dağılımını değerlendirmek amaçlı çalışmalarında, LAI ve LST arasında kıtasal ölçekte önemli ilişki bulunduğunu ( $R^2 = 0,001-0,74$ ) bildirmişlerdir.

Tan vd. (2020) Landsat 7 LST verileri ile arazi kullanımı/arazi örtüsü arasındaki ilişkinin araştırıldığı çalışmada, LST'nin yüzey tipinden önemli ölçüde etkilendiğini, NDVI ve LST aralarında negatif korelasyon bulunduğunu bildirmişlerdir.

Wei vd. (2020) Tayvan'da uzaktan ve yersel NDVI ve LAI ölçümlerinin karşılaştırıldığı çalışmada, uzun zamanlı (5 yıl) çalışmada LAI'nin anlamlı ilişki sergilemediği, NDVI'nin ise gittikçe güçlenen ilişki sergilediğini bildirmişlerdir.

Afrasiabian vd. (2021) LAI tahmini için Landsat-8, MODIS, Sentinel-2 ve hiperspektral verilerini ayrı ayrı ve birleşik halde değerlendirmişler, uzamsal ve zamansal çözünürlüğün LAI tahmininde etkili olmadığını, hiperspektral verilerin  $R^2$  değerinin 0,80'den fazla olduğunu bildirmişlerdir.

Burke ve Rundquist (2021) dünya genelinde 500'den fazla web özellikli kamera kullanarak oluşturulan Phenocam Ağı görüntülerini standartlaştırmak amacıyla yaptıkları çalışmada, Gauss süreci kullanarak Landsat-8 ve Sentinel-2 verileri yardımıyla model geliştirmişlerdir.

Costa-Saura vd. (2021) orman alanlarında yangın davranışı modellemesinde kullanılan nem içeriğinin tahmini amacıyla çalışma yapmışlar ve NDMI indeksini umut verici olduğunu bildirmişlerdir.

De Peppo vd. (2021) Sentinel-2 verileriyle LAI alımı için parametrik olmayan verilerin potansiyelini belirlemek amaçlı çalışmalarında, Sentinel-2 multispektral verilerinden

LAI'yi doğru bir şekilde tahmin etmek için parametrik olmayan yaklaşımların kullanılabileceği, parametrik yaklaşımlar, regresyon veri setine bağlı olmaları nedeniyle genellikle ürüne ve bölgeye özgü olması nedeniyle belirli bağlamlarda daha doğru olabileceğini bildirmişlerdir.

He vd. (2021) LAI ve LST değerlerini kullanarak ısı akılarını ve brüt birincil verimliliğin tahmini amacıyla model oluşturma amacıyla yürüttükleri çalışmada, modellenen değerlerin kovaryans ölçümleriyle uyumlu olduğunu, gizli ve açık ısı akış tahminlerinin LST'deki belirsizliklerden, birincil brüt üretkenliğin ise LAI'den daha fazla etkilendiğini bildirmişlerdir.

Jargalsaikhan vd. (2021) Moğolistan'da mahsul uygunluğunu değerlendirmek amaçlı çalışmalarında, MODIS verilerinden NDVI, LST, NDMI ve ASTER DEM verilerinden yükseklik ve eğim değerleri elde edilmiş ve NDVI'ya bağlı olarak mahsul uygunluğu değerlendirmesinin % 71 olumlu olduğunu bildirmişlerdir.

Kinane vd. (2021) Landsat5 ve 7 ETM+ uydularında alınan görüntüleri yersel ölçümlerle karşılaştırarak LAI tahmin modelindeki gözlem hatalarını ölçmek ve azaltmak amacıyla yapılan çalışmada, NDMI ile en iyi korelasyon (0,76) bulunduğunu bildirmişlerdir.

Neinavaz vd. (2021) Kanopi sıcaklığı ve spektral yayım gücü aracılığı ile su stresinin ölçülmesi amacıyla laboratuvar, tarla, hava ve uzay platformları kullanarak yaptıkları çalışmada, Termal Kızılötesi (TIR) verilerinin kullanımının artmasına rağmen hala bazı tutarsızlıklar olduğunu bildirmişlerdir.

Piragnolo vd. (2021) Alp bölgesinde orman hasarının tespit edilmesi ve ölçülmesi amacıyla yapılan çalışmada, Sentinel-2 sensörü verileri kullanılarak oluşturulan NDVI ve NDMI SVI'larının hasarlı bölge değerleri ile güçlü bir korelasyon gösterdiğini bildirmişlerdir.

Rodriguez (2021) ABD'de 2013 yılında yaşanan yangın alanlarında meydana gelen değişimi analiz etmek amaçlı çalışmada, NDVI ve NBR SVI'ları kullanılmış, NDVI

ve NBR'nin yangın şiddetini anlamaya ve bitki örtüsünü sınıflandırmasına yardımcı olduğunu bildirmiştir.

Zhen vd. (2021) MODIS ve Sentinel-2 ile Landsat-8 sensörleri kullanılarak doygunluk etkisi gidermede en iyi yöntemi belirlemek amacıyla yapılan çalışmada, 4 SVI (NDVI, EVI, SAVI ve TSAVI) SVI'ları kullanılmış, toprak ayarlama faktörüne sahip SAVI'nin LAI'nin daha iyi tahminçisi olduğunu, toprak ayarlama faktörü kullanmanın LAI zaman serilerini iyileştirdiğini bildirmişlerdir.

Ashraf vd. (2022) Güney Pakistan'da sıcaklık ve yağışın kuraklık üzerine olan etkisini belirlemek amaçlı Oran Kuraklık İndeksi (RDI), Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SPI) ve Yağış Dilimleri (DI) kuraklık indeksleri ile en kurak yılları belirlemiş, bu yıllarda sıcaklık ve yağış etkilerini MODIS uydusuna ait NDVI, EVI ve LST verileri ile karşılaştırmışlar, sonuçta, RDI indeksinin kuraklık incelemesinde, EVI indeksinin de kuraklık koşullarını izlemede daha etkili olduğunu bildirmişlerdir.

Daghlavi vd. (2022) uydu görüntüleri kullanarak ürün rotasyonunun buğday bitkisindeki verime etkilerini araştırma amaçlı çalışmalarında 5 spektral indeks kullanmışlar, bunlar arasında NDVI'nin buğday verimi ile en yüksek korelasyona ( $R^2=0,76$ ) sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Quang vd. (2022) Batı Afrika'da Sentinel-2 verileri kullanarak bozulmuş ormanların tespit edilmesine yönelik yeni bir prosedür önerme amaçlı yapılan çalışmada, LAI ile CWC ve MSI arasında güçlü bir ilişki olduğunu, önerilen yeni prosedür ile fotoğrafların yorumlanmasında % 85'in üzerinde genel doğruluğa ulaştıklarını bildirmişlerdir.

Strashok vd. (2022) Kentsel ekosistemi yönetimi için NDVI ve NDMI göstergelerini değerlendirmek amacıyla yapılan çalışmada, NDVI ile NDMI arasında yakın ilişki ( $r = 0,73$ ;  $R^2 = 0,55$ ) olduğunu, kentsel bitki örtüsü değerlendirmesi ve su içerikleri ile uydu görüntüleri arasında güçlü bir korelasyon bulunduğunu bildirmişlerdir.

Erlandsson vd. (2023) Liken örtüsünü izlemek için aktif el NDVI sensörü ile Sentinel-2 uydu NDVI değerlerini karşılaştırdıkları çalışmalarında, aktif sensörlerin liken örtüsünü izlemede uygun olduğunu bildirmişlerdir.

Kaplan vd. (2023) Sentinel 1&2 görüntüleri kullanarak pamukta LAI, Kc ve mahsul yüksekliğini doğru şekilde tahmin edebilmek amaçlı çalışmalarında, Sentinel-2 SVI'larının LAI, Kc ve mahsul yüksekliği için en ideal olduğu ( $R^2 = 0,88$ ), SNAP biyofiziksel işlemcisi LAI tahmin algoritmasının bir modeli en yüksek performansı göstermiş ( $R^2 = 0,97$ ), Sentinel-1 modellerinin LAI, Kc ve mahsul yüksekliği için (sırasıyla  $R^2 = 0,67$ ;  $0,79$ ;  $0,66$ ) değerlerinin elde edildiğini bildirmişlerdir.

Solgi vd. (2023) SVI'lar aracılığı ile bitki örtüsü su içeriğinin tahmin edilmesi amacıyla yaptıkları çalışmada, NDVI, MSI ve SCRI SVI'larının LAI ile güçlü bir ilişkiye sahip olduğunu, uzaktan algılamanın sulama yönetiminde güçlü bir araç olduğunu bildirmişlerdir.

## **2.4 SAR Uydu Görüntüleri ile Çalışmalar**

Schmugge vd. (1976) 10-X 10-m antene sahip 21 cm'lik bir radyometrenin toprak nemini algılama yeteneği araştırmış, sonuçta 10 km uzamsal çözünürlüğe sahip bilgilerin, tarımsal verim tahminlerinde, küresel dolaşım modellerinde ve akış tahminleri için önceki nem tahminlerinde kullanılan büyük ölçekli nem bütçesi hesaplamalarında çok önemli olacağını vurgulamışlardır.

Lakshmi (2013) pasif mikrodalga algılamanın çok kaba olan 10 km'lik uzamsal çözünürlüklü tahminini küçültmek için kullanılan metodolojiyi ana hatlarıyla açıklamıştır.

Binayak vd. (2017) pasif mikrodalga tekniklerini kullanan uydular Toprak Nemi Aktif Pasif (SMAP) ve SMOS, özellikle L-bandı frekansında, yüzeye yakın (0-5 cm) toprak nemi için (25 ila 40 km uzaysal çözünürlükte ve 2 ila 3 gün zamansal çözünürlükte) küresel haritalama için iyi bir umut vadettiğini belirtmişlerdir. Toprak hidrolojisine ve çeşitli uzay-zamansal ölçeklerde mahsul büyüme modellerine bir sınır koşulu olarak uzaktan algılanan toprak nem durumunu dahil edilmesi, tarımsal su yönetimini

planlanması, hava ve iklim tahmini, bölgesel ve küresel ölçekli toprak nemini sayısal hava ve iklim modellerine asimile ederek, hidrolojik akım (evotranspirasyon, yeraltı suyu şarjı, yüzey akışı ve taban akışı) tahminini akımların yüzey ve kök bölgesi toprak nemine bağlayarak iyileştirilmiş kuraklık veya sel tahmini, kök bölgesi toprak nemini toprak gerilme mukavemeti ile ilişkilendirerek toprak kayması potansiyelinin belirlenmesi, toprak nemi durumunun akış ve taşıma özelliklerini yansıttığı toprağın besin ve kirletici taşıma potansiyeli, gibi uzaktan algılanan veriler çeşitli avantajlarından ve kaba uzay ve zaman çözünürlüğü, sığ nüfuz derinliği ve hidrolojik yönetim ilkeleri ile uyumsuzlukları gibi bazı dezavantajlarından bahsetmişlerdir.

Garkusha vd. (2017) Karadeniz kıyısındaki Odessa şehri ve yakınlarındaki Oleshkiv çölünde sentinel-1 verileri kullanılarak yapılan çalışmada farklı zamanlar için araştırma bölgesine ait nem haritaları oluşturduklarını bildirmişlerdir.

Mattia vd. (2017) 2016-2017 yıllarında Sentinel-1 verileri kullanarak yüzeye yakın toprak nemi tahmin algoritması geliştirme ve değerlendirme amaçlı çalışmalarında, iyi bir korelasyon değeri ( $r = 0,76$ ) bulduklarını bildirmişlerdir.

Rodionova (2017) toprak sıcaklığı ile Sentinel-1 görüntüleri arasındaki ilişkiyi belirlemek amaçlı çalışmış, yerinde alınan verilerle geri saçılma katsayısı arasında regresyon ilişkisi oluşturmuştur.

Yu vd. (2017) SAR verilerinin deniz yüzeyi rüzgâr gözlemlerinin etkisini araştırdıkları çalışmada, SAR verilerinin deniz yüzeyi rüzgâr gözlemlerini iyileştirmenin yanı sıra, sıcaklık ve bağıl nem analizlerini de geliştirdiğini bildirmişlerdir.

Bauer-Marschallinger vd. (2018) Sentinel-1 uydu verileri kullanarak yüksek doğrulukla toprak nemi tahmin etmeyi sağlayan bir yöntem geliştirmeye yönelik yapılan çalışmada, ormanlar ve tarım alanlarında yağmur ve sulamadan kaynaklı değişiklikleri tespit edebildiklerini bildirmişlerdir.

Fang vd. (2018) termal atalet teorisine dayalı pasif bir mikrodalga toprak nemi ölçek küçültme algoritması SMAP ile kullanılmak üzere geliştirilmiş ve bir saha deneyinde

toplanan bir veri setine uygulanmış, sonuç olarak ölçeği küçültülmüş SMAP tahminleri, toprak nemi uzaysal ve zamansal değişkenliği daha iyi karakterize ettiği ve orijinal SMAP toprak nem tahminlerinden daha iyi genel doğrulama ölçütlerine sahip olduğunu açıklamışlardır.

Lu vd. (2018) Çoklu uydu tabanlı yağış analizi (TMPA) ve İklim Tahmin Merkezi (CMORPH) tekniği kullanarak oluşturulan yağış veri kümelerinin Standart Yağış İndeksi (SPI) tahminlerinin güvenilirliğini ve bu veriler ile kuraklık tahmini yapıp yapılamayacağı araştırılmıştır.

Moljin vd. (2018) yağış ve toprak parametreleri kullanılarak Sentinel-1 ile yağış etkileri gözlenerek bitki geometrisine dayalı sınıflandırma yapılmaya çalışıldıklarını belirtmişlerdir.

Amazirh vd. (2019) düşük çözünürlüklü uydu görüntüleri LST verilerinin Sentinel-1 verileri kullanılarak iyileştirilmesi amacıyla yeni bir yöntem geliştirmeye yönelik yaptıkları çalışmada, bu yöntem sonucunda elde edilen verilerin daha doğru olduğunu bildirmişlerdir.

Belenguer-Plomer vd. (2019) termal anomalileri Sentinel-1 verileri ile tespiti amaçlı çalışmalarında, 0.59 doğrulukla yanık alanların tespit edilebileceğini bildirmişlerdir.

Benninga vd. (2019) SAR gözlemlerinin radyometrik belirsizliği ve hava olaylarının (kar, yağmur, donma vb.) yüzey saçılımına olan etkisini araştırdıkları çalışmalarında, radyometrik belirsizlik, yüzey pürüzlülüğü ve geliş açısının Sentinel-1'in toprak nemi tahmini üzerinde önemli bir etkisi olduğunu bildirmişlerdir.

Acar ve Özerdem (2020) yüzey toprak nemini Radarsat-2 ve polarimetrik hedef ayırıştırma verileri kullanarak yarı deneysel modeller ve makine öğrenme yöntemleri ile elde etmeye çalışmışlar, makine öğrenimi tekniklerinin yarı deneysel metotlardan daha iyi sonuç verdiğini açıklamışlardır.



Acar vd. (2020) Radarsat-2 verileri ile farklı makine öğrenme teknikleri yardımıyla bitki örtüsü kaplı araziler üzerinde yıllık bazda toprak su içeriği tahmin etme amacıyla en uygun özellik setini bulmaya çalışmışlardır.

Fayad vd. (2020) çoğunlukla Kuzey Yarımkürede yaşanan toprak donma çözülme olaylarında tarım sektöründeki don hasarını parsel ölçeğinde derecelendirmek ve değerlendirmek amaçlı Sentinel-1 verileri kullanarak yeni bir yaklaşım oluşmaya çalışmışlar ve Sentinel-1 verilerinin donma olaylarını hatasız tespit edebildiğini bildirmişlerdir.

Hoskera vd. (2020) Sentinel-1 uydu görüntüleri ile toprak nemi takip ve tahmini yapmaya çalışmışlar ve SAR görüntü parametreleri kullanarak 39 lokalize lineer ve 9 genelleştirilmiş lineer model üretmiş, toprak numune analiz sonuçlarıyla karşılaştırarak en doğru modeli bulmuşlardır.

Mateus vd. (2021) Su buharının Sentinel-1 verilerine olan etkisi nedeniyle hava tahmininde kullanılmasını araştırdıkları çalışmalarında, verilerin yararlı olduğunu bildirmişlerdir.

Modanesi vd. (2022) Sentinel-1 geri saçılım gözlemleri ile sulama miktarının belirlenmesinde evotranspirasyonun hem iyileşme hem de bozulmalar sağladığını, sentinel-1 verilerinin kullanışlı olduğunu bildirmişlerdir.

## **2.5 Optik ve SAR Uydu Görüntülerinin Birlikte Kullanıldığı Çalışmalar**

Amer vd. (2011) çıplak toprak ve bitki örtüsüyle kaplı toprağın toprak nem bilgisini elde etmek için en sağlam yöntemleri değerlendirdikleri çalışmada Toprak nem bilgisinin çıkarılmasının önemi ve zorluklarına ve toprak nemi geri kazanma yöntemlerinin geliştirilmesi, aktif veya pasif veya hem aktif hem de pasif uzaktan algılama verilerinin bir kombinasyonu olarak farklı uzaktan algılama verilerini kullanan toprak nemi geri kazanım yöntemlerine genel bir bakış sunulmaktadır. Yöntemlerin sonuçları karşılaştırılmış ve her yöntemin avantajları ve sınırlamaları özetlenmiştir.

Hirschi vd. (2014) sıcak aşırılıklarının, çeşitli bölgelerde önceden ortaya çıkan yüzey nem açıklarından kaynaklandığı belirtilmekte olup bu konuyla ilgili önceki çalışmaların çoğu modelleme sonuçlarına veya yağış temelli yüzey nem bilgilerine (özellikle standartlaştırılmış yağış indeksi) dayanırken, çalışmalarında yeni bir Sıcak Gün Sayısı (NHD) ile önceki toprak nem açıkları arasındaki ilişkiyi araştırmak için aktif ve pasif mikrodalga sensörlerini birleştiren uzaktan algılamalı toprak nem ürününü birleştirmişlerdir.

Lemonie ve Leo (2015) Google Earth Engine ile tarım alanlarının izlenmesinde optik ve SAR uyduların kullanımını 3 farklı örnekle göstermişlerdir.

Molijn vd. (2016) Brezilya'da şeker kamışı büyümesinin izlenmesinde Sentinel-1, Radarsat-2 ve Landsat-8 uydu görüntüleri kullanımı araştırılmış, mekânsal ve zamansal olarak önemli olan sıcak ve soğuk noktaların tespitine çalışmışlardır.

Navarro vd. (2016) farklı tarım senaryolarında arazi örtüsünün izlenmesi için optik ve mikrodalga görüntüler birleştirilerek nitel ve nicel arazi örtüsü değişiklikleri hakkında yararlı bilgiler sağlamak, mahsul parametreleri, mahsul katsayısı (Kc) değerleri ve mahsulün gelişme süresinin Optik (SPOT-5) ve SAR (Sentinel-1A) verilerinin tamamlayıcılığını ve birlikte çalışabilirliğini değerlendirmişlerdir. Bulut örtüsü olduğu zamanlarda SAR görüntülerin Optik görüntüler yerine kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Pablos vd. (2016) çalışmada kara yüzeyi, hidrolojik ve iklim modellerinde toprak nemi ve kara yüzeyi sıcaklığı etkileşimleri hakkında mevcut bilgilerin ilerletilmesine katkıda bulunmayı amaçlamışlar, sonuçta, mikrodalga / optik toprak nemi alma algoritmalarına ve özellikle buharlaşma-terleme ile ilgili toprak nemi-kara yüzeyi sıcaklığı bağlantısına dayalı uygulamaların iyileştirilmesi için uygulanabilir olabileceğini belirtmişlerdir.

Ahlmer vd. (2018) yaptıkları vaka çalışması ile mekânsal ve zamansal toprak nem özelliklerini taşkın tahmin riskini belirlemedeki rolünü anlamak için Gelişmiş Saçılım ölçer (ASCAT) ve SMOS uydularına odaklanılarak uzaktan algılama tekniklerinden

faydalanmaya çalışmışlardır. Sonuçta, toprak nemi uydu verilerini uygulayan yöntemin taşkınların güvenilirliğini artırmak için umut verici olduğunu belirtmişlerdir.

Amazirh vd. (2018) radar verileri ile toprak nemi değişikliklerini ölçmek ve izlemek amaçlı yaklaşımları kalibre etmek amacıyla Sentinel-1 ve Landsat-7/8 termal verilerini birleştirerek yeni bir yaklaşım sunmuşlardır.

Şekertekin (2018) Gelişmiş Kara Gözlem Uydusu-2 (ALOS-2) ve Sentinel-1A uydu görüntüleri yardımıyla bitki örtülü/örtüsüz ve harici sulama ile farklı nem oluşan tarlalarda, toprak nemi kestirimi yapılarak ve toprak nemi haritalarının çıkarılması amaçlanmıştır. Çalışmada, SAR verileri ile toprak nemi kestirimi için kullanılan model bazlı yaklaşımların yanı sıra ampirik modeller geliştirmişler, SAR verileri ile toprak nemi kestiriminde hem L-bant hem de C-bantta olumlu sonuçlar alındığını belirterek, L-bant görüntülerinin toprağın farklı derinliklerinde yapılacak olan çalışmalarda dikkate alınmasının anlamlı sonuçlar sunacağını açıklamışlardır.

Filgueiras vd. (2019) bulutlu havalarda Sentinel-2 NDVI'yi bulutsuz bir hale getirebilmek amacıyla Sentinel-1 verilerinden faydalanma amacıyla yapılan çalışmada, Sentinel-1 verilerinin yağış ve sulamadan etkilenebildiğini, Sentinel-1 geri saçılım verilerini eş zamanlı Sentinel-2 verileri ile eşleyerek elde ettikleri dört farklı modeli 8 farklı algoritma kullanarak test etmişler ve rastgele orman algoritmasının en iyi sonucu verdiğini bildirmişlerdir.

Han vd. (2019) Sentinel-1&2 verileri kullanarak Bitki Su İçeriği (BSI) tahmini amaçlı çalışmalarında, Sentinel-1 verileri için  $R_2 = 0,43$ , Sentinel-2 için 0,63 doğruluk elde ettiklerini bildirmişlerdir.

Khabbazan vd. (2019) Hollanda da ürün gelişimini takip amaçlı Sentinel-1 SAR görüntülerini kullanımını araştırmışlar, bulutlu koşullarda güvenilir bilgi verebileceğini, NDVI verileriyle değerlendirilerek ürünlerin önemli tarihleri için yararlı bir gösterge olduğunu belirlemişlerdir. Meteorolojik sensörler kullanarak VH/VV oranını yararlı bulmuşlar, biyokütle artışına ve yaşlılığa duyarlı olduğunu açıklamışlardır.

Hirschmugl vd. (2020) bulut örtüsü ve hızlı yeniden büyüme sorununa karşı Optik ve SAR görüntüleri birleştirerek bozulan ormanlar görüntülenmeye çalışılmış, Optik ve SAR zaman serilerinden ayrı ayrı bozulma haritalarının doğruluklarını, birleşik haritanın doğruluğuyla karşılaştırdıklarını bildirmişlerdir.

Cohen vd. (2021) Sentinel-1 verileri yardımıyla donmuş arazileri tespit amaçlı çalışmalarında toprak sıcaklığı ile toprak donma çözülme durumunun izlenebildiğini, Sentinel-1 verilerinin yüzeye yakın ölçüm yapan sensör ve SMOS verileri ile uyumlu olduğunu bildirmişlerdir.

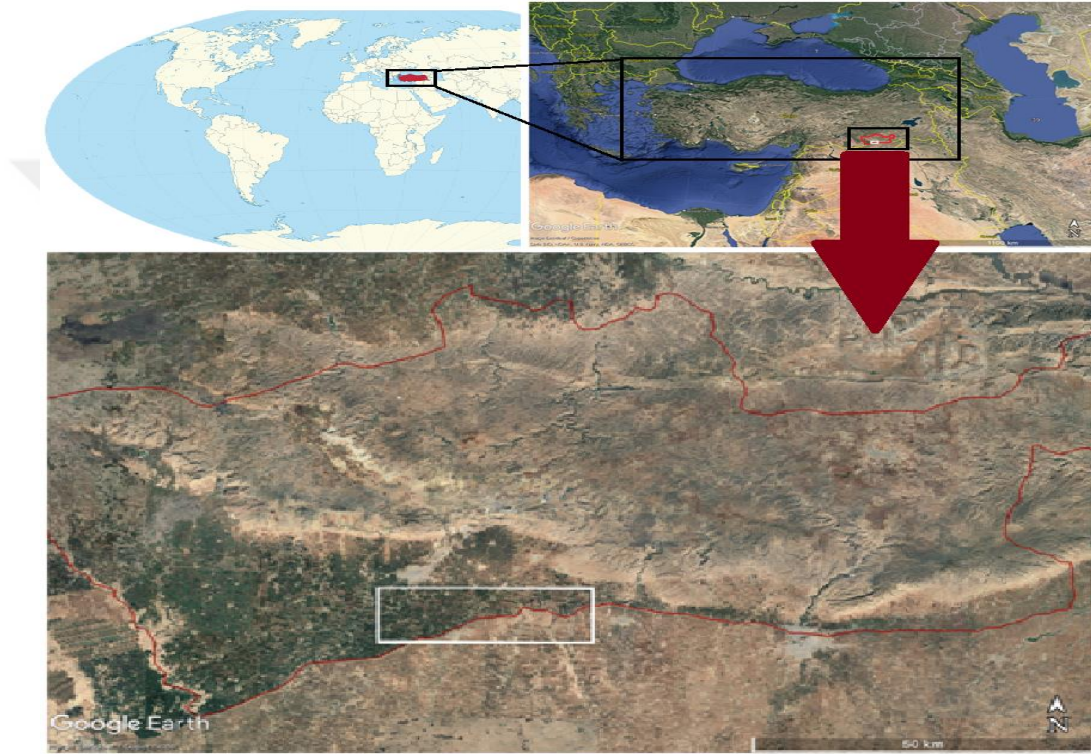
Kaplan vd. (2021) LAI, Mahsul Katsayısını (Kc) ve mahsul yüksekliğini doğru şekilde tahmin edebilmek amaçlı çalışmalarında, Sentinel-2 ve VENμS uydu görüntüleri kullanarak elde edilen SVI'ların LAI, Kc ve mahsul yüksekliği değerlerini doğru tahmin edebildiğini (sırasıyla  $R^2 = 0,79; 0,82; 0,81$ ), bu görüntülerin tarımsal izlemede kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Çalışma alanı

Çalışma Mardin İli Artuklu ve Kızıltepe ilçelerinde 2 ayrı bölgede olmak üzere toplam 8 farklı köyde yetiştirilen 27 farklı pamuk ekili parselde yürütülmüştür. Bu noktaların harita görüntüleri Şekil 3.1’de, koordinatları ise Tablo 3.1’de verilmektedir.



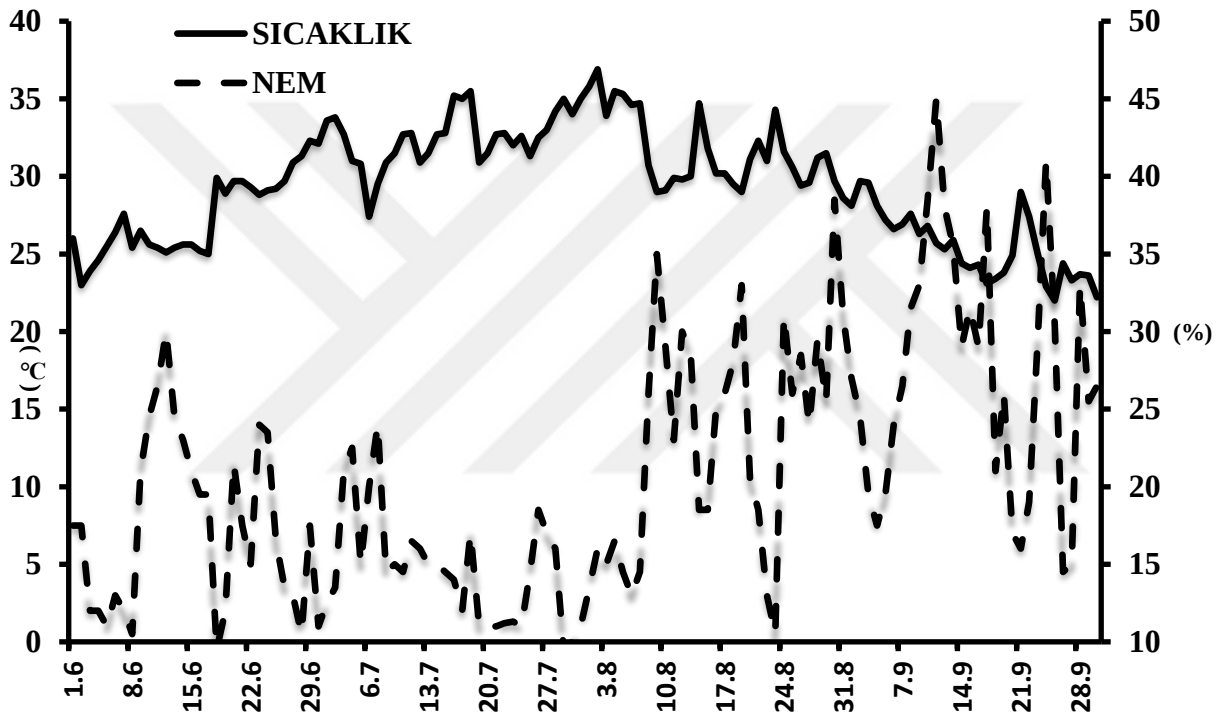
Şekil 3.1 Çalışma Bölgesi

Tablo 3.1 Çalışmanın yürütüldüğü parsellerin koordinatları

| NO  | KÖY         | ADA/<br>PARSEL | X      | Y      | NO  | KÖY         | ADA/<br>PARSEL | X      | Y      |
|-----|-------------|----------------|--------|--------|-----|-------------|----------------|--------|--------|
| 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 |     |             |                |        |        |

### 3.1.2. Meteorolojik veriler

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. Mardin Meteoroloji Müdürlüğünden elde edilen verilere göre vejetasyon dönemi ortam sıcaklık ve nem değerleri değişimi, Şekil 3.2’de verilmiştir.



### 3.1.3. Toprak Analizi

Cihazların kurulu olduğu parsellerden toprak numunesi alınarak, toprak yapısı ve içeriği ile ilgili analizler, Mardin Kızıltepe Aktürk Analiz laboratuvarında yapılmıştır. 27 adet gözlem noktasından alınan toprak numuneleri analizi sonucunda satürasyon 55.00-67.10 arasında değişim göstermiş olup, tuzsuz, killi-tınlı yapıdadır, pH değerleri hafif alkali (7.35-7.84) arasında, fazla kireçli, organik madde ve fosfor içeriği yönünden yetersiz, potasyum içeriği yönünden yeterli içeriğe sahip toprak olduğu belirlenmiştir. Yapılan analizlere ait sonuçlar, Tablo 3.2’de verilmiştir.

Tablo 3.2 Toprak Analiz Sonuçları

| No | Satürasyon       | pH                 | EC          | Kireç %    | Organik  | Fosfor      | Potasyum      | C  |
|----|------------------|--------------------|-------------|------------|----------|-------------|---------------|----|
| 1  | 64,90-           | 7,81-Hafif         | 0,89-Tuzsuz | 23,9-Fazla | 1,59- Az | 4,12- Az-   | 148,40-       | 28 |
| 2  | 58,30-           | 7,77- Hafif        | 0,79-       | 26,8-Fazla | 1,56- Az | 4,64- Az    | 148,28-       | 28 |
| 3  | 63,80-           | 7,64- Hafif        | 0,98-       | 27,8-Fazla | 1,61- Az | 4,81- Az    | 157,6-Yeterli | 28 |
| 4  | 63,80-           | 7,65- Hafif        | 1,09-       | 22,3-Fazla | 1,53- Az | 5,49- Az    | 169,8-Yeterli | 28 |
| 5  | 64,90-           | 7,52-Nötr          | 1,42-       | 22,6-Fazla | 1,73- Az | 7,21- Az    | 179,1-Yeterli | 28 |
| 6  | 61,60-           | 7,63- Hafif        | 0,86-       | 22,7-Fazla | 1,70- Az | 6,01- Az    | 159,9-Yeterli | 28 |
| 7  | 63,80-           | 7,69- Hafif        | 0,85-       | 22,0-Fazla | 1,82- Az | 5,38- Az    | 202,3-Yeterli | 28 |
| 8  | 58,96-           | 7,83- Hafif        | 1,07-       | 22,9-Fazla | 1,90- Az | 5,55- Az    | 193,6-Yeterli | 28 |
| 9  | 64,90-           | 7,68- Hafif        | 1,34-       | 23,4-Fazla | 1,85- Az | 3,95- Az    | 226,6-Yeterli | 28 |
| 10 | 62,04-           | 7,79- Hafif        | 0,89-       | 22,3-Fazla | 1,79- Az | 4,18- Az    | 154,1-Yeterli | 28 |
| 11 | 67,10-           | 7,84- Hafif        | 1,04-       | 24,6-Fazla | 1,76- Az | 4,35- Az    | 160,8-Yeterli | 28 |
| 12 | 61,60-           | 7,68- Hafif        | 1,47-       | 20,6-Fazla | 1,87- Az | 4,86- Az    | 187,7-Yeterli | 28 |
| 13 | 61,16-           | 7,77- Hafif        | 1,32-       | 20,8-Fazla | 1,93- Az | 5,38- Az    | 194-Yeterli   | 28 |
| 15 | 59,18-Killitlnlı | 7,65-Hafif Alkali  | 1,23-Tuzsuz | 21,6-Fazla | 1,82- Az | 6,07- Az    | 216,8-Yeterli | 28 |
| 16 | 63,80-Killitlnlı | 7,35-Nötr          | 2,86-       | 21,9-Fazla | 1,70- Az | 7,73- Az    | 228,8-Yeterli | 28 |
| 17 | 55,00-Killitlnlı | 7,82- Hafif Alkali | 0,75-       | 22,2-Fazla | 1,76- Az | 8,01 Yetrli | 200,8-Yeterli | 28 |
| 18 | 59,40-Killitlnlı | 7,79- Hafif Alkali | 1,27-       | 22,5-Fazla | 1,87- Az | 6,12- Az    | 166,3-Yeterli | 28 |
| 19 | 57,20-Killitlnlı | 7,80- Hafif Alkali | 1,15-       | 22,6-Fazla | 1,79- Az | 4,81- Az    | 182,5-Yeterli | 28 |
| 20 | 60,50-Killitlnlı | 7,55- Hafif Alkali | 2,70-       | 21,6-Fazla | 1,61- Az | 3,78- Az    | 161,5-Yeterli | 28 |
| 21 | 60,94-Killitlnlı | 7,81- Hafif Alkali | 0,88-       | 21,3-Fazla | 1,59- Az | 4,12- Az    | 154,1-Yeterli | 28 |
| 22 | 64,90-Killitlnlı | 7,78- Hafif Alkali | 0,95-       | 21,6-Fazla | 1,64- Az | 3,66- Az    | 187,9-Yeterli | 28 |
| 23 | 57,20-Killitlnlı | 7,84- Hafif Alkali | 0,65-       | 21,9-Fazla | 1,56- Az | 3,95- Az    | 205,5-Yeterli | 28 |
| 24 | 62,04-Killitlnlı | 7,85- Hafif Alkali | 0,88-       | 23,4-Fazla | 1,53- Az | 4,46- Az    | 214,7-Yeterli | 28 |
| 25 | 58,96-Killitlnlı | 7,64- Hafif Alkali | 1,34-       | 23,1-Fazla | 1,59- Az | 4,06- Az    | 226,6-Yeterli | 28 |
| 26 | 57,20-Killitlnlı | 7,74- Hafif Alkali | 1,05-       | 23,6-Fazla | 1,70- Az | 4,14- Az    | 215,7-Yeterli | 28 |
| 27 | 57,20-Killitlnlı | 7,72- Hafif Alkali | 0,83-       | 24,1-Fazla | 1,67- Az | 4,29- Az    | 211,1-Yeterli | 28 |

### 3.1.4. Gözlem alanlarına ait bilgi ve ölçümler

Gözlem yapılan parsellerde ağırlıklı olarak MAY-455 ve Fiona çeşitleri ekilmiş, ekimler Nisan sonu ve mayıs başında tamamlanmış, vejetasyon ortalama 160 gün sürmüş, hasat Eylül-Ekim aylarında tamamlanmıştır. Parsellere ait ilgili bilgiler Tablo 3.3'te verilmiştir.

Tablo 3.3 Arazi Ekim-Hasat Tarihleri

| NO  | KOY        | ADA/<br>PARSEL | ÇEŞİT   | EKİM<br>TARİHİ | HASAT<br>TARİHİ | VEJETASYO<br>N SÜRESİ |
|-----|------------|----------------|---------|----------------|-----------------|-----------------------|
| S01 | ALAKUŞ     | 133/1          | MAY 455 | 3.05.2021      | 29.09.2021      | 149                   |
| S02 | ALAKUŞ     | 133/1          | MAY 455 | 3.05.2021      | 29.09.2021      | 149                   |
| S03 | ALAKUŞ     | 116/6          | MAY 455 | 5.05.2021      | 1.10.2021       | 149                   |
| S04 | ALAKUŞ     | 130/1          | MAY 455 | 6.05.2021      | 2.10.2021       | 149                   |
| S05 | ALAKUŞ     | 130/2          | MAY 455 | 3.05.2021      | 3.10.2021       | 153                   |
| S06 | KÜÇÜKKÖY   | 111/3          | MAY 455 | 4.05.2021      | 4.10.2021       | 153                   |
| S07 | ALAKUŞ     | 116/3          | MAY 455 | 5.05.2021      | 5.10.2021       | 153                   |
| S08 | ÇIPLAKTEPE | 108/11         | MAY 455 | 15.04.2021     | 19.09.2021      | 157                   |
| S09 | ÇIPLAKTEPE | 108/4          | MAY 455 | 21.04.2021     | 20.09.2021      | 152                   |
| S10 | DİBEKTAŞ   | 116/13         | MAY 455 | 5.05.2021      | 20.10.2021      | 168                   |
| S11 | DİBEKTAŞ   | 116/12         | MAY 455 | 5.05.2021      | 20.10.2021      | 168                   |
| S12 | ALTINTOPRA | 103/1          | FIONA   | 23.04.2021     | 29.09.2021      | 159                   |
| S13 | ALTINTOPRA | 103/1          | FIONA   | 24.04.2021     | 30.09.2021      | 159                   |
| S14 | ALTINTOPRA | 102/1          | FIONA   | 25.04.2021     | 29.09.2021      | 157                   |
| S15 | ALTINTOPRA | 113/1          | FIONA   | 20.04.2021     | 1.10.2021       | 164                   |
| S16 | ALTINTOPRA | 117/1          | FIONA   | 26.04.2021     | 2.10.2021       | 159                   |
| S17 | TANRIVERDİ | 135/1          | MAY 455 | 23.04.2021     | 14.10.2021      | 174                   |
| S18 | TANRIVERDİ | 134/1          | MAY 455 | 24.04.2021     | 15.10.2021      | 174                   |
| S19 | ALTINTOPRA | 122/2          | FIONA   | 25.04.2021     | 3.10.2021       | 161                   |
| S20 | TANRIVERDİ | 113/1          | MAY 455 | 27.04.2021     | 7.10.2021       | 163                   |
| S21 | TANRIVERDİ | 110/1          | MAY 455 | 20.04.2021     | 12.10.2021      | 175                   |
| S22 | AKYÜZ      | 109/2          | CANDIA  | 23.04.2021     | 13.10.2021      | 173                   |
| S23 | AKYÜZ      | 108/6          | MAY 455 | 21.04.2021     | 3.10.2021       | 165                   |
| S24 | AKYÜZ      | 122/1          | MAY 455 | 22.04.2021     | 4.10.2021       | 165                   |
| S25 | AKYÜZ      | 101/4          | MAY 455 | 23.04.2021     | 10.10.2021      | 170                   |
| S26 | GÖZLÜCE    | 107/2          | LIMA    | 22.04.2021     | 16.10.2021      | 177                   |
| S27 | GÖZLÜCE    | 107/3          | FIONA   | 23.04.2021     | 15.10.2021      | 175                   |

### 3.2. Metot

Tez kapsamında belirlenen noktalarından Toprak Nemi (TN) (%), Toprak Sıcaklığı (TS) (°C), Ortam Nemi (ON) (%), Ortam Sıcaklığı (OS) (°C), NDVI, LAI, Bitki Oransal Su içeriği (BOSI) (%), Bitki Kanopi Sıcaklığı (BKS) (°C) yer gözlemleri alınmıştır. İncelenen bu yer gözlemlerine ilişkin metotlar ayrı ayrı aşağıda verilmiştir.

#### 3.2.1 Toprak Nemi (%)

14.06.2021-06.09.20221 tarihleri arasında belirlenen 27 adet gözlem noktasında (Tablo 3.1) ortalama toprağın 5 cm derinliğine yerleştirilen sensörler ile toprak nem ölçümleri 6 saatte bir kayıt alacak şekilde Datalogger cihazları ile kaydedilmiştir. Datalogger cihazı Arduino yazılım programı programlanmıştır. Cihazlar haziran ayının 2. haftasında araziye kurulmuş, Eylül ayının ilk haftasında toplanmıştır.



Çiftçiler tarafında yapılan tarla içi kültürel işlemler sonucu 2 adet cihaz arızalanmış ve bu cihazlardan veri elde edilememiştir.

Datalogger cihazına ilişkin bilgiler şu şekildedir; 3,3~5 V gerilim ve 35 mA akımda çalışan toprak nem sensörü 10 gr. ağırlığındadır. Datalogger cihazına ilişkin görseller Şekil 3.3'te verilmiştir.



Şekil 3.3 Datalogger cihazı

### 3.2.2 Toprak Sıcaklığı (°C)

14.06.2021-06.09.20221 tarihleri arasında belirlenen 27 adet gözlem noktasında (Tablo 3.1) ortalama toprağın 5 cm derinliğine yerleştirilen sensörler ile toprak sıcaklık ölçümleri 6 saatte bir kayıt alacak şekilde Datalogger cihazları ile kaydedilmiştir. Toprak sıcaklık sensörü -50~+300 °C dereceler arasında ve 0,1 °C derece doğrulukla çalışmaktadır.

### 3.2.3 Ortam Nemi (%)

14.06.2021-06.09.20221 tarihleri arasında belirlenen 27 adet gözlem noktasında (Tablo 3.1) ortalama yerden 50 cm yükseklikte yerleştirilen sensörler ile ortam nem ölçümleri 6 saatte bir kayıt alacak şekilde Datalogger cihazları ile kaydedilmiştir. Ortam nem sensörü % 0-90 Bağıl Nem (RH) arasında ve % 5 RH hata payı ile çalışmaktadır.

### 3.2.4 Ortam Sıcaklığı (°C)

14.06.2021-06.09.20221 tarihleri arasında belirlenen 27 adet gözlem noktasında (Tablo 3.1) ortalama yerden 50 cm yükseklikte yerleştirilen sensörler ile ortam sıcaklık ölçümleri 6 saatte bir kayıt alacak şekilde Datalogger cihazları ile kaydedilmiştir. Ortam sıcaklık sensörü 0-60 °C arasında  $\pm 2$  °C hata payı ile çalışmaktadır.

### 3.2.5 Normalize Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI)

Normalize fark bitki örtüsü indeksi değerleri fenolojik dönemlere göre belirlenen tarihlerde Trimble marka Greenseeker Handheld sensör cihazı (Şekil 3.4) kullanılarak ölçülmüştür. Cihaz tetiğe basıldığı anda bitkiye kırmızı ve yakın kızılötesi ışını gönderir ve bitkiden geri yansıyan ışını ölçer. Yansıma değerler 0,00-0,99 arasındadır. Okuma değeri 1'e yaklaştıkça bitkinin sağlığının iyi olduğu, 0'a yaklaştıkça bitki sağlığının kötü olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 3.4 NDVI ölçüm cihazı

### 3.2.6 Yaprak Alan İndeksi (LAI)

Yaprak alan indeksi Delta-T marka SS1 Sunscan Canopy Analysis System cihazı (Şekil 3.5) kullanılarak gözlem tarihlerinde her parselden 10 adet ölçüm yapılarak, ortalaması alınmıştır.



Şekil 3.5 LAI ölçüm cihazı ve kullanım örneği

### 3.2.7 Bitki Oransal Su İçeriği (BOSİ) (%)

Bitkinin biyokütle ağırlığını tespit etmek için diğer gözlemlerin alındığı tarihlerde her parselden rastgele seçilen 3 adet bitki toprak seviyesinden kesilerek Yaş ağırlık (gr.) olarak WTB 200 ( $\pm 0.001$ ) ve Desis AHW ( $\pm 0.5$ ) marka tartı ile tartılmıştır. Örneklerin tüm bitki organları 0.5 mm boyutunda öğütülerek Nüve FN-500 marka kurutma fırınında 65 °C’de iki saat süreyle kurutulduktan sonra tartılmış ve Kuru ağırlık (gr) olarak kaydedilmiştir (Şekil 3.6). Bitki oransal su içeriği (%), aşağıdaki denklem uyarında hesaplanmıştır (Denklem 3.1) (Bars, 1968; Baştuğ ve Kanber, 1989).

$$\text{BOSİ (\%)} = \frac{\text{Yaş Ağırlık} - \text{Kuru Ağırlık}}{\text{Yaş Ağırlık}} \times 100 \quad (3.1)$$

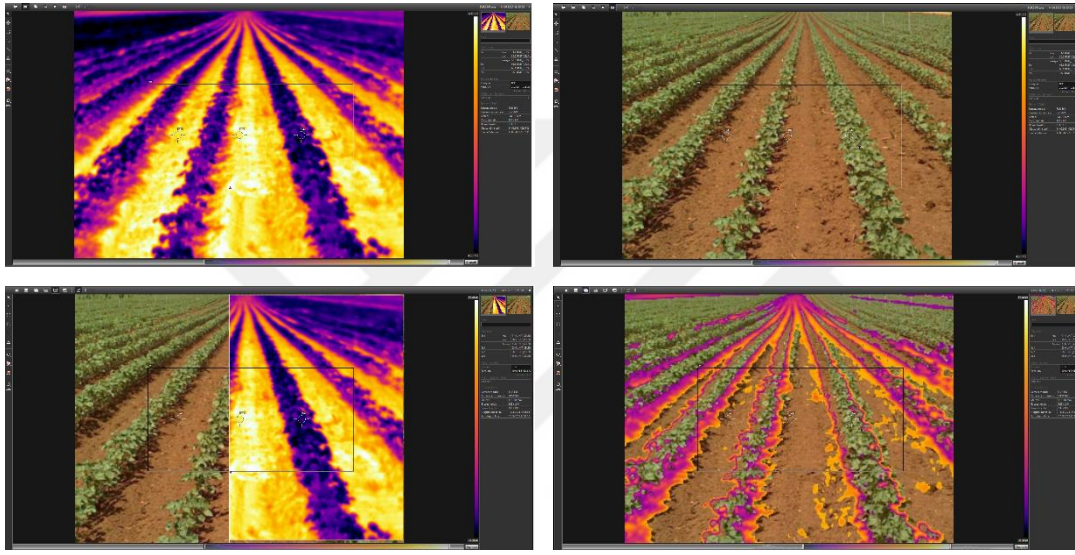


Şekil 3.6 BOSİ ölçümleri



### 3.2.8 Bitki Kanopi Sıcaklığı (BKS) ( $^{\circ}\text{C}$ )

FLIR E50 model termal kamera (Şekil 3.7) kullanılarak elde edilen bitki kanopi sıcaklığı görüntüleri FLIR Tools programıyla incelenmiş, görüntü içinde ilgi alanını belirtecek şekilde 200\*100 br poligon çizilerek ile maksimum, minimum ve ortalama sıcaklık değerleri elde edilmiştir. Çalışmada ortalama sıcaklık değerleri kullanılmış, termal kamera görüntüleri ile aynı tarihte çekilen uydu görüntüleri arasında istatistiki analizler yapılmıştır.



Şekil 3.7 FLIR Tools yazılım görüntüsü

### 3.2.9 Sentinel-1 Uydu Görüntüleri

Avrupa Uzay Ajansı (ESA) tarafından yürütülen Kopernik Programı çerçevesinde ilki (Sentinel-1A) 2014 yılında, ikincisi (Sentinel-1B) 2016 yılında fırlatılmış uydu takımlarıdır (Tablo 3.4). 5\*20 metreye kadar uzamsal çözünürlüklü, C-bandı sentetik açıklıklı radar (SAR) sensörüne, dikey (V) ve yatay (H) olmak üzere VV, VH çift polarizasyonuna sahiptir (Şekil 3.8). C -bandı toprak yüzeyine nüfuz ederek 5-7 cm. derinlikten, çıplak, düşük ve orta yoğunluklu vejetasyonu olan arazilerden bilgi toplayabilmektedir (Tablo 3.5) (Şekil 3.9) (Anonim, 2023a; Anonim, 2023b; Anonim, 2023c). Çalışmada Ground Range Detected (GRD) seviyeli görüntüler kullanılmıştır. Ön işlem olarak görüntülerin yörünge düzeltme, kenar gürültü temizleme, termal gürültü temizleme, radyometrik düzeltme ve arazi düzeltme işlemleri yapılmış şekilde Google Earth Engine (GEE) ortamında bant piksel değerleri elde edilmiştir. Ayrıca

benek filtresi olarak Refined Lee, Gamma Map ve Perona Malik filtreleri uygulanmıştır.

Refined Lee filtresi, kenarları korurken belirlenen alanın ortalamasını almakta, görüntü detaylarını daha iyi korunmaktadır (Medasani ve Reddy, 2017).

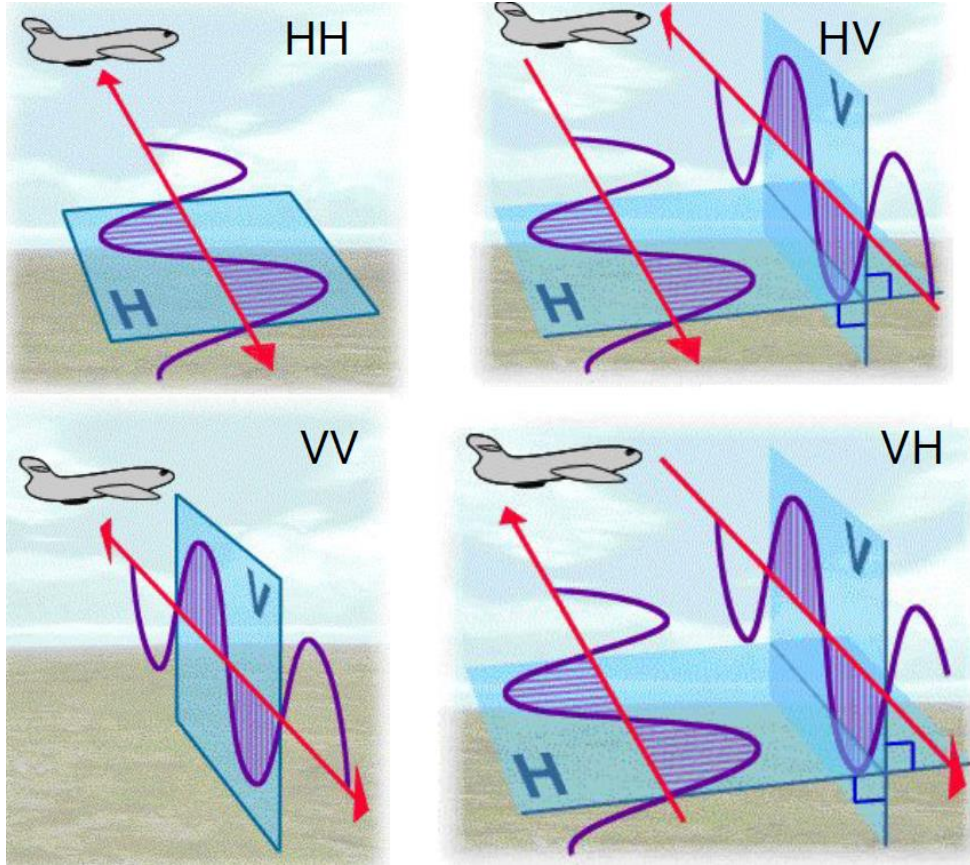
Gamma Map filtresi, sahne yansıtıcılığının Gauss dağılımı olduğunu varsayarak yüksek frekanslı özellikleri koruyarak ortalama alır (Mansourpour vd., 2006).

Perona Malik filtresi, nesnelerin dış hatlarını korurken, görüntüleri yumuşatmak için kullanılan bir tekniktir (Cresson vd., 2018).

Bu filtreler yine GEE ortamında kullanılmış ve elde edilen bant değerleri MS Office Excel programına işlenmiştir.

Tablo 3.4 Sentinel-1 Uydu Karakteristikleri

| Mod                               | Geliş<br>Açısı | Çözünürlük           | Şerit<br>Genişliği | Polarizasyon<br>(H= Yatay<br>V = Dikey) |
|-----------------------------------|----------------|----------------------|--------------------|-----------------------------------------|
| Şerit Harita (SM)                 | 20-45          | 5x5 m <sup>2</sup>   | 80 km              | VH+VV, HH+HV, HH, VV                    |
| İnterferometrik Geniş Aralık (IW) | 29-46          | 5x20 m <sup>2</sup>  | 250 km             | VH+VV, HH+HV, HH, VV                    |
| Ekstra Geniş Tarama (EW)          | 19-47          | 20x40 m <sup>2</sup> | 400 km             | VH+VV HH+HV, HH, VV                     |
| Dalga (WV)                        | 22-35          | 5x5 m <sup>2</sup>   | 20x20 km           | VV HH                                   |
|                                   | 35-38          |                      |                    |                                         |



Şekil 3.8 SAR Uydu Polarizasyonları (Anonim, 2023b)

Tablo 3.5 SAR uyduları band karakteristikleri (Anonim, 2023c)

| Band | Frekans  | Dalga Genişliği | Karakteristikleri                                                             | Yaygın Uygulamaları                                                                                                                        |
|------|----------|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| X    | 8–12 GHz | 3,8–2,4 cm      | Yüksek çözünürlük, düşük penetrasyon, bitki örtülü alanlarda kullanışlı değil | Kentsel izleme, buzul ve kar örtüsü izleme; bitki örtülü alanlarda bütünlük bozulması                                                      |
| C    | 4–8 GHz  | 7,5–3,8 cm      | Orta çözünürlük, iyileştirilmiş penetrasyon yüksek tutarlılık                 | Küresel haritalama; değişiklik tespiti, düşük ila orta düzeyde bitki örtüsüne sahip alanların izlenmesi, buzul, okyanus, deniz navigasyonu |
| L    | 1–2 GHz  | 30–15 cm        | Orta çözünürlüklü SAR, yüksek penetrasyon                                     | Jeofiziksel izleme, biyokütle ve bitki örtüsü haritalama                                                                                   |



Şekil 3.9 SAR Uydu bantları penetrasyon özellikleri (Anonim, 2023b)

### 3.2.10 Sentinel-2 Uydu Görüntüleri

ESA tarafından 2015 (Sentinel-2A) ve 2017 (Sentinel-2B) yıllarında fırlatılan ve adlı ikiz uydu takımından oluşmaktadır (Tablo 3.6). 10-20 ve 60 m çözünürlüklü 13 banda sahiptir (Anonim, 2023d). Çalışmada 2A yüzey reflektans işlem seviyeli görüntüler kullanılmıştır. Ön işlem olarak görüntülerin geometrik, radyometrik ve atmosferik düzeltme işlemleri yapılmış şekilde GEE ortamında bant piksel değerleri elde edilmiştir.

Tablo 3.6 Sentinel-2 uydusu karakteristikleri (Anonim, 2023d)

| Band No              | S2A                    | S2A                 | S2B                    | S2B                 | Çözünürlük (m) |
|----------------------|------------------------|---------------------|------------------------|---------------------|----------------|
|                      | Merkezi Dalgaboyu (nm) | Band Genişliği (nm) | Merkezi Dalgaboyu (nm) | Band Genişliği (nm) |                |
| Band 1-Aerosol       | 443,9                  | 27                  | 442,3                  | 45                  | 60             |
| Band 2-Blue          | 496,6                  | 98                  | 492,1                  | 98                  | 10             |
| Band 3-Green         | 560,0                  | 45                  | 559,0                  | 46                  | 10             |
| Band 4-Red           | 664,5                  | 38                  | 665,0                  | 39                  | 10             |
| Band 5-REDEDGE 1     | 703,9                  | 19                  | 703,8                  | 20                  | 20             |
| Band 6-REDEDGE 2     | 740,2                  | 18                  | 739,1                  | 18                  | 20             |
| Band 7-REDEDGE 3     | 782,5                  | 28                  | 779,7                  | 28                  | 20             |
| Band 8-NIR           | 835,2                  | 145                 | 833,0                  | 133                 | 10             |
| Band 8A-Narrow NIR   | 864,8                  | 33                  | 864,0                  | 32                  | 20             |
| Band 9- Water Vapour | 945,0                  | 26                  | 943,2                  | 27                  | 60             |
| Band 10-SWIR-Cirrus  | 1373,5                 | 75                  | 1376,9                 | 76                  | 60             |
| Band 11-SWIR         | 1613,7                 | 143                 | 1610,4                 | 141                 | 20             |
| Band 12-SWIR         | 2202,4                 | 242                 | 2185,7                 | 238                 | 20             |

### 3.2.11 Landsat-8 Uydu Görüntüleri

Landsat-8 Birleşik Devletler Jeoloji Kurumu (USGS) tarafından 2013 yılında fırlatılmıştır. 15-30 m çözünürlüklü Operasyonel Arazi Görüntüleyicisi (OLI), 15 m

özünürlüklü PAN ve 100 m özünürlüklü Termal Kızılötesi Sensörü (TIRS) içermektedir (Anonim, 2023e) (Tablo 3.7). Çalışmada Yüzey Reflektans (SR) seviyesi görüntüler kullanılmıştır. Ön işlem olarak Land Surface Reflectance Code (LaSRC) algoritması kullanılarak görüntülerin geometrik, radyometrik ve atmosferik düzeltme işlemleri yapılmış şekilde GEE ortamında bant piksel değerleri elde edilmiştir.

Tablo 3.7 Landsat 8 uydusu karakteristikleri (Anonim, 2023e)

| Band No        | Merkezi Dalga Boyu (nm) | Band Genişliği (nm) | özünürlük (m) |
|----------------|-------------------------|---------------------|----------------|
| Band 1-Aerosol | 443,0                   | 16                  | 30             |
| Band 2- Blue   | 482,0                   | 60                  | 30             |
| Band 3-Green   | 561,5                   | 57                  | 30             |
| Band 4-Red     | 654,5                   | 36                  | 30             |
| Band 5-NIR     | 865,0                   | 28                  | 30             |
| Band 6-SWIR-1  | 1608,5                  | 85                  | 30             |
| Band 7-SWIR-2  | 2200,5                  | 187                 | 30             |
| Band 8-PAN     | 589,5                   | 173                 | 15             |
| Band 9-Cirrus  | 1373,5                  | 21                  | 30             |
| Band 10-TIR-1  | 1089,5                  | 59                  | 100            |
| Band 11-TIR-2  | 1200,5                  | 101                 | 100            |

### 3.2.12 PlanetScope Uydu Görüntüleri

PlanetScope uydu görüntüleri Planet firması tarafından işletilen yaklaşık 130 mini uydudan oluşan 3 m çözünürlüklü bir “sürü” uydu takımıyıldız kümesidir (Anonim, 2023f) (Tablo 3.8). Çalışmada SR seviyesi görüntüler kullanılmıştır. SR seviyesi görüntüler ön işlem olarak geometrik, radyometrik ve atmosferik düzeltme işleminde geçirilmektedir.

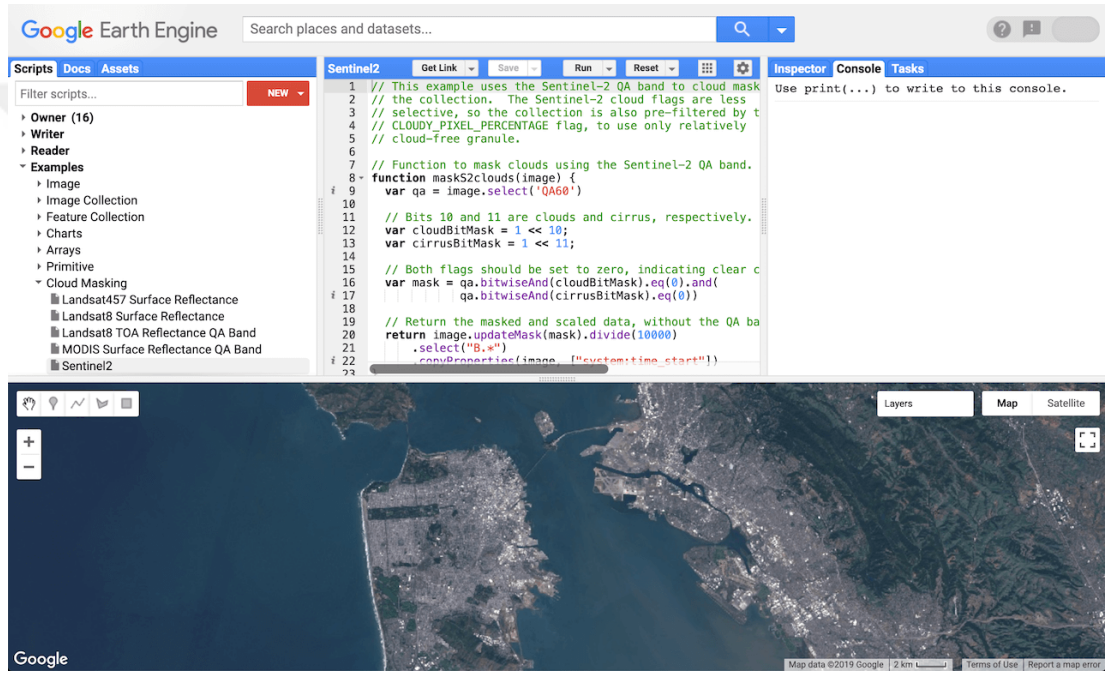
Tablo 3.8 PlanetScope uydusu karakteristikleri (Anonim, 2023f)

| Band No       | Merkezi Dalga Boyu (nm) | Band Genişliği (nm) | özünürlük (m) |
|---------------|-------------------------|---------------------|----------------|
| Band 1- Blue  | 490                     | 50                  | 3              |
| Band 2- Green | 566                     | 38                  | 3              |
| Band 3- Red   | 665                     | 30                  | 3              |
| Band 4- NIR   | 865                     | 40                  | 3              |



### 3.2.13 Google Earth Engine Platformu

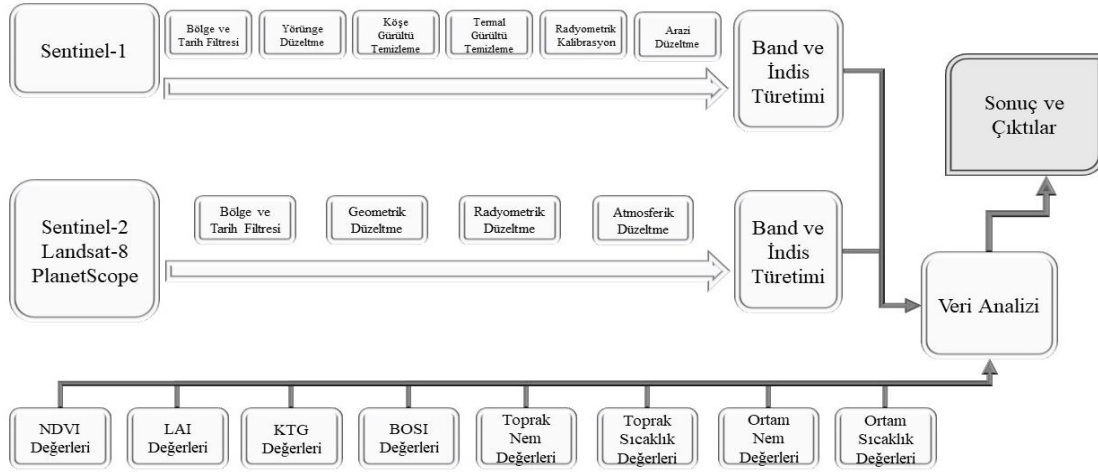
Google Earth Engine (GEE) ortamı, Google altyapısında depolanan coğrafi referanslı görüntüler ve kullanıcı tarafından yüklenebilen/çizilebilen vektörler üzerinden çalışmaktadır. Ortam kullanıcıya uydu fotoğraflarını yerel bilgisayar kaydetmeden işlem yapabilme olanağı sağlamaktadır. Depolama avantajının yanında kullanıcı tarafından yapılması gereken düzeltme ve önışlemler de Google tarafından sağlanmakta, sonuç çıktı, harita ve grafikler üretilebilmekte ve kullanılabilir (Anonim, 2023g) (Şekil 3.10).



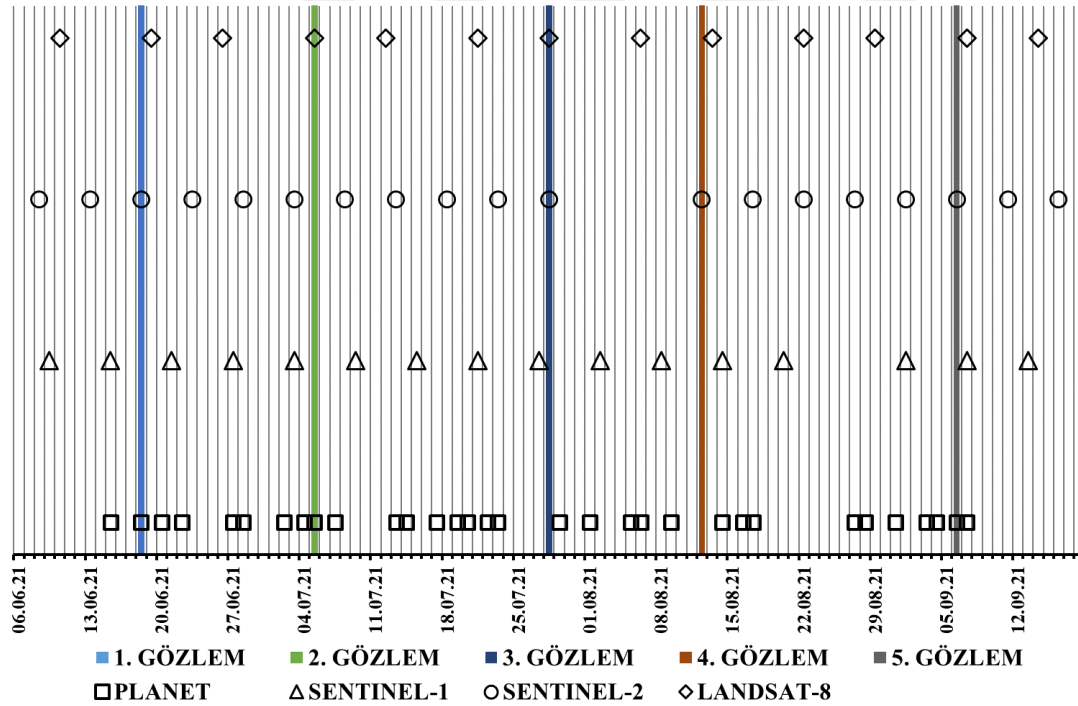
Şekil 3.10 Google Earth Engine Ortamı (Anonim, 2023d)

Çalışmada kullanılan Sentinel 1&2 ve Landsat 8 uydu görüntüleri GEE ortamı üzerinden elde edilmiştir. Bu ortam üzerinden tarih aralıkları belirlenerek, önışlemden geçirilmiş uydu görüntüleri elde edilmiş ve çalışma parselleri yüklenerek bant değerleri elde edilmiş, csv formatında indirilerek bilgisayara kaydedilmiş, MS Office Excel programı yardımıyla ilgili matematiksel formüller kullanılarak indeksler elde edilmiştir. PS görüntüleri bilgisayar ortamına kaydedilmiş, açık kaynak kodlu Quantum GIS (Qgis) (Açık Kaynak Coğrafya Vakfı) programında işlenerek bulutlu, ya da tüm alanı kapsamayan görüntüler çıkarılmıştır. Kalan uydu görüntülerinin zonal istatistik analizi yapılarak, elde edilen ortalama bant değerleri Microsoft Excel dosyasına aktarılmıştır (Şekil 3.11).

Tüm uydu görüntülerine band ve indekslerin korelasyon ve regresyon analizleri JMP 5.0.1 (SAS Institute Inc. 2002) istatistik programı kullanılarak yapılmıştır. Arazi gözlem ve uydu edinim tarihleri aşağıda verilmiştir (Şekil 3.12).



Şekil 3.11 Çalışma İş Akış Protokolü



Şekil 3.12 Uydu Edinim ve Gözlem Değer Alım Tarihleri

### 3.2.14 Uydu indeksleri

Çalışmada uydu görüntüleri band kombinasyonlarından türetilen çeşitli Optik ve SAR uydu indeksleri kullanılmıştır. Literatür kapsamında özellik ve ölçek bazında gruplandırılmaya çalışılmıştır. Arazide yapılan gözlem ve datalogger cihazından elde

edilen değerlerin bu indekslerle olan ilişkileri araştırılmış, önemli bulunanlar açıklanarak, bu indeksler yardımıyla bitki gelişim ve ihtiyaç durumları belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmada kullanılan indekslere ait formüller Tablo 3.11 ve Tablo 3.12 de verilmiştir.

Tablo 3.9 Çalışmada Kullanılan Optik Uydu İndisleri

| İndis Adı                                                | Kısaltma    | Formül                                                                                                                                                                             | Uydu     | Özellik       | Ölçek        |
|----------------------------------------------------------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|---------------|--------------|
| Antosiyanin Yansıma İndeksi                              | ARI         | $(1 / \text{Green}) - (1 / \text{RedEdge1})$                                                                                                                                       | S2       | Antosiyanin   | Yaprak       |
| Değiştirilmiş Antosiyanin Yansıma İndeksi                | mARI        | $((1 / \text{Green}) - (1 / \text{RedEdge1})) * \text{NIR}$                                                                                                                        | S2       | Antosiyanin   | Yaprak       |
| Antosiyanin Yansıma İndeksi 2                            | ARI 2       | $\text{NIR} * ((1 / \text{Green}) - (1 / \text{RedEdge1}))$                                                                                                                        | S2       | Antosiyanin   | Yaprak       |
| Kırmızılık İndeksi                                       | RI          | $(\text{Red} - \text{Green}) / (\text{Red} + \text{Green})$                                                                                                                        | S2-L8-PS | Biyokütle     | Bitki Örtüsü |
| Yeşil Oran Bitki Örtüsü İndeksi                          | GRVI        | $\text{NIR} / \text{Green}$                                                                                                                                                        | S2-L8-PS | Klorofil      | Bitki Örtüsü |
| MCARI/MTVI2                                              | MCARI/MTVI2 | MCARI/MTVI2                                                                                                                                                                        | S2       | Klorofil      | Bitki Örtüsü |
| MCARI/OSAVI                                              | MCARI/OSAVI | MCARI/OSAVI                                                                                                                                                                        | S2       | Klorofil      | Bitki Örtüsü |
| Yansıma İndeksinde Değiştirilmiş Klorofil Absorpsiyonu 1 | MCARI1      | $1,2 * (2,5 * (\text{NIR} - \text{Red}) - 1,3 * (\text{NIR} - \text{Green}))$                                                                                                      | S2-L8-PS | Klorofil      | Bitki Örtüsü |
| Yansıma İndeksinde Değiştirilmiş Klorofil Absorpsiyonu 2 | MCARI2      | $(1,5 * ((2,5 * (\text{NIR} - \text{Red}) - 1,3 * (\text{NIR} - \text{Green})) / \text{Sqrt}((2 * \text{NIR} + 1) ** 2 - (6 * \text{NIR} - 5 * \text{Sqrt}(\text{Red})) - 0,5))))$ | S2-L8-PS | Klorofil      | Bitki Örtüsü |
| Modifiye Kırmızı Kenar Basit Oran                        | MRESR       | $(\text{RedEdge2} - \text{Aerosols}) / (\text{RedEdge1} - \text{Aerosols})$                                                                                                        | S2       | Klorofil      | Bitki Örtüsü |
| Modifiye Toprak Ayarlı Bitki Örtüsü İndeksi              | MSAVI       | $((2 * \text{NIR} + 1) - (\text{Sqrt}(((2 * \text{NIR} + 1) ** 2) - (8 * (\text{NIR} - \text{Red})))))) / 2$                                                                       | S2       | Klorofil      | Bitki Örtüsü |
| Normalleştirilmiş Fark NIR/Mavi Vejetasyon İndeksi       | BNDVI       | $(\text{NIR} - \text{Blue}) / (\text{NIR} + \text{Blue})$                                                                                                                          | S2-L8-PS | Klorofil      | Bitki Örtüsü |
| Optimize Toprak Ayarlı Bitki Örtüsü İndeksi              | OSAVI       | $(1 + 0,16) * ((\text{NIR} - \text{Red}) / (\text{NIR} + \text{Red} + 0,16))$                                                                                                      | S2-L8-PS | Klorofil      | Bitki Örtüsü |
| Optimize Toprak Ayarlı Bitki Örtüsü İndeksi 2            | OSAVI 2     | $(1 + 0,16) * ((\text{RedEdge2} - \text{RedEdge1}) / (\text{RedEdge2} + \text{RedEdge1} + 0,16))$                                                                                  | S2-L8-PS | Klorofil      | Bitki Örtüsü |
| Kırmızı Kenar Konumu Doğrusal Enterpolasyon              | REP         | $700 + (40 * (((\text{Red} + \text{RedEdge3}) / 2) - \text{RedEdge1}) / (\text{RedEdge2} - \text{RedEdge1}))$                                                                      | S2       | Klorofil      | Bitki Örtüsü |
| TCARI/OSAVI                                              | TCARI/OSAVI | TCARI/OSAVI                                                                                                                                                                        | S2       | Klorofil      | Bitki Örtüsü |
| Dönüştürülmüş Klorofil Absorpsiyon Oranı                 | TCARI       | $3 * ((\text{RedEdge1} - \text{Red}) - (0,2 * (\text{RedEdge1} - \text{Green}) * (\text{RedEdge1} / \text{Red})))$                                                                 | S2       | Klorofil      | Bitki Örtüsü |
| Üçgen Klorofil İndeksi                                   | TCI         | $1,2 * (\text{RedEdge1} - \text{Green}) - 1,5 * (\text{Red} - \text{Green}) * \text{Sqrt}(\text{RedEdge1} / \text{Red})$                                                           | S2       | Klorofil      | Bitki Örtüsü |
| Atmosfere Dayanıklı Yeşil Bitki Örtüsü İndeksi           | GARI        | $(\text{NIR} - (\text{Green} - (\text{Blue} - \text{Red}))) / (\text{NIR} - (\text{Green} + (\text{Blue} - \text{Red})))$                                                          | S2-L8-PS | Klorofil      | Yaprak       |
| Yeşil Klorofil İndeksi                                   | GCI         | $(\text{NIR} / \text{Green}) - 1$                                                                                                                                                  | S2-L8-PS | Klorofil      | Yaprak       |
| Modifiye Normalize Fark Bitki Örtüsü İndeksi             | MNDVI       | $(\text{NIR} - \text{SWIR2}) / (\text{NIR} + \text{SWIR2})$                                                                                                                        | S2-L8    | Klorofil      | Yaprak       |
| Üçgen Yeşillik İndeksi                                   | TGI         | $((\Lambda_{\text{red}} - \Lambda_{\text{blue}}) * (\text{Red} - \text{GREEN}) - (\Lambda_{\text{red}} - \Lambda_{\text{green}}) * (\text{Red} - \text{BLUE})) / 2$                | S2-L8-PS | Klorofil      | Yaprak       |
| Yeşil Yaprak İndeksi                                     | GLI         | $(2 * \text{Green} - \text{Red} - \text{Blue}) / (2 * \text{Green} + \text{Red} + \text{Blue})$                                                                                    | S2-L8-PS | LAI           | Bitki Örtüsü |
| Spesifik Yaprak Alanı Vejetasyon İndeksi                 | SLAVI       | $\text{NIR} / (\text{Red} + \text{SWIR2})$                                                                                                                                         | S2-L8    | LAI           | Bitki Örtüsü |
| Püsküllü Şapka- ıslaklık                                 | WET         | $0,1509 * \text{Blue} + 0,1973 * \text{Green} + 0,3279 * \text{Red} + 0,3406 * \text{NIR} - 0,7112 * \text{SWIR1} - 0,4572 * \text{SWIR2}$                                         | S2-L8    | LAI           | Bitki Örtüsü |
| Atmosfere Dirençli Bitki Örtüsü İndeksi                  | ARVI        | $(\text{NIR} - \text{Red} - 1 * (\text{Red} - \text{Blue})) / (\text{NIR} + \text{Red} - 1 * (\text{Red} - \text{Blue}))$                                                          | S2-L8-PS | LAI, Klorofil | Bitki Örtüsü |
| Atmosfere Dirençli Bitki Örtüsü İndeksi 2                | ARVI2       | $(-0,18) + 1,17 * ((\text{NIR} - \text{Red}) / (\text{NIR} + \text{Red}))$                                                                                                         | S2-L8-PS | LAI, Klorofil | Bitki Örtüsü |
| Zenginleştirilmiş Bitki Örtüsü İndeksi                   | EVI         | $2,5 * ((\text{NIR} - \text{Red}) / ((\text{NIR} + 6 * \text{Red} - 7,5 * \text{Blue}) + 1))$                                                                                      | S2-L8-PS | LAI, Klorofil | Bitki Örtüsü |

Tablo 3.9 Çalışmada Kullanılan Optik Uydu İndisleri (Devam)

|                                                                    |          |                                                                                                                                                                                         |          |               |              |
|--------------------------------------------------------------------|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|---------------|--------------|
| Zenginleştirilmiş Bitki Örtüsü İndeksi 2                           | EVI 2    | $2,4 * ((\text{NIR} - \text{Red}) / (\text{NIR} + \text{Red} + 1))$                                                                                                                     | S2-L8-PS | LAI, Klorofil | Bitki Örtüsü |
| Yeşil Normalize Fark Bitki Örtüsü İndeksi                          | GNDVI    | $(\text{NIR} - \text{Green}) / (\text{NIR} + \text{Green})$                                                                                                                             | S2-L8-PS | LAI, Klorofil | Bitki Örtüsü |
| Yeşil-Mavi NDVI                                                    | GBNDVI   | $(\text{NIR} - (\text{Green} + \text{Blue})) / (\text{NIR} + (\text{Green} + \text{Blue}))$                                                                                             | S2-L8-PS | LAI, Klorofil | Bitki Örtüsü |
| Yeşil-Kırmızı NDVI                                                 | GRNDVI   | $(\text{NIR} - (\text{Green} + \text{Red})) / (\text{NIR} + (\text{Green} + \text{Red}))$                                                                                               | S2-L8-PS | LAI, Klorofil | Bitki Örtüsü |
| Kızılötesi Yüzde Bitki Örtüsü İndeksi                              | IPVI     | $(\text{NIR} / (\text{NIR} + \text{Red}) / 2) * (((\text{Red} - \text{Green}) / (\text{Red} + \text{Green})) + 1)$                                                                      | S2-L8-PS | LAI, Klorofil | Bitki Örtüsü |
| Çevrilmiş Kırmızı Kenar Klorofil İndeksi                           | IRECI    | $(\text{RedEdge3} - \text{Red}) / (\text{RedEdge1} / \text{RedEdge2})$                                                                                                                  | S2       | LAI, Klorofil | Bitki Örtüsü |
| Modifiye Klorofil Absorpsiyon Oranı İndeksi                        | MCARI    | $((\text{RedEdge1} - \text{Red}) - 0,2 * (\text{RedEdge1} - \text{Green})) * (\text{RedEdge1} / \text{Red})$                                                                            | S2       | LAI, Klorofil | Bitki Örtüsü |
| Modifiye Kırmızı Kenar Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi | MRENDVI  | $(\text{RedEdge2} - \text{RedEdge1}) / (\text{RedEdge2} + \text{RedEdge1} - 2 * \text{Aerosols})$                                                                                       | S2       | LAI, Klorofil | Bitki Örtüsü |
| Modifiye Basit Oran                                                | MSR      | $((\text{NIR} / \text{Red}) - 1) / (\text{Sqrt}(\text{NIR} / \text{Red}) + 1)$                                                                                                          | S2-L8-PS | LAI, Klorofil | Bitki Örtüsü |
| Değiştirilmiş Üçgen Bitki Örtüsü İndeksi                           | MTVI     | $1,2 * (1,2 * (\text{NIR} - \text{Green}) - 2,5 * (\text{Red} - \text{Green}))$                                                                                                         | S2-L8-PS | LAI, Klorofil | Bitki Örtüsü |
| Değiştirilmiş Üçgen Bitki Örtüsü İndeksi 2                         | MTVI2    | $(1,5 * ((1,2 * (\text{NIR} - \text{Green}) - 2,5 * (\text{Red} - \text{Green})) / (\text{Sqrt}(((2 * \text{NIR} + 1) ** 2) - (6 * \text{NIR} - 5 * \text{Sqrt}(\text{Red})) - 0,5))))$ | S2-L8-PS | LAI, Klorofil | Bitki Örtüsü |
| Doğrusal Olmayan İndeks                                            | NLI      | $(\text{NIR} ** 2 - \text{Red}) / (\text{NIR} ** 2 + \text{Red})$                                                                                                                       | S2-L8-PS | LAI, Klorofil | Bitki Örtüsü |
| Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi                        | NDVI     | $(\text{NIR} - \text{Red}) / (\text{NIR} + \text{Red})$                                                                                                                                 | S2-L8-PS | LAI, Klorofil | Bitki Örtüsü |
| Kırmızı Kenar Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi          | RENDVI   | $(\text{RedEdge2} - \text{RedEdge1}) / (\text{RedEdge2} + \text{RedEdge1})$                                                                                                             | S2       | LAI, Klorofil | Bitki Örtüsü |
| Re normalize Fark Bitki Örtüsü İndeksi                             | RDVI     | $(\text{NIR} - \text{Red}) / \text{Sqrt}(\text{NIR} + \text{Red})$                                                                                                                      | S2-L8-PS | LAI, Klorofil | Bitki Örtüsü |
| Toprak Ayarlı Bitki Örtüsü İndeksi                                 | SAVI     | $((\text{NIR} - \text{Red}) / (\text{NIR} + \text{Red} + \text{L})) * (1 + \text{L})$                                                                                                   | S2-L8-PS | LAI, Klorofil | Bitki Örtüsü |
| Dönüştürülmüş Fark Bitki Örtüsü İndeksi                            | TDVI     | $1,5 * ((\text{NIR} - \text{Red}) / \text{Sqrt}(\text{NIR} + \text{Red} + 0,5))$                                                                                                        | S2-L8-PS | LAI, Klorofil | Bitki Örtüsü |
| Dönüştürülmüş Toprak Ayarlı Bitki Örtüsü İndeksi                   | TSAVI    | $(\text{B} * (\text{NIR} - \text{B} * \text{Red} - \text{A})) / (\text{Red} + \text{B} * (\text{NIR} - \text{A}) + \text{X} * (1 + \text{B} ** 2))$                                     | S2-L8-PS | LAI, Klorofil | Bitki Örtüsü |
| Üçgen Bitki Örtüsü İndeksi                                         | TVI      | $0,5 * (120 * (\text{RedEdge2} - \text{Green}) - 200 * (\text{Red} + \text{Green})) / 2$                                                                                                | S2       | LAI, Klorofil | Bitki Örtüsü |
| Görünür Atmosferik Dayanıklılık İndeksi                            | VARI     | $(\text{Green} - \text{Red}) / (\text{Green} + \text{Red} - \text{Blue})$                                                                                                               | S2-L8-PS | LAI, Klorofil | Bitki Örtüsü |
| Ağırlıklandırılmış Fark Bitki Örtüsü İndeksi                       | WDVI     | $\text{NIR} - \text{X} * \text{Red}$                                                                                                                                                    | S2-L8-PS | LAI, Klorofil | Bitki Örtüsü |
| Geniş Dinamik Aralıklı Bitki Örtüsü İndeksi                        | WDRVI    | $(0,1 * (\text{NIR} - \text{Red})) / (0,1 * (\text{NIR} + \text{Red}))$                                                                                                                 | S2-L8-PS | LAI, Klorofil | Bitki Örtüsü |
| Rededge-1                                                          | REDEDGE1 | $\text{RedEdge1} / \text{Red}$                                                                                                                                                          | S2       | LAI, Sıcaklık | Bitki Örtüsü |
| Rededge-2                                                          | REDEDGE2 | $(\text{RedEdge1} - \text{Red}) / (\text{RedEdge1} + \text{Red})$                                                                                                                       | S2       | LAI, Sıcaklık | Bitki Örtüsü |
| Yeşil Fark Bitki Örtüsü İndeksi                                    | GDVI     | $\text{NIR} - \text{Green}$                                                                                                                                                             | S2-L8-PS | Nitrojen      | Bitki Örtüsü |
| Yeşil Optimize Toprak Düzeltilmiş Bitki Örtüsü İndeksi             | GOSAVI   | $(\text{NIR} - \text{Green}) / (\text{NIR} + \text{Green} + 0,16)$                                                                                                                      | S2-L8-PS | Nitrojen      | Bitki Örtüsü |
| Yeşil Toprak Düzeltilmiş Bitki Örtüsü İndeksi                      | GSAVI    | $1,5 * ((\text{NIR} - \text{Green}) / (\text{NIR} + \text{Green} + 0,5))$                                                                                                               | S2-L8-PS | Nitrojen      | Bitki Örtüsü |
| Oran Bitki Örtüsü İndeksi                                          | RV1      | $\text{NIR} / \text{Red}$                                                                                                                                                               | S2-L8-PS | Renk          | Bitki Örtüsü |
| Fark Bitki Örtüsü İndeksi                                          | DVI      | $\text{NIR} - \text{Red}$                                                                                                                                                               | S2-L8-PS | Renk          | Bitki Örtüsü |
| Parlaklık İndeksi                                                  | BI       | $(\text{Sqrt}(((\text{Red} * \text{Red}) / \text{Green} * \text{Green}))) / 2$                                                                                                          | S2-L8-PS | Renk          | Toprak       |
| Renk İndeksi                                                       | CI       | $(\text{B} * \text{Red} - \text{A} * \text{Green}) / (\text{B} * \text{Red} + \text{A} * \text{Green})$                                                                                 | S2-L8-PS | Renk          | Toprak       |
| Modifiye Doğrusal Olmayan İndeks                                   | MNLI     | $((\text{NIR} ** 2 - \text{Red}) * (1 + \text{L})) / (\text{NIR} ** 2 + \text{Red} + \text{L})$                                                                                         | S2-L8-PS | Sınıflandırma | Bitki Örtüsü |
| Dikey Bitki Örtüsü İndeksi                                         | PVI      | $(\text{Sin}(Q) * \text{A} * \text{NIR}) - (\text{Cos}(Q) * \text{B} * \text{Red})$                                                                                                     | S2-L8-PS | Sınıflandırma | Bitki Örtüsü |

Tablo 3.9 Çalışmada Kullanılan Optik Uydu İndisleri (Devam)

|                                               |      |                                                                                                |          |                 |              |
|-----------------------------------------------|------|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-----------------|--------------|
| Püsküllü Şapka- Bitki Örtüsü                  | GVI  | $(-0,2848*Blue) - (0,2435*Green) - (0,5436*Red) + (0,7243*NIR) + (0,084*SWIR1) - (0,18*SWIR2)$ | S2-L8    | Sınıflandırma   | Bitki Örtüsü |
| Yoğun Yapı Pigment İndeksi                    | SIPI | $(NIR - Blue) / (NIR - Red)$                                                                   | S2-L8-PS | Stres, Klorofil | Yaprak       |
| Küresel Bitki Örtüsü Nem İndeksi              | GVMİ | $((NIR + 0,1) - (SWIR1 + 0,02)) / ((NIR + 0,1) + (SWIR1 + 0,02))$                              | S2-L8    | Su İçeriği      | Bitki Örtüsü |
| Nem Stres İndeksi                             | MSI  | SWIR/NIR                                                                                       | S2-L8    | Su İçeriği      | Bitki Örtüsü |
| Normalleştirilmiş Fark Nem İndeksi            | NDMI | $(NIR - SWIR1) / (NIR + SWIR1)$                                                                | S2-L8    | Su İçeriği      | Bitki Örtüsü |
| Normalleştirilmiş Çok Bantlı Kuraklık İndeksi | NMDI | $(RedEdge4 - (SWIR1 - SWIR2)) / ((RedEdge4 + (SWIR1 - SWIR2)))$                                | S2-L8    | Su İçeriği      | Bitki Örtüsü |
| Oran Kuraklık İndeksi                         | RDI  | SWIR2 / NIR                                                                                    | S2-L8    | Su İçeriği      | Bitki Örtüsü |
| Normalleştirilmiş Yanma Oranı                 | NBR  | $(NIR - SWIR2) / (NIR + SWIR2)$                                                                | S2-L8    | Hasarlı Alan    | Bitki Örtüsü |
| Yaprak Alan İndeksi                           | LAI  | $(3,618 * (2,5 * ((NIR - Red) / ((NIR + 6 * Red - 7,5 * Blue) + 1)))) - 0,118$                 | S2-L8-PS | Yaprak          | Bitki Örtüsü |
| Kara Yüzey Sıcaklığı                          | LST  | B10 (Termal Bant)                                                                              | L8       | Sıcaklık        | Yüzey        |
| Toprak Nem İndeksi                            | SMI  | $(LST_{max} - LST) / (LST_{max} - LST_{min})$                                                  | L8       | Nem İçeriği     | Yüzey        |

S1: Sentinel-1, S2: Sentinel-2, L8: Landsat-8, PS: PlanetScope

Çalışmada, formülünde SWIR band içeren indeksler S2 ve L8 uyduları için, RedEdge band içeren indeksler sadece S2 uydusu için hesaplanmıştır.

Tablo 3.10 Çalışmada Kullanılan S1 Uydu Bant ve İndisleri

| Band/İndis Adı                             | Kısaltma  | Formül                                                                                  | Kaynak                 |
|--------------------------------------------|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| VV                                         |           | VV                                                                                      | Bant Değer             |
| VH                                         |           | VH                                                                                      | Bant Değer             |
| VV- VH                                     |           | VV- VH                                                                                  | Bant Oran              |
| VV / VH                                    |           | VV / VH                                                                                 | Bant Oran              |
| CR                                         |           | VH / VV                                                                                 | Bant Oran              |
| NL                                         |           | $((VV*VH) / (VV+VH))$                                                                   | Bant Oran              |
| Radar Vegetation Index_Max                 | RVI_MAX   | Google Earth Engine (ee.Reducer.max) Fonksiyonu                                         | Bant Değer             |
| Radar Vegetation Index_Min                 | RVI_MIN   | Google Earth Engine (ee.Reducer.min) Fonksiyonu                                         | Bant Değer             |
| Radar Vegetation Index                     | RVI       | $(\text{Sqrt}(VV/(VV+VH))) * ((4*VH)/(VV+VH))$                                          | Charbonneau vd. (2005) |
| Dual Polarization SAR Vegetation Index     | DPSVI     | $(VH*((VV_{max}*VH - VV*VH + VH*VH) + (VV_{max}*VV - VV*VV + VH*VV)))/(1.414213562*VV)$ | Periasamy (2018)       |
| Dual Polarization SAR Vegetation Index_2   | DPSVI_2   | $(VV+VH)/VV$                                                                            | Periasamy (2018)       |
| Dual Polarization SAR Vegetation Index_Mod | DPSVI_MOD | $(VH * ((VV_{max}*VH + VH*VH) + (VV_{max}*VV - VV*VV)))/(1.414213562*VV)$               | Periasamy (2018)       |

Tablo 3.10 Çalışmada Kullanılan S1 Uydu Bant ve İndisleri (Devam)

|                     |                 |                |                          |
|---------------------|-----------------|----------------|--------------------------|
| <b>REFINED LEE</b>  | <b>LEE_VH</b>   | Benek Filtresi | Medasani ve Reddy (2017) |
| <b>REFINED LEE</b>  | <b>LEE_VV</b>   | Benek Filtresi | Medasani ve Reddy (2017) |
| <b>GAMMA MAP</b>    | <b>GAMMA_VH</b> | Benek Filtresi | Mansourpour vd. (2006)   |
| <b>GAMMA MAP</b>    | <b>GAMMA_VV</b> | Benek Filtresi | Mansourpour vd. (2006)   |
| <b>PERONA-MALIK</b> | <b>MALIK_VH</b> | Benek Filtresi | Cresson vd. (2018)       |
| <b>PERONA-MALIK</b> | <b>MALIK_VV</b> | Benek Filtresi | Cresson vd. (2018)       |

Çalışmada kullanılan indekslere ait özet bilgiler aşağıda çıkarılmıştır.

### 3.2.14.1 Optik uydu indeksleri

#### *Antosiyanin yansıma indeksi*

Bitkilerdeki antosiyanin pigmentlerine duyarlı bir ölçümdür. Antosiyaninler, yüksek bitkilerde yaygın olarak bulunan, kırmızı, mavi ve mor renklenmelerine neden olan pigmentlerdir. Çeşitli bitki stres türlerinin göstergeleri olarak kabul edildiklerinden, bitkilerin fizyolojik durumları hakkında değerli bilgiler sağlarlar. Antosiyaninin yansıması 550 nm civarında en yüksektir. Ancak aynı dalga boyları klorofil tarafından da yansıtılır. Antosiyaninleri izole etmek için klorofili yansıtan 700 nm spektral bant çıkarılır (Gitelson vd., 2001).

#### *Antosiyanin yansıtma indeksi 2*

ARI2, bitki örtüsünde daha yüksek antosiyanin konsantrasyonlarını saptayan ARI'nin bir modifikasyonudur. Yaprak yoğunluğunu ve kalınlığını düzeltmek için, temel ARI indeksine yaprak saçılmasıyla ilgili yakın kızılötesi spektral bant (önerilen 760-800 nm dalga boylarında) eklenir (Gitelson vd., 2006).

#### *Atmosfere dirençli bitki örtüsü indeksi*

ARVI, atmosferik aerosol içeriğinin yüksek olduğu bölgelerde en faydalıdır. Kırmızı ışığın yansımasını da etkileyen atmosferik saçılma etkilerini düzeltmek için mavi ışık yansıtma ölçümlerini kullanır. Bitki örtüsünün uzaktan algılanması için atmosferik olarak dirençli bir bitki örtüsü indeksi (ARVI) önerilmiş ve geliştirilmiştir (Kaufman ve Tanre, 1992).

### ***Atmosfere dirençli bitki örtüsü indeksi 2***

ARVI, indeksi ile aynı zamanda türetilmiştir. NDVI indeksinin atmosferik koşullardan etkilenmesini azaltmak için sabit değerler eklenmiştir (Kaufman ve Tanre, 1992).

### ***Parlaklık indeksi***

Toprağın parlaklığına duyarlı bir indekstir. Yüksek toprak parlaklığı, toprak nemi ve topraktaki tuzların varlığına işaret etmektedir (Escadafal vd., 1989).

### ***Normalleştirilmiş fark NIR/mavi vejetasyon indeksi***

Klorofil içeriğine duyarlı alanlar için görünür mavi bantı kullanan, kırmızı kanal olmayan bir indekstir (Yang vd., 2004).

### ***Renk indeksi***

Toprak tiplerinin renklerine göre haritalanması amacıyla türetilmiştir (Escadafal vd., 1989).

### ***Fark bitki örtüsü indeksi***

Bu indeks, toprak ve bitki örtüsünü birbirinden ayırır, ancak atmosferik etkilerden veya gölgelerden kaynaklanan yansıma ve parlaklık arasındaki farkı hesaba katmaz (Birth ve McVey, 1968).

### ***Zenginleştirilmiş bitki örtüsü indeksi***

Bu indeks başlangıçta yüksek yaprak alan indeksine (LAI) sahip alanlarda bitki örtüsü sinyalini optimize ederek NDVI'ya göre bir gelişme olarak MODIS verileriyle birlikte kullanılmak üzere geliştirilmiştir. NDVI'nin doygunluğa ulaşabileceği yüksek LAI bölgelerinde en kullanışlıdır. Toprak arka plan sinyallerini düzeltmek ve aerosol saçılması dahil atmosferik etkileri azaltmak için mavi yansıtma bölgesini kullanır. Bitki pikselleri için EVI değerleri 0 ile 1 arasında olmalıdır. Bulutlar ve beyaz binalar gibi parlak özelliklerin yanı sıra su gibi karanlık özellikler, bir EVI görüntüsünde anormal piksel değerlerine neden olabilir (Huete vd., 2002).

### ***Zenginleştirilmiş bitki örtüsü indeksi 2***

LAI yüksek olduğu yoğun gölgelik alanlarda, mavi dalga boyundaki bilgilerden yararlanılarak NDVI değerleri iyileştirilebilir. Spektrumun bu kısmındaki bilgiler, toprak arka plan sinyallerinin ve atmosferik etkilerin düzeltilmesine yardımcı olabilir (Miura vd., 2008).

### ***Atmosfere dayanıklı yeşil bitki örtüsü indeksi***

Bu indeks, daha çok çeşitli klorofil konsantrasyonlarına karşı hassastır ve atmosferik etkilere karşı daha az hassastır. Gama sabiti, atmosferdeki aerosol koşullarına bağlı olan bir ağırlık fonksiyonudur (Gitelson vd., 1996).

### ***Yeşil-mavi NDVI***

LAI ile NDVI 'ya göre daha iyi bir ilişkisi olduğu belirtilmiştir (Wang ve Qu, 2007).

### ***Yeşil klorofil indeksi***

Bu indeks, birçok bitki türünde yaprak klorofil içeriğini tahmin etmek için kullanılan bu indeks, NIR ve yeşil bant oranlaması ile klorofil içeriğinin daha iyi tahmin edilmesini sağlar (Gitelson vd., 2003).

### ***Yeşil fark bitki örtüsü indeksi***

Havadan renkli kızılötesi fotoğraflar kullanarak mısır ürününde nitrojen tahmini yapabilmek için oluşturulmuş bir indekstir (Sripada, 2005).

### ***Yeşil yaprak indeksi***

Başlangıçta, kırmızı, yeşil ve mavi bantların Dijital numaralarını (DN) kullanarak buğday bitki örtüsünü ölçmek için tasarlanmıştır. -1 ila +1 arasında değer alır, -1'e yakın değerler toprak ve cansız özellikleri, +1'e değerler ise bitki örtüsünü gösterir (Louhaichi vd., 2001).

### ***Yeşil normalize fark bitki örtüsü indeksi***

Klorofil konsantrasyonuna NDVI'dan daha hassastır, kırmızı yerine yeşil bantı kullanır (Gitelson ve Merzlyak, 1998).



#### ***Yeşil optimize toprak düzeltilmiş bitki örtüsü indeksi***

OSAVI'ye benzer ancak kırmızı bant yerine yeşil bantı kullanır, mısırdaki azot gereksinimlerini tahmin etmek için tasarlanmıştır (Sripada, 2005).

#### ***Yeşil-kırmızı NDVI***

LAI ile NDVI'ya göre daha iyi bir ilişkisi olduğu belirtilmiştir (Wang ve Qu, 2007).

#### ***Yeşil oran bitki örtüsü indeksi***

Orman alanlarındaki fotosentez oranlarına duyarlı bir indekstir (Sripada vd., 2006).

#### ***Yeşil toprak düzeltilmiş bitki örtüsü indeksi***

SAVI 'ye benzer ancak kırmızı bant yerine yeşil bant kullanılmıştır. Mısırdaki azot gereksinimlerini tahmin etmek için tasarlanmıştır (Sripada, 2005).

#### ***Püsküllü şapka- bitki örtüsü***

Yeşil bitki örtüsünü vurgularken arka planda kalan toprak etkilerini en aza indirir. Dönüştürülmüş bantlar elde etmek için katsayılar kullanır (Kauth ve Thomas, 1976).

#### ***Küresel bitki örtüsü nem indeksi***

Bitki su içeriğinin tahmin edilmesinde kullanılan, jeofizik ve atmosferik gürültü etkileri en aza indiren bir indekstir (Ceccato vd., 2002).

#### ***Kızılötesi yüzde bitki örtüsü indeksi***

NDVI işlevini görür, ancak hesaplama işlemi daha hızlıdır (Crippen, 1990).

#### ***Çevrilmiş kırmızı kenar klorofil indeksi***

Yaprak klorofil içeriği ve LAI ile yüksek ilişkide olan bir indekstir (Frampton, 2013).

#### ***Yaprak alan indeksi***

Bitki örtüsü, büyüme durumu ve verimi tahmin etmek için kullanılır (Boegh vd., 2002).

#### ***Değiştirilmiş antosiyanin yansıtma indeksi***

ARI indeksine yaprak kalınlığı ve yoğunluğunu düzeltmek için yakın kızılötesi bandın eklenmesiyle oluşturulmuş bir indekstir (Gitelson vd., 2009).

#### ***Yansıtma indeksinde değiştirilmiş klorofil absorpsiyonu***

Nisbi klorofil oranını gösteren indeks, CARI indeksinden toprak ve diğer gürültü katmanlarının etkilerinin azaltılması amacıyla tasarlanmıştır (Haboudane vd., 2004).

#### ***Yansıtma indeksinde değiştirilmiş klorofil absorpsiyonu / değiştirilmiş üçgen bitki örtüsü indeksi 2***

Buğdayda nitrojen durumunu tahmin etmek amaçlı olarak MCARI ve MTVI2 indekslerinin kombinasyonu ile geliştirilmiş bir indekstir (Eitel vd., 2007).

#### ***Yansıtma indeksinde değiştirilmiş klorofil absorpsiyonu / optimize toprak ayarlı bitki örtüsü indeksi***

Yaprak klorofil konsantrasyonları daha iyi tespit edebilme amaçlı MCARI ve OSAVI indekslerinin kombinasyonu ile türetilmiştir (Zarco-Tejada ve Sepulcre-Cantó, 2007).

#### ***Yansıtma indeksinde değiştirilmiş klorofil absorpsiyonu 1***

Bitki örtüsü LAI değerlerini daha iyi tahmin edebilme amaçlı geliştirilmiştir (Haboudane vd., 2004).

#### ***Yansıtma indeksinde değiştirilmiş klorofil absorpsiyonu 2***

Bitki örtüsü LAI değerlerini MCARI'ye göre daha iyi tahmin eder. LAI'ye duyarlı, klorofil etkisine karşı dirençli ve toprak etkisine karşı ayarlama faktörüne sahiptir (Haboudane vd., 2004).

#### ***Modifiye normalize fark bitki örtüsü indeksi***

Başlangıçta tarım alanlarındaki don zararlarını tahmin etme amaçlı tasarlanmıştır (Jurgens, 1997).

#### ***Modifiye doğrusal olmayan indeks***

SAVI indeksini kullanarak NLI indeksi için türetilmiştir. Arka plan toprak etkisini hesaplama katmak için kullanılır (Yang vd., 2008).

***Modifiye kırmızı kenar normalleştirilmiş fark bitki örtüsü indeksi***

Yaprak aynasal yansıma düzeltmesi içeren bu indeks RedEdge NDVI'nin türevidir. Bitki örtüsünün kırmızı kenarı, yaşlanmada oluşan değişikliklere karşı hassastır (Datt, 1999).

***Modifiye kırmızı kenar basit oran***

SR indeksinden türetilmiştir. Yaprak aynasal yansıma düzeltmesi içerir (Datt, 1999).

***Modifiye toprak ayarlı bitki örtüsü indeksi***

SAVI ve NDVI indekslerine toprak etkisi için bir ayarlama fonksiyonu eklenerek türetilmiş bir indekstir (Qi vd., 1994).

***Nem stres indeksi***

Bitki örtüsü nem miktarını tahmin etme amaçlı geliştirilmiştir. Nem stresi olan kanopiler daha yüksek değer alır (Hunt ve Rock, 1989).

***Modifiye basit oran***

RDVI'ya göre iyileştirme yapılmış, biyofiziksel parametrelere daha hassas bir indekstir (Chen, 1996).

***Değiştirilmiş üçgen bitki örtüsü indeksi***

TVI indeksini daha iyi LAI tahmini yapabilmek amaçlı geliştirilmiş indekstir (Haboudane vd., 2004).

***Değiştirilmiş üçgen bitki örtüsü indeksi 2***

MTVI 'ya göre LAI'ye daha duyarlı, klorofil etkisine daha dirençli ve arka plan toprak etkisini açıklamaya çalışan bir indekstir (Haboudane vd., 2004).

***Normalleştirilmiş yanma oranı***

Yanmış alanları tespit etmek amacıyla geliştirilmiş bir indekstir (Key, 2002).

#### ***Normalleştirilmiş fark nem indeksi***

NIR ve SWIR bantları kullanarak bitki su içeriğinin tahmini için tasarlanmıştır (Cibula vd., 1992).

#### ***Normalleştirilmiş fark bitki örtüsü indeksi***

Bitki sağlığı göstergesi olarak tasarlanmıştır. Klorofilin en çok absorbe edildiği ve yansıtıldığı bantların kullanımıyla oldukça sağlam bir göstergedir (Rouse vd., 1973).

#### ***Doğrusal olmayan indeks***

Bitki yüzey biyofiziksel parametreleri ile indeksler arasındaki ilişkinin doğrusal olmadığını varsayarak, doğrusal olmama eğilimindeki yüzey parametreleri ile aradaki ilişkileri doğrusal hale getirir (Goel ve Qin, 1994).

#### ***Normalleştirilmiş çok bantlı kuraklık indeksi***

Arka plan toprak nemini izleyerek olası kuraklık koşullarını takip eder. Yanmış orman alanları tespitinde de kullanılmaktadır (Wang ve Qu, 2007).

#### ***Optimize toprak ayarlı bitki örtüsü indeksi***

SAVI 'ye dayanmakta olup, ayarlama faktörü olarak sabit değer kullanır. Seyrek bitki örtüsü olan toprakta daha iyi sonuç vermektedir (Rondeaux vd., 1996).

#### ***Optimize toprak ayarlı bitki örtüsü indeksi 2***

Düşük klorofil konsantrasyonlarında daha iyi sonuç vermesi amacıyla OSAVI indeksinden türetilmiştir (Main vd., 2011).

#### ***Dikey bitki örtüsü indeksi***

Dikey özellikte olup, özellikler az yoğun bitki örtülü durumlarında toprağın optik özelliklerine karşı oldukça hassastır (Baret ve Guyot, 1991).

#### ***Oran kuraklık indeksi***

Başlangıçta kuraklık zamanlarında orman ağaçlarında meydana gelen değişimleri izlemek amacıyla tasarlanmıştır (Pinder ve McLeod, 1999).

#### ***Re normalize fark bitki örtüsü indeksi***

Toprak etkisi ve güneş alma geometri etkilerine duyarsızdır. Sağlıklı bitki örtüsü tahmini için NDVI baz alınarak tasarlanmıştır (Roujean ve Breon, 1995).

#### ***RedEdge-1***

LAI, kanopi sıcaklığı ve bitki boyu tahmini amacıyla tasarlanmıştır (Cloutis vd., 1996).

#### ***Rededge-2***

LAI, kanopi sıcaklığı ve bitki boyu tahmini amacıyla tasarlanmıştır (Cloutis vd., 1996).

#### ***Kırmızı kenar normalleştirilmiş fark bitki örtüsü indeksi***

Bitki örtüsü yaprak içeriği, boşluk fraksiyonu ve yaşlanmadaki değişimlere hassastır. NDVI'dan türetilmiştir (Gitelson ve Merzlyak, 1994).

#### ***Kırmızı kenar konumu doğrusal enterpolasyon***

Kırmızı kenar konumu ile bitki klorofil içeriği tahmini amacıyla tasarlanmıştır. Daha yoğun klorofil konsantrasyonun daha uzun dalga boylarını emmesi prensibiyle çalışmaktadır (Dash ve Curran, 2004).

#### ***Kırmızılık indeksi***

Toprak renginin doygunluğuna hassasiyet gösteren bir indekstir. Düşük bitki yoğunluğunda toprak gürültüsünü gidererek kurak arazilerde doğru biyokütle tahmini amacıyla geliştirilmiştir (Escadafal ve Huete, 1991).

#### ***Oran bitki örtüsü indeksi***

Bitki rengine karşı hassasiyet göstermekte, NIR ve Kırmızı bantların oranlamasıyla çalışmaktadır (Birth ve McVey, 1968).

#### ***Toprak ayarlı bitki örtüsü indeksi***

Toprak piksellerinin etkileri gizlemek amacıyla geliştirilmiştir. Kanopi ayarlama değeri içermektedir. Seyrek bitki örtüsü olan topraklarda daha iyi çalışmaktadır (Huete, 1988).

#### ***Yoğun yapı pigment indeksi***

Karotenoidlerin klorofil oranına duyarlılığını arttırmak ve kanopi yapısındaki değişimlere duyarlılığı azaltmak amacıyla tasarlanmıştır. Bitki sağlığı, fizyolojik stres tahmininde kullanılmaktadır (Penuelas vd., 1995).

#### ***Spesifik yaprak alanı vejetasyon indeksi***

NIR, kırmızı ve SWIR bantlarını kullanarak spesifik yaprak alanını tahmin etme amaçlı tasarlanmıştır (Lymburner vd., 2000).

#### ***Dönüştürülmüş klorofil absorpsiyon oranı***

Cari indeksinden nispi klorofil yoğunluğunu tahmin etme amaçlı türetilmiştir. LAI'nin düşük olduğu durumlarda toprak yansımalarından etkilenmektedir (Haboudane vd., 2002).

#### ***Dönüştürülmüş klorofil absorpsiyon oranı / optimize toprak ayarlı bitki örtüsü indeksi***

LAI ve güneş geliş açısına duyarsız kalarak bitki klorofil içeriğine daha iyi tahmin etme amacıyla TCARI ve OSAI indekslerinin oranlanmasıyla elde edilmiştir (Haboudane vd., 2002).

#### ***Üçgen klorofil indeksi***

Bir alandaki bitki örtüsü miktarının belirlenerek, arazi kullanım sınıflandırması amacıyla tasarlanmıştır (Hunt vd., 2011).

#### ***Dönüştürülmüş fark bitki örtüsü indeksi***

Bitki örtüsü altındaki toprağın optik özelliklerine karşı hassastır. SAVI ile aynı hassasiyette olup doygunluk göstermez (Bannari vd., 2002).

#### ***Üçgen yeşillik indeksi***

Yaprak klorofil içeriğine karşı hassas olmasıyla bitki sağlığı izlemede kullanım amacıyla tasarlanmıştır (Hunt vd., 2011).

#### ***Dönüştürülmüş toprak ayarlı bitki örtüsü indeksi***

SAVI 'den türetilmiştir. Toprak parlaklık etkisini en aza indirmektedir (Baret vd., 1989).

#### ***Üçgen bitki örtüsü indeksi***

Bitki tepe yansıması, minimum klorofil absorpsiyonu ve NIR şeridini birleştiren varsayımsal üçgeni spektral uzayda hesaplar. LAI tahmini amaçlı tasarlanmıştır (Broge ve Leblanc, 2001).

#### ***Görünür atmosferik dayanıklılık indeksi***

ARVI indeksine dayanarak, atmosferik etkilere karşı düşük hassasiyete sahip bölgedeki bitki örtüsü oranını tahmin etme amaçlı tasarlanmıştır (Gitelson vd., 2001).

#### ***Geniş dinamik aralıklı bitki örtüsü indeksi***

NDVI benzer olup, yakın kızılötesi ve kırmızı dalga boylarının NDVI'ya eşit oranda katkı yapmasını sağlamak için ağırlıklandırma katsayısı kullanmaktadır. LAI 'deki değişikliklere karşı daha duyarlıdır (Gitelson, 2004).

#### ***Ağırlıklandırılmış fark bitki örtüsü indeksi***

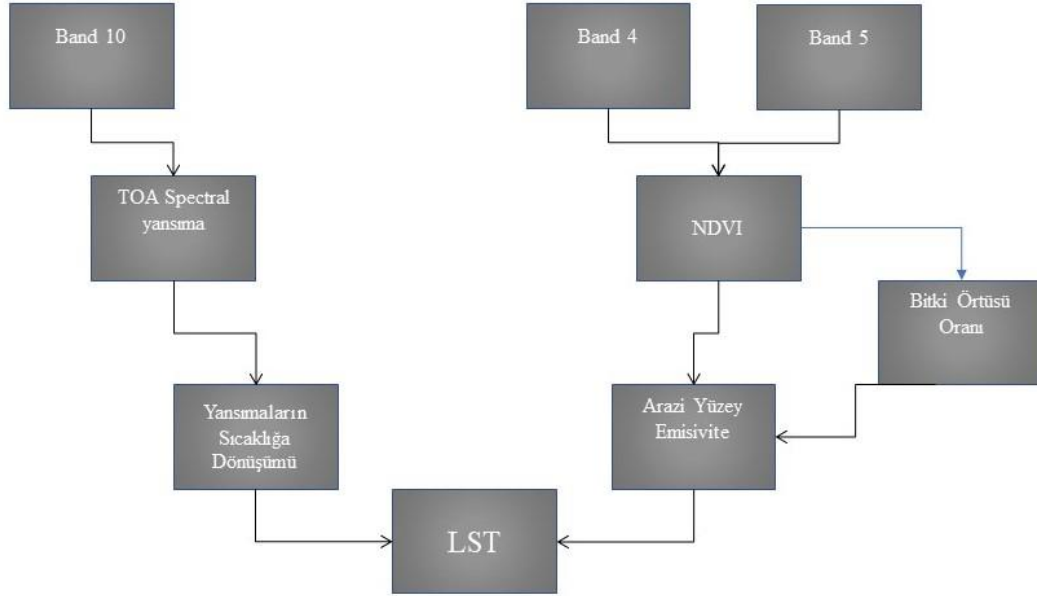
Kızılötesi banda yakın ağırlıklandırma kullanarak LAI'yi daha iyi tahmin etme amacıyla tasarlanmıştır. Toprak arka planı için düzeltme sabiti kullanmaktadır (Clevers, 1991).

#### ***Püsküllü şapka- ıslaklık***

Bitki örtüsündeki değişimleri analiz etme amacıyla tasarlanmıştır. Mahsul büyüdükçe NIR bant değerlerinde artış, kırmızı bant değerlerinde de azalma meydana gelmesi prensibine dayalı olarak çalışmaktadır (Kauth ve Thomas, 1976).

#### ***Kara yüzey sıcaklığı***

Arazi yüzey sıcaklığının tespiti amacıyla Termal bantları kullanılarak hesaplanmaktadır (Zeng vd. 2004). Top of Atmosphere Reflectance (TOA) algoritması Landsat-8 termal bandı (Band 10) piksel dijital numaralarını parlaklık sıcaklığına dönüştürür (Chander vd., 2009). Dönüştürülmüş bu band kullanılarak arazinin yüzey sıcaklığı hesaplanmaktadır (Avdan ve Jovanovska, 2016) (Şekil 3.13).

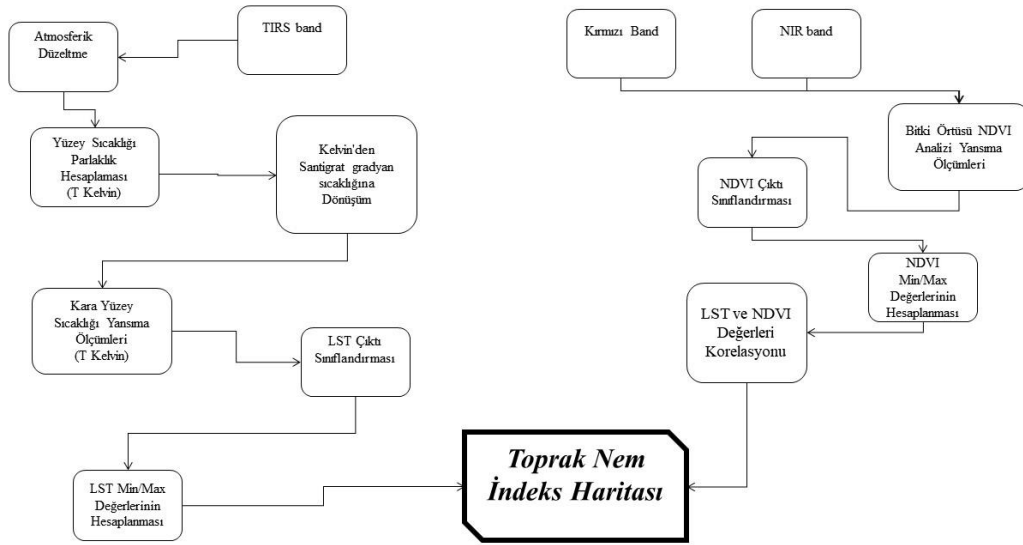


Şekil 3.13 LST alım için iş akış şeması (Avdan ve Jovanovska, 2016)

### **Toprak nem indeksi**

Toprak nemi tahmini amacıyla geliştirilmiştir. Arazi yüzey sıcaklığı ve NDVI değerleri kullanılarak hesaplanmakta ve 0-1 arasında değer almaktadır (Zeng vd., 2004) (Şekil 3.14).





Şekil 3.14 SMI alım için iş akış şeması (Saha vd., 2018)

### 3.2.14.2 SAR uydu indeksleri

#### *Çift polarizasyonlu sar bitki örtüsü indeksi*

VV/VH bantlarını kullanarak bitki, toprak ve yüzey özelliklerinin geri saçılım katsayısı ile oluşturulan dağılım grafiği modeline göre tasarlanmıştır (Periasamy, 2018).

#### *Radar bitki örtüsü indeksi*

Başlangıçta orman alanlarında biyokütle, tabana alanı, ağaç yoğunluğu, ağaç yüksekliği, gibi parametreleri tahmin etme amaçlı tasarlanmış Kim ve Van Zyl (2001), daha sonra çift polarizasyonlu uydulara göre model düzenlenmiştir (Charbonneau vd., 2005). Bitki ve toprak nemi tahmininde kullanılmaktadır.



#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bitki gelişimi, fenolojik dönemler ve uydu geçiş tarihleri göz önünde bulundurularak 5 kez araziden gözlemler alınmıştır (Tablo 4.1 ve Tablo 4.2).

Tablo 4.1 Arazi Gözlem Bilgileri

| No  | Gözlem Tarihi | Köy         | Ada/Parsel | NDVI | LAI | YAS_BK (kg/da) | KURU_BK (kg/da) | BOSI (%) |
|-----|---------------|-------------|------------|------|-----|----------------|-----------------|----------|
| S01 | 18.06.2021    | Alakuş      | 133/1      | 0,44 | 0,5 | 129,2          | 26,2            | 79,72    |
| S02 | 18.06.2021    | Alakuş      | 133/1      | 0,46 | 0,7 | 123,5          | 26,6            | 78,46    |
| S03 | 18.06.2021    | Alakuş      | 116/6      | 0,62 | 1,5 | 198,7          | 52,5            | 73,58    |
| S04 | 18.06.2021    | Alakuş      | 130/1      | 0,42 | 0,7 | 17 3,6         | 32,4            | 81,34    |
| S05 | 18.06.2021    | Alakuş      | 130/2      | 0,53 | 0,9 | 283,6          | 62,5            | 77,96    |
| S06 | 18.06.2021    | Küçükköy    | 111/3      | 0,52 | 0,8 | 175,9          | 44,0            | 74,99    |
| S07 | 18.06.2021    | Alakuş      | 116/3      | 0,43 | 0,4 | 81,0           | 15,8            | 80,49    |
| S08 | 18.06.2021    | Çıplaktepe  | 108/11     | 0,51 | 0,9 | 326,0          | 77,2            | 76,32    |
| S09 | 18.06.2021    | Çıplaktepe  | 108/4      | 0,59 | 1,1 | 409,0          | 96,8            | 76,33    |
| S10 | 18.06.2021    | Dibektaş    | 116/13     | 0,40 | 0,6 | 151,5          | 32,0            | 78,88    |
| S11 | 18.06.2021    | Dibektaş    | 116/12     | 0,40 | 0,8 | 122,1          | 23,1            | 81,08    |
| S12 | 18.06.2021    | Altıntoprak | 103/1      | 0,63 | 1,7 | 561,7          | 103,1           | 81,65    |
| S13 | 18.06.2021    | Altıntoprak | 103/1      | 0,64 | 1,6 | 425,9          | 79,9            | 81,24    |
| S14 | 18.06.2021    | Altıntoprak | 102/1      | 0,58 | 0,6 | 251,5          | 48,8            | 80,60    |
| S15 | 18.06.2021    | Altıntoprak | 113/1      | 0,65 | 1,3 | 534,0          | 99,7            | 81,33    |
| S16 | 18.06.2021    | Altıntoprak | 117/1      | 0,67 | 1,9 | 353,4          | 77,2            | 78,16    |
| S17 | 18.06.2021    | Tanrıverdi  | 135/1      | 0,68 | 1,2 | 500,0          | 104,0           | 79,20    |
| S18 | 18.06.2021    | Tanrıverdi  | 134/1      | 0,61 | 1,3 | 388,9          | 72,8            | 81,28    |
| S19 | 18.06.2021    | Altıntoprak | 122/2      | 0,60 | 1,9 | 381,2          | 83,6            | 78,07    |
| S20 | 18.06.2021    | Tanrıverdi  | 113/1      | 0,63 | 0,7 | 186,7          | 35,2            | 81,15    |
| S21 | 18.06.2021    | Tanrıverdi  | 110/3      | 0,51 | 0,5 | 416,7          | 98,1            | 76,46    |
| S22 | 18.06.2021    | Akyüz       | 109/2      | 0,67 | 1,2 | 226,5          | 50,6            | 77,66    |
| S23 | 18.06.2021    | Akyüz       | 108/6      | 0,58 | 0,7 | 330,7          | 83,7            | 74,69    |
| S24 | 18.06.2021    | Akyüz       | 122/1      | 0,59 | 0,7 | 254,6          | 56,5            | 77,81    |
| S25 | 18.06.2021    | Akyüz       | 101/4      | 0,55 | 0,8 | 327,4          | 75,1            | 77,06    |
| S26 | 18.06.2021    | Gözlüce     | 107/2      | 0,65 | 1,6 | 279,4          | 61,8            | 77,88    |
| S27 | 18.06.2021    | Gözlüce     | 107/3      | 0,64 | 1,2 | 213,3          | 47,0            | 77,97    |
| S01 | 5.07.2021     | Alakuş      | 133/1      | 0,73 | 2,4 | 98,0           | 43,5            | 55,6     |
| S02 | 5.07.2021     | Alakuş      | 133/1      | 0,74 | 2,8 | 178,0          | 59,0            | 66,9     |
| S03 | 5.07.2021     | Alakuş      | 116/6      | 0,72 | 2,1 | 89,5           | 34,0            | 62,0     |
| S04 | 5.07.2021     | Alakuş      | 130/1      | 0,66 | 1,6 | 158,0          | 61,5            | 61,1     |
| S05 | 5.07.2021     | Alakuş      | 130/2      | 0,73 | 2,1 | 248,0          | 81,5            | 67,1     |
| S06 | 5.07.2021     | Küçükköy    | 111/3      | 0,70 | 1,2 | 60,5           | 24,0            | 60,3     |
| S07 | 5.07.2021     | Alakuş      | 116/3      | 0,64 | 1,4 | 112,0          | 53,0            | 52,7     |
| S08 | 5.07.2021     | Çıplaktepe  | 108/11     | 0,66 | 2,5 | 163,5          | 74,0            | 54,7     |
| S09 | 5.07.2021     | Çıplaktepe  | 108/4      | 0,74 | 2,7 | 191,0          | 71,5            | 62,6     |
| S10 | 5.07.2021     | Dibektaş    | 116/13     | 0,70 | 2,0 | 80,0           | 37,5            | 53,1     |
| S11 | 5.07.2021     | Dibektaş    | 116/12     | 0,66 | 2,2 | 87,0           | 39,0            | 55,2     |
| S12 | 5.07.2021     | Altıntoprak | 103/1      | 0,74 | 2,9 | 358,0          | 110,0           | 69,3     |
| S13 | 5.07.2021     | Altıntoprak | 103/1      | 0,77 | 2,8 | 271,5          | 86,0            | 68,3     |
| S14 | 5.07.2021     | Altıntoprak | 102/1      | 0,81 | 2,6 | 227,5          | 78,5            | 65,5     |
| S15 | 5.07.2021     | Altıntoprak | 113/1      | 0,72 | 2,6 | 234,5          | 79,0            | 66,3     |
| S16 | 5.07.2021     | Altıntoprak | 117/1      | 0,72 | 2,3 | 278,5          | 103,5           | 62,8     |
| S17 | 5.07.2021     | Tanrıverdi  | 135/1      | 0,74 | 2,2 | 421,5          | 101,5           | 75,9     |
| S18 | 5.07.2021     | Tanrıverdi  | 134/1      | 0,75 | 3,0 | 388,0          | 143,5           | 63,0     |
| S19 | 5.07.2021     | Altıntoprak | 122/2      | 0,71 | 2,7 | 175,5          | 74,0            | 57,8     |
| S20 | 5.07.2021     | Tanrıverdi  | 113/1      | 0,79 | 2,7 | 310,5          | 93,0            | 70,0     |
| S21 | 5.07.2021     | Tanrıverdi  | 110/3      | 0,78 | 2,3 | 278,0          | 62,5            | 77,5     |
| S22 | 5.07.2021     | Akyüz       | 109/2      | 0,72 | 2,2 | 235,0          | 74,5            | 68,3     |

Tablo 4.1 Arazi Gözlem Bilgileri (Devam)

|     |            |             |        |      |     |        |       |      |
|-----|------------|-------------|--------|------|-----|--------|-------|------|
| S23 | 5.07.2021  | Akyüz       | 108/6  | 0,73 | 2,1 | 254,5  | 98,0  | 61,5 |
| S24 | 5.07.2021  | Akyüz       | 122/1  | 0,75 | 1,9 | 195,0  | 60,0  | 69,2 |
| S25 | 5.07.2021  | Akyüz       | 101/4  | 0,67 | 2,0 | 145,0  | 55,0  | 62,1 |
| S26 | 5.07.2021  | Gözlüce     | 107/2  | 0,74 | 2,4 | 166,5  | 48,0  | 71,2 |
| S27 | 5.07.2021  | Gözlüce     | 107/3  | 0,78 | 2,5 | 193,5  | 62,0  | 68,0 |
| S01 | 28.07.2021 | Alakuş      | 133/1  | 0,79 | 3,8 | 322,0  | 74,0  | 77,0 |
| S02 | 28.07.2021 | Alakuş      | 133/1  | 0,83 | 3,9 | 319,5  | 78,5  | 75,4 |
| S03 | 28.07.2021 | Alakuş      | 116/6  | 0,79 | 3,6 | 264,5  | 73,5  | 72,2 |
| S04 | 28.07.2021 | Alakuş      | 130/1  | 0,83 | 2,5 | 343,0  | 87,0  | 74,6 |
| S05 | 28.07.2021 | Alakuş      | 130/2  | 0,80 | 4,2 | 465,0  | 109,0 | 76,6 |
| S06 | 28.07.2021 | Küçükköy    | 111/3  | 0,80 | 3,5 | 494,0  | 103,5 | 79,0 |
| S07 | 28.07.2021 | Alakuş      | 116/3  | 0,78 | 3,1 | 240,5  | 104,5 | 56,5 |
| S08 | 28.07.2021 | Çıplaktepe  | 108/11 | 0,85 | 3,9 | 531,5  | 121,0 | 77,2 |
| S09 | 28.07.2021 | Çıplaktepe  | 108/4  | 0,78 | 3,2 | 425,5  | 168,5 | 60,4 |
| S10 | 28.07.2021 | Dibektaş    | 116/13 | 0,82 | 4,2 | 228,0  | 52,4  | 77,0 |
| S11 | 28.07.2021 | Dibektaş    | 116/12 | 0,82 | 3,9 | 289,5  | 74,0  | 74,4 |
| S12 | 28.07.2021 | Altıntoprak | 103/1  | 0,82 | 3,7 | 624,0  | 134,0 | 78,5 |
| S13 | 28.07.2021 | Altıntoprak | 103/1  | 0,74 | 3,1 | 447,5  | 115,5 | 74,2 |
| S14 | 28.07.2021 | Altıntoprak | 102/1  | 0,82 | 3,0 | 500,0  | 99,0  | 80,2 |
| S15 | 28.07.2021 | Altıntoprak | 113/1  | 0,83 | 3,9 | 377,0  | 92,5  | 75,5 |
| S16 | 28.07.2021 | Altıntoprak | 117/1  | 0,80 | 3,9 | 633,5  | 138,5 | 78,1 |
| S17 | 28.07.2021 | Tanrıverdi  | 135/1  | 0,81 | 3,8 | 672,5  | 116,0 | 82,8 |
| S18 | 28.07.2021 | Tanrıverdi  | 134/1  | 0,78 | 3,9 | 804,5  | 175,5 | 78,2 |
| S19 | 28.07.2021 | Altıntoprak | 122/2  | 0,82 | 3,9 | 701,0  | 149,5 | 78,7 |
| S20 | 28.07.2021 | Tanrıverdi  | 113/1  | 0,77 | 3,1 | 677,0  | 139,5 | 79,4 |
| S21 | 28.07.2021 | Tanrıverdi  | 110/3  | 0,79 | 3,9 | 391,0  | 72,5  | 81,5 |
| S22 | 28.07.2021 | Akyüz       | 109/2  | 0,78 | 3,4 | 416,5  | 94,0  | 77,4 |
| S23 | 28.07.2021 | Akyüz       | 108/6  | 0,78 | 3,0 | 677,5  | 142,5 | 79,0 |
| S24 | 28.07.2021 | Akyüz       | 122/1  | 0,80 | 2,9 | 514,0  | 101,0 | 80,4 |
| S25 | 28.07.2021 | Akyüz       | 101/4  | 0,78 | 3,4 | 315,0  | 72,0  | 77,1 |
| S26 | 28.07.2021 | Gözlüce     | 107/2  | 0,78 | 3,2 | 340,0  | 66,0  | 80,6 |
| S27 | 28.07.2021 | Gözlüce     | 107/3  | 0,80 | 3,7 | 614,0  | 118,5 | 80,7 |
| S01 | 12.08.2021 | Alakuş      | 133/1  | 0,82 | 4,1 | 896,5  | 316,0 | 64,8 |
| S02 | 12.08.2021 | Alakuş      | 133/1  | 0,84 | 4,1 | 1204,5 | 469,0 | 61,1 |
| S03 | 12.08.2021 | Alakuş      | 116/6  | 0,81 | 4,0 | 784,0  | 245,0 | 68,8 |
| S04 | 12.08.2021 | Alakuş      | 130/1  | 0,85 | 4,0 | 872,5  | 221,5 | 74,6 |
| S05 | 12.08.2021 | Alakuş      | 130/2  | 0,82 | 4,6 | 1511,0 | 375,5 | 75,1 |
| S06 | 12.08.2021 | Küçükköy    | 111/3  | 0,83 | 3,9 | 884,0  | 180,5 | 79,6 |
| S07 | 12.08.2021 | Alakuş      | 116/3  | 0,83 | 4,2 | 688,5  | 168,5 | 75,5 |
| S08 | 12.08.2021 | Çıplaktepe  | 108/11 | 0,78 | 5,6 | 1110,0 | 268,5 | 75,8 |
| S09 | 12.08.2021 | Çıplaktepe  | 108/4  | 0,84 | 5,2 | 1378,0 | 346,5 | 74,9 |
| S10 | 12.08.2021 | Dibektaş    | 116/13 | 0,85 | 4,5 | 754,5  | 147,0 | 80,5 |
| S11 | 12.08.2021 | Dibektaş    | 116/12 | 0,86 | 4,1 | 852,0  | 174,0 | 79,6 |
| S12 | 12.08.2021 | Altıntoprak | 103/1  | 0,85 | 4,5 | 1274,5 | 274,5 | 78,5 |
| S13 | 12.08.2021 | Altıntoprak | 103/1  | 0,80 | 4,8 | 1097,5 | 226,5 | 79,4 |
| S14 | 12.08.2021 | Altıntoprak | 102/1  | 0,84 | 4,5 | 1106,0 | 203,0 | 81,6 |
| S15 | 12.08.2021 | Altıntoprak | 113/1  | 0,86 | 3,9 | 899,5  | 244,5 | 72,8 |
| S16 | 12.08.2021 | Altıntoprak | 117/1  | 0,82 | 4,3 | 1206,5 | 243,5 | 79,8 |
| S17 | 12.08.2021 | Tanrıverdi  | 135/1  | 0,86 | 4,7 | 1039,5 | 207,5 | 80,0 |
| S18 | 12.08.2021 | Tanrıverdi  | 134/1  | 0,83 | 4,2 | 1035,0 | 205,0 | 80,2 |
| S19 | 12.08.2021 | Altıntoprak | 122/2  | 0,86 | 4,7 | 966,0  | 198,5 | 79,5 |
| S20 | 12.08.2021 | Tanrıverdi  | 113/1  | 0,83 | 4,6 | 1403,6 | 297,5 | 78,8 |
| S21 | 12.08.2021 | Tanrıverdi  | 110/3  | 0,84 | 4,2 | 814,5  | 171,5 | 78,9 |
| S22 | 12.08.2021 | Akyüz       | 109/2  | 0,81 | 4,7 | 1062,5 | 288,5 | 72,8 |
| S23 | 12.08.2021 | Akyüz       | 108/6  | 0,84 | 4,7 | 1032,5 | 214,5 | 79,2 |
| S24 | 12.08.2021 | Akyüz       | 122/1  | 0,83 | 4,6 | 966,5  | 241,0 | 75,1 |
| S25 | 12.08.2021 | Akyüz       | 101/4  | 0,82 | 4,5 | 653,0  | 144,5 | 77,9 |

Tablo 4.1 Arazi Gözlem Bilgileri (Devam)

|     |            |             |        |      |     |        |       |      |
|-----|------------|-------------|--------|------|-----|--------|-------|------|
| S26 | 12.08.2021 | Gözlüce     | 107/2  | 0,84 | 4,3 | 721,0  | 148,0 | 79,5 |
| S27 | 12.08.2021 | Gözlüce     | 107/3  | 0,86 | 4,2 | 935,0  | 183,0 | 80,4 |
| S01 | 6.09.2021  | Alakuş      | 133/1  | 0,75 | 5,0 | 1032,0 | 384,0 | 62,8 |
| S02 | 6.09.2021  | Alakuş      | 133/1  | 0,73 | 4,0 | 1395,0 | 564,5 | 59,5 |
| S03 | 6.09.2021  | Alakuş      | 116/6  | 0,76 | 4,5 | 1145,0 | 389,0 | 66,0 |
| S04 | 6.09.2021  | Alakuş      | 130/1  | 0,76 | 4,8 | 1094,5 | 266,5 | 75,7 |
| S05 | 6.09.2021  | Alakuş      | 130/2  | 0,81 | 4,4 | 1535,0 | 714,5 | 53,5 |
| S06 | 6.09.2021  | Küçükköy    | 111/3  | 0,74 | 4,3 | 1235,0 | 275,5 | 77,7 |
| S07 | 6.09.2021  | Alakuş      | 116/3  | 0,74 | 3,7 | 1224,5 | 315,5 | 74,2 |
| S08 | 6.09.2021  | Çıplaktepe  | 108/11 | 0,74 | 5,4 | 1745,0 | 443,0 | 74,6 |
| S09 | 6.09.2021  | Çıplaktepe  | 108/4  | 0,76 | 4,8 | 1992,5 | 484,5 | 75,7 |
| S10 | 6.09.2021  | Dibektaş    | 116/13 | 0,78 | 4,1 | 1255,5 | 317,0 | 74,8 |
| S11 | 6.09.2021  | Dibektaş    | 116/12 | 0,77 | 4,2 | 1201,0 | 223,5 | 81,4 |
| S12 | 6.09.2021  | Altıntoprak | 103/1  | 0,77 | 4,2 | 1473,0 | 344,5 | 76,6 |
| S13 | 6.09.2021  | Altıntoprak | 103/1  | 0,76 | 5,1 | 1886,5 | 467,0 | 75,2 |
| S14 | 6.09.2021  | Altıntoprak | 102/1  | 0,78 | 4,3 | 1703,5 | 307,5 | 81,9 |
| S15 | 6.09.2021  | Altıntoprak | 113/1  | 0,79 | 4,2 | 1323,5 | 374,5 | 71,7 |
| S16 | 6.09.2021  | Altıntoprak | 117/1  | 0,77 | 4,4 | 1766,5 | 308,5 | 82,5 |
| S17 | 6.09.2021  | Tanrıverdi  | 135/1  | 0,79 | 4,2 | 1743,5 | 343,5 | 80,3 |
| S18 | 6.09.2021  | Tanrıverdi  | 134/1  | 0,80 | 4,5 | 1275,0 | 278,5 | 78,2 |
| S19 | 6.09.2021  | Altıntoprak | 122/2  | 0,81 | 4,3 | 1502,0 | 310,0 | 79,4 |
| S20 | 6.09.2021  | Tanrıverdi  | 113/1  | 0,81 | 4,6 | 1945,5 | 416,5 | 78,6 |
| S21 | 6.09.2021  | Tanrıverdi  | 110/3  | 0,81 | 4,2 | 1208,5 | 264,5 | 78,1 |
| S22 | 6.09.2021  | Akyüz       | 109/2  | 0,77 | 4,5 | 1419,5 | 432,0 | 69,6 |
| S23 | 6.09.2021  | Akyüz       | 108/6  | 0,77 | 4,6 | 1422,5 | 351,0 | 75,3 |
| S24 | 6.09.2021  | Akyüz       | 122/1  | 0,78 | 4,3 | 1287,5 | 368,5 | 71,4 |
| S25 | 6.09.2021  | Akyüz       | 101/4  | 0,77 | 4,3 | 1155,5 | 286,0 | 75,2 |
| S26 | 6.09.2021  | Gözlüce     | 107/2  | 0,79 | 4,5 | 1463,0 | 272,0 | 81,4 |
| S27 | 6.09.2021  | Gözlüce     | 107/3  | 0,76 | 4,5 | 1577,5 | 325,5 | 79,4 |

Tablo 4.2 BKS Gözlem Bilgileri

| NO  | Tarih            | BKS  | NO  | Tarih            | BKS  | NO  | Tarih            | BKS  |
|-----|------------------|------|-----|------------------|------|-----|------------------|------|
| S01 | 14.06.2021 09:21 | 50,7 | S09 | 14.06.2021 12:16 | 42,3 | S18 | 18.08.2021 09:11 | 30,6 |
| S01 | 7.07.2021 11:12  | 31,0 | S09 | 7.07.2021 08:59  | 31,3 | S19 | 28.07.2021 09:40 | 34,9 |
| S01 | 27.07.2021 10:28 | 29,4 | S09 | 27.07.2021 09:42 | 33,5 | S19 | 18.08.2021 08:32 | 28,3 |
| S01 | 17.08.2021 10:06 | 30,8 | S09 | 17.08.2021 08:29 | 29,6 | S20 | 18.06.2021 08:09 | 33,6 |
| S02 | 14.06.2021 09:35 | 37,3 | S10 | 15.06.2021 08:17 | 40,7 | S20 | 28.07.2021 10:14 | 35,9 |
| S02 | 7.07.2021 11:26  | 29,3 | S10 | 7.07.2021 09:25  | 33,9 | S20 | 18.08.2021 09:44 | 31,4 |
| S02 | 27.07.2021 10:33 | 33,5 | S10 | 27.07.2021 10:01 | 30,1 | S21 | 18.06.2021 08:30 | 34,3 |
| S02 | 17.08.2021 10:19 | 30,1 | S10 | 17.08.2021 08:52 | 27,7 | S21 | 8.07.2021 10:54  | 28,6 |
| S03 | 14.06.2021 10:55 | 51,5 | S11 | 15.06.2021 08:26 | 41,3 | S21 | 28.07.2021 09:55 | 41,5 |
| S03 | 7.07.2021 12:06  | 32,3 | S11 | 7.07.2021 09:44  | 38,9 | S21 | 18.08.2021 09:34 | 39,4 |
| S03 | 27.07.2021 11:00 | 36,2 | S11 | 27.07.2021 10:06 | 30,4 | S22 | 18.06.2021 09:27 | 36,9 |
| S03 | 17.08.2021 10:57 | 33,2 | S11 | 17.08.2021 09:00 | 31,7 | S22 | 9.07.2021 09:37  | 33   |
| S04 | 14.06.2021 09:54 | 53,2 | S12 | 8.07.2021 12:14  | 32,5 | S22 | 28.07.2021 11:54 | 32,3 |
| S04 | 7.07.2021 11:37  | 28,6 | S12 | 28.07.2021 08:34 | 30,7 | S22 | 18.08.2021 11:17 | 36,6 |
| S04 | 27.07.2021 10:43 | 28,5 | S12 | 18.08.2021 07:53 | 28,6 | S23 | 18.06.2021 09:41 | 34,7 |
| S04 | 17.08.2021 10:36 | 42,8 | S13 | 8.07.2021 12:08  | 31,8 | S23 | 9.07.2021 10:20  | 30,9 |
| S05 | 14.06.2021 10:12 | 45,8 | S13 | 28.07.2021 08:46 | 36,2 | S23 | 28.07.2021 11:49 | 30,4 |
| S05 | 7.07.2021 11:50  | 29,5 | S13 | 18.08.2021 07:42 | 27,8 | S23 | 18.08.2021 11:08 | 34,8 |
| S05 | 27.07.2021 10:48 | 32,8 | S14 | 8.07.2021 11:47  | 30,2 | S24 | 18.06.2021 10:05 | 39,2 |
| S05 | 17.08.2021 10:43 | 39,9 | S14 | 28.07.2021 08:20 | 29,0 | S24 | 9.07.2021 10:39  | 30,9 |
| S06 | 7.07.2021 10:48  | 32,7 | S14 | 18.08.2021 07:30 | 29,1 | S24 | 28.07.2021 11:37 | 32,4 |
| S06 | 27.07.2021 10:20 | 27,8 | S16 | 8.07.2021 09:50  | 30,0 | S24 | 18.08.2021 10:06 | 32,5 |
| S06 | 17.08.2021 09:54 | 30,4 | S16 | 28.07.2021 09:11 | 31,0 | S26 | 18.06.2021 11:29 | 30,7 |
| S07 | 14.06.2021 11:24 | 42,3 | S16 | 18.08.2021 08:44 | 28,8 | S26 | 9.07.2021 11:54  | 29,8 |
| S07 | 7.07.2021 08:14  | 32,8 | S17 | 19.06.2021 11:28 | 33,8 | S26 | 28.07.2021 11:00 | 31,6 |
| S07 | 27.07.2021 09:07 | 31,3 | S17 | 8.07.2021 10:13  | 30,6 | S26 | 18.08.2021 10:27 | 31,9 |
| S07 | 17.08.2021 07:57 | 30,9 | S17 | 28.07.2021 09:20 | 32,7 | S27 | 18.06.2021 11:49 | 42,8 |
| S08 | 14.06.2021 11:49 | 34,0 | S17 | 18.08.2021 09:03 | 29,2 | S27 | 9.07.2021 12:20  | 30,1 |
| S08 | 7.07.2021 08:41  | 30,9 | S18 | 19.06.2021 11:39 | 38,1 | S27 | 28.07.2021 11:09 | 29,0 |
| S08 | 27.07.2021 09:30 | 31,4 | S18 | 8.07.2021 10:30  | 29,7 | S27 | 18.08.2021 10:40 | 30,4 |
| S08 | 17.08.2021 08:21 | 31,1 | S18 | 28.07.2021 09:32 | 28,6 |     |                  |      |

İzlenebilirliği kolaylaştırma amacıyla, çalışmada elde edilen bulgular, incelenen özellikler altında, ayrı başlıklar halinde verilmiştir.

#### **4.1 Toprak Nemi (%)**

Elde edilen TN gözlem değerleri aynı tarihlere karşılık gelen Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope uydu band/indeks verileri ile korelasyon analizi yapılmış olup elde edilen sonuçlar, Tablo 4.3'te verilmiştir.

Korelasyon analizi sonucunda istatistiki olarak önemli bulunan Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope band/indeksler ile TN gözlem değerleri arasında regresyon analizi yapılmış, analiz sonucunda bulunan  $R^2$  ve RMSE Tablo 4.3'te verilmiştir.

Tablo 4.3 TN gözlem değerleri ile Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Korelasyon ve Regresyon Analiz sonuçları

| BAND/İNDİS           | Sentinel-1 |                |      | Sentinel-2 |                |      | Landsat-8 |                |      | PlanetScope |                |      |
|----------------------|------------|----------------|------|------------|----------------|------|-----------|----------------|------|-------------|----------------|------|
|                      | r          | R <sup>2</sup> | RMSE | r          | R <sup>2</sup> | RMSE | r         | R <sup>2</sup> | RMSE | r           | R <sup>2</sup> | RMSE |
| VV                   | 0,82**     | 0,67**         | 0,03 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| VH                   | 0,23**     |                |      | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| VV-VH                | 0,81**     | 0,65**         | 0,03 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| VV/VH                | 0,40**     | 0,18**         | 2,44 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| RVI                  | -0,44**    | 0,20**         | 0,16 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| RVI_MAX              | -0,41**    | 0,17**         | 0,22 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| RVI_MIN              | -0,32**    | 0,10**         | 0,13 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| CR                   | -0,40**    | 0,16**         | 0,21 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| NL                   | 0,42**     | 0,18**         | 0,01 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| DPSVI                | 0,05 öd    |                |      | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| DPSVI_2              | -0,40**    | 0,16**         | 0,21 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| DPSVI_MOD            | 0,05 öd    |                |      | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| LEE_VH               | 0,28**     |                |      | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| LEE_VV               | 0,78**     | 0,61**         | 0,86 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| GAMMA_VH             | 0,31**     |                |      | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| GAMMA_VV             | 0,75**     | 0,56**         | 0,82 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| MALIK_VH             | 0,27**     |                |      | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| MALIK_VV             | 0,79**     | 0,63**         | 0,88 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| ARI                  | M/D        |                |      | -0,17*     |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| ARI2                 | M/D        |                |      | 0,00 öd    |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| ARVI                 | M/D        |                |      | 0,11*      |                |      | 0,35**    |                |      | 0,06 öd     |                |      |
| ARVI2                | M/D        |                |      | 0,10 öd    |                |      | YOK       |                |      | M/D         |                |      |
| BI                   | M/D        |                |      | -0,12*     |                |      | -0,42**   |                |      | -0,07 öd    |                |      |
| BNDVI                | M/D        |                |      | 0,09 öd    |                |      | 0,35**    |                |      | 0,12**      |                |      |
| CI                   | M/D        |                |      | -0,12*     |                |      | -0,44**   |                |      | -0,07*      |                |      |
| DVI                  | M/D        |                |      | 0,14**     |                |      | 0,39**    |                |      | 0,05 öd     |                |      |
| EVI                  | M/D        |                |      | 0,04 öd    |                |      | 0,39**    |                |      | 0,03 öd     |                |      |
| EVI2                 | M/D        |                |      | 0,11*      |                |      | 0,38**    |                |      | 0,06 öd     |                |      |
| GARI                 | M/D        |                |      | 0,07 öd    |                |      | 0,30**    |                |      | 0,12**      |                |      |
| GBNDVI               | M/D        |                |      | 0,09 öd    |                |      | 0,36**    |                |      | 0,07 öd     |                |      |
| GCI                  | M/D        |                |      | 0,08 öd    |                |      | 0,41**    |                |      | 0,03 öd     |                |      |
| GDVI                 | M/D        |                |      | 0,13*      |                |      | 0,38**    |                |      | 0,04 öd     |                |      |
| GLI                  | M/D        |                |      | 0,11*      |                |      | 0,44**    |                |      | 0,12**      |                |      |
| GNDVI                | M/D        |                |      | 0,09 öd    |                |      | 0,35**    |                |      | 0,05 öd     |                |      |
| GOSAVI               | M/D        |                |      | 0,09 öd    |                |      | 0,36**    |                |      | 0,05 öd     |                |      |
| GRNDVI               | M/D        |                |      | 0,10 öd    |                |      | 0,37**    |                |      | 0,05 öd     |                |      |
| GRVI                 | M/D        |                |      | 0,08 öd    |                |      | 0,41**    |                |      | 0,03 öd     |                |      |
| GSAVI                | M/D        |                |      | 0,09 öd    |                |      | 0,37**    |                |      | 0,05 öd     |                |      |
| GVI                  | M/D        |                |      | 0,13*      |                |      | 0,39**    |                |      | M/D         |                |      |
| GVMi                 | M/D        |                |      | 0,12*      |                |      | 0,36**    |                |      | M/D         |                |      |
| IPVI                 | M/D        |                |      | -0,09 öd   |                |      | -0,46**   |                |      | -0,05 öd    |                |      |
| IRECI                | M/D        |                |      | 0,13*      |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| LAI <sub>UYDU</sub>  | M/D        |                |      | 0,04 öd    |                |      | 0,39**    |                |      | 0,03 öd     |                |      |
| LST                  | M/D        |                |      | M/D        |                |      | -0,59**   | 0,34**         | 4,18 | M/D         |                |      |
| mARI                 | M/D        |                |      | 0,00 öd    |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| MCARI                | M/D        |                |      | 0,06 öd    |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| MCARI1               | M/D        |                |      | 0,14**     |                |      | 0,39**    |                |      | 0,05 öd     |                |      |
| MCARI2               | M/D        |                |      | 0,12*      |                |      | 0,40**    |                |      | 0,08*       |                |      |
| MCARI/MTVI2          | M/D        |                |      | 0,03 öd    |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| MCARI/OSAVI          | M/D        |                |      | 0,13*      |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| MNDVI                | M/D        |                |      | 0,11*      |                |      | 0,35**    |                |      | M/D         |                |      |
| MNLI                 | M/D        |                |      | 0,13*      |                |      | 0,40**    |                |      | 0,07 öd     |                |      |
| MRENDVI              | M/D        |                |      | -0,01 öd   |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| MRESR                | M/D        |                |      | 0,09 öd    |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| MSAVI                | M/D        |                |      | 0,12*      |                |      | 0,39**    |                |      | 0,07 öd     |                |      |
| MSI                  | M/D        |                |      | -0,12*     |                |      | -0,34**   |                |      | M/D         |                |      |
| MSR                  | M/D        |                |      | 0,10 öd    |                |      | 0,43**    |                |      | 0,05 öd     |                |      |
| MTVI                 | M/D        |                |      | 0,14**     |                |      | 0,39**    |                |      | 0,05 öd     |                |      |
| MTVI2                | M/D        |                |      | 0,12*      |                |      | 0,40**    |                |      | 0,08*       |                |      |
| NBR                  | M/D        |                |      | 0,11*      |                |      | 0,35**    |                |      | M/D         |                |      |
| NDMI                 | M/D        |                |      | 0,12*      |                |      | 0,36**    |                |      | M/D         |                |      |
| NDVI <sub>UYDU</sub> | M/D        |                |      | 0,11*      |                |      | 0,36**    |                |      | 0,06 öd     |                |      |
| NLI                  | M/D        |                |      | 0,13*      |                |      | 0,36**    |                |      | 0,07 öd     |                |      |



Tablo 4.3 TN gözlem değerleri ile Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Korelasyon ve Regresyon Analiz sonuçları (Devam)

|             |     |  |  |         |  |         |        |     |         |  |  |
|-------------|-----|--|--|---------|--|---------|--------|-----|---------|--|--|
| NMDI        | M/D |  |  | 0,07 öd |  | M/D     |        |     | M/D     |  |  |
| OSAVI       | M/D |  |  | 0,11*   |  | 0,37**  |        |     | 0,06 öd |  |  |
| PVI         | M/D |  |  | 0,14**  |  | 0,39**  |        |     | 0,04 öd |  |  |
| RDI         | M/D |  |  | -0,11*  |  | -0,33** |        |     | M/D     |  |  |
| RDVI        | M/D |  |  | 0,13*   |  | 0,38**  |        |     | 0,05 öd |  |  |
| REDEGE1     | M/D |  |  | 0,05 öd |  | M/D     |        |     | M/D     |  |  |
| REDEGE2     | M/D |  |  | 0,07 öd |  | M/D     |        |     | M/D     |  |  |
| RENDVI      | M/D |  |  | 0,13*   |  | M/D     |        |     | M/D     |  |  |
| REP         | M/D |  |  | 0,15**  |  | M/D     |        |     | M/D     |  |  |
| RI          | M/D |  |  | -0,12*  |  | -0,44** |        |     | -0,07*  |  |  |
| RVI         | M/D |  |  | 0,08 öd |  | 0,46**  |        |     | 0,05 öd |  |  |
| SAVI        | M/D |  |  | 0,11*   |  | 0,38**  |        |     | 0,06 öd |  |  |
| SIPI        | M/D |  |  | -0,13*  |  | -0,30** |        |     | -0,08*  |  |  |
| SLAVI       | M/D |  |  | 0,10 öd |  | 0,44**  |        |     | M/D     |  |  |
| SMI         | M/D |  |  | M/D     |  | 0,92**  | 0,85** | 0,1 | M/D     |  |  |
| TCARI       | M/D |  |  | 0,14**  |  | M/D     |        |     | M/D     |  |  |
| TCARI/OSAVI | M/D |  |  | 0,13*   |  | M/D     |        |     | M/D     |  |  |
| TCI         | M/D |  |  | 0,10 öd |  | M/D     |        |     | M/D     |  |  |
| TDVI        | M/D |  |  | 0,13*   |  | 0,39**  |        |     | 0,05 öd |  |  |
| TGI         | M/D |  |  | -0,15** |  | -0,40** |        |     | -0,16** |  |  |
| TSAVI       | M/D |  |  | 0,11*   |  | 0,38**  |        |     | 0,06 öd |  |  |
| TVI         | M/D |  |  | 0,09 öd |  | M/D     |        |     | M/D     |  |  |
| VARI        | M/D |  |  | 0,13*   |  | 0,44**  |        |     | 0,08*   |  |  |
| WDRVI       | M/D |  |  | 0,11*   |  | 0,36**  |        |     | 0,06 öd |  |  |
| WDVI        | M/D |  |  | 0,13*   |  | 0,39**  |        |     | 0,05 öd |  |  |
| WET         | M/D |  |  | 0,12*   |  | 0,38**  |        |     | M/D     |  |  |

öd: Önemli değil, \* :0,05 düzeyinde önemli, \*\*0,01: düzeyinde önemli M/D: Mevcut Değil

Tablo 4.3'te TN gözlem değerleri ile Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope indeks değerleri arasındaki korelasyon değerleri görülmektedir.

Korelasyon analizine göre TN gözlem değerleri ile **Sentinel-1** VV ( $r=0,82^{**}$ ), VV-VH ( $r=0,81^{**}$ ), LEE\_VV ( $r=0,78^{**}$ ), GAMMA\_VV ( $r=0,75^{**}$ ), MALIK\_VV ( $r=0,79^{**}$ ), **Landsat-8** LST ( $r=-0,59^{**}$ ), SMI ( $r=0,92^{**}$ ) değerleri arasında istatistiksel olarak önemli ve yüksek ilişki bulunmuştur.

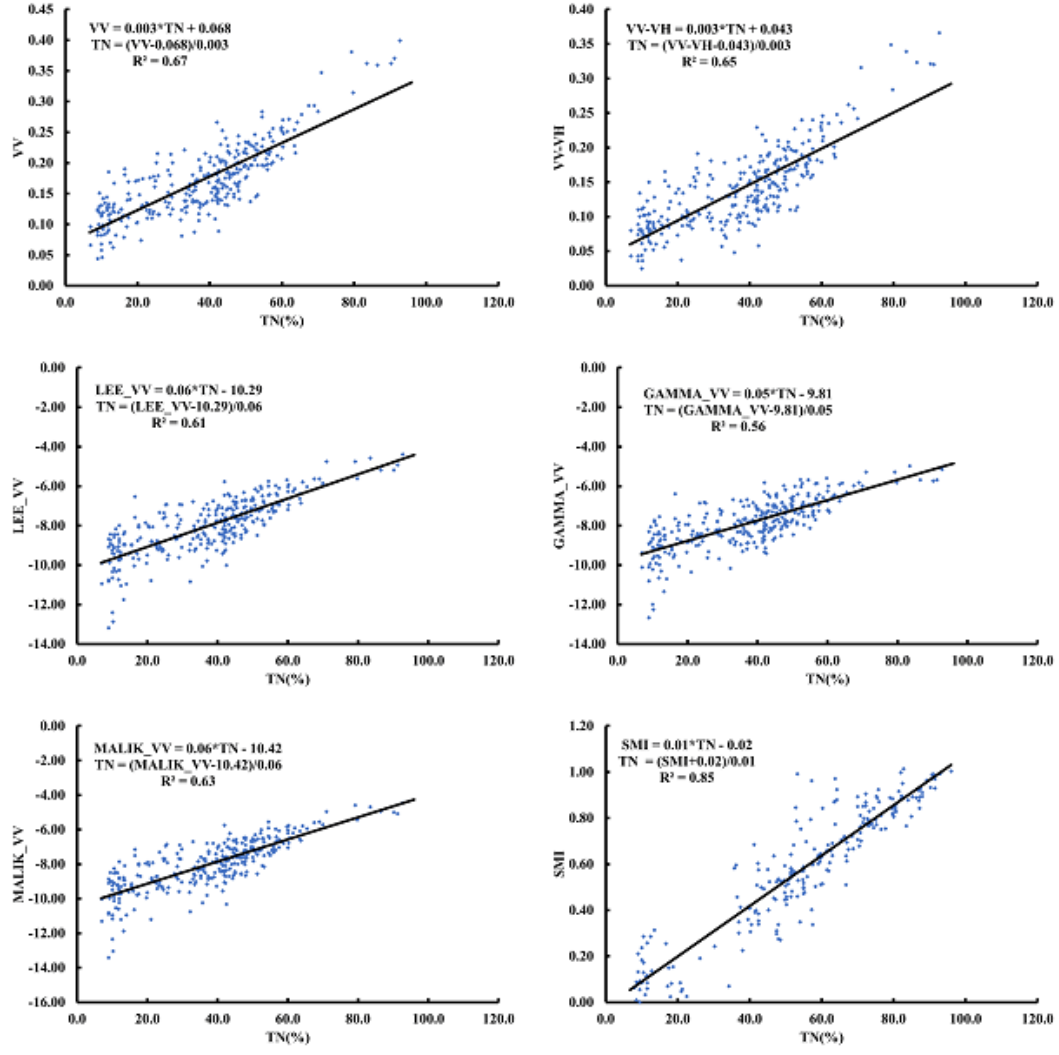
Korelasyon analizine göre TN gözlem ile **Sentinel-1** VH ( $r=-0,23^{**}$ ), VV/VH ( $r=0,40^{**}$ ), RVI ( $r=0,44^{**}$ ), RVI\_MAX ( $r=-0,41^{**}$ ), RVI\_MIN ( $r=-0,32^{**}$ ), CR ( $r=-0,40^{**}$ ), NL ( $r=-0,42^{**}$ ), DPSVI\_2 ( $r=-0,40^{**}$ ), LEE\_VH ( $r=0,28^{**}$ ), GAMMA\_VH ( $r=0,31^{**}$ ), MALIK\_VH ( $r=0,27^{**}$ ), **Sentinel-2** ARI ( $r=-0,17^{*}$ ), ARVI ( $r=0,11^{*}$ ), BI ( $r=-0,12^{*}$ ), CI ( $r=-0,12^{*}$ ), DVI ( $r=0,14^{*}$ ), EVI2 ( $r=0,11^{*}$ ), GDVI ( $r=0,13^{*}$ ), GLI ( $r=0,11^{*}$ ), GVI ( $r=0,13^{*}$ ), GVMI ( $r=0,12^{*}$ ), IRECI ( $r=0,13^{**}$ ), MCARI1 ( $r=0,14^{**}$ ), MCARI2 ( $r=0,12^{*}$ ), MCARI/OSAVI ( $r=0,13^{*}$ ), MNDVI ( $r=0,11^{*}$ ), MNLI ( $r=0,13^{*}$ ), MSAVI ( $r=0,12^{*}$ ), MSI ( $r=-0,12^{*}$ ), MTVI ( $r=0,14^{**}$ ), MTVI2 ( $r=0,12^{*}$ ), NBR ( $r=0,11^{*}$ ), NDMI ( $r=0,12^{*}$ ), NDVI<sub>UYDU</sub> ( $r=0,11^{*}$ ), NLI ( $r=0,13^{*}$ ), OSAVI ( $r=0,11^{*}$ ), PVI ( $r=0,14^{**}$ ), RDI ( $r=-0,11^{*}$ ), RDVI ( $r=0,13^{*}$ ), RENDVI ( $r=0,13^{*}$ ), RI ( $r=-0,12^{*}$ ), SAVI ( $r=0,11^{*}$ ), SIPI ( $r=-0,13^{*}$ ), TCARI ( $r=0,14^{**}$ ), TCARI/OSAVI ( $r=0,13^{*}$ ), TDVI ( $r=0,13^{*}$ ), TGI ( $r=-0,15^{**}$ ), TSAVI ( $r=0,11^{*}$ ), VARI ( $r=0,13^{*}$ ), WDRVI ( $r=0,11^{*}$ ), WDVİ ( $r=0,13^{*}$ ), WET ( $r=0,12^{*}$ ), **Landsat-8** ARVI ( $r=0,35^{**}$ ), BI ( $r=-0,42^{**}$ ), BNDVI ( $r=0,35^{**}$ ), CI ( $r=-0,44^{**}$ ), DVI ( $r=0,39^{**}$ ), EVI ( $r=0,39^{**}$ ), EVI2 ( $r=0,38^{**}$ ), GARI ( $r=0,30^{**}$ ), GBNDVI ( $r=0,36^{**}$ ), GCI ( $r=0,41^{**}$ ), GDVI ( $r=0,38^{**}$ ), GLI ( $r=0,44^{**}$ ), GNDVI ( $r=0,35^{**}$ ), GOSAVI ( $r=0,36^{**}$ ), GRNDVI ( $r=0,37^{**}$ ), GRVI ( $r=0,41^{**}$ ), GSAVI ( $r=0,37^{**}$ ), GVI ( $r=0,39^{**}$ ), GVMI ( $r=0,36^{**}$ ), 8 IPVI ( $r=-0,46^{**}$ ), LAI<sub>UYDU</sub> ( $r=0,39^{**}$ ), MCARI1 ( $r=0,39^{**}$ ), MCARI2 ( $r=0,40^{**}$ ), MNDVI ( $r=0,35^{**}$ ), MNLI ( $r=0,40^{**}$ ), MSAVI ( $r=0,39^{**}$ ), MSI ( $r=-0,34^{**}$ ), MSR ( $r=0,43^{**}$ ), MTVI ( $r=0,39^{**}$ ), MTVI2 ( $r=0,40^{**}$ ), NBR ( $r=0,35^{**}$ ), NDMI ( $r=0,36^{**}$ ), NDVI<sub>UYDU</sub> ( $r=0,36^{**}$ ), NLI ( $r=0,36^{**}$ ), OSAVI ( $r=0,37^{**}$ ), PVI ( $r=0,39^{*}$ ), RDI ( $r=-0,33^{**}$ ), RDVI ( $r=0,38^{**}$ ), RI ( $r=-0,44^{**}$ ), RVI ( $r=0,46^{**}$ ), SAVI ( $r=0,38^{**}$ ), SIPI ( $r=-0,30^{**}$ ), SLAVI ( $r=0,44^{**}$ ), TDVI ( $r=0,39^{**}$ ), TGI ( $r=-0,40^{**}$ ), TSAVI ( $r=0,38^{**}$ ), VARI ( $r=0,44^{**}$ ), WDRVI ( $r=0,36^{**}$ ), WDVİ ( $r=0,39^{**}$ ), WET ( $r=0,38^{**}$ ), **PlanetScope**

BNDVI ( $r=0,12^{**}$ ), CI ( $r=-0,07^*$ ), GARI ( $r=0,12^{**}$ ), GLI ( $r=0,12^{**}$ ), MCARI2 ( $r=0,08^{**}$ ), MTVI2 ( $r=0,08^{**}$ ), RI ( $r=-0,07^*$ ), SIPI ( $r=-0,08^{**}$ ), TGI ( $r=-0,16^{**}$ ), VARI ( $r=0,08^{**}$ ) değerleri arasında istatistiksel olarak önemli ancak düşük ilişki bulunmuştur.

Korelasyon analizine göre TN gözlem değerleri ile **Sentinel-1** DPSVI ( $r=0,05$  öd), DPSVI\_MOD ( $r=0,05$  öd), **Sentinel-2** ARI2 ( $r=0,05$  öd), ARVI2 ( $r=0,10$  öd), BNDVI ( $r=0,09$  öd), EVI ( $r=0,04$  öd), GARI ( $r=0,07$  öd), GBNDVI ( $r=0,09$  öd), GCI ( $r=0,08$  öd), GNDVI ( $r=0,09$  öd), GOSAVI ( $r=0,09$  öd), GRNDVI ( $r=0,10$  öd), GRVI ( $r=0,08$  öd), GSAVI ( $r=0,09$  öd), IPVI ( $r=-0,09$  öd), LAI<sub>UYDU</sub> ( $r=0,04$  öd), mARI ( $r=0,00$  öd), MCARI ( $r=0,06$  öd), MCARI/MTVI2 ( $r=0,03$  öd), MRENDVI ( $r=-0,01$  öd), MRESR ( $r=0,09$  öd), MSR ( $r=0,10$  öd), NMDI ( $r=0,07$  öd), REDEDGE1 ( $r=0,05$  öd), REDEDGE2 ( $r=0,07$  öd), REP ( $r=0,15$  öd), RVI ( $r=0,08$  öd), SLAVI ( $r=0,10$  öd), TCI ( $r=0,10$  öd), TVI ( $r=0,09$  öd), **PlanetScope** ARVI ( $r=0,06$  öd), BI ( $r=-0,07$  öd), DVI ( $r=0,05$  öd), EVI ( $r=0,03$  öd), EVI2 ( $r=0,06$  öd), GBNDVI ( $r=0,07$  öd), GCI ( $r=0,03$  öd), GDVI ( $r=0,04$  öd), GNDVI ( $r=0,05$  öd), GOSAVI ( $r=0,05$  öd), GRNDVI ( $r=0,05$  öd), GRVI ( $r=0,03$  öd), GSAVI ( $r=0,05$  öd), IPVI ( $r=-0,05$  öd), LAI<sub>UYDU</sub> ( $r=0,03$  öd), MCARI1 ( $r=0,05$  öd), MNLI ( $r=0,07$  öd), MSAVI ( $r=0,07$  öd), MSR ( $r=0,05$  öd), MTVI ( $r=0,05$  öd), NDVI<sub>UYDU</sub> ( $r=0,06$  öd), NLI ( $r=0,07$  öd), OSAVI ( $r=0,06$  öd), PVI ( $r=0,04$  öd), RDVI ( $r=0,05$  öd), RVI ( $r=0,05$  öd), SAVI ( $r=0,06$  öd), TDVI ( $r=0,05$  öd), TSAVI ( $r=0,06$  öd), WDRVI ( $r=0,06$  öd), WDVİ ( $r=0,05$  öd) değerleri arasındaki ilişki istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Korelasyon analizi sonucunda TN gözlem değerleri ile band/indeksler arasında önemli ve yüksek ilişki saptananların regresyon analizleri yapılmıştır (Tablo 4.3). Yapılan regresyon analiz sonuçlarına göre elde edilen  $R^2$  ve RMSE değerleri, Tablo 4.3'te verilmiştir.

Elde edilen regresyon analiz sonuçlarına göre TN gözlem ile **Sentinel-1** VV ( $R^2=0,67^{**}$ ), VV-VH ( $R^2=0,65^{**}$ ), LEE\_VV ( $R^2=0,61^{**}$ ), GAMMA\_VV ( $R^2=0,56^{**}$ ), MALIK\_VV ( $R^2=0,63^{**}$ ), **Landsat-8** SMI ( $R^2=0,85^{**}$ ) band/indeksleri ile önemli ve yüksek ilişkiler saptanmıştır. Bu ilişkilere dair değişim grafikleri ise Şekil 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4.1 TN gözlem değerleri ile Sentinel-1, Landsat-8 bant/indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri

Şekil 4.1’de TN gözlem değerleri elde edebilmek için **Sentinel-1**  $TN = (VV-VH-0,043) / 0,003$ ,  $TN = (VV-VH-0,043) / 0,003$ ,  $TN = (LEE\_VV-10,29) / 0,06$ ,  $TN = (GAMMA\_VV-9,81) / 0,05$ ,  $TN = (MALIK\_VV-10,42) / 0,06$ , **Landsat-8**  $TN = (SMI+0,02) / 0,01$ , denklemleri kullanılabilmektedir. Elde edilen önemli ve yüksek ilişkinin varlığı nedeniyle büyük alanlarda uydu gözlemlerine dayanarak bu indekslerin, TN gözlem değerlerinin yüksek güvenilirlikle tahmin edilmesinde kullanılmasının uygun olacağı düşünülmektedir. Bu band/indeks ilişkin regresyon denklemi değişim grafikleri, Şekil 4.1’de verilmiştir.

Regresyon analizine göre TN gözlem ile **Landsat-8** LST ( $R^2 = 0,34^{**}$ ), indeksleri arasında istatistiksel olarak düşük ilişki saptanmıştır. Düşük ilişki saptanan bu indekslerin TN gözlem değerleri hesaplamasında kullanılması uygun bulunmamıştır.

Elde edilen bulgularımız Acar vd. (2020); Ahlmer vd. (2018); Amazirh vd. (2018); Amer vd. (2011); Bauer-Marschallinger vd. (2018); Hirschi vd. (2014); Hoskera vd. (2020); Khabbazan vd. (2019); Masoud vd. (2019); Navarro vd. (2016); Özelkan vd. (2014); Pablos vd. (2016); Qui (2006); Saha vd. (2018); Schmugge vd. (1976); Syed ve Javed (2015); Şekertekin (2018); Zhang ve Zhou (2016) bulguları ile benzerlik göstermektedir.

#### 4.2 Toprak Sıcaklığı (°C)

Elde edilen gözlem TS değerleri aynı tarihlere karşılık gelen Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope uydu band/indeks verileri ile korelasyon analizi yapılmış olup elde edilen sonuçlar, Tablo 4.4'te verilmiştir.

Korelasyon analizi sonucunda istatistiki olarak önemli bulunan Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope band/indeksler ile TS gözlem değerleri arasında regresyon analizi yapılmış, analiz sonucunda bulunan  $R^2$  ve RMSE Tablo 4.4'te verilmiştir.



Tablo 4.4 TS gözlem değerleri ile Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Korelasyon ve Regresyon Analiz sonuçları

| BAND/İNDİS          | Sentinel-1 |                |      | Sentinel-2 |                |      | Landsat-8 |                |      | PlanetScope |                |      |
|---------------------|------------|----------------|------|------------|----------------|------|-----------|----------------|------|-------------|----------------|------|
|                     | r          | R <sup>2</sup> | RMSE | r          | R <sup>2</sup> | RMSE | r         | R <sup>2</sup> | RMSE | r           | R <sup>2</sup> | RMSE |
| VV                  | -0,75**    | 0,57**         | 0,04 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| VH                  | -0,24**    | 0,06**         | 0,01 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| VV-VH               | -0,73**    | 0,54**         | 0,04 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| VV/VH               | -0,35**    | 0,16**         | 2,48 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| RVI                 | 0,39**     | 0,17**         | 0,16 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| RVI_MAX             | 0,36**     | 0,14**         | 0,22 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| RVI_MIN             | 0,28**     | 0,09**         | 0,13 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| CR                  | 0,38**     | 0,14**         | 0,21 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| NL                  | -0,41**    | 0,17**         | 0,01 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| DPSVI               | -0,07 öd   |                |      | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| DPSVI_2             | 0,38**     | 0,14**         | 0,21 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| DPSVI_MOD           | -0,07 öd   |                |      | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| LEE_VH              | -0,30**    | 0,10**         | 1,40 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| LEE_VV              | -0,74**    | 0,54**         | 0,93 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| GAMMA_VH            | -0,33**    | 0,12**         | 1,23 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| GAMMA_VV            | -0,70**    | 0,49**         | 0,87 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| MALIK_VH            | -0,29**    | 0,09**         | 1,51 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| MALIK_VV            | -0,75**    | 0,56**         | 0,95 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| ARI                 | M/D        |                |      | 0,13*      |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| ARI2                | M/D        |                |      | -0,02 öd   |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| ARVI                | M/D        |                |      | -0,16**    |                |      | -0,34**   |                |      | -0,10*      |                |      |
| ARVI2               | M/D        |                |      | -0,14**    |                |      | YOK       |                |      | YOK         |                |      |
| BI                  | M/D        |                |      | 0,15**     |                |      | 0,41**    |                |      | 0,10**      |                |      |
| BNDVI               | M/D        |                |      | -0,12*     |                |      | -0,34**   |                |      | -0,13**     |                |      |
| CI                  | M/D        |                |      | 0,14**     |                |      | 0,42**    |                |      | 0,09*       |                |      |
| DVI                 | M/D        |                |      | -0,16**    |                |      | -0,37**   |                |      | -0,07 öd    |                |      |
| EVI                 | M/D        |                |      | -0,06 öd   |                |      | -0,37**   |                |      | -0,05 öd    |                |      |
| EVI2                | M/D        |                |      | -0,15**    |                |      | -0,37**   |                |      | -0,09*      |                |      |
| GARI                | M/D        |                |      | -0,08 öd   |                |      | -0,32**   |                |      | -0,16**     |                |      |
| GBNDVI              | M/D        |                |      | -0,13*     |                |      | -0,34**   |                |      | -0,09*      |                |      |
| GCI                 | M/D        |                |      | -0,10 öd   |                |      | -0,37**   |                |      | -0,04 öd    |                |      |
| GDVI                | M/D        |                |      | -0,15**    |                |      | -0,36**   |                |      | -0,06 öd    |                |      |
| GLI                 | M/D        |                |      | -0,14**    |                |      | -0,42**   |                |      | -0,13**     |                |      |
| GNDVI               | M/D        |                |      | -0,13*     |                |      | -0,33**   |                |      | -0,07*      |                |      |
| GOSAVI              | M/D        |                |      | -0,13*     |                |      | -0,35**   |                |      | -0,07*      |                |      |
| GRNDVI              | M/D        |                |      | -0,14**    |                |      | -0,35**   |                |      | -0,08*      |                |      |
| GRVI                | M/D        |                |      | -0,10 öd   |                |      | -0,37**   |                |      | -0,04 öd    |                |      |
| GSAVI               | M/D        |                |      | -0,13*     |                |      | -0,35**   |                |      | -0,07*      |                |      |
| GVI                 | M/D        |                |      | -0,15**    |                |      | -0,37**   |                |      | YOK         |                |      |
| GVMi                | M/D        |                |      | -0,15**    |                |      | -0,35**   |                |      | YOK         |                |      |
| IPVI                | M/D        |                |      | 0,09 öd    |                |      | 0,41**    |                |      | 0,03 öd     |                |      |
| IRECI               | M/D        |                |      | -0,14**    |                |      | YOK       |                |      | YOK         |                |      |
| LAI <sub>UYDU</sub> | M/D        |                |      | YOK        |                |      | -0,37**   |                |      | -0,05 öd    |                |      |
| LST                 | M/D        |                |      | -0,06 öd   |                |      | 0,54**    | 0,30**         |      | YOK         |                |      |
| mARI                | M/D        |                |      | -0,02 öd   |                |      | YOK       |                |      | YOK         |                |      |
| MCARI               | M/D        |                |      | -0,08 öd   |                |      | YOK       |                |      | YOK         |                |      |
| MCARI1              | M/D        |                |      | -0,16**    |                |      | -0,37**   |                |      | -0,07 öd    |                |      |
| MCARI2              | M/D        |                |      | -0,17**    |                |      | -0,38**   |                |      | -0,11**     |                |      |
| MCARI/MTVI2         | M/D        |                |      | -0,05 öd   |                |      | YOK       |                |      | YOK         |                |      |
| MCARI/OSAVI         | M/D        |                |      | -0,16**    |                |      | YOK       |                |      | YOK         |                |      |
| MNDVI               | M/D        |                |      | -0,14**    |                |      | -0,34**   |                |      | YOK         |                |      |
| MNLI                | M/D        |                |      | -0,18**    |                |      | -0,38**   |                |      | -0,11**     |                |      |
| MRENDVI             | M/D        |                |      | -0,01 öd   |                |      | YOK       |                |      | YOK         |                |      |
| MRESR               | M/D        |                |      | -0,09 öd   |                |      | YOK       |                |      | YOK         |                |      |
| MSAVI               | M/D        |                |      | -0,16**    |                |      | -0,37**   |                |      | -0,10**     |                |      |
| MSI                 | M/D        |                |      | 0,16**     |                |      | 0,34**    |                |      | YOK         |                |      |
| MSR                 | M/D        |                |      | -0,12*     |                |      | -0,40**   |                |      | -0,06 öd    |                |      |
| MTVI                | M/D        |                |      | -0,16**    |                |      | -0,37**   |                |      | -0,07 öd    |                |      |
| MTVI2               | M/D        |                |      | -0,17**    |                |      | -0,38**   |                |      | -0,11**     |                |      |
| NBR                 | M/D        |                |      | -0,14**    |                |      | -0,34**   |                |      | YOK         |                |      |

Tablo 4.4 TS gözlem değerleri ile Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Korelasyon ve Regresyon Analiz sonuçları (Devam)

|                            |     |  |  |          |  |  |         |        |  |          |  |  |
|----------------------------|-----|--|--|----------|--|--|---------|--------|--|----------|--|--|
| <b>NDMI</b>                | M/D |  |  | -0,15**  |  |  | -0,35** |        |  | M/D      |  |  |
| <b>NDVI<sub>uydu</sub></b> | M/D |  |  | -0,15**  |  |  | -0,35** |        |  | -0,09*   |  |  |
| <b>NLI</b>                 | M/D |  |  | -0,18**  |  |  | -0,35** |        |  | -0,11**  |  |  |
| <b>NMDI</b>                | M/D |  |  | -0,04 öd |  |  | M/D     |        |  | M/D      |  |  |
| <b>OSAVI</b>               | M/D |  |  | -0,15**  |  |  | -0,36** |        |  | -0,09*   |  |  |
| <b>PVI</b>                 | M/D |  |  | -0,16**  |  |  | -0,36** |        |  | -0,06 öd |  |  |
| <b>RDI</b>                 | M/D |  |  | 0,15**   |  |  | 0,33**  |        |  | M/D      |  |  |
| <b>RDVI</b>                | M/D |  |  | -0,16**  |  |  | -0,37** |        |  | -0,07*   |  |  |
| <b>REDEGE1</b>             | M/D |  |  | -0,07 öd |  |  | M/D     |        |  | M/D      |  |  |
| <b>REDEGE2</b>             | M/D |  |  | -0,10 öd |  |  | M/D     |        |  | M/D      |  |  |
| <b>RENDVI</b>              | M/D |  |  | -0,16**  |  |  | M/D     |        |  | M/D      |  |  |
| <b>REP</b>                 | M/D |  |  | -0,17**  |  |  | M/D     |        |  | M/D      |  |  |
| <b>RI</b>                  | M/D |  |  | 0,14**   |  |  | 0,42**  |        |  | 0,09*    |  |  |
| <b>RVI</b>                 | M/D |  |  | -0,10 öd |  |  | -0,42** |        |  | -0,06 öd |  |  |
| <b>SAVI</b>                | M/D |  |  | -0,15**  |  |  | -0,36** |        |  | -0,09*   |  |  |
| <b>SIPI</b>                | M/D |  |  | 0,18**   |  |  | 0,32**  |        |  | 0,12**   |  |  |
| <b>SLAVI</b>               | M/D |  |  | -0,12*   |  |  | -0,40** |        |  | M/D      |  |  |
| <b>SMI</b>                 | M/D |  |  | M/D      |  |  | -0,86** | 0,75** |  | M/D      |  |  |
| <b>TCARI</b>               | M/D |  |  | -0,18**  |  |  | M/D     |        |  | M/D      |  |  |
| <b>TCARI/OSAVI</b>         | M/D |  |  | -0,16**  |  |  | M/D     |        |  | M/D      |  |  |
| <b>TCI</b>                 | M/D |  |  | -0,12*   |  |  | M/D     |        |  | M/D      |  |  |
| <b>TDVI</b>                | M/D |  |  | -0,16**  |  |  | -0,37** |        |  | -0,07*   |  |  |
| <b>TGI</b>                 | M/D |  |  | 0,18**   |  |  | 0,40**  |        |  | 0,18**   |  |  |
| <b>TSAVI</b>               | M/D |  |  | -0,15**  |  |  | -0,36** |        |  | -0,09*   |  |  |
| <b>TVI</b>                 | M/D |  |  | -0,12*   |  |  | M/D     |        |  | M/D      |  |  |
| <b>VARI</b>                | M/D |  |  | -0,15**  |  |  | -0,42** |        |  | -0,10*   |  |  |
| <b>WDRVI</b>               | M/D |  |  | -0,15**  |  |  | -0,35** |        |  | -0,09*   |  |  |
| <b>WDVI</b>                | M/D |  |  | -0,16**  |  |  | -0,37** |        |  | -0,07 öd |  |  |
| <b>WET</b>                 | M/D |  |  | -0,14**  |  |  | -0,35** |        |  | M/D      |  |  |

öd: Önemli değil, \* :0,05 düzeyinde önemli, \*\*0,01: düzeyinde önemli M/D: Mevcut Değil



Tablo 4.4'te TS gözlem değerleri ile Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope indeks değerleri arasındaki korelasyon değerleri görülmektedir.

Korelasyon analizine göre TS gözlem ile **Sentinel-1** VV ( $r = -0,75^{**}$ ), VV-VH ( $r = -0,73^{**}$ ), LEE\_VV ( $r = -0,77^{**}$ ), GAMMA\_VV ( $r = -0,70^{**}$ ), MALIK\_VV ( $r = -0,75^{**}$ ), **Landsat-8** LST ( $r = 0,54^{**}$ ), SMI ( $r = -0,86^{**}$ ) değerleri arasında istatistiksel olarak önemli ve yüksek ilişki bulunmuştur.

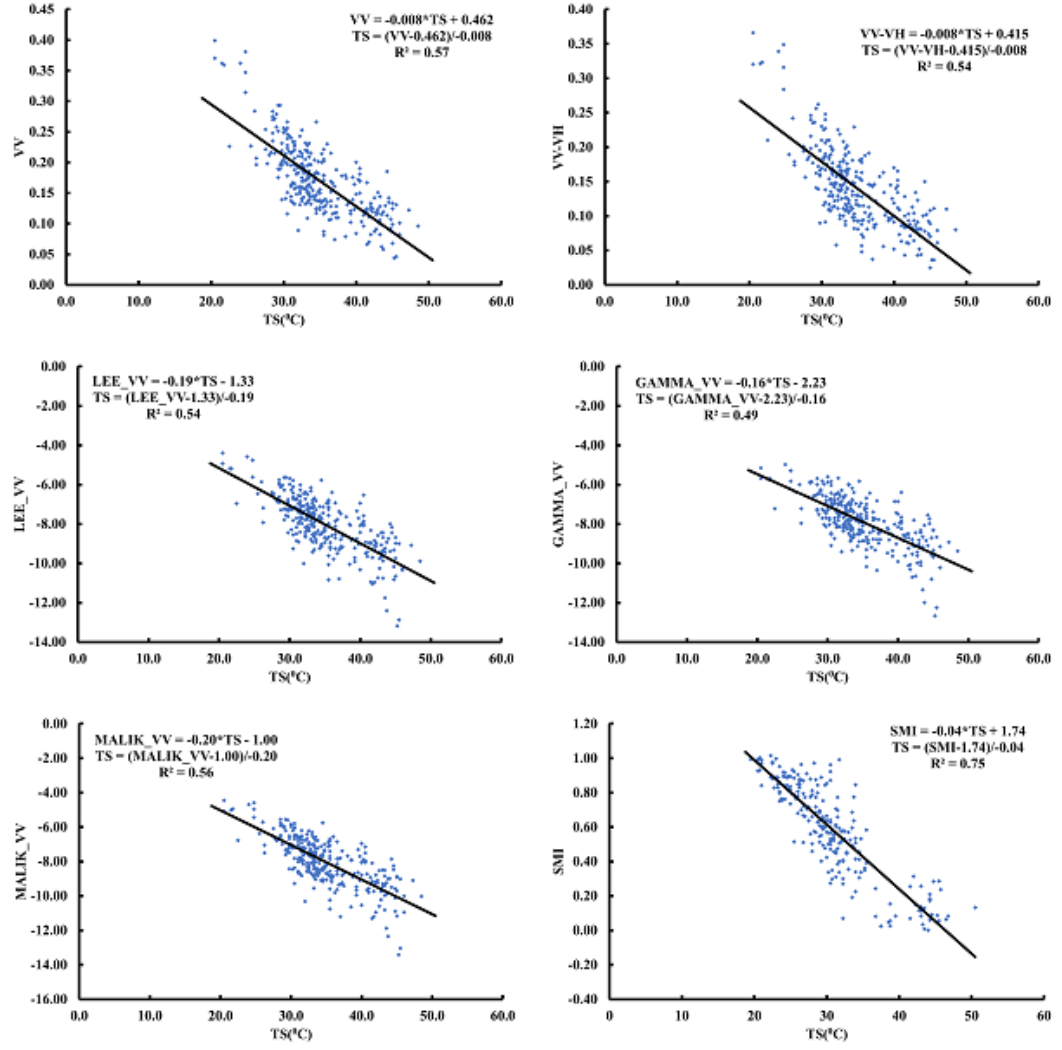
Korelasyon analizine göre TS gözlem ile **Sentinel-1** VH ( $r = -0,24^{**}$ ), VV/VH ( $r = -0,35^{**}$ ), RVI ( $r = 0,39^{**}$ ), RVI\_MAX ( $r = -0,36^{**}$ ), RVI\_MIN ( $r = -0,28^{**}$ ), CR ( $r = 0,38^{**}$ ), NL ( $r = -0,41^{**}$ ), DPSVI\_2 ( $r = 0,38^{**}$ ), LEE\_VH ( $r = -0,30^{**}$ ), GAMMA\_VH ( $r = -0,33^{**}$ ), MALIK\_VH ( $r = -0,29^{**}$ ), **Sentinel-2** ARI ( $r = 0,13^{**}$ ), ARVI ( $r = -0,16^{**}$ ), ARVI2 ( $r = -0,14^{**}$ ), BI ( $r = 0,15^{**}$ ), BNDVI ( $r = -0,12^{**}$ ), CI ( $r = 0,14^{**}$ ), DVI ( $r = -0,16^{**}$ ), EVI2 ( $r = -0,15^{**}$ ), GBNDVI ( $r = -0,13^{**}$ ), GDVI ( $r = -0,15^{**}$ ), GLI ( $r = -0,14^{**}$ ), GNDVI ( $r = -0,13^{**}$ ), GOSAVI ( $r = -0,13^{**}$ ), GRNDVI ( $r = -0,14^{**}$ ), GSAVI ( $r = -0,13^{**}$ ), GVI ( $r = -0,15^{**}$ ), GVMi ( $r = -0,15^{**}$ ), IRECI ( $r = -0,14^{**}$ ), MCARI1 ( $r = -0,16^{**}$ ), MCARI2 ( $r = -0,17^{**}$ ), MCARI/OSAVI ( $r = -0,16^{**}$ ), MNDVI ( $r = -0,14^{**}$ ), MNLI ( $r = -0,18^{**}$ ), MSAVI ( $r = -0,16^{**}$ ), MSI ( $r = 0,16^{**}$ ), MSR ( $r = -0,12^{**}$ ), MTVI ( $r = -0,16^{**}$ ), MTVI2 ( $r = -0,17^{**}$ ), NBR ( $r = -0,14^{**}$ ), NDMI ( $r = -0,15^{**}$ ), NDVI<sub>UYDU</sub> ( $r = -0,15^{**}$ ), NLI ( $r = -0,18^{**}$ ), OSAVI ( $r = -0,15^{**}$ ), PVI ( $r = -0,16^{**}$ ), RDI ( $r = 0,15^{**}$ ), RDVI ( $r = -0,16^{**}$ ), RENDVI ( $r = -0,16^{**}$ ), REP ( $r = -0,17^{**}$ ), RI ( $r = 0,14^{**}$ ), SAVI ( $r = -0,15^{**}$ ), SIPI ( $r = 0,18^{**}$ ), SLAVI ( $r = -0,12^{**}$ ), TCARI ( $r = -0,18^{**}$ ), TCARI/OSAVI ( $r = -0,16^{**}$ ), TCI ( $r = -0,12^{**}$ ), TDVI ( $r = -0,16^{**}$ ), TSAVI ( $r = -0,15^{**}$ ), TVI ( $r = -0,12^{**}$ ), VARI ( $r = -0,15^{**}$ ), WDRVI ( $r = -0,15^{**}$ ), WDVİ ( $r = -0,16^{**}$ ), WET ( $r = -0,14^{**}$ ), **Landsat-8** ARVI ( $r = -0,34^{**}$ ), BI ( $r = 0,41^{**}$ ), BNDVI ( $r = -0,34^{**}$ ), CI ( $r = 0,42^{**}$ ), DVI ( $r = -0,37^{**}$ ), EVI ( $r = -0,37^{**}$ ), EVI2 ( $r = -0,37^{**}$ ), GARI ( $r = -0,32^{**}$ ), GBNDVI ( $r = -0,34^{**}$ ), GCI ( $r = -0,37^{**}$ ), GDVI ( $r = -0,36^{**}$ ), GLI ( $r = -0,42^{**}$ ), GNDVI ( $r = -0,33^{**}$ ), GOSAVI ( $r = -0,35^{**}$ ), GRNDVI ( $r = -0,35^{**}$ ), GRVI ( $r = -0,37^{**}$ ), GSAVI ( $r = -0,35^{**}$ ), GVI ( $r = -0,37^{**}$ ), GVMi ( $r = -0,35^{**}$ ), IPVI ( $r = 0,41^{**}$ ), LAI<sub>UYDU</sub> ( $r = -0,37^{**}$ ), MCARI1 ( $r = -0,37^{**}$ ), MCARI2 ( $r = -0,38^{**}$ ), MNDVI ( $r = -0,34^{**}$ ), MNLI ( $r = -0,38^{**}$ ), MSAVI ( $r = -0,37^{**}$ ), MSI ( $r = 0,34^{**}$ ), MSR ( $r = -0,40^{**}$ ), MTVI ( $r = -0,37^{**}$ ), MTVI2 ( $r = -0,38^{**}$ ), NBR ( $r = -0,34^{**}$ ), NDMI ( $r = -0,35^{**}$ ), NDVI<sub>UYDU</sub> ( $r = -0,35^{**}$ ), NLI ( $r = -0,35^{**}$ ), OSAVI ( $r = -0,36^{**}$ ), PVI

( $r=0,36^*$ ), RDI ( $r=-0,37^{**}$ ), RDVI ( $r=0,37^{**}$ ), RI ( $r=-0,42^{**}$ ), RVI ( $r=-0,72^*$ ), SAVI ( $r=-0,36^{**}$ ), SIPI ( $r=0,40^{**}$ ), SLAVI ( $r=-0,40^{**}$ ), TDVI ( $r=-0,37^{**}$ ), TGI ( $r=0,40^*$ ), TSAVI ( $r=-0,36^{**}$ ), VARI ( $r=-0,42^*$ ), WDRVI ( $r=-0,35^{**}$ ), WDV ( $r=-0,37^{**}$ ), WET ( $r=-0,35^{**}$ ), **PlanetScope** ARVI ( $r=-0,10^*$ ), BI ( $r=0,10^{**}$ ), BNDVI ( $r=-0,13^{**}$ ), CI ( $r=0,09^*$ ), DVI ( $r=-0,07^{**}$ ), GARI ( $r=-0,16^{**}$ ), GRNDVI ( $r=-0,08^*$ ), GSAVI ( $r=-0,07^*$ ), MCARI2 ( $r=-0,11^{**}$ ), MNLI ( $r=-0,11^{**}$ ), MSAVI ( $r=-0,10^{**}$ ), MTVI2 ( $r=-0,11^{**}$ ), NLI ( $r=-0,11^{**}$ ), OSAVI ( $r=-0,09^*$ ), RDVI ( $r=-0,07^*$ ), RI ( $r=0,09^*$ ), SAVI ( $r=-0,09^*$ ), SIPI ( $r=0,12^{**}$ ), TDVI ( $r=-0,07^*$ ), TGI ( $r=0,18^{**}$ ), TSAVI ( $r=-0,09^*$ ), VARI ( $r=-0,10^*$ ), WDRVI ( $r=-0,09^*$ ) değerleri arasında istatistiksel olarak önemli ancak düşük ilişki bulunmuştur.

Korelasyon analizine göre TS gözlem değerleri ile **Sentinel-1** DPSVI ( $r=-0,07$  öd), DPSVI\_MOD ( $r=-0,07$  öd), **Sentinel-2** ARI2 ( $r=-0,02$  öd), EVI ( $r=-0,06$  öd), GARI ( $r=-0,08$  öd), GCI ( $r=-0,10$  öd), GRVI ( $r=-0,10$  öd), IPVP ( $r=0,09$  öd), LAI<sub>UYDU</sub> ( $r=-0,06$  öd), mARI ( $r=-0,02$  öd), MCARI ( $r=-0,08$  öd), MCARI/MTVI2 ( $r=-0,05$  öd), MRENDVI ( $r=-0,01$  öd), NMDI ( $r=-0,04$  öd), REDEGE1 ( $r=-0,07$  öd), REDEGE2 ( $r=-0,10$  öd), RVI ( $r=-0,10$  öd), **PlanetScope** EVI ( $r=-0,05$  öd), EVI2 ( $r=-0,09$  öd), GBNDVI ( $r=-0,09$  öd), GCI ( $r=-0,04$  öd), GDVI ( $r=-0,06$  öd), GLI ( $r=-0,13$  öd), GNDVI ( $r=-0,07$  öd), GOSAVI ( $r=-0,07$  öd), GRVI ( $r=-0,04$  öd), IPVI ( $r=-0,03$  öd), LAI<sub>UYDU</sub> ( $r=-0,05$  öd), MCARI1 ( $r=-0,07$  öd), MSR ( $r=-0,06$  öd), MTVI ( $r=-0,07$  öd), NDVI<sub>UYDU</sub> ( $r=-0,09$  öd), PVI ( $r=-0,06$  öd), RVI ( $r=-0,06$  öd), WDV ( $r=-0,07$  öd) değerleri arasındaki ilişki istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Korelasyon analizi sonucunda TS gözlem değerleri ile band/indeksler arasında önemli ve yüksek ilişki saptananların regresyon analizleri yapılmıştır (Tablo 4.4). Yapılan regresyon analiz sonuçlarına göre elde edilen  $R^2$  ve RMSE değerleri, Tablo 4.4'te verilmektedir.

Elde edilen regresyon analiz sonuçlarına göre gözlem TS gözlem ile **Sentinel-1** VV ( $R^2=0,57^{**}$ ), VV-VH ( $R^2 = 0,54^{**}$ ), LEE\_VV ( $R^2=0,54^{**}$ ), GAMMA\_VH ( $R^2 = 0,49^{**}$ ), MALIK\_VH ( $R^2 =0,56^{**}$ ), **Landsat-8** SMI ( $R^2 =0,75^{**}$ ) band/indeksleri ile önemli ve yüksek ilişkiler saptanmıştır. Bu ilişkilere dair değişim grafikleri Şekil 4.2'de verilmektedir.



Şekil 4.2 TS gözlem değerleri ile Sentinel-1, Landsat-8 bant/indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri

Şekil 4.2. de TS gözlem değerleri elde edebilmek için **Sentinel-1**  $TS = (VV-0,462) / -0,008$ ,  $TS = (VV-VH-0,415) / -0,008$ ,  $TS = (LEE\_VV-1,33) / -0,19$ ,  $TS = (GAMMA\_VV-2,23) / -0,16$ ,  $TS = (MALIK\_VV-1,00) / -0,20$ , **Landsat-8**  $TS = (SMI-1,74) / -0,04$ , denklemleri kullanılabilmektedir. Elde edilen önemli ve yüksek ilişkinin varlığı nedeniyle büyük alanlarda uydu gözlemlerine dayanarak bu indekslerin, TS gözlem değerlerinin yüksek güvenilirlikle tahmin edilmesinde kullanılmasının uygun olacağı düşünülmektedir. Bu band/indeks ilişkin regresyon denklemi değişim grafikleri, Şekil 4.2’de verilmiştir.

Regresyon analizine göre TS gözlem ile **Landsat-8** LST ( $R^2 = 0,30^{**}$ ), indeksleri arasında istatistiksel olarak düşük ilişki saptanmıştır. Düşük ilişki saptanan bu indekslerin TS gözlem değerleri hesaplamasında kullanılması uygun bulunmamıştır.

Elde edilen bulgularımız Amazirh vd. (2018); Amazirh vd. (2019); Cohen vd. (2021); Fayad vd. (2020); Masoud vd. (2019); Mattia vd. (2017); Özelkan vd. (2014); Pablos vd. (2016); Qui (2006); Rodionova (2017); Saha vd. (2018) bulguları ile benzerlik göstermektedir.

### 4.3 Ortam Nemi (%)

Elde edilen ON gözlem değerleri aynı tarihlere karşılık gelen Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope uydu band/indeks verileri ile korelasyon analizi yapılmış olup elde edilen sonuçlar, Tablo 4.5'te verilmiştir.

Korelasyon analizi sonucunda istatistiki olarak önemli bulunan Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope band/indeksler ile ON gözlem değerleri arasında regresyon analizi yapılmış, analiz sonucunda elde edilen  $R^2$  ve RMSE, Tablo 4.5'te verilmiştir.



Tablo 4.5 ON gözlem değerleri ile Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Korelasyon ve Regresyon Analiz sonuçları

| BAND/İNDİS          | Sentinel-1 |                |      | Sentinel-2 |                |      | Landsat-8 |                |      | PlanetScope |                |      |
|---------------------|------------|----------------|------|------------|----------------|------|-----------|----------------|------|-------------|----------------|------|
|                     | r          | R <sup>2</sup> | RMSE | r          | R <sup>2</sup> | RMSE | r         | R <sup>2</sup> | RMSE | r           | R <sup>2</sup> | RMSE |
| VV                  | 0,79**     | 0,63**         | 0,03 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| VH                  | 0,23**     | 0,05**         | 0,01 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| VV-VH               | 0,78**     | 0,60**         | 0,03 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| VV/VH               | 0,39**     | 0,18**         | 2,44 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| RVI                 | -0,42**    | 0,18**         | 0,16 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| RVI_MAX             | -0,39**    | 0,16**         | 0,22 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| RVI_MIN             | -0,30**    | 0,09**         | 0,13 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| CR                  | 0,37**     | 0,14**         | 0,21 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| NL                  | 0,40**     | 0,16**         | 0,01 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| DPSVI               | 0,05 öd    |                |      | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| DPSVI_2             | -0,37**    | 0,14**         | 0,21 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| DPSVI_MOD           | 0,05 öd    |                |      | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| LEE_VH              | 0,26**     | 0,07**         | 1,42 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| LEE_VV              | 0,74**     | 0,56**         | 0,92 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| GAMMA_VH            | 0,29**     | 0,09**         | 1,25 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| GAMMA_VV            | 0,71**     | 0,50**         | 0,87 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| MALIK_VH            | 0,26**     | 0,07**         | 1,52 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| MALIK_VV            | 0,75**     | 0,56**         | 0,95 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| ARI                 | M/D        |                |      | -0,14 öd   |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| ARI2                | M/D        |                |      | 0,07 öd    |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| ARVI                | M/D        |                |      | 0,15**     |                |      | 0,35**    |                |      | 0,08*       |                |      |
| ARVI2               | M/D        |                |      | 0,14**     |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| BI                  | M/D        |                |      | -0,16**    |                |      | -0,41**   |                |      | -0,08*      |                |      |
| BNDVI               | M/D        |                |      | 0,12*      |                |      | 0,35**    |                |      | 0,13**      |                |      |
| CI                  | M/D        |                |      | -0,15**    |                |      | -0,43**   |                |      | -0,08*      |                |      |
| DVI                 | M/D        |                |      | 0,17**     |                |      | 0,38**    |                |      | 0,06 öd     |                |      |
| EVI                 | M/D        |                |      | 0,08 öd    |                |      | 0,38**    |                |      | 0,04 öd     |                |      |
| EVI2                | M/D        |                |      | 0,15**     |                |      | 0,38**    |                |      | 0,08*       |                |      |
| GARI                | M/D        |                |      | 0,07 öd    |                |      | 0,30**    |                |      | 0,12**      |                |      |
| GBNDVI              | M/D        |                |      | 0,13*      |                |      | 0,36**    |                |      | 0,09*       |                |      |
| GCI                 | M/D        |                |      | 0,13*      |                |      | 0,40**    |                |      | 0,05 öd     |                |      |
| GDVI                | M/D        |                |      | 0,17**     |                |      | 0,38**    |                |      | 0,05 öd     |                |      |
| GLI                 | M/D        |                |      | 0,15**     |                |      | 0,44**    |                |      | 0,12**      |                |      |
| GNDVI               | M/D        |                |      | 0,13*      |                |      | 0,35**    |                |      | 0,07 öd     |                |      |
| GOSAVI              | M/D        |                |      | 0,13*      |                |      | 0,36**    |                |      | 0,07 öd     |                |      |
| GRNDVI              | M/D        |                |      | 0,14**     |                |      | 0,36**    |                |      | 0,07 öd     |                |      |
| GRVI                | M/D        |                |      | 0,13*      |                |      | 0,40**    |                |      | 0,05 öd     |                |      |
| GSAVI               | M/D        |                |      | 0,13*      |                |      | 0,37**    |                |      | 0,07 öd     |                |      |
| GVI                 | M/D        |                |      | 0,16**     |                |      | 0,38**    |                |      | M/D         |                |      |
| GVMi                | M/D        |                |      | 0,17**     |                |      | 0,37**    |                |      | M/D         |                |      |
| IPVI                | M/D        |                |      | -0,12*     |                |      | -0,44**   |                |      | -0,04 öd    |                |      |
| IRECI               | M/D        |                |      | 0,16**     |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| LAI <sub>uydu</sub> | M/D        |                |      | 0,08 öd    |                |      | 0,38**    |                |      | 0,04 öd     |                |      |
| LST                 | M/D        |                |      | M/D        |                |      | -0,59**   | 0,35**         |      | M/D         |                |      |
| mARI                | M/D        |                |      | 0,07 öd    |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| MCARI               | M/D        |                |      | 0,11*      |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| MCARI1              | M/D        |                |      | 0,17**     |                |      | 0,39**    |                |      | 0,06 öd     |                |      |
| MCARI2              | M/D        |                |      | 0,16**     |                |      | 0,39**    |                |      | 0,08*       |                |      |
| MCARI/MTVI2         | M/D        |                |      | 0,09 öd    |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| MCARI/OSAVI         | M/D        |                |      | 0,17**     |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| MNDVI               | M/D        |                |      | 0,15**     |                |      | 0,35**    |                |      | M/D         |                |      |
| MNLI                | M/D        |                |      | 0,17**     |                |      | 0,39**    |                |      | 0,08*       |                |      |
| MRENDVI             | M/D        |                |      | 0,01 öd    |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| MRESR               | M/D        |                |      | 0,08 öd    |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| MSAVI               | M/D        |                |      | 0,15**     |                |      | 0,38**    |                |      | 0,08*       |                |      |
| MSI                 | M/D        |                |      | -0,17**    |                |      | -0,34**   |                |      | M/D         |                |      |
| MSR                 | M/D        |                |      | 0,14**     |                |      | 0,43**    |                |      | 0,07 öd     |                |      |
| MTVI                | M/D        |                |      | 0,17**     |                |      | 0,39**    |                |      | 0,06 öd     |                |      |
| MTVI2               | M/D        |                |      | 0,16**     |                |      | 0,39**    |                |      | 0,08*       |                |      |

Tablo 4.5 ON gözlem değerleri ile Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Korelasyon ve Regresyon Analiz sonuçları (Devam)

|                      |     |  |         |  |         |        |         |  |
|----------------------|-----|--|---------|--|---------|--------|---------|--|
| NBR                  | M/D |  | 0,15**  |  | 0,35**  |        | M/D     |  |
| NDMI                 | M/D |  | 0,17**  |  | 0,36**  |        | M/D     |  |
| NDVI <sub>uydu</sub> | M/D |  | 0,15**  |  | 0,36**  |        | 0,08*   |  |
| NLI                  | M/D |  | 0,17**  |  | 0,36**  |        | 0,08*   |  |
| NMDI                 | M/D |  | 0,08 öd |  | M/D     |        | M/D     |  |
| OSAVI                | M/D |  | 0,15**  |  | 0,37**  |        | 0,08*   |  |
| PVI                  | M/D |  | 0,17**  |  | 0,38**  |        | 0,06 öd |  |
| RDI                  | M/D |  | -0,15** |  | -0,33** |        | M/D     |  |
| RDVI                 | M/D |  | 0,17**  |  | 0,38**  |        | 0,07 öd |  |
| REDEDGE1             | M/D |  | 0,10 öd |  | M/D     |        | M/D     |  |
| REDEDGE2             | M/D |  | 0,12*   |  | M/D     |        | M/D     |  |
| RENDVI               | M/D |  | 0,15**  |  | M/D     |        | M/D     |  |
| REP                  | M/D |  | 0,15**  |  | M/D     |        | M/D     |  |
| RI                   | M/D |  | -0,15** |  | -0,43** |        | -0,08*  |  |
| RVI                  | M/D |  | 0,12*   |  | 0,45**  |        | 0,06 öd |  |
| SAVI                 | M/D |  | 0,15**  |  | 0,37**  |        | 0,08*   |  |
| SIPI                 | M/D |  | -0,16** |  | -0,30** |        | -0,08*  |  |
| SLAVI                | M/D |  | 0,15**  |  | 0,44**  |        | M/D     |  |
| SMI                  | M/D |  | M/D     |  | 0,92**  | 0,84** | M/D     |  |
| TCARI                | M/D |  | 0,18**  |  | M/D     |        | M/D     |  |
| TCARI/OSAVI          | M/D |  | 0,17**  |  | M/D     |        | M/D     |  |
| TCI                  | M/D |  | 0,14**  |  | M/D     |        | M/D     |  |
| TDVI                 | M/D |  | 0,17**  |  | 0,38**  |        | 0,07 öd |  |
| TGI                  | M/D |  | -0,17** |  | -0,39** |        | -0,15** |  |
| TSAVI                | M/D |  | 0,15**  |  | 0,37**  |        | 0,08*   |  |
| TVI                  | M/D |  | 0,13*   |  | M/D     |        | M/D     |  |
| VARI                 | M/D |  | 0,16**  |  | 0,43**  |        | 0,08*   |  |
| WDRVI                | M/D |  | 0,15**  |  | 0,36**  |        | 0,08*   |  |
| WDVI                 | M/D |  | 0,17**  |  | 0,39**  |        | 0,06 öd |  |
| WET                  | M/D |  | 0,16**  |  | 0,38**  |        | M/D     |  |

öd: Önemli değil, \* :0,05 düzeyinde önemli, \*\*0,01: düzeyinde önemli M/D: Mevcut Değil

Tablo 4.5'te ON gözlem değerleri ile Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope indeks değerleri arasındaki korelasyon değerleri görülmektedir.

Korelasyon analizine göre ON gözlem ile **Sentinel-1** VV ( $r = 0,79^{**}$ ), VV-VH ( $r = 0,78^{**}$ ), LEE\_VV ( $r = 0,77^{**}$ ), GAMMA\_VV ( $r = 0,71^{**}$ ), MALIK\_VV ( $r = 0,75^{**}$ ), **Landsat-8** LST ( $r = -0,59^{**}$ ), SMI ( $r = 0,92^{**}$ ) değerleri arasında istatistiksel olarak önemli ve yüksek ilişki bulunmuştur.

Korelasyon analizine göre ON gözlem ile **Sentinel-1** VH ( $r = 0,23^{**}$ ), VV/VH ( $r = 0,39^{**}$ ), RVI ( $r = -0,42^{**}$ ), RVI\_MAX ( $r = -0,39^{**}$ ), RVI\_MIN ( $r = -0,30^{**}$ ), CR ( $r = -0,37^{**}$ ), NL ( $r = -0,40^{**}$ ), DPSVI\_2 ( $r = -0,37^{**}$ ), LEE\_VH ( $r = 0,26^{**}$ ), GAMMA\_VH ( $r = 0,29^{**}$ ), MALIK\_VH ( $r = 0,26^{**}$ ), **Sentinel-2** ARVI ( $r = 0,15^{**}$ ), ARVI2 ( $r = 0,14^{**}$ ), BI ( $r = -0,16^{**}$ ), BNDVI ( $r = 0,12^{**}$ ), CI ( $r = -0,15^{**}$ ), DVI ( $r = 0,17^{**}$ ), EVI2 ( $r = 0,15^{**}$ ), GBNDVI ( $r = 0,13^{**}$ ), GDVI ( $r = 0,17^{**}$ ), GLI ( $r = 0,15^{**}$ ), GNDVI ( $r = 0,13^{**}$ ), GOSAVI ( $r = 0,13^{**}$ ), GRNDVI ( $r = 0,14^{**}$ ), GRVI ( $r = 0,13^{**}$ ), GSAVI ( $r = 0,13^{**}$ ), GVI ( $r = 0,16^{**}$ ), GVMI ( $r = 0,17^{**}$ ), IPVI ( $r = -0,12^{**}$ ), IRECI ( $r = 0,16^{**}$ ), MCARI ( $r = 0,11^{**}$ ), MCARI1 ( $r = 0,17^{**}$ ), MCARI2 ( $r = 0,16^{**}$ ), MCARI/OSAVI ( $r = 0,17^{**}$ ), MNDVI ( $r = 0,15^{**}$ ), MNLI ( $r = 0,17^{**}$ ), MSAVI ( $r = 0,15^{**}$ ), MSI ( $r = -0,17^{**}$ ), MSR ( $r = 0,14^{**}$ ), MTVI ( $r = 0,17^{**}$ ), MTVI2 ( $r = 0,16^{**}$ ), NBR ( $r = 0,15^{**}$ ), NDMI ( $r = 0,17^{**}$ ), NDVI<sub>UYDU</sub> ( $r = 0,15^{**}$ ), NLI ( $r = 0,17^{**}$ ), OSAVI ( $r = 0,15^{**}$ ), PVI ( $r = 0,17^{**}$ ), RDI ( $r = -0,15^{**}$ ), RDVI ( $r = 0,17^{**}$ ), REDEDGE2 ( $r = 0,12^{**}$ ), RENDVI ( $r = 0,15^{**}$ ), REP ( $r = 0,15^{**}$ ), RI ( $r = -0,15^{**}$ ), RVI ( $r = 0,12^{**}$ ), SAVI ( $r = 0,15^{**}$ ), SIPI ( $r = -0,16^{**}$ ), SLAVI ( $r = 0,15^{**}$ ), TCARI ( $r = 0,18^{**}$ ), TCARI/OSAVI ( $r = 0,17^{**}$ ), TCI ( $r = 0,14^{**}$ ), TDVI ( $r = 0,17^{**}$ ), TGI ( $r = -0,17^{**}$ ), TSAVI ( $r = 0,15^{**}$ ), TVI ( $r = 0,13^{**}$ ), VARI ( $r = 0,16^{**}$ ), WDRVI ( $r = 0,15^{**}$ ), WDV ( $r = 0,17^{**}$ ), WET ( $r = 0,16^{**}$ ), **Landsat-8** ARVI ( $r = 0,35^{**}$ ), BI ( $r = -0,41^{**}$ ), BNDVI ( $r = 0,35^{**}$ ), CI ( $r = -0,43^{**}$ ), DVI ( $r = 0,38^{**}$ ), EVI ( $r = 0,38^{**}$ ), EVI2 ( $r = 0,38^{**}$ ), GARI ( $r = 0,30^{**}$ ), GBNDVI ( $r = 0,36^{**}$ ), GCI ( $r = 0,40^{**}$ ), GDVI ( $r = 0,38^{**}$ ), GLI ( $r = 0,44^{**}$ ), GNDVI ( $r = 0,35^{**}$ ), GOSAVI ( $r = 0,36^{**}$ ), GRNDVI ( $r = 0,36^{**}$ ), GRVI ( $r = 0,40^{**}$ ), GSAVI ( $r = 0,37^{**}$ ), GVI ( $r = 0,38^{**}$ ), GVMI ( $r = 0,37^{**}$ ), IPVI ( $r = -0,44^{**}$ ), LAI<sub>UYDU</sub> ( $r = 0,38^{**}$ ), MCARI1 ( $r = 0,39^{**}$ ), MCARI2 ( $r = 0,39^{**}$ ), MNDVI ( $r = 0,35^{**}$ ), MNLI ( $r = 0,39^{**}$ ), MSAVI ( $r = 0,38^{**}$ ), MSI ( $r = -0,34^{**}$ ), MSR ( $r = 0,43^{**}$ ), MTVI ( $r = 0,39^{**}$ ), MTVI2 ( $r = 0,39^{**}$ ), NBR ( $r = 0,35^{**}$ ), NDMI ( $r = 0,36^{**}$ ), NDVI<sub>UYDU</sub> ( $r = 0,36^{**}$ ), NLI ( $r = 0,36^{**}$ ), OSAVI

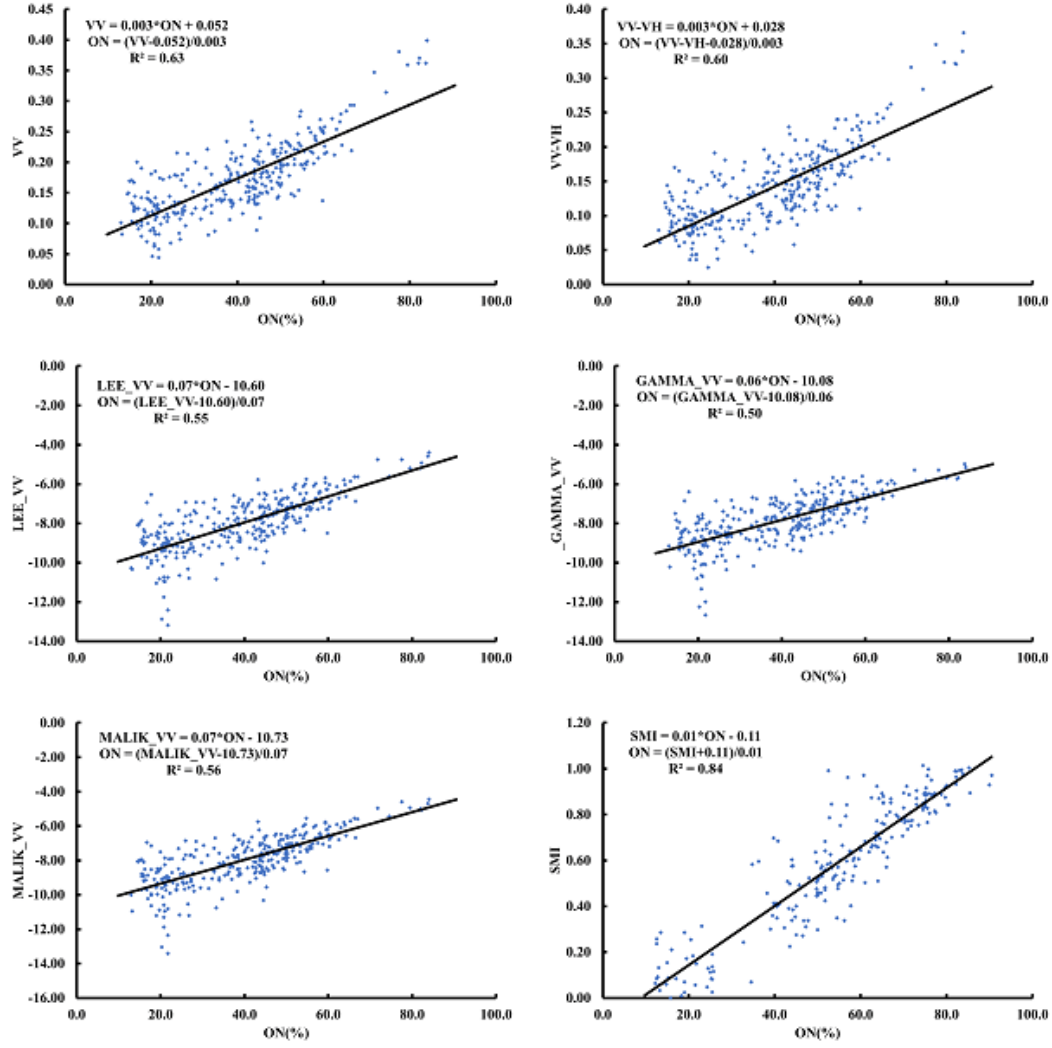


( $r=0,37^{**}$ ), PVI ( $r=0,38^*$ ), RDI ( $r=-0,33^{**}$ ), RDVI ( $r=0,38^{**}$ ), RI ( $r=-0,43^{**}$ ), RVI ( $r=0,45^{**}$ ), SAVI ( $r=0,38^{**}$ ), SIPI ( $r=-0,30^{**}$ ), SLAVI ( $r=0,44^{**}$ ), TDVI ( $r=0,38^{**}$ ), TGI ( $r=-0,39^{**}$ ), TSAVI ( $r=0,37^{**}$ ), VARI ( $r=0,43^{**}$ ), WDRVI ( $r=0,36^{**}$ ), WDV ( $r=0,39^{**}$ ), WET ( $r=0,38^{**}$ ), **PlanetScope** ARVI ( $r=0,08^*$ ), BI ( $r=0,08^*$ ), BNDVI ( $r=0,13^{**}$ ), CI ( $r=0,08^*$ ), GARI ( $r=0,12^{**}$ ), GBNDVI ( $r=0,09^*$ ), GLI ( $r=0,12^{**}$ ), MCARI2 ( $r=0,08^*$ ), MNLI ( $r=0,08^*$ ), MSAVI ( $r=0,08^*$ ), MTVI2 ( $r=0,08^*$ ), NDVI<sub>UYDU</sub> ( $r=0,08^*$ ), NLI ( $r=0,08^*$ ), OSAVI ( $r=0,08^*$ ), RI ( $r=-0,08^*$ ), SAVI ( $r=0,08^*$ ), SIPI ( $r=-0,08^*$ ), TGI ( $r=-0,15^{**}$ ), TSAVI ( $r=0,08^*$ ), VARI ( $r=0,08^*$ ), WDRVI ( $r=0,08^*$ ) değerleri arasında istatistiksel olarak önemli ancak düşük ilişki bulunmuştur.

Korelasyon analizine göre ON gözlem ile **Sentinel-1** DPSVI ( $r=0,05\text{öd}$ ), DPSVI\_MOD ( $r=0,05\text{öd}$ ), **Sentinel-2** ARI ( $r=-0,14\text{öd}$ ), ARI ( $r=0,07\text{öd}$ ), EVI ( $r=0,08\text{öd}$ ), GARI ( $r=0,07\text{öd}$ ), GCI ( $r=0,13^*\text{öd}$ ), LAI<sub>UYDU</sub> ( $r=0,08\text{öd}$ ), mARI ( $r=0,07\text{öd}$ ), MCARI/MTVI2 ( $r=0,09\text{öd}$ ), MRENDVI ( $r=0,01\text{öd}$ ), MRESR ( $r=0,08\text{öd}$ ), NMDI ( $r=0,08\text{öd}$ ), REDEDGE1 ( $r=0,10\text{öd}$ ), **PlanetScope** DVI ( $r=0,06\text{öd}$ ), EVI ( $r=0,04\text{öd}$ ), EVI2 ( $r=0,08\text{öd}$ ), GCI ( $r=0,05\text{öd}$ ), GDVI ( $r=0,05\text{öd}$ ), GNDVI ( $r=0,07\text{öd}$ ), GOSAVI ( $r=0,07\text{öd}$ ), GRNDVI ( $r=0,07\text{öd}$ ), GRVI ( $r=0,05\text{öd}$ ), GS AVI ( $r=0,07\text{öd}$ ), IPVI ( $r=-0,04\text{öd}$ ), LAI<sub>UYDU</sub> ( $r=0,04\text{öd}$ ), MCARI1 ( $r=0,06\text{öd}$ ), MSR ( $r=0,07\text{öd}$ ), MTVI ( $r=0,06\text{öd}$ ), PVI ( $r=0,06\text{öd}$ ), RDVI ( $r=0,07\text{öd}$ ), RVI ( $r=0,06\text{öd}$ ), TDVI ( $r=0,07\text{öd}$ ), WDV ( $r=0,06\text{öd}$ ) değerleri arasındaki ilişki istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Korelasyon analizi sonucunda ON gözlem değerleri ile band/indeksler arasında önemli ve yüksek ilişki saptananların regresyon analizleri yapılmıştır (Tablo 4.5). Yapılan regresyon analiz sonuçlarına göre elde edilen  $R^2$  ve RMSE değerleri, Tablo 4.5'te verilmiştir.

Elde edilen regresyon analiz sonuçlarına göre ON gözlem ile **Sentinel-1** VV ( $R^2=0,63^{**}$ ), VV-VH ( $R^2=0,60^{**}$ ), LEE\_VV ( $R^2=0,56^{**}$ ), GAMMA\_VV ( $R^2=0,50^{**}$ ), MALIK\_VV ( $R^2=0,56^{**}$ ), **Landsat-8** SMI ( $R^2=0,84^{**}$ ) ile önemli ve yüksek ilişkiler saptanmıştır. Bu ilişkilere dair değişim grafikleri Şekil 4.3'te verilmiştir.



Şekil 4.3 ON gözlem değerleri ile Sentinel-1, Landsat-8 bant/indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri

Şekil 4.3. de ON gözlem değerleri elde edebilmek için Sentinel-1  $ON = (VV-0,052) / 0,003$ ,  $ON = (VV-VH-0,028) / 0,003$ ,  $ON = (LEE\_VV-10,60) / 0,07$ ,  $ON = (GAMMA\_VV-10,08) / 0,06$ ,  $ON = (MALIK\_VV-10,73) / 0,07$ , Landsat-8  $ON = (SMI+0,11) / 0,01$  denklemleri kullanılabilmektedir. Elde edilen önemli ve yüksek ilişkinin varlığı nedeniyle büyük alanlarda uydu gözlemlerine dayanarak bu indekslerin, ON gözlem değerlerinin yüksek güvenilirlikle tahmin edilmesinde kullanılmasının uygun olacağı düşünülmektedir. Bu band/indeks ilişkin regresyon denklemi değişim grafikleri, Şekil 4.3'te verilmiştir.

Regresyon analizine göre ON gözlem ile Landsat-8 LST ( $R^2=0,35^{**}$ ), indeksleri arasında istatistiksel olarak düşük ilişki saptanmıştır. Düşük ilişki saptanan bu indekslerin ON gözlem değerleri hesaplamasında kullanılması uygun bulunmamıştır.

Elde edilen bulgularımız, Bazzi vd. (2019); Bazzi vd. (2020); Benninga vd. (2019); Filgueiras vd. (2019); Gao vd. (2018); Garkusha vd. (2017); Le Page vd. (2020); Mateus vd. (2021); Modanesi vd. (2022); Yu vd. (2017) bulguları ile benzerlik göstermektedir.

#### 4.4 Ortam Sıcaklığı (°C)

Elde edilen OS gözlem değerleri aynı tarihlere karşılık gelen Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope uydu band/indeks değerleri ile korelasyon analizi yapılmış olup elde edilen sonuçlar, Tablo 4.6’da verilmiştir.

Korelasyon analizi sonucunda istatistiki olarak önemli bulunan Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope band/indeksler ile OS gözlem değerleri arasında regresyon analizi yapılmış, analiz sonucunda bulunan  $R^2$  ve RMSE değerleri, Tablo 4.6’da verilmiştir.



Tablo 4.6 OS gözlem değerleri ile Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Korelasyon ve Regresyon Analiz sonuçları

| BAND/İNDİS          | Sentinel-1 |                |      | Sentinel-2 |                |      | Landsat-8 |                |      | PlanetScope |                |      |
|---------------------|------------|----------------|------|------------|----------------|------|-----------|----------------|------|-------------|----------------|------|
|                     | r          | R <sup>2</sup> | RMSE | r          | R <sup>2</sup> | RMSE | r         | R <sup>2</sup> | RMSE | r           | R <sup>2</sup> | RMSE |
| VV                  | -0,68**    | 0,46**         | 0,04 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| VH                  | -0,24**    | 0,06**         | 0,01 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| VV-VH               | -0,66**    | 0,43**         | 0,04 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| VV/VH               | -0,30**    | 0,12**         | 2,53 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| RVI                 | 0,35**     | 0,14**         | 0,16 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| RVI_MAX             | 0,35**     | 0,13**         | 0,22 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| RVI_MIN             | 0,25**     | 0,07**         | 0,13 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| CR                  | 0,37**     | 0,13**         | 0,21 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| NL                  | -0,41**    | 0,17**         | 0,01 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| DPSVI               | -0,07 öd   |                |      | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| DPSVI_2             | 0,37**     | 0,13**         | 0,21 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| DPSVI_MOD           | -0,07 öd   |                |      | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| LEE_VH              | -0,30**    | 0,09**         | 1,41 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| LEE_VV              | -0,69**    | 0,48**         | 0,99 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| GAMMA_VH            | -0,32**    | 0,10**         | 1,24 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| GAMMA_VV            | -0,68**    | 0,46**         | 0,90 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| MALIK_VH            | -0,28**    | 0,08**         | 1,51 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| MALIK_VV            | -0,70**    | 0,49**         | 1,02 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| ARI                 | M/D        |                |      | 0,21**     |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| ARI2                | M/D        |                |      | -0,01 öd   |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| ARVI                | M/D        |                |      | -0,14**    |                |      | -0,74**   | 0,55**         | 0,12 | -0,13**     |                |      |
| ARVI2               | M/D        |                |      | -0,12*     |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| BI                  | M/D        |                |      | 0,14**     |                |      | 0,75**    | 0,57**         | 0,09 | 0,14**      |                |      |
| BNDVI               | M/D        |                |      | -0,11*     |                |      | -0,75**   | 0,56**         | 0,04 | -0,17**     |                |      |
| CI                  | M/D        |                |      | 0,14*      |                |      | 0,75**    | 0,56**         | 0,07 | 0,14**      |                |      |
| DVI                 | M/D        |                |      | -0,15**    |                |      | -0,71**   | 0,51**         | 0,08 | -0,12**     |                |      |
| EVI                 | M/D        |                |      | -0,03 öd   |                |      | -0,73**   | 0,53**         | 0,12 | -0,10*      |                |      |
| EVI2                | M/D        |                |      | -0,13*     |                |      | -0,73**   | 0,53**         | 0,11 | -0,13**     |                |      |
| GARI                | M/D        |                |      | -0,08 öd   |                |      | -0,68**   | 0,47**         | 0,19 | -0,18**     |                |      |
| GBNDVI              | M/D        |                |      | -0,10*     |                |      | -0,74**   | 0,55**         | 0,08 | -0,13**     |                |      |
| GCI                 | M/D        |                |      | -0,08 öd   |                |      | -0,71**   | 0,51**         | 1,19 | -0,08**     |                |      |
| GDVI                | M/D        |                |      | -0,15**    |                |      | -0,70**   | 0,49**         | 0,07 | -0,11**     |                |      |
| GLI                 | M/D        |                |      | -0,14**    |                |      | -0,76**   | 0,57**         | 0,06 | -0,17**     |                |      |
| GNDVI               | M/D        |                |      | -0,10 öd   |                |      | -0,73**   | 0,54**         | 0,06 | -0,11**     |                |      |
| GOSAVI              | M/D        |                |      | -0,10 öd   |                |      | -0,73**   | 0,54**         | 0,06 | -0,11**     |                |      |
| GRNDVI              | M/D        |                |      | -0,12*     |                |      | -0,74**   | 0,55**         | 0,11 | -0,12**     |                |      |
| GRVI                | M/D        |                |      | -0,08 öd   |                |      | -0,71**   | 0,51**         | 1,19 | -0,08*      |                |      |
| GSAVI               | M/D        |                |      | -0,10 öd   |                |      | -0,72**   | 0,52**         | 0,07 | -0,11**     |                |      |
| GVI                 | M/D        |                |      | -0,14**    |                |      | -0,72**   | 0,52**         | 0,06 | M/D         |                |      |
| GVMi                | M/D        |                |      | -0,12*     |                |      | -0,74**   | 0,54**         | 0,07 | M/D         |                |      |
| IPVI                | M/D        |                |      | 0,09 öd    |                |      | 0,44**    | 0,20**         | 0,02 | 0,06 öd     |                |      |
| IRECI               | M/D        |                |      | -0,13*     |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| LAI <sub>uydu</sub> | M/D        |                |      | -0,03 öd   |                |      | -0,73**   | 0,53**         | 0,43 | -0,10*      |                |      |
| LST                 | M/D        |                |      | M/D        |                |      | 0,88**    | 0,78**         | 2,43 | M/D         |                |      |
| mARI                | M/D        |                |      | -0,01 öd   |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| MCARI               | M/D        |                |      | -0,09 öd   |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| MCARI1              | M/D        |                |      | -0,16**    |                |      | -0,72**   | 0,52**         | 0,13 | -0,12**     |                |      |
| MCARI2              | M/D        |                |      | -0,16**    |                |      | -0,74**   | 0,55**         | 0,12 | -0,15**     |                |      |
| MCARI/MTVI2         | M/D        |                |      | -0,07 öd   |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| MCARI/OSAVI         | M/D        |                |      | -0,16**    |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| MNDVI               | M/D        |                |      | -0,11*     |                |      | -0,74**   | 0,55**         | 0,10 | M/D         |                |      |
| MNLI                | M/D        |                |      | -0,18**    |                |      | -0,72**   | 0,53**         | 0,12 | -0,14**     |                |      |
| MRENDVI             | M/D        |                |      | 0,00 öd    |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| MRESR               | M/D        |                |      | -0,11*     |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |      |
| MSAVI               | M/D        |                |      | -0,14**    |                |      | -0,73**   | 0,54**         | 0,11 | -0,14**     |                |      |
| MSI                 | M/D        |                |      | 0,13*      |                |      | 0,74**    | 0,54**         | 0,10 | M/D         |                |      |
| MSR                 | M/D        |                |      | -0,10 öd   |                |      | -0,73**   | 0,54**         | 0,47 | -0,11**     |                |      |
| MTVI                | M/D        |                |      | -0,16**    |                |      | -0,72**   | 0,52**         | 0,13 | -0,12**     |                |      |
| MTVI2               | M/D        |                |      | -0,16**    |                |      | -0,74**   | 0,55**         | 0,12 | -0,15**     |                |      |
| NBR                 | M/D        |                |      | -0,11*     |                |      | -0,74**   | 0,55**         | 0,10 | M/D         |                |      |

Tablo 4.6 OS gözlem değerleri ile Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Korelasyon ve Regresyon Analiz sonuçları (Devam)

|                      |     |  |  |          |  |  |         |        |      |         |  |  |
|----------------------|-----|--|--|----------|--|--|---------|--------|------|---------|--|--|
| NDMI                 | M/D |  |  | -0,12*   |  |  | -0,74** | 0,54** | 0,08 | M/D     |  |  |
| NDVI <sub>UYDU</sub> | M/D |  |  | -0,13*   |  |  | -0,74** | 0,55** | 0,09 | -0,13** |  |  |
| NLI                  | M/D |  |  | -0,18**  |  |  | -0,74** | 0,54** | 0,20 | -0,14** |  |  |
| NMDI                 | M/D |  |  | 0,00 öd  |  |  | M/D     |        |      | M/D     |  |  |
| OSAVI                | M/D |  |  | -0,13*   |  |  | -0,74** | 0,55** | 0,09 | -0,13** |  |  |
| PVI                  | M/D |  |  | -0,16**  |  |  | -0,70** | 0,49** | 0,06 | -0,11** |  |  |
| RDI                  | M/D |  |  | 0,13*    |  |  | 0,74**  | 0,55** | 0,09 |         |  |  |
| RDVI                 | M/D |  |  | -0,15**  |  |  | -0,74** | 0,54** | 0,09 | -0,12** |  |  |
| REDEGE1              | M/D |  |  | -0,07 öd |  |  | M/D     |        |      | M/D     |  |  |
| REDEGE2              | M/D |  |  | -0,09 öd |  |  | M/D     |        |      | M/D     |  |  |
| RENDVI               | M/D |  |  | -0,14**  |  |  | M/D     |        |      | M/D     |  |  |
| REP                  | M/D |  |  | -0,13*   |  |  | M/D     |        |      | M/D     |  |  |
| RI                   | M/D |  |  | 0,14*    |  |  | 0,75**  | 0,56** | 0,07 | 0,14**  |  |  |
| RVI                  | M/D |  |  | -0,09 öd |  |  | -0,71** | 0,50** | 2,42 | -0,10** |  |  |
| SAVI                 | M/D |  |  | -0,13*   |  |  | -0,74** | 0,54** | 0,09 | -0,13** |  |  |
| SIPI                 | M/D |  |  | 0,17**   |  |  | 0,70**  | 0,49   | 0,09 | 0,15**  |  |  |
| SLAVI                | M/D |  |  | -0,09 öd |  |  | -0,72** | 0,52** | 0,82 | M/D     |  |  |
| SMI                  | M/D |  |  | M/D      |  |  | -0,70** | 0,49** | 0,19 | M/D     |  |  |
| TCARI                | M/D |  |  | -0,20**  |  |  | M/D     |        |      | M/D     |  |  |
| TCARI/OSAVI          | M/D |  |  | -0,16**  |  |  | M/D     |        |      | M/D     |  |  |
| TCI                  | M/D |  |  | -0,13*   |  |  | M/D     |        |      | M/D     |  |  |
| TDVI                 | M/D |  |  | -0,15**  |  |  | -0,73** | 0,53** | 0,11 | -0,12** |  |  |
| TGI                  | M/D |  |  | 0,20**   |  |  | 0,75**  | 0,56** | 0,58 | 0,23**  |  |  |
| TSAVI                | M/D |  |  | -0,13*   |  |  | -0,71** | 0,50** | 0,04 | -0,13** |  |  |
| TVI                  | M/D |  |  | -0,11*   |  |  | M/D     |        |      | M/D     |  |  |
| VARI                 | M/D |  |  | -0,14**  |  |  | -0,74** | 0,55** | 0,10 | -0,14** |  |  |
| WDRVI                | M/D |  |  | -0,13*   |  |  | -0,74** | 0,55** | 0,09 | -0,13** |  |  |
| WDVI                 | M/D |  |  | -0,15**  |  |  | -0,72** | 0,53** | 0,09 | -0,12** |  |  |
| WET                  | M/D |  |  | -0,10 öd |  |  | -0,74** | 0,54** | 0,03 | M/D     |  |  |

öd: Önemli değil, \* :0,05 düzeyinde önemli, \*\*0,01: düzeyinde önemli M/D: Mevcut Değil

Tablo 4.6’da OS gözlem değerleri ile Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope indeks değerleri arasındaki korelasyon değerleri görülmektedir.

Korelasyon analizine göre OS gözlem ile **Sentinel-1** VV ( $r=-0,68^{**}$ ), VV-VH ( $r=-0,66^{**}$ ), LEE\_VV ( $r=-0,69^{**}$ ), GAMMA\_VV ( $r=-0,68^{**}$ ), MALIK\_VV ( $r=-0,70^{**}$ ), **Landsat-8** ARVI ( $r=-0,74^{**}$ ), BI ( $r=0,75^{**}$ ), BNDVI ( $r=-0,75^{**}$ ), CI ( $r=0,75^{*}$ ), DVI ( $r=-0,71^{**}$ ), EVI ( $r=-0,73^{**}$ ), EVI2 ( $r=-0,73^{**}$ ), GARI ( $r=-0,68^{**}$ ), GBNDVI ( $r=-0,74^{**}$ ), GCI ( $r=-0,71^{**}$ ), GDVI ( $r=-0,70^{**}$ ), GLI ( $r=-0,76^{**}$ ), GNDVI ( $r=-0,73^{**}$ ), GOSAVI ( $r=-0,73^{**}$ ), GRNDVI ( $r=-0,74^{**}$ ), GRVI ( $r=-0,71^{**}$ ), GSAVI ( $r=-0,72^{**}$ ), GVI ( $r=-0,72^{**}$ ), GVMI ( $r=-0,74^{**}$ ), LAI<sub>UYDU</sub> ( $r=-0,73^{**}$ ), LST ( $r=0,88^{**}$ ), MCARI1 ( $r=-0,72^{**}$ ), MCARI2 ( $r=-0,74^{**}$ ), MNDVI ( $r=-0,74^{**}$ ), MNLI ( $r=-0,72^{**}$ ), MSAVI ( $r=-0,73^{**}$ ), MSI ( $r=0,74^{**}$ ), MSR ( $r=-0,73^{**}$ ), MTVI ( $r=-0,72^{**}$ ), MTVI2 ( $r=-0,74^{**}$ ), NBR ( $r=-0,74^{**}$ ), NDMI ( $r=-0,74^{**}$ ), NDVI<sub>UYDU</sub> ( $r=-0,74^{**}$ ), NLI ( $r=-0,74^{**}$ ), OSAVI ( $r=-0,74^{**}$ ), PVI ( $r=0,70^{**}$ ), RDI ( $r=-0,74^{**}$ ), RDVI ( $r=0,74^{**}$ ), RI ( $r=-0,75^{**}$ ), RVI ( $r=-0,71^{*}$ ), SAVI ( $r=-0,74^{**}$ ), SIPI ( $r=0,70^{**}$ ), SLAVI ( $r=-0,72^{**}$ ), SMI ( $r=-0,70^{**}$ ), TDVI ( $r=-0,73^{**}$ ), TGI ( $r=0,75^{**}$ ), TSAVI ( $r=-0,71^{**}$ ), VARI ( $r=-0,74^{**}$ ), WDRVI ( $r=-0,74^{**}$ ), WDV ( $r=-0,72^{**}$ ), WET ( $r=-0,74^{**}$ ) değerleri arasında istatistiksel olarak önemli ilişki bulunmuştur.

Korelasyon analizine göre OS gözlem ile **Sentinel-1** VH ( $r=-0,24^{**}$ ), VV/VH ( $r=-0,30^{**}$ ), RVI ( $r=0,35^{**}$ ), RVI\_MAX ( $r=-0,35^{**}$ ), RVI\_MIN ( $r=-0,25^{**}$ ), CR ( $r=0,37^{**}$ ), NL ( $r=-0,41^{**}$ ), DPSVI\_2 ( $r=0,37^{**}$ ), LEE\_VH ( $r=-0,30^{**}$ ), GAMMA\_VH ( $r=-0,32^{**}$ ), MALIK\_VH ( $r=-0,28^{**}$ ), **Sentinel-2** ARI ( $r=0,21^{**}$ ), ARVI ( $r=-0,14^{**}$ ), ARVI2 ( $r=-0,12^{*}$ ), BI ( $r=0,14^{**}$ ), BNDVI ( $r=-0,11^{*}$ ), CI ( $r=0,14^{*}$ ), DVI ( $r=-0,15^{**}$ ), EVI2 ( $r=-0,13^{*}$ ), GBNDVI ( $r=-0,10^{*}$ ), GDVI ( $r=-0,15^{**}$ ), GLI ( $r=-0,14^{**}$ ), GRNDVI ( $r=-0,12^{*}$ ), GVI ( $r=-0,14^{**}$ ), GVMI ( $r=-0,12^{*}$ ), IRECI ( $r=-0,13^{*}$ ), MCARI1 ( $r=-0,16^{**}$ ), MCARI2 ( $r=-0,16^{**}$ ), MCARI/OSAVI ( $r=-0,16^{**}$ ), MNDVI ( $r=-0,11^{*}$ ), MNLI ( $r=-0,18^{**}$ ), MSAVI ( $r=-0,14^{**}$ ), MSI ( $r=0,13^{*}$ ), MTVI ( $r=-0,16^{**}$ ), MTVI2 ( $r=-0,16^{**}$ ), NBR ( $r=-0,11^{*}$ ), NDMI ( $r=-0,12^{*}$ ), NDVI<sub>UYDU</sub> ( $r=-0,13^{*}$ ), NLI ( $r=-0,18^{**}$ ), OSAVI ( $r=-0,13^{*}$ ), PVI ( $r=-0,16^{**}$ ), RDI ( $r=0,13^{*}$ ), RDVI ( $r=-0,15^{**}$ ), RENDVI ( $r=-0,14^{**}$ ), REP ( $r=-0,13^{*}$ ), RI ( $r=0,14^{*}$ ), SAVI ( $r=-0,13^{**}$ ), SIPI ( $r=0,17^{**}$ ), TCARI ( $r=-0,20^{**}$ ), TCARI/OSAVI ( $r=-0,16^{**}$ ), TCI ( $r=-0,13^{*}$ ), TDVI ( $r=-0,15^{**}$ ), TSAVI ( $r=-0,13^{*}$ ), TVI ( $r=-0,11^{*}$ ), VARI ( $r=-$

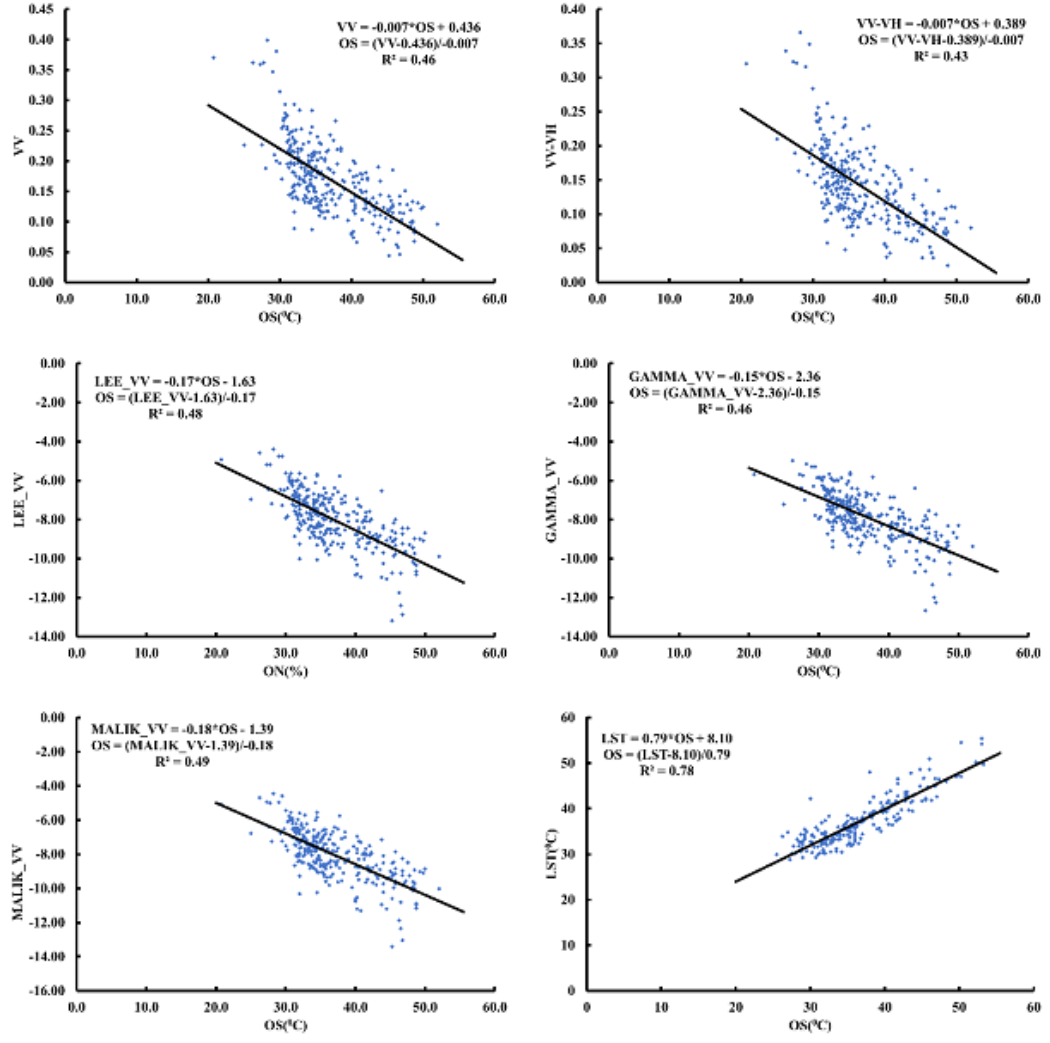
0,14\*\*), WDRVI ( $r=-0,13^*$ ), WDVİ ( $r=-0,15^{**}$ ), **Landsat-8** IPVI ( $r=0,44^{**}$ ), **PlanetScope** ARVI ( $r=-0,13^{**}$ ), BI ( $r=0,14^{**}$ ), BNDVI ( $r=-0,17^{**}$ ), CI ( $r=0,14^*$ ), DVI ( $r=-0,12^{**}$ ), EVI ( $r=-0,10^*$ ), EVI2 ( $r=-0,13^{**}$ ), GARI ( $r=-0,18^{**}$ ), GBNDVI ( $r=-0,13^{**}$ ), GCI ( $r=-0,08^{**}$ ), GDVI ( $r=-0,11^{**}$ ), GLI ( $r=-0,17^{**}$ ), GNDVI ( $r=-0,11^{**}$ ), GOSAVI( $r=-0,11^{**}$ ), GRNDVI( $r=-0,12^{**}$ ), GRVI( $r=-0,08^*$ ), GSAVI( $r=-0,11^{**}$ ), LAI<sub>UYDU</sub> ( $r=-0,10^*$ ), MCARI1 ( $r=-0,12^{**}$ ), MCARI2 ( $r=-0,15^{**}$ ), MNLI ( $r=-0,14^{**}$ ), MSAVI ( $r=-0,14^{**}$ ), MSR ( $r=-0,11^{**}$ ), MTVI ( $r=-0,12^{**}$ ), MTVI2 ( $r=-0,15^{**}$ ), NDVI<sub>UYDU</sub> ( $r=-0,13^{**}$ ), NLI ( $r=-0,14^{**}$ ), OSAVI ( $r=-0,13^{**}$ ), PVI ( $r=-0,11^{**}$ ), RDVI ( $r=-0,12^{**}$ ), RI ( $r=0,14^{**}$ ), RVI ( $r=-0,10^{**}$ ), SAVI ( $r=-0,13^{**}$ ), SIPI ( $r=0,15^{**}$ ), TDVI ( $r=-0,12^{**}$ ), TGI ( $r=0,23^{**}$ ), TSAVI ( $r=-0,13^{**}$ ), VARI ( $r=-0,14^{**}$ ), WDRVI ( $r=-0,13^{**}$ ), WDVİ ( $r=-0,12^{**}$ ) değerleri arasında istatistiksel olarak önemli ancak düşük ilişki bulunmuştur.

Korelasyon analizine göre OS gözlem ile **Sentinel-1** DPSVI ( $r=-0,07\text{öd}$ ), DPSVI\_MOD ( $r=-0,07\text{öd}$ ), **Sentinel-2** ARI2 ( $r=-0,01\text{öd}$ ), EVI ( $r=-0,03\text{öd}$ ), GARI ( $r=-0,08\text{öd}$ ), GCI ( $r=-0,08\text{öd}$ ), GNDVI ( $r=-0,10\text{öd}$ ), GOSAVI ( $r=-0,10\text{öd}$ ), GRVI ( $r=-0,08\text{öd}$ ), GSAVI ( $r=-0,10\text{öd}$ ), IPVI ( $r=-0,09\text{öd}$ ), LAI<sub>UYDU</sub> ( $r=-0,06\text{öd}$ ), mARI ( $r=-0,01\text{öd}$ ), MCARI ( $r=-0,09\text{öd}$ ), MCARI/MTVI2 ( $r=-0,07\text{öd}$ ), MRENDVI ( $r=-0,00\text{öd}$ ), MSR ( $r=-0,10\text{öd}$ ), NMDI ( $r=-0,00\text{öd}$ ), REDEGE1 ( $r=-0,07\text{öd}$ ), REDEGE2 ( $r=-0,09\text{öd}$ ), RVI ( $r=-0,09\text{öd}$ ), SLAVI ( $r=-0,09\text{öd}$ ), WET ( $r=-0,10\text{öd}$ ), **PlanetScope** IPVI ( $r=-0,06\text{öd}$ ) değerleri arasındaki ilişki istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Korelasyon analizi sonucunda OS gözlem değerleri ile band/indeksler arasında önemli ve yüksek ilişki saptananların regresyon analizleri yapılmıştır (Tablo 4.6). Yapılan regresyon analiz sonuçlarına göre elde edilen  $R^2$  ve RMSE değerleri, Tablo 4.6’da verilmiştir.

Elde edilen regresyon analiz sonuçlarına göre OS gözlem ile **Sentinel-1** VV ( $R^2=0,46^{**}$ ), VV-VH ( $R^2=0,43^{**}$ ), LEE\_VH ( $R^2=0,48^{**}$ ), GAMMA\_VH ( $R^2=0,46^{**}$ ), MALIK\_VH ( $R^2=0,49^{**}$ ), **Landsat-8** LST ( $R^2=0,78^{**}$ ) ile önemli ve yüksek ilişkiler saptanmıştır. Bu ilişkilere dair değişim grafikleri Şekil 4.4’te verilmiştir.





Şekil 4.4 OS gözlem değerleri ile Sentinel-1, Landsat-8 bant/indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri

Şekil 4.4'te OS gözlem değerleri elde edebilmek için **Sentinel-1**  $OS=(VV-0,436) / -0,007$ ;  $OS=(VV-VH-0,389) / -0,007$ ;  $OS=(LEE\_VV-1,63) / -0,17$ ;  $OS=(GAMMA\_VV-2,36) / -0,15$ ;  $OS=(MALIK\_VV-1,39) / -0,18$ ; **Landsat-8**  $OS=(LST-8,10) / 0,79$  denklemleri kullanılabilmektedir. Elde edilen önemli ve yüksek ilişkinin varlığı nedeniyle büyük alanlarda uydu gözlemlerine dayanarak bu indekslerin, OS gözlem değerlerinin yüksek güvenilirlikle tahmin edilmesinde kullanılmasının uygun olacağı düşünülmektedir. Bu band/indeks ilişkin regresyon denklemi değişim grafikleri, Şekil 4.4'te verilmiştir.

Regresyon analizine göre OS gözlem ile **Landsat-8** ARVI ( $R^2 = 0,55^{**}$ ), BI ( $R^2 = 0,57^{**}$ ), BNDVI ( $R^2 = 0,56^{**}$ ), CI ( $R^2 = 0,56^{**}$ ), DVI ( $R^2 = 0,51^{**}$ ), EVI ( $R^2 = 0,53^{**}$ ), EVI2 ( $R^2 = 0,53^{**}$ ), GARI ( $R^2 = 0,47^{**}$ ), GBNDVI ( $R^2 = 0,55^{**}$ ), GCI ( $R^2 = 0,51^{**}$ ), GDVI ( $R^2 = 0,49^{**}$ ), GLI ( $R^2 = 0,57^{**}$ ), GNDVI ( $R^2 = 0,54^{**}$ ), GOSAVI ( $R^2 = 0,54^{**}$ ), GRNDVI ( $R^2 = 0,55^{**}$ ), GRVI ( $R^2 = 0,51^{**}$ ), GSAVI ( $R^2 = 0,52^{**}$ ), GVI ( $R^2 = 0,52^{**}$ ), GVMI ( $R^2 = 0,54^{**}$ ), LAI<sub>UYDU</sub> ( $R^2 = 0,53^{**}$ ), MCARI1 ( $R^2 = 0,52^{**}$ ), MCARI2 ( $R^2 = 0,55^{**}$ ), MNDVI ( $R^2 = 0,55^{**}$ ), MNLI ( $R^2 = 0,53^{**}$ ), MSAVI ( $R^2 = 0,54^{**}$ ), MSI ( $R^2 = 0,54^{**}$ ), MSR ( $R^2 = 0,54^{**}$ ), MTVI ( $R^2 = 0,52^{**}$ ), MTVI2 ( $R^2 = 0,55^{**}$ ), NBR ( $R^2 = 0,55^{**}$ ), NDMI ( $R^2 = 0,54^{**}$ ), NDVI<sub>UYDU</sub> ( $R^2 = 0,55^{**}$ ), NLI ( $R^2 = 0,54^{**}$ ), OSAVI ( $R^2 = 0,55^{**}$ ), PVI ( $R^2 = 0,49^{**}$ ), RDI ( $R^2 = 0,55^{**}$ ), RDVI ( $R^2 = 0,54^{**}$ ), RI ( $R^2 = 0,56^{**}$ ), RVI ( $R^2 = 0,50^{**}$ ), SAVI ( $R^2 = 0,54^{**}$ ), SIPI ( $R^2 = 0,49^{**}$ ), SLAVI ( $R^2 = 0,52^{**}$ ), SMI ( $R^2 = 0,49^{**}$ ), TDVI ( $R^2 = 0,53^{**}$ ), TGI ( $R^2 = 0,56^{**}$ ), TSAVI ( $R^2 = 0,50^{**}$ ), VARI ( $R^2 = 0,55^{**}$ ), WDRVI ( $R^2 = 0,55^{**}$ ), WDVİ ( $R^2 = 0,53^{**}$ ), WET ( $R^2 = 0,54^{**}$ ) indeksleri arasında istatistiksel olarak düşük ilişki saptanmıştır. Düşük ilişki saptanan bu indekslerin OS gözlem değerleri hesaplamasında kullanılması uygun bulunmamıştır.

Elde edilen Ghafarian Malamiri (2015); Özelkan vd. (2014); Pablos vd. (2016); Saha vd. (2018); Zhang ve Zhou (2016) bulguları ile benzerlik göstermektedir.

#### **4.5 Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi**

Elde edilen gözlem NDVI değerleri aynı tarihlere ( $\pm 2$  gün) karşılık gelen Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope uydu band/indeks değerleri ile analizi yapılmış olup elde edilen sonuçlar, Tablo 4.7’de verilmiştir.

Korelasyon analizi sonucunda istatistiki olarak önemli bulunan Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope band/indeksler ile NDVI gözlem değerleri arasında regresyon analizi yapılmış, analiz sonucunda bulunan  $R^2$  ve RMSE, Tablo 4.7’de verilmiştir.



Tablo 4.7 NDVI gözlem değerleri ile Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Korelasyon ve Regresyon Analiz sonuçları

| BAND/İNDİS           | Sentinel-1 |                |      | Sentinel-2 |                |         | Landsat-8 |                |      | PlanetScope |                |         |
|----------------------|------------|----------------|------|------------|----------------|---------|-----------|----------------|------|-------------|----------------|---------|
|                      | r          | R <sup>2</sup> | RMSE | r          | R <sup>2</sup> | RMSE    | r         | R <sup>2</sup> | RMSE | r           | R <sup>2</sup> | RMSE    |
| VV                   | 0,44**     | 0,20**         | 0,05 | M/D        |                |         | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| VH                   | 0,49**     | 0,24**         | 0,01 | M/D        |                |         | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| VV-VH                | 0,35**     | 0,13**         | 0,05 | M/D        |                |         | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| VV/VH                | 0,21**     | 0,07**         | 2,5  | M/D        |                |         | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| RVI                  | 0,17**     | 0,046d         | 0,18 | M/D        |                |         | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| RVI_MAX              | 0,156d     |                |      | M/D        |                |         | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| RVI_MIN              | 0,136d     |                |      | M/D        |                |         | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| CR                   | 0,136d     |                |      | M/D        |                |         | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| NL                   | 0,50**     | 0,25**         | 0,01 | M/D        |                |         | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| DPSVI                | 0,39**     | 0,16**         | 0,03 | M/D        |                |         | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| DPSVI_2              | 0,136d     |                |      | M/D        |                |         | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| DPSVI_MOD            | 0,39**     | 0,16**         | 0,03 | M/D        |                |         | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| LEE_VH               | 0,64**     | 0,43**         | 1,13 | M/D        |                |         | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| LEE_VV               | 0,51**     | 0,26**         | 1,09 | M/D        |                |         | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| GAMMA_VH             | 0,70**     | 0,50**         | 0,93 | M/D        |                |         | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| GAMMA_VV             | 0,56**     | 0,31**         | 0,95 | M/D        |                |         | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| MALIK_VH             | 0,61**     | 0,38**         | 1,25 | M/D        |                |         | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| MALIK_VV             | 0,48**     | 0,24**         | 1,15 | M/D        |                |         | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| ARI                  | M/D        |                |      | 0,45**     | 0,20**         | 0,00    | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| ARI2                 | M/D        |                |      | 0,74**     | 0,65**         | 0,48    | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| ARV1                 | M/D        |                |      | 0,92**     | 0,83**         | 0,09    | 0,92**    | 0,83**         | 0,09 | 0,93**      | 0,85**         | 0,07    |
| ARV12                | M/D        |                |      | 0,91**     | 0,82**         | 0,08    | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| BI                   | M/D        |                |      | -0,89**    | 0,82**         | 0,06    | -0,86**   | 0,73**         | 0,08 | -0,89**     | 0,76**         | 0,07    |
| BNDVI                | M/D        |                |      | 0,85**     | 0,76**         | 0,04    | 0,91**    | 0,81**         | 0,03 | 0,88**      | 0,73**         | 0,03    |
| CI                   | M/D        |                |      | -0,85**    | 0,79**         | 0,07    | -0,82**   | 0,67**         | 0,06 | -0,85**     | 0,70**         | 0,05    |
| DVI                  | M/D        |                |      | 0,85**     | 0,78**         | 656,85  | 0,84**    | 0,70**         | 0,06 | 0,84**      | 0,73**         | 658,01  |
| EVI                  | M/D        |                |      | 0,88**     | 0,76**         | 0,32    | 0,86**    | 0,73**         | 0,09 | 0,88**      | 0,76**         | 0,22    |
| EVI2                 | M/D        |                |      | 0,90**     | 0,81**         | 0,17    | 0,87**    | 0,77**         | 0,08 | 0,92**      | 0,83**         | 0,14    |
| GARI                 | M/D        |                |      | 0,92**     | 0,84**         | 0,08    | 0,90**    | 0,80**         | 0,14 | 0,91**      | 0,80**         | 0,10    |
| GBNDVI               | M/D        |                |      | 0,87**     | 0,79**         | 0,06    | 0,90**    | 0,80**         | 0,06 | 0,89**      | 0,77**         | 0,05    |
| GCI                  | M/D        |                |      | 0,81**     | 0,75**         | 0,93    | 0,81**    | 0,70**         | 1,05 | 0,82**      | 0,70**         | 0,94    |
| GDVI                 | M/D        |                |      | 0,82**     | 0,75**         | 573,69  | 0,83**    | 0,67**         | 0,05 | 0,82**      | 0,71**         | 604,23  |
| GLI                  | M/D        |                |      | 0,82**     | 0,75**         | 0,05    | 0,84**    | 0,69**         | 0,05 | 0,85**      | 0,74**         | 0,04    |
| GNDVI                | M/D        |                |      | 0,88**     | 0,77**         | 0,05    | 0,90**    | 0,80**         | 0,05 | 0,91**      | 0,79**         | 0,04    |
| GOSAVI               | M/D        |                |      | 0,88**     | 0,77**         | 0,05    | 0,89**    | 0,78**         | 0,04 | 0,91**      | 0,79**         | 0,04    |
| GRNDVI               | M/D        |                |      | 0,89**     | 0,78**         | 0,09    | 0,89**    | 0,79**         | 0,08 | 0,91**      | 0,80**         | 0,07    |
| GRVI                 | M/D        |                |      | 0,81**     | 0,75**         | 0,93    | 0,81**    | 0,70**         | 1,05 | 0,82**      | 0,70**         | 0,94    |
| GSAVI                | M/D        |                |      | 0,88**     | 0,77**         | 0,07    | 0,87**    | 0,75**         | 0,05 | 0,91**      | 0,79**         | 0,06    |
| GVI                  | M/D        |                |      | 0,85**     | 0,78**         | 488,77  | 0,85**    | 0,71**         | 0,05 | M/D         |                |         |
| GVM1                 | M/D        |                |      | 0,88**     | 0,77**         | 0,07    | 0,87**    | 0,75**         | 0,05 | M/D         |                |         |
| IPVI                 | M/D        |                |      | -0,54**    | 0,55**         | 0,02    | -0,016d   |                | 0,02 | 0,026d      | 0,18**         | 0,02    |
| IRECI                | M/D        |                |      | 0,78**     | 0,71**         | 3780,01 | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| LAI <sub>UYDU</sub>  | M/D        |                |      | 0,88**     | 0,76**         | 1,16    | 0,86**    | 0,73**         | 0,33 | 0,88**      | 0,76**         | 0,80    |
| LST                  | M/D        |                |      | M/D        |                |         | -0,86**   | 0,72**         | 3,23 | M/D         |                |         |
| mARI                 | M/D        |                |      | 0,74**     | 0,65**         | 0,48    | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| MCARI                | M/D        |                |      | 0,77**     | 0,71**         | 435,27  | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| MCARI1               | M/D        |                |      | 0,86**     | 0,79**         | 1082,62 | 0,85**    | 0,72**         | 0,10 | 0,86**      | 0,72**         | 1039,05 |
| MCARI2               | M/D        |                |      | 0,92**     | 0,84**         | 0,07    | 0,86**    | 0,73**         | 0,10 | 0,94**      | 0,85**         | 0,06    |
| MCARI-MTVI2          | M/D        |                |      | 0,69**     | 0,64**         | 445,14  | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| MCARI-OSAVI          | M/D        |                |      | 0,88**     | 0,80**         | 53,29   | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| MNDVI                | M/D        |                |      | 0,90**     | 0,80**         | 0,08    | 0,89**    | 0,79**         | 0,08 | M/D         |                |         |
| MNLI                 | M/D        |                |      | 0,92**     | 0,84**         | 0,00    | 0,85**    | 0,71**         | 0,10 | 0,94**      | 0,85**         | 0,00    |
| MRENDVI              | M/D        |                |      | 0,90**     | 0,80**         | 0,06    | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| MRESR                | M/D        |                |      | 0,82**     | 0,72**         | 0,61    | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| MSAVI                | M/D        |                |      | 0,92**     | 0,83**         | 0,06    | 0,86**    | 0,74**         | 0,09 | 0,94**      | 0,85**         | 0,04    |
| MSI                  | M/D        |                |      | -0,90**    | 0,81**         | 0,08    | -0,90**   | 0,80**         | 0,08 | M/D         |                |         |
| MSR                  | M/D        |                |      | 0,81**     | 0,76**         | 0,45    | 0,82**    | 0,70**         | 0,41 | 0,84**      | 0,77**         | 0,32    |
| MTVI                 | M/D        |                |      | 0,86**     | 0,79**         | 1082,62 | 0,85**    | 0,72**         | 0,10 | 0,86**      | 0,72**         | 1039,05 |
| MTVI2                | M/D        |                |      | 0,92**     | 0,84**         | 0,07    | 0,86**    | 0,73**         | 0,10 | 0,94**      | 0,85**         | 0,06    |
| NBR                  | M/D        |                |      | 0,90**     | 0,80**         | 0,08    | 0,89**    | 0,79**         | 0,08 | M/D         |                |         |
| NDMI                 | M/D        |                |      | 0,88**     | 0,77**         | 0,07    | 0,88**    | 0,77**         | 0,07 | M/D         |                |         |
| NDVI <sub>UYDU</sub> | M/D        |                |      | 0,90**     | 0,81**         | 0,07    | 0,91**    | 0,81**         | 0,07 | 0,92**      | 0,83**         | 0,06    |
| NLI                  | M/D        |                |      | 0,92**     | 0,84**         | 0,00    | 0,90**    | 0,79**         | 0,15 | 0,94**      | 0,85**         | 0,00    |
| NMDI                 | M/D        |                |      | -0,24**    | 0,28**         | 0,02    | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| OSAVI                | M/D        |                |      | 0,90**     | 0,81**         | 0,08    | 0,90**    | 0,79**         | 0,07 | 0,92**      | 0,83**         | 0,07    |

Tablo 4.7 NDVI gözlem değerleri ile Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Korelasyon ve Regresyon Analiz sonuçları (Devam)

|             |     |  |  |         |        |          |         |        |      |         |        |         |
|-------------|-----|--|--|---------|--------|----------|---------|--------|------|---------|--------|---------|
| PVI         | M/D |  |  | 0,83**  | 0,76** | 524,78   | 0,83**  | 0,68** | 0,05 | 0,83**  | 0,72** | 539,76  |
| RDI         | M/D |  |  | -0,92** | 0,83** | 0,08     | -0,90** | 0,81** | 0,07 | M/D     |        |         |
| RDVI        | M/D |  |  | 0,88**  | 0,81** | 6,81     | 0,88**  | 0,76** | 0,07 | 0,89**  | 0,76** | 6,36    |
| REDEDGE1    | M/D |  |  | 0,77**  | 0,72** | 0,38     | M/D     |        |      | M/D     |        |         |
| REDEDGE2    | M/D |  |  | 0,84**  | 0,78** | 0,07     | M/D     |        |      | M/D     |        |         |
| RENDVI      | M/D |  |  | 0,89**  | 0,78** | 0,06     | M/D     |        |      | M/D     |        |         |
| REP         | M/D |  |  | 0,77**  | 0,59** | 1,42     | M/D     |        |      | M/D     |        |         |
| RI          | M/D |  |  | -0,85** | 0,79** | 0,07     | -0,82** | 0,67** | 0,06 | -0,85** | 0,70** | 0,05    |
| RVI         | M/D |  |  | 0,75**  | 0,70** | 2,61     | 0,75**  | 0,62** | 2,22 | 0,79**  | 0,67** | 1,69    |
| SAVI        | M/D |  |  | 0,90**  | 0,81** | 0,11     | 0,88**  | 0,76** | 0,07 | 0,92**  | 0,83** | 0,09    |
| SIPI        | M/D |  |  | -0,90** | 0,80** | 0,07     | -0,92** | 0,83** | 0,06 | -0,92** | 0,86** | 0,06    |
| SLAVI       | M/D |  |  | 0,80**  | 0,73** | 0,67     | 0,78**  | 0,67** | 0,75 | M/D     |        |         |
| SMI         | M/D |  |  | M/D     |        |          | 0,28**  | 0,08** | 0,26 | M/D     |        |         |
| TCARI       | M/D |  |  | 0,87**  | 0,76** | 173,02   | M/D     |        |      | M/D     |        |         |
| TCARI-OSAVI | M/D |  |  | 0,88**  | 0,80** | 159,88   | M/D     |        |      | M/D     |        |         |
| TCI         | M/D |  |  | 0,83**  | 0,76** | 217,03   | M/D     |        |      | M/D     |        |         |
| TDVI        | M/D |  |  | 0,88**  | 0,81** | 10,22    | 0,86**  | 0,73** | 0,08 | 0,89**  | 0,76** | 9,53    |
| TGI         | M/D |  |  | -0,79** | 0,62** | 4756,27  | -0,86** | 0,74** | 0,46 | -0,83** | 0,64** | 3605,25 |
| TSAVI       | M/D |  |  | 0,90**  | 0,81** | 0,07     | 0,85**  | 0,72** | 0,03 | 0,92**  | 0,83** | 0,06    |
| TVI         | M/D |  |  | 0,87**  | 0,80** | 21703,93 | M/D     |        |      | M/D     |        |         |
| VARI        | M/D |  |  | 0,84**  | 0,77** | 0,11     | 0,82**  | 0,67** | 0,08 | 0,84**  | 0,69** | 0,07    |
| WDRVI       | M/D |  |  | 0,86**  | 0,80** | 0,07     | 0,91**  | 0,81** | 0,07 | 0,92**  | 0,83** | 0,06    |
| WDVI        | M/D |  |  | 0,86**  | 0,79** | 714,96   | 0,85**  | 0,72** | 0,07 | 0,86**  | 0,71** | 692,00  |
| WET         | M/D |  |  | 0,86**  | 0,77** | 257,34   | 0,84**  | 0,74** | 0,02 | M/D     |        |         |

öd: Önemli değil, \*:0,05 düzeyinde önemli, \*\*:0,01: düzeyinde önemli M/D: Mevcut Değil

Tablo 4.7’de gözlem NDVI değerleri ile Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope band/indeks değerleri arasındaki korelasyon değerleri görülmektedir.

Korelasyon analizine göre gözlem NDVI ile **Sentinel-1** VV ( $r=0,44^{**}$ ), VH ( $r=0,49^{**}$ ), NL ( $r=0,50^{**}$ ), LEE\_VH ( $r=0,64^{**}$ ), LEE\_VV ( $r=0,51^{**}$ ), GAMMA\_VH ( $r=0,70^{**}$ ), GAMMA\_VV ( $r=0,56^{**}$ ), MALIK\_VH ( $r=0,61^{**}$ ), MALIK\_VV ( $r=0,48^{**}$ ), **Sentinel-2** ARI2 ( $r=0,74^{**}$ ), ARVI ( $r=0,92^{**}$ ), ARVI2 ( $r=0,91^{**}$ ), BI ( $r=-0,89^{**}$ ), BNDVI ( $r=0,85^{**}$ ), CI ( $r=-0,85^{**}$ ), DVI ( $r=0,85^{**}$ ), EVI ( $r=0,88^{**}$ ), EVI2 ( $r=0,90^{**}$ ), GARI ( $r=0,92^{**}$ ), GBNDVI ( $r=0,87^{**}$ ), GCI ( $r=0,81^{**}$ ), GDVI ( $r=0,82^{**}$ ), GLI ( $r=0,82^{**}$ ), GNDVI ( $r=0,88^{**}$ ), GOSAVI ( $r=0,88^{**}$ ), GRNDVI ( $r=0,89^{**}$ ), GRVI ( $r=0,81^{**}$ ), GSAVI ( $r=0,88^{**}$ ), GVI ( $r=0,85^{**}$ ), GVMI ( $r=0,88^{**}$ ), IRECI ( $r=0,78^{**}$ ), LAIUYDU ( $r=0,88^{**}$ ), mARI ( $r=0,74^{**}$ ), MCARI ( $r=0,77^{**}$ ), MCARI1 ( $r=0,86^{**}$ ), MCARI2 ( $r=0,92^{**}$ ), MCARI/MTVI2 ( $r=0,69^{**}$ ), MCARI/OSAVI ( $r=0,88^{**}$ ), MNDVI ( $r=0,90^{**}$ ), MNLI ( $r=0,92^{**}$ ), MRENDVI ( $r=0,90^{**}$ ), MRESR ( $r=0,82^{**}$ ), MSAVI ( $r=0,92^{**}$ ), MSI ( $r=-0,90^{**}$ ), MSR ( $r=0,81^{**}$ ), MTVI ( $r=0,86^{**}$ ), MTVI2 ( $r=0,92^{**}$ ), NBR ( $r=0,90^{**}$ ), NDMI ( $r=0,88^{**}$ ), NDVIUYDU ( $r=0,90^{**}$ ), NLI ( $r=0,92^{**}$ ), OSAVI ( $r=0,90^{**}$ ), PVI ( $r=0,83^{**}$ ), RDI ( $r=-0,92^{**}$ ), RDVI ( $r=0,88^{**}$ ), REDEGE1 ( $r=0,77^{**}$ ), REDEGE2 ( $r=0,84^{**}$ ), RENDVI ( $r=0,89^{**}$ ), REP ( $r=0,77^{**}$ ), RI ( $r=-0,85^{**}$ ), RVI ( $r=0,75^{**}$ ), SAVI ( $r=0,90^{**}$ ), SIPI ( $r=-0,90^{**}$ ), SLAVI ( $r=0,80^{**}$ ), TCARI ( $r=0,87^{**}$ ), TCARI/OSAVI ( $r=0,88^{**}$ ), TCI ( $r=0,83^{**}$ ), TDVI ( $r=0,88^{**}$ ), TGI ( $r=-0,79^{**}$ ), TSAVI ( $r=0,90^{**}$ ), TVI ( $r=0,87^{**}$ ), VARI ( $r=0,84^{**}$ ), WDRVI ( $r=0,86^{**}$ ), WDV ( $r=0,86^{**}$ ), WET ( $r=0,86^{**}$ ), **Landsat-8** ARVI ( $r=0,92^{**}$ ), BI ( $r=-0,86^{**}$ ), BNDVI ( $r=0,91^{**}$ ), CI ( $r=-0,82^{**}$ ), DVI ( $r=0,84^{**}$ ), EVI ( $r=0,86^{**}$ ), EVI2 ( $r=0,87^{**}$ ), GARI ( $r=0,90^{**}$ ), GBNDVI ( $r=0,90^{**}$ ), GCI ( $r=0,81^{**}$ ), GDVI ( $r=0,83^{**}$ ), GLI ( $r=0,84^{**}$ ), GNDVI ( $r=0,90^{**}$ ), GOSAVI ( $r=0,89^{**}$ ), GRNDVI ( $r=0,89^{**}$ ), GRVI ( $r=0,81^{**}$ ), GSAVI ( $r=0,87^{**}$ ), GVI ( $r=0,85^{**}$ ), GVMI ( $r=0,87^{**}$ ), LAIUYDU ( $r=0,86^{**}$ ), LST ( $r=-0,86^{**}$ ), MCARI1 ( $r=0,85^{**}$ ), MCARI2 ( $r=0,86^{**}$ ), MNDVI ( $r=0,89^{**}$ ), MNLI ( $r=0,85^{**}$ ), MSAVI ( $r=0,86^{**}$ ), MSI ( $r=-0,90^{**}$ ), MSR ( $r=0,82^{**}$ ), MTVI ( $r=0,85^{**}$ ), MTVI2 ( $r=0,86^{**}$ ), NBR ( $r=0,89^{**}$ ), NDMI ( $r=0,88^{**}$ ), NDVIUYDU ( $r=0,91^{**}$ ), NLI ( $r=0,90^{**}$ ), OSAVI ( $r=0,90^{**}$ ), PVI ( $r=0,83^{**}$ ), RDI ( $r=-0,90^{**}$ ), RDVI ( $r=0,88^{**}$ ), RI ( $r=-0,82^{**}$ ), RVI ( $r=0,75^{**}$ ), SAVI ( $r=0,88^{**}$ ), SIPI ( $r=-0,92^{**}$ ), SLAVI ( $r=0,78^{**}$ ), SMI ( $r=0,28^{**}$ ), TDVI

( $r=0,86^{**}$ ), TGI ( $r=-0,86^{**}$ ), TSAVI ( $r=0,85^{**}$ ), VARI ( $r=0,82^{**}$ ), WDRVI ( $r=0,91^{**}$ ), WdVI ( $r=0,85^{**}$ ), WET ( $r=0,84^{**}$ ), **PlanetScope** ARVI ( $r=0,93^{**}$ ), BI ( $r=-0,89^{**}$ ), BNDVI ( $r=0,88^{**}$ ), CI ( $r=-0,85^{**}$ ), DVI ( $r=0,84^{**}$ ), EVI ( $r=0,88^{**}$ ), EVI2 ( $r=0,92^{**}$ ), GARI ( $r=0,91^{**}$ ), GBNDVI ( $r=0,89^{**}$ ), GCI ( $r=0,82^{**}$ ), GDVI ( $r=0,82^{**}$ ), GLI ( $r=0,85^{**}$ ), GNDVI ( $r=0,91^{**}$ ), GOSAVI ( $r=0,91^{**}$ ), GRNDVI ( $r=0,91^{**}$ ), GRVI ( $r=0,82^{**}$ ), GSAVI ( $r=0,91^{**}$ ), LAIUYDU ( $r=0,88^{**}$ ), MCARI1 ( $r=0,86^{**}$ ), MCARI2 ( $r=0,94^{**}$ ), MNLI ( $r=0,94^{**}$ ), MSAVI ( $r=0,94^{**}$ ), MSR ( $r=0,84^{**}$ ), MTVI ( $r=0,86^{**}$ ), MTVI2 ( $r=0,94^{**}$ ), NDVIUYDU ( $r=0,92^{**}$ ), NLI ( $r=0,94^{**}$ ), OSAVI ( $r=0,92^{**}$ ), PVI ( $r=0,83^{**}$ ), RDVI ( $r=0,89^{**}$ ), RI ( $r=-0,85^{**}$ ), RVI ( $r=0,79^{**}$ ), SAVI ( $r=0,92^{**}$ ), SIPI ( $r=-0,92^{**}$ ), TDVI ( $r=0,89^{**}$ ), TGI ( $r=-0,83^{**}$ ), TSAVI ( $r=0,92^{**}$ ), VARI ( $r=0,84^{**}$ ), WDRVI ( $r=0,92^{**}$ ), WdVI ( $r=0,86^{**}$ ) değerleri arasında istatistiksel olarak önemli ilişki bulunmuştur.

Korelasyon analizine göre NDVI gözlem ile **Sentinel-1** VV-VH ( $r=0,35^{**}$ ), VV/VH ( $r=-0,21^{**}$ ), RVI ( $r=0,17^{**}$ ), DPSVI ( $r=0,39^{**}$ ), DPSVI\_MOD ( $r=0,39^{**}$ ), **Sentinel-2** ARI ( $r=0,45^{**}$ ), IPVI ( $r=-0,54^{**}$ ), NMDI ( $r=-0,24^{**}$ ) değerleri arasında istatistiksel olarak önemli ancak düşük ilişki bulunmuştur.

Korelasyon analizine göre gözlem NDVI ile **Sentinel-1** RVI\_MAX ( $r=0,15^{öd}$ ), RVI\_MIN ( $r=0,13^{öd}$ ), CR ( $r=0,13^{öd}$ ), DPSVI\_2 ( $r=0,13^{öd}$ ), **Landsat-8** IPVI ( $r=-0,01^{öd}$ ), **PlanetScope** IPVI ( $r=-0,02^{öd}$ ) değerleri arasındaki ilişki istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Korelasyon analizi sonucunda gözlem NDVI değerleri ile band/indeksler arasında önemli ve yüksek ilişki saptananların, regresyon analizleri yapılmıştır (Tablo 4.7). Yapılan regresyon analiz sonuçlarına göre elde edilen  $R^2$  ve RMSE değerleri, Tablo 4.7’de verilmiştir.

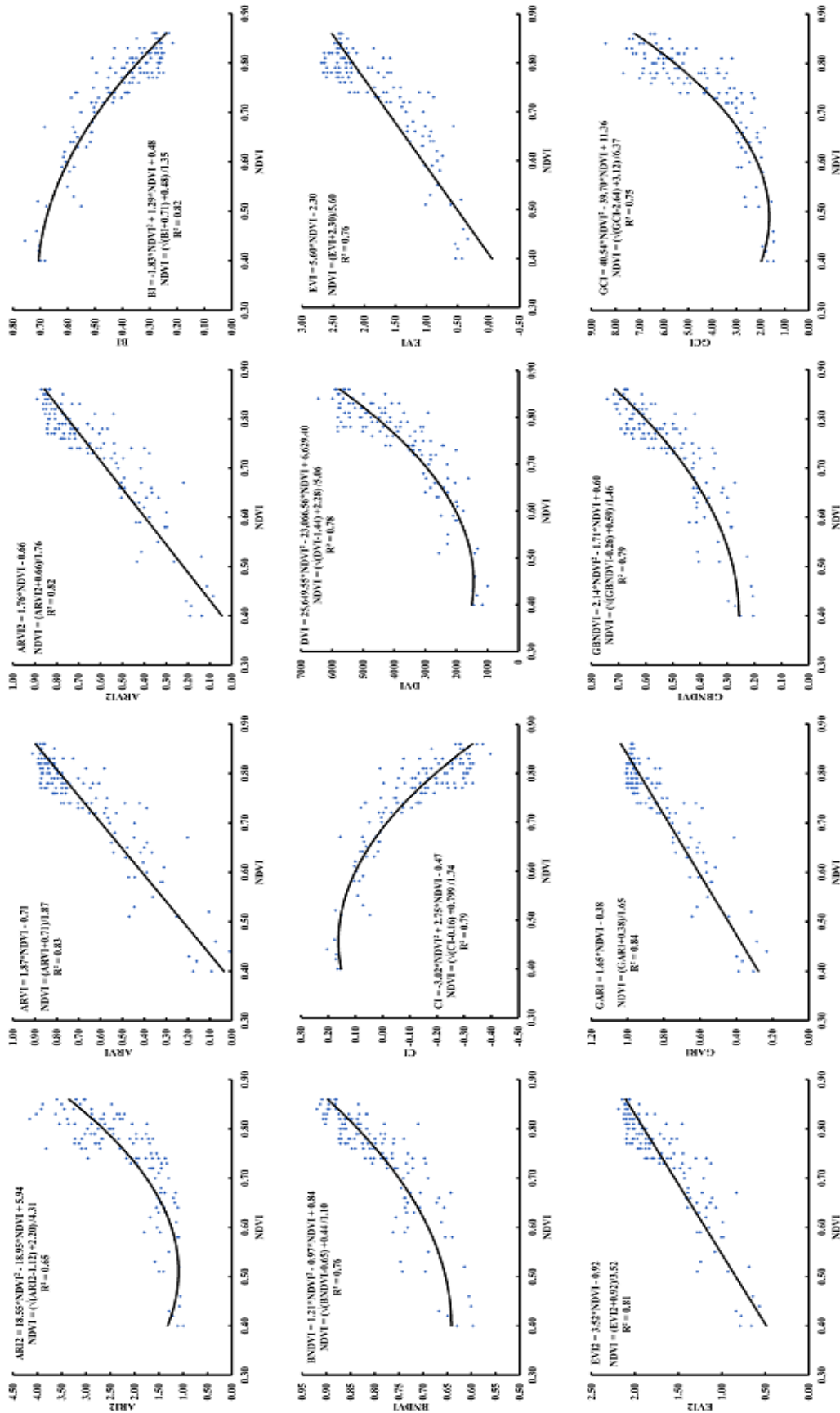
Elde edilen regresyon analiz sonuçlarına göre gözlem NDVI ile **Sentinel-2** ARI2 ( $R^2=0,65^{**}$ ), ARVI ( $R^2=0,83^{**}$ ), ARVI2 ( $R^2=0,82^{**}$ ), BI ( $R^2=0,82^{**}$ ), BNDVI ( $R^2=0,76^{**}$ ), CI ( $R^2=0,79^{**}$ ), DVI ( $R^2=0,78^{**}$ ), EVI ( $R^2=0,78^{**}$ ), EVI2 ( $R^2=0,81^{**}$ ), GARI ( $R^2=0,84^{**}$ ), GBNDVI ( $R^2=0,79^{**}$ ), GCI ( $R^2=0,75^{**}$ ), GDVI ( $R^2=0,75^{**}$ ), GLI ( $R^2=0,75^{**}$ ), GNDVI ( $R^2=0,77^{**}$ ), GOSAVI ( $R^2=0,77^{**}$ ),

GRNDVI ( $R^2=0,78^{**}$ ), GRVI ( $R^2=0,75^{**}$ ), GSAVI ( $R^2=0,77^{**}$ ), GVI ( $R^2=0,78^{**}$ ),  
 GVMi ( $R^2=0,77^{**}$ ), IRECI ( $R^2=0,71^{**}$ ), LAI<sub>UYDU</sub> ( $R^2=0,76^{**}$ ), mARI ( $R^2=0,65^{**}$ ),  
 MCARI ( $R^2=0,71^{**}$ ), MCARI1 ( $R^2=0,79^{**}$ ), MCARI2 ( $R^2=0,84^{**}$ ),  
 MCARI/MTVI2 ( $R^2=0,64^{**}$ ), MCARI/OSAVI ( $R^2=0,80^{**}$ ), MNDVI ( $R^2=0,80^{**}$ ),  
 MNLI ( $R^2=0,84^{**}$ ), MRENDVI ( $R^2=0,80^{**}$ ), MRESR ( $R^2=0,72^{**}$ ), MSAVI  
 ( $R^2=0,83^{**}$ ), MSI ( $R^2=0,81^{**}$ ), MSR ( $R^2=0,76^{**}$ ), MTVI ( $R^2=0,79^{**}$ ), MTVI2  
 ( $R^2=0,84^{**}$ ), NBR ( $R^2=0,80^{**}$ ), NDMI ( $R^2=0,77^{**}$ ), NDVI<sub>UYDU</sub> ( $R^2=0,81^{**}$ ), NLI  
 ( $R^2=0,84^{**}$ ), OSAVI ( $R^2=0,81^{**}$ ), PVI ( $R^2=0,76^{**}$ ), RDI ( $R^2=0,83^{**}$ ), RDVI  
 ( $R^2=0,81^{**}$ ), REDEGE1 ( $R^2=0,72^{**}$ ), REDEGE2 ( $R^2=0,78^{**}$ ), RENDVI  
 ( $R^2=0,78^{**}$ ), RI ( $R^2=0,79^{**}$ ), RVI ( $R^2=0,70^{**}$ ), SAVI ( $R^2=0,81^{**}$ ), SIPI  
 ( $R^2=0,80^{**}$ ), SLAVI ( $R^2=0,73^{**}$ ), TCARI ( $R^2=0,76^{**}$ ), TCARI/OSAVI  
 ( $R^2=0,80^{**}$ ), TCI ( $R^2=0,76^{**}$ ), TDVI ( $R^2=0,81^{**}$ ), TGI ( $R^2=0,62^{**}$ ), TSAVI  
 ( $R^2=0,81^{**}$ ), TVI ( $R^2=0,80^{**}$ ), VARI ( $R^2=0,77^{**}$ ), WDRVI ( $R^2=0,80^{**}$ ), WDV  
 ( $R^2=0,79^{**}$ ), WET ( $R^2=0,77^{**}$ ), **Landsat-8** ARVI ( $R^2=0,83^{**}$ ), BI ( $R^2=0,73^{**}$ ),  
 BNDVI ( $R^2=0,81^{**}$ ), CI ( $R^2=0,67^{**}$ ), DVI ( $R^2=0,70^{**}$ ), EVI ( $R^2=0,73^{**}$ ), EVI2  
 ( $R^2=0,77^{**}$ ), GARI ( $R^2=0,80^{**}$ ), GBNDVI ( $R^2=0,80^{**}$ ), GCI ( $R^2=0,70^{**}$ ), GDVI  
 ( $R^2=0,67^{**}$ ), GLI ( $R^2=0,69^{**}$ ), GNDVI ( $R^2=0,80^{**}$ ), GOSAVI ( $R^2=0,78^{**}$ ),  
 GRNDVI ( $R^2=0,79^{**}$ ), GRVI ( $R^2=0,70^{**}$ ), GSAVI ( $R^2=0,75^{**}$ ), GVI ( $R^2=0,71^{**}$ ),  
 GVMi ( $R^2=0,75^{**}$ ), LAI<sub>UYDU</sub> ( $R^2=0,73^{**}$ ), LST ( $R^2=0,72^{**}$ ), MCARI1 ( $R^2=0,72^{**}$ ),  
 MCARI2 ( $R^2=0,73^{**}$ ), MNDVI ( $R^2=0,79^{**}$ ), MNLI ( $R^2=0,71^{**}$ ), MSAVI  
 ( $R^2=0,74^{**}$ ), MSI ( $R^2=0,80^{**}$ ), MSR ( $R^2=0,70^{**}$ ), MTVI ( $R^2=0,72^{**}$ ), MTVI2  
 ( $R^2=0,73^{**}$ ), NBR ( $R^2=0,79^{**}$ ), NDMI ( $R^2=0,77^{**}$ ), NDVI<sub>UYDU</sub> ( $R^2=0,81^{**}$ ), NLI  
 ( $R^2=0,79^{**}$ ), OSAVI ( $R^2=0,79^{**}$ ), PVI ( $R^2=0,68^{**}$ ), RDI ( $R^2=0,81^{**}$ ), RDVI  
 ( $R^2=0,76^{**}$ ), RI ( $R^2=0,67^{**}$ ), RVI ( $R^2=0,62^{**}$ ), SAVI ( $R^2=0,76^{**}$ ), SIPI  
 ( $R^2=0,83^{**}$ ), SLAVI ( $R^2=0,67^{**}$ ), TDVI ( $R^2=0,73^{**}$ ), TGI ( $R^2=0,74^{**}$ ), TSAVI  
 ( $R^2=0,72^{**}$ ), VARI ( $R^2=0,67^{**}$ ), WDRVI ( $R^2=0,81^{**}$ ), WDV ( $R^2=0,72^{**}$ ), WET  
 ( $R^2=0,74^{**}$ ), **PlanetScope** ARVI ( $R^2=0,85^{**}$ ), BI ( $R^2=0,76^{**}$ ), BNDVI ( $R^2=0,73^{**}$ ),  
 CI ( $R^2=0,70^{**}$ ), DVI ( $R^2=0,73^{**}$ ), EVI ( $R^2=0,76^{**}$ ), EVI2 ( $R^2=0,83^{**}$ ), GARI  
 ( $R^2=0,80^{**}$ ), GBNDVI ( $R^2=0,77^{**}$ ), GCI ( $R^2=0,82^{**}$ ), GDVI ( $R^2=0,71^{**}$ ),  
 GLI ( $R^2=0,74^{**}$ ), GNDVI ( $R^2=0,79^{**}$ ), GOSAVI ( $R^2=0,79^{**}$ ), GRNDVI  
 ( $R^2=0,80^{**}$ ), GRVI ( $R^2=0,70^{**}$ ), GSAVI ( $R^2=0,79^{**}$ ), LAI<sub>UYDU</sub> ( $R^2=0,76^{**}$ ),  
 MCARI1 ( $R^2=0,72^{**}$ ), MCARI2 ( $R^2=0,85^{**}$ ), MNLI ( $R^2=0,85^{**}$ ), MSAVI  
 ( $R^2=0,85^{**}$ ), MSR ( $R^2=0,77^{**}$ ), MTVI ( $R^2=0,72^{**}$ ), MTVI2 ( $R^2=0,85^{**}$ ),

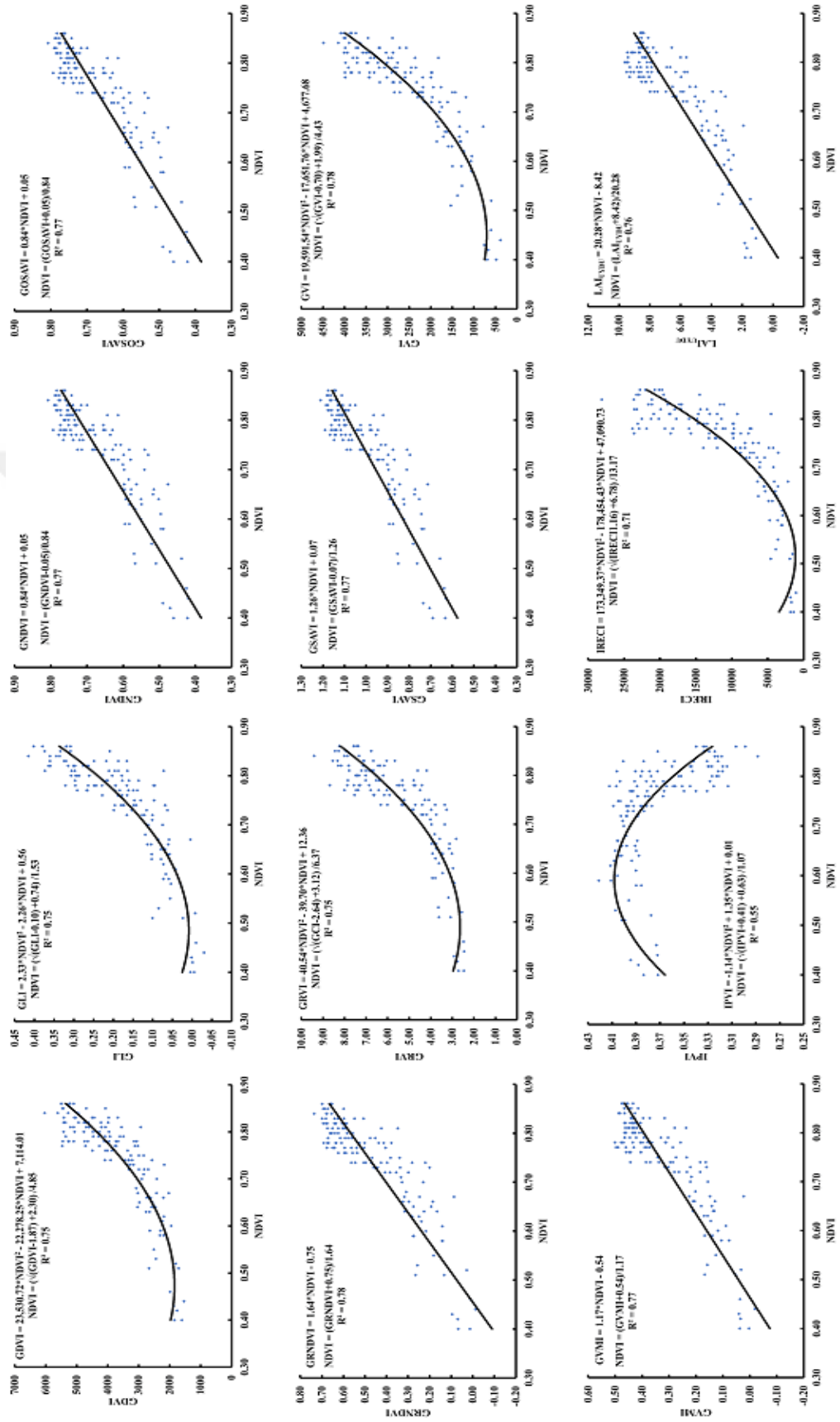


NDVI<sub>UYDU</sub> ( $R^2=0,83^{**}$ ), NLI ( $R^2=0,85^{**}$ ), OSAVI ( $R^2=0,83^{**}$ ), PVI ( $R^2=0,72^{**}$ ), RDVI ( $R^2=0,76^{**}$ ), RI ( $R^2=0,70^{**}$ ), RVI ( $R^2=0,67^{**}$ ), SAVI ( $R^2=0,83^{**}$ ), SIPI ( $R^2=0,86^{**}$ ), TDVI ( $R^2=0,76^{**}$ ), TGI ( $R^2=0,64^{**}$ ), TSAVI ( $R^2=0,83^{**}$ ), VARI ( $R^2=0,69^{**}$ ), WDRVI ( $R^2=0,83^{**}$ ), WDVİ ( $R^2=0,71^{**}$ ) ile önemli ve yüksek ilişkiler saptanmıştır. Bu ilişkilere dair değişim grafikleri, Şekil 4.5'te verilmiştir.

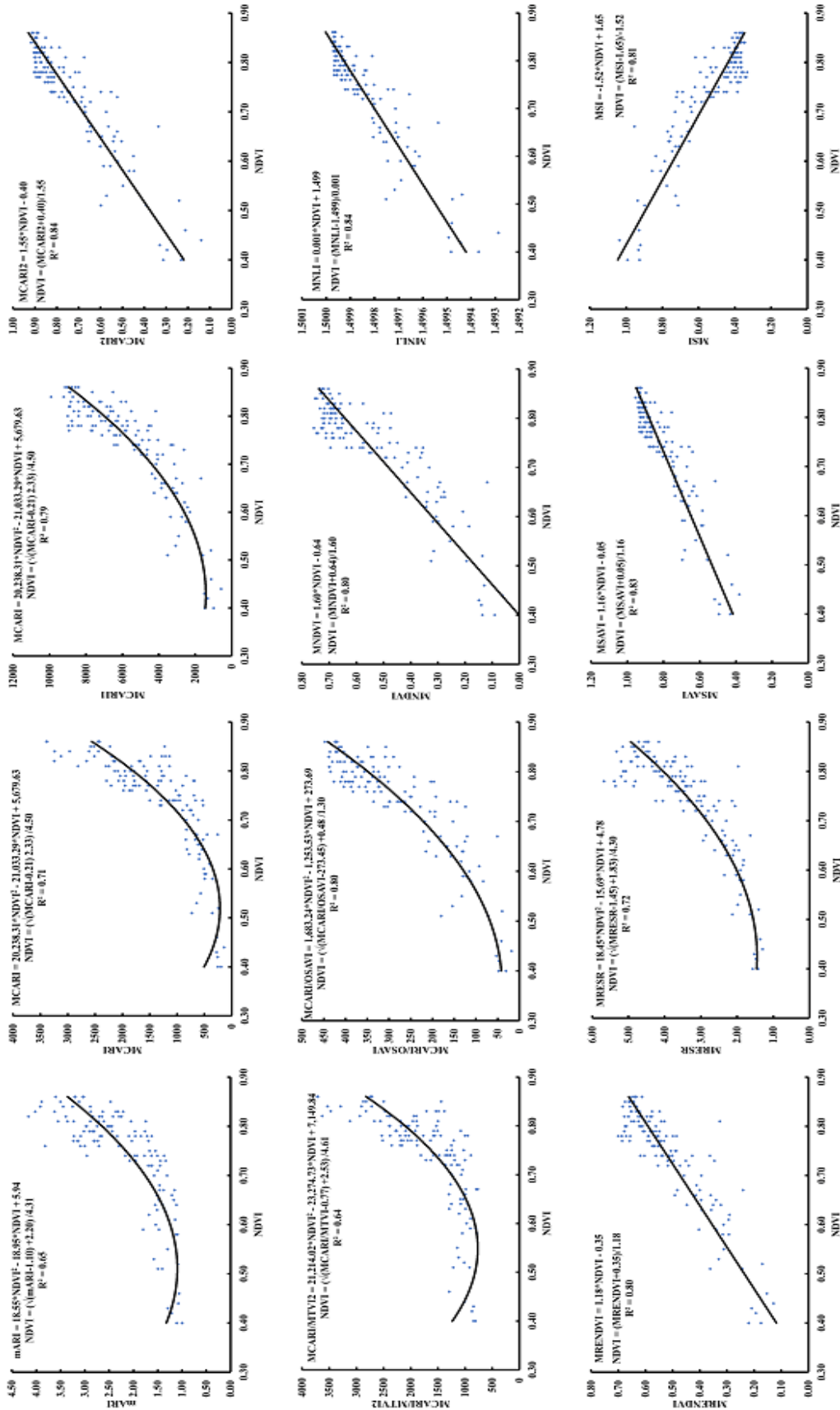




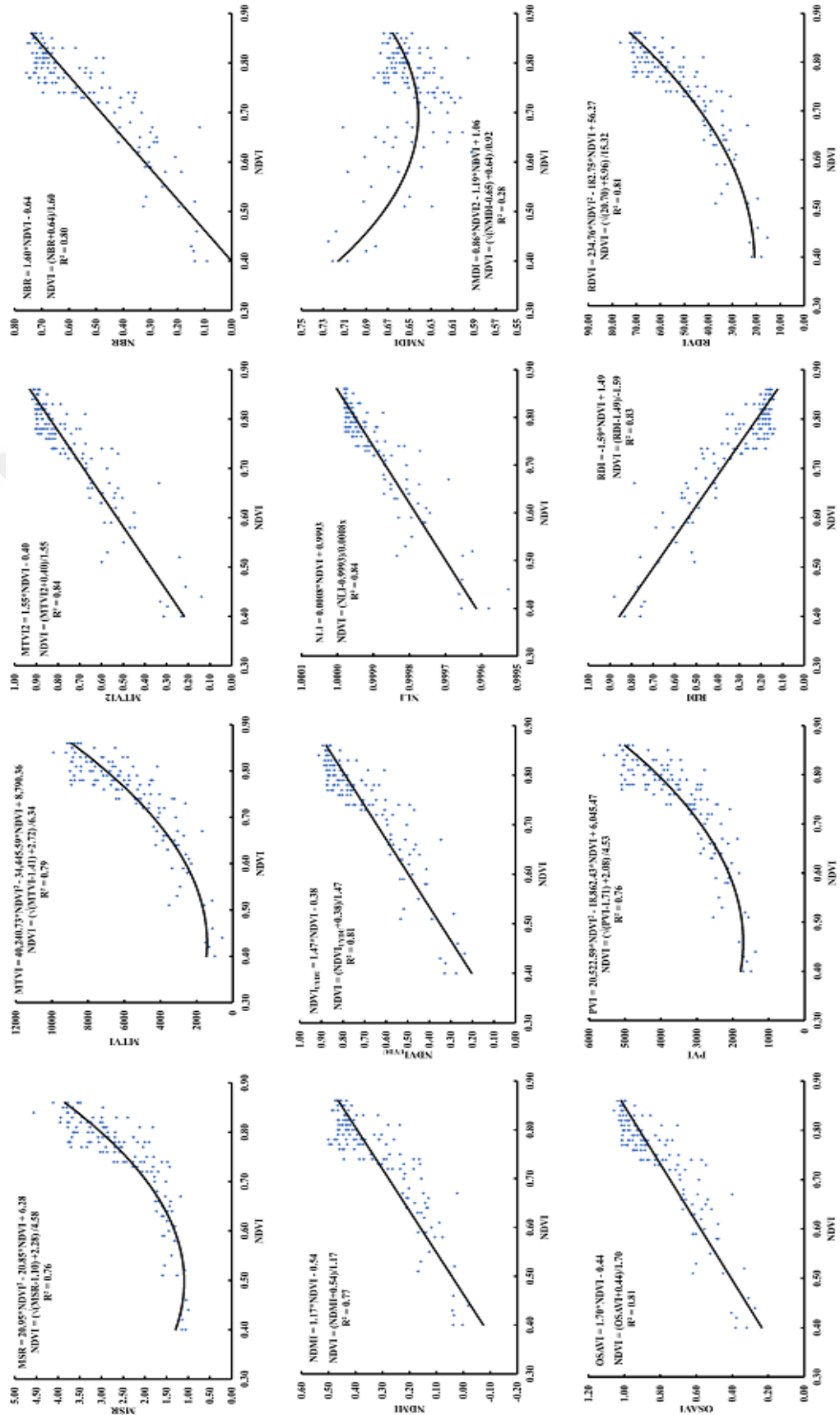
Şekil 4.5 NDVI gözlem değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri



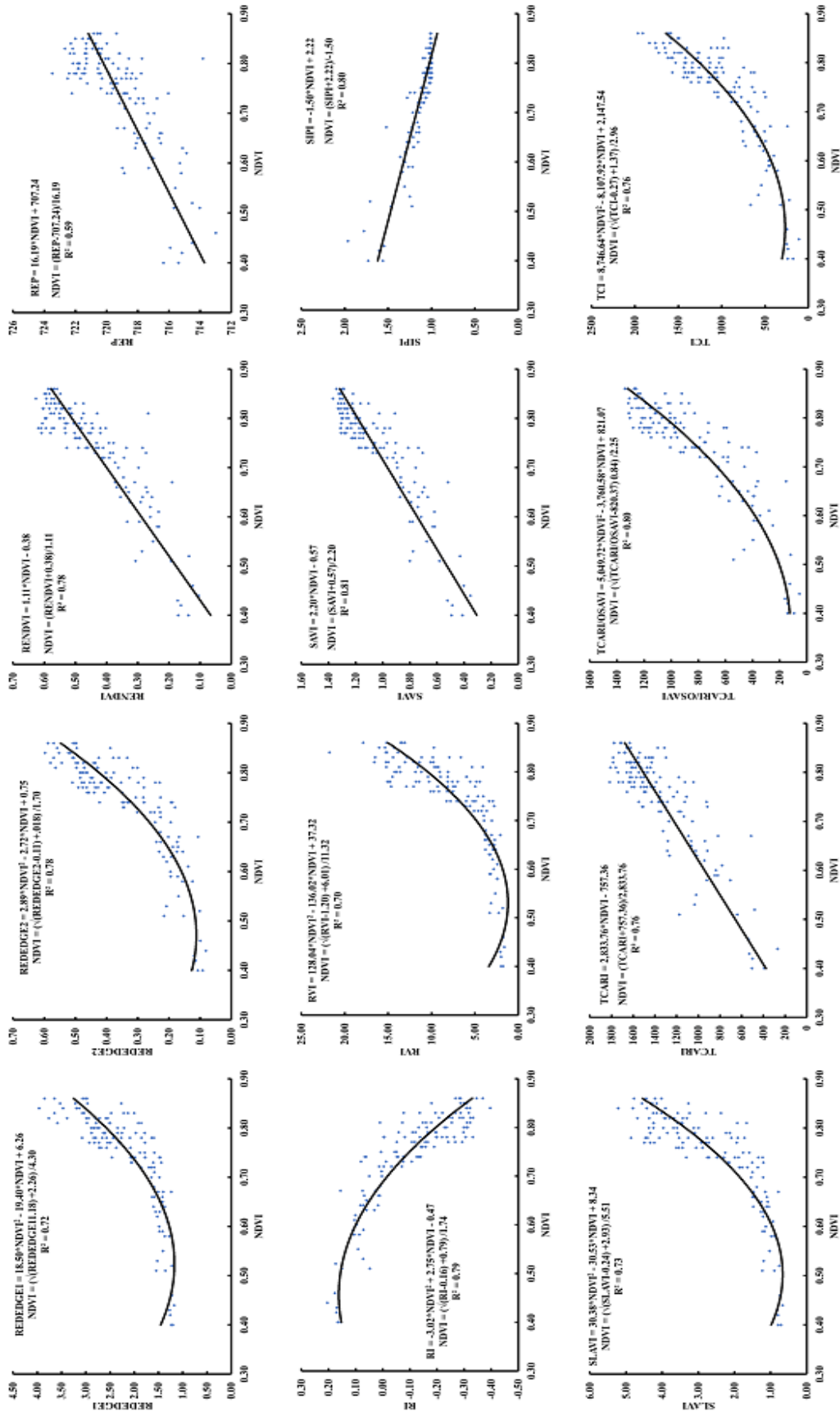
Şekil 4.5 NDVI gözlem değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri (Devam)



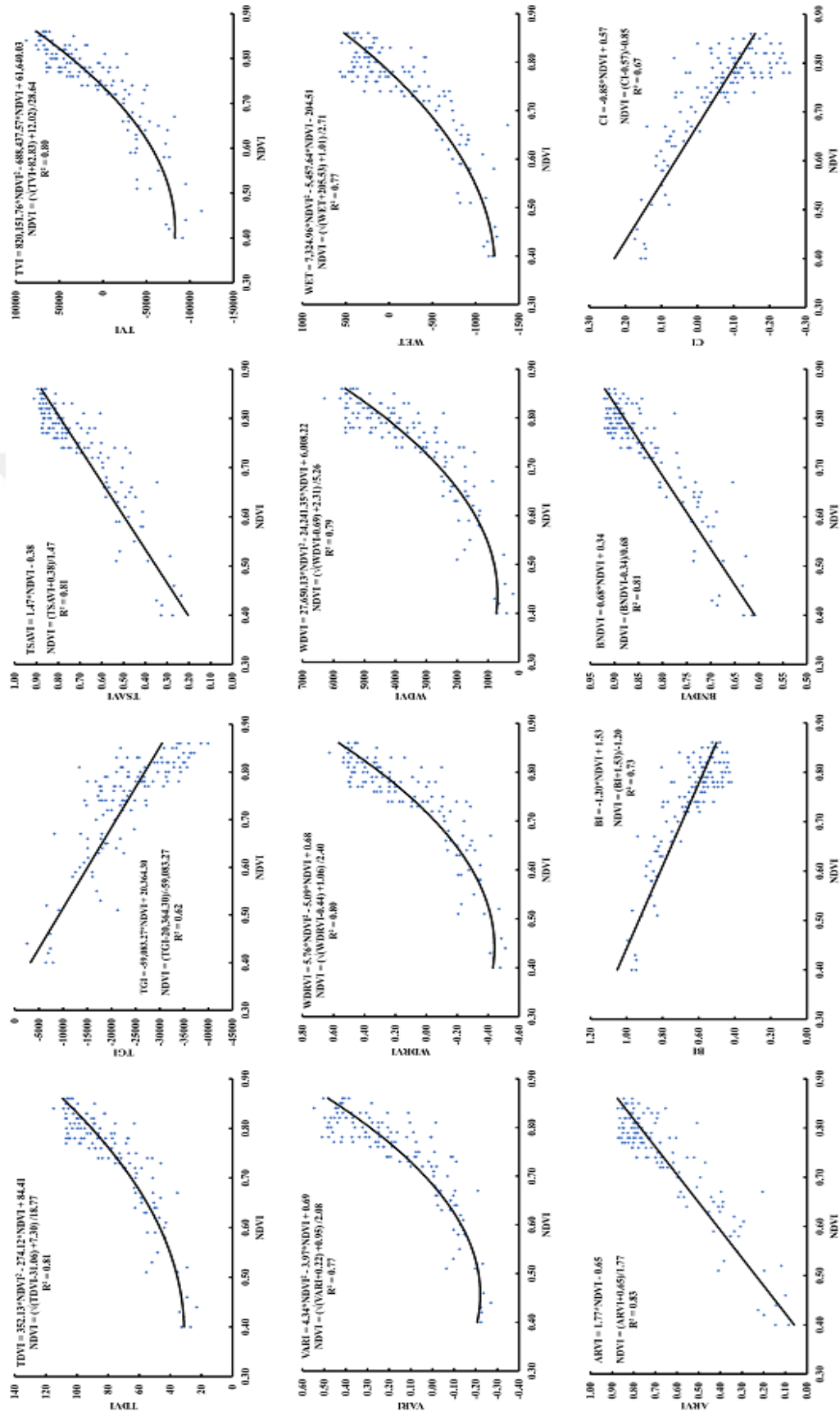
Şekil 4.5 NDVI gözlem değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri (Devam)



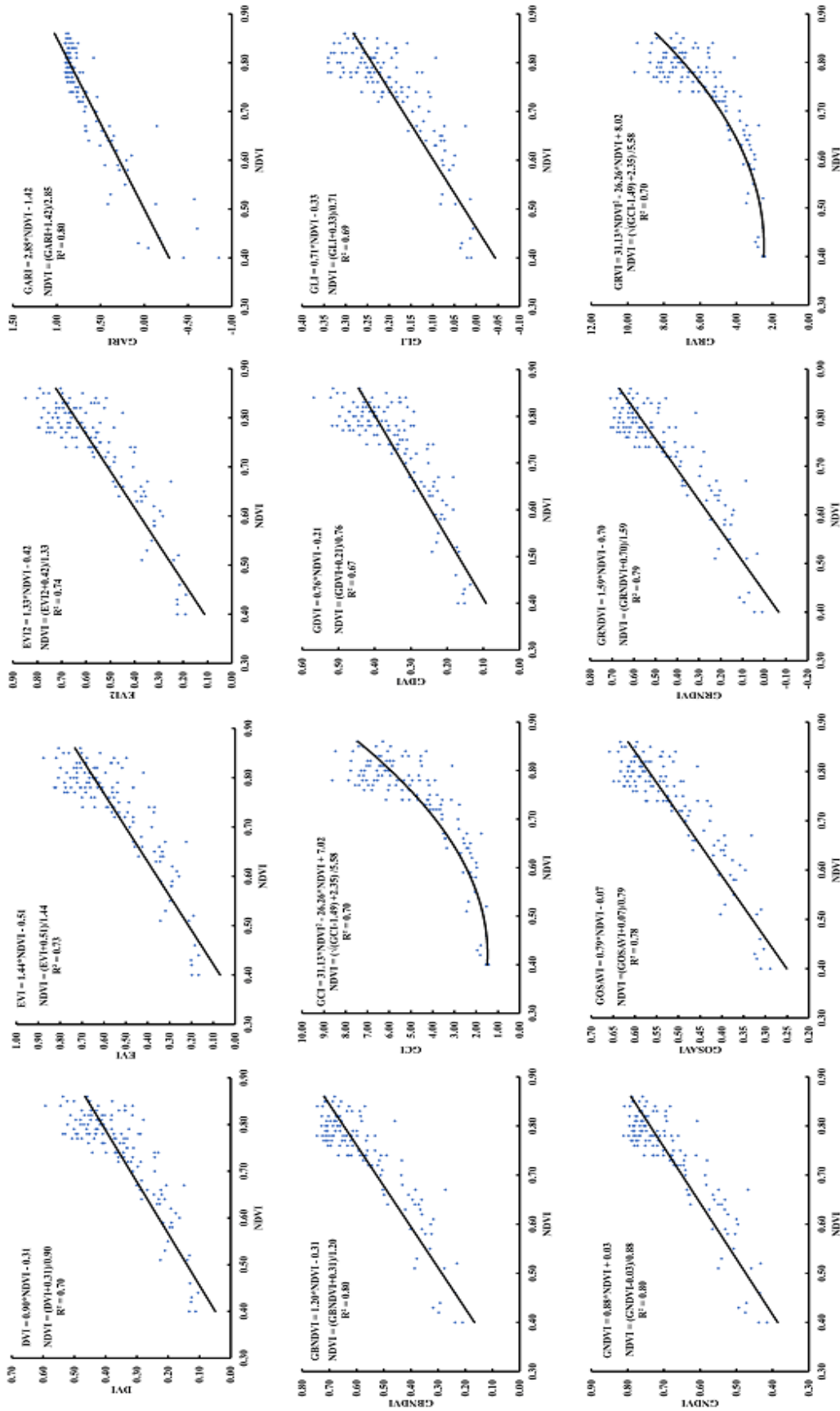
Şekil 4.5 NDVI gözlem değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri (Devam)



Şekil 4.5 NDVI gözlem değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri (Devam)

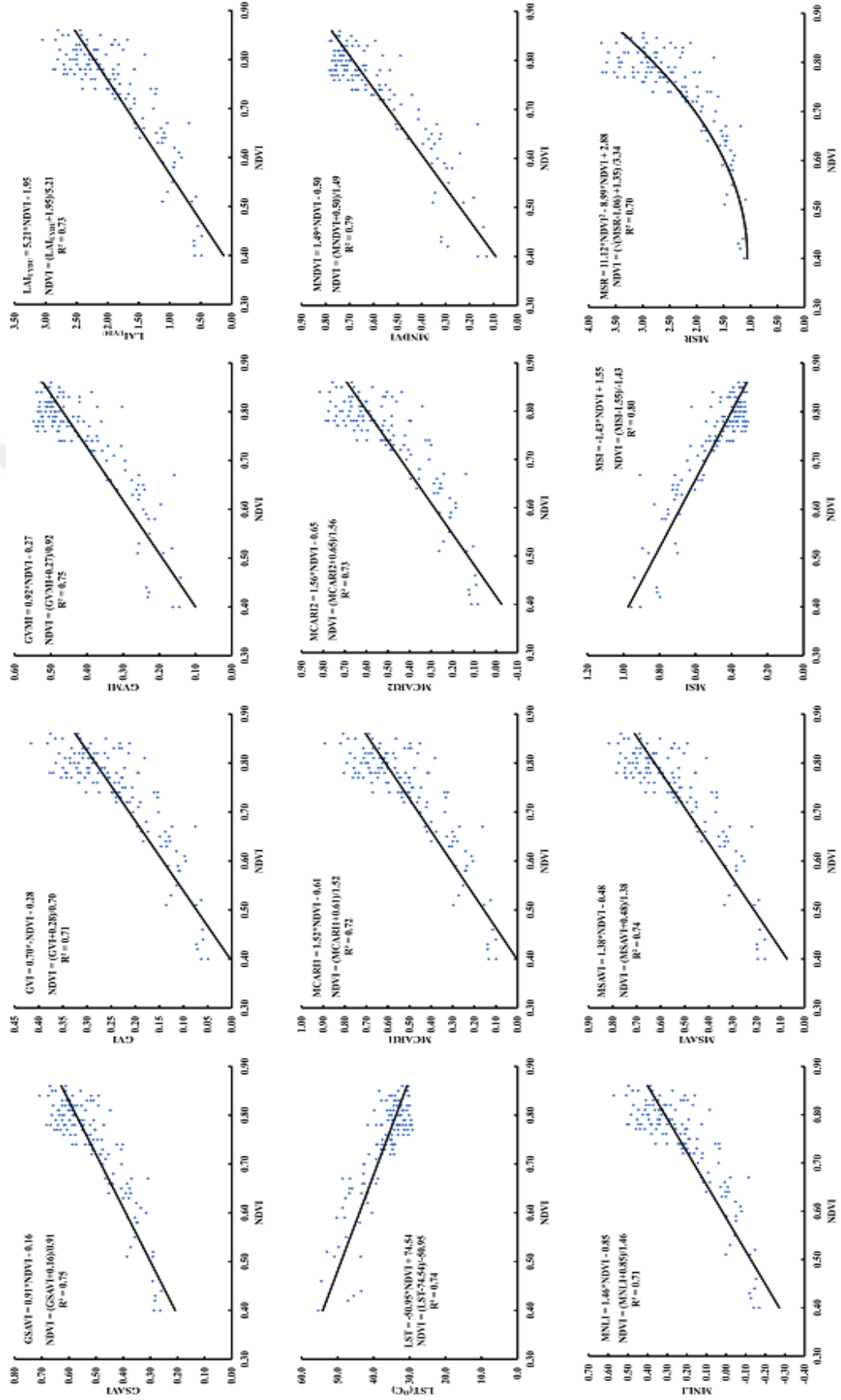


Şekil 4.5 NDVI gözlem değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri (Devam)

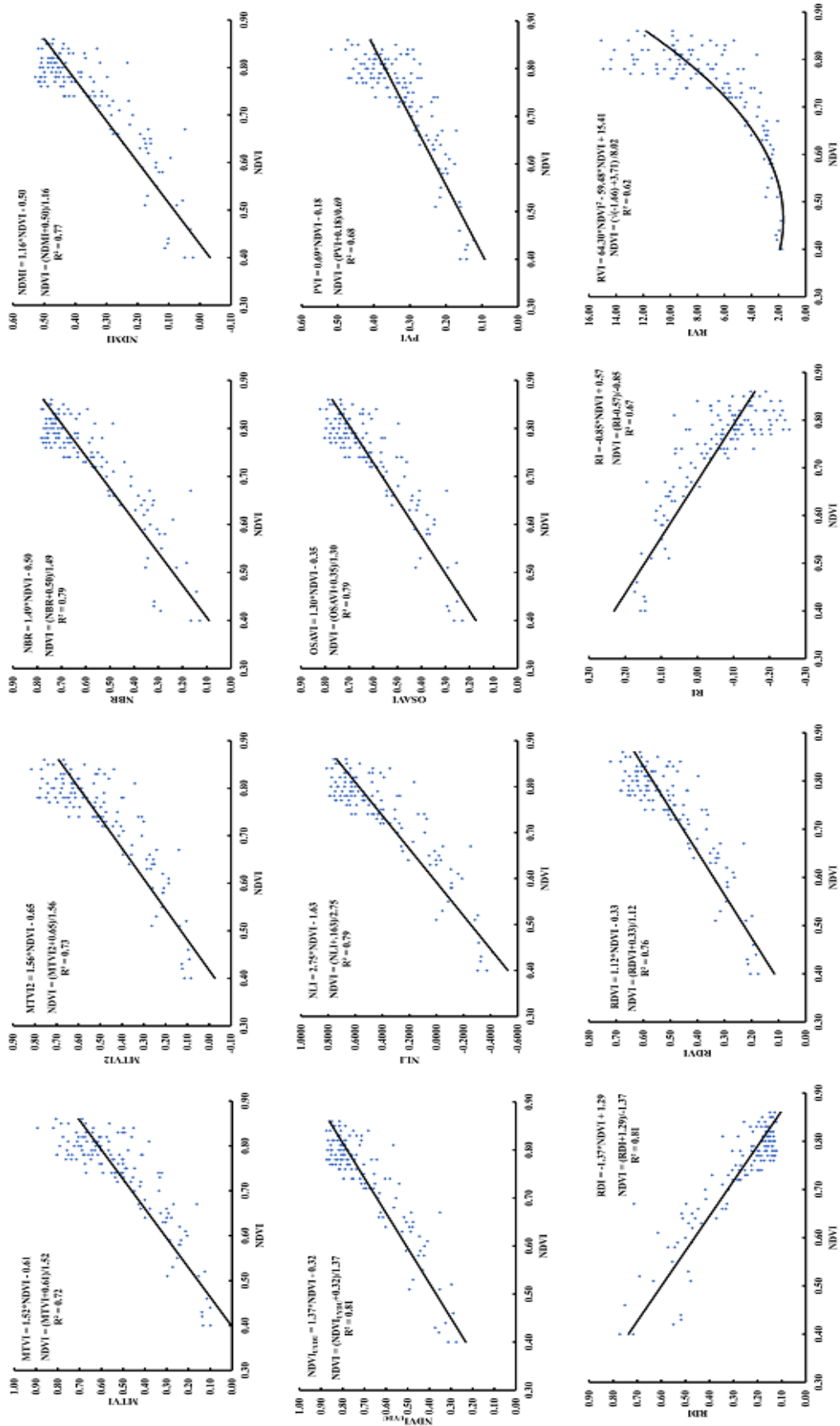


Şekil 4.5 NDVI gözlem değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri (Devam)

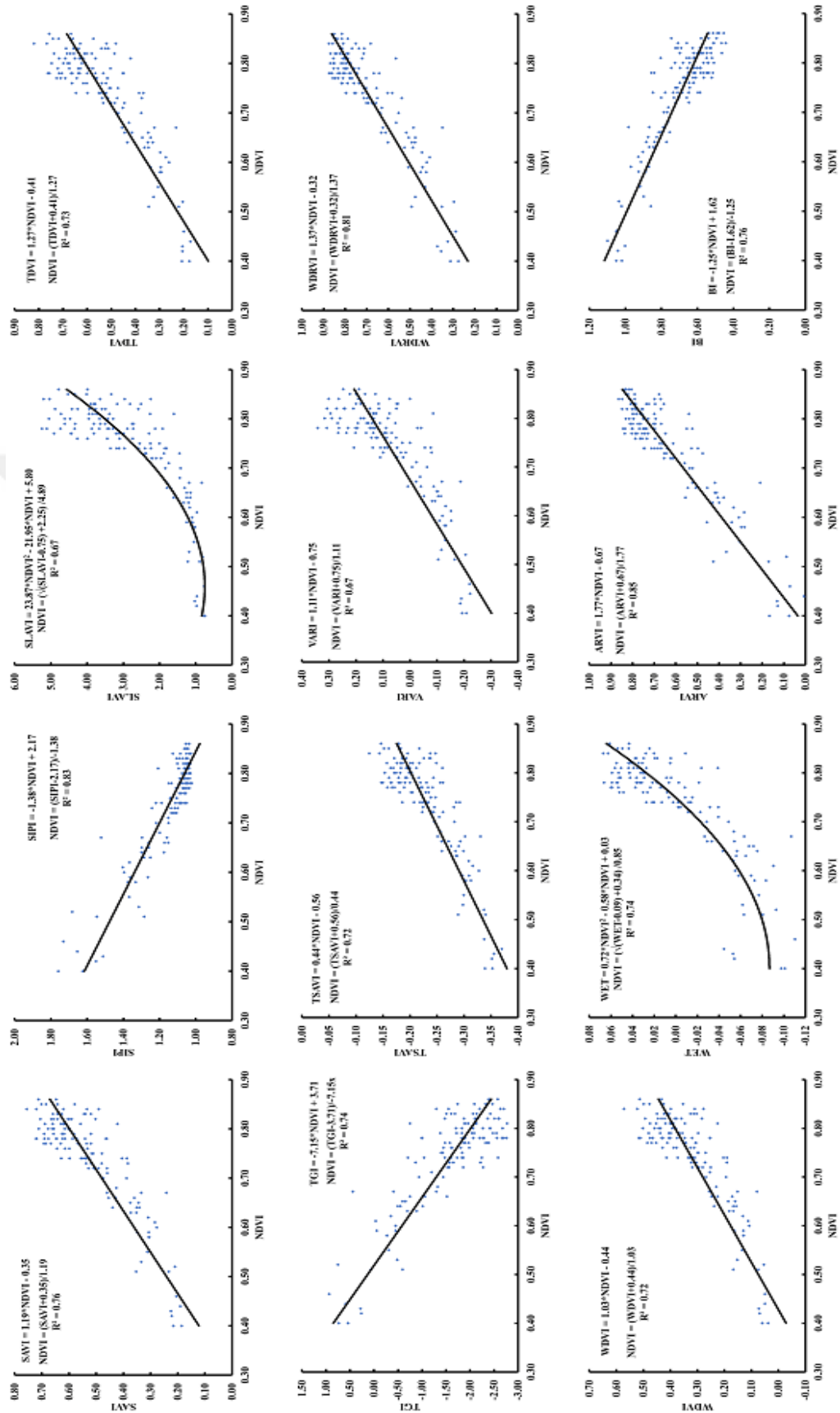




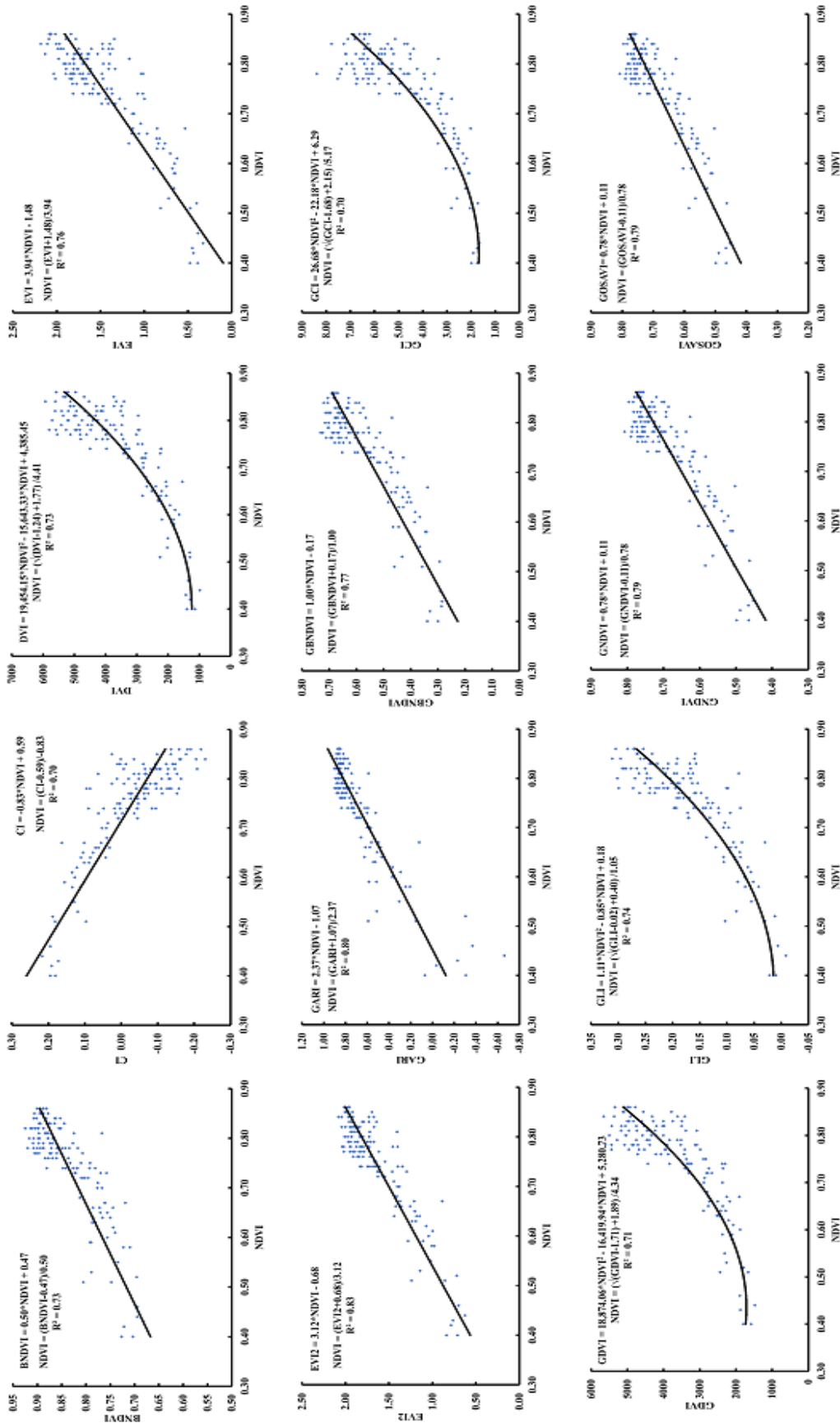
Şekil 4.5 NDVI gözlem değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri (Devam)



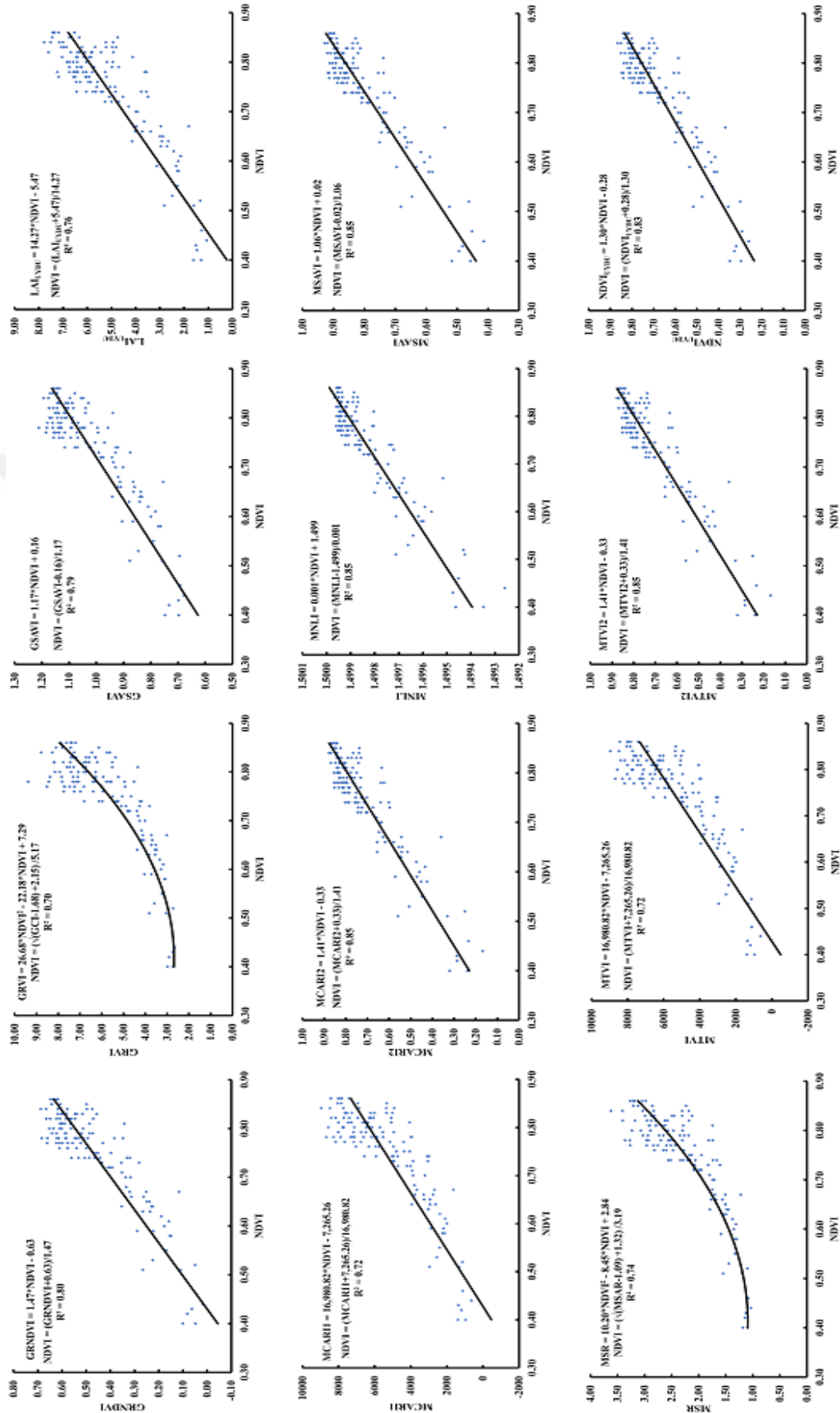
Şekil 4.5 NDVI gözlem değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri (Devam)



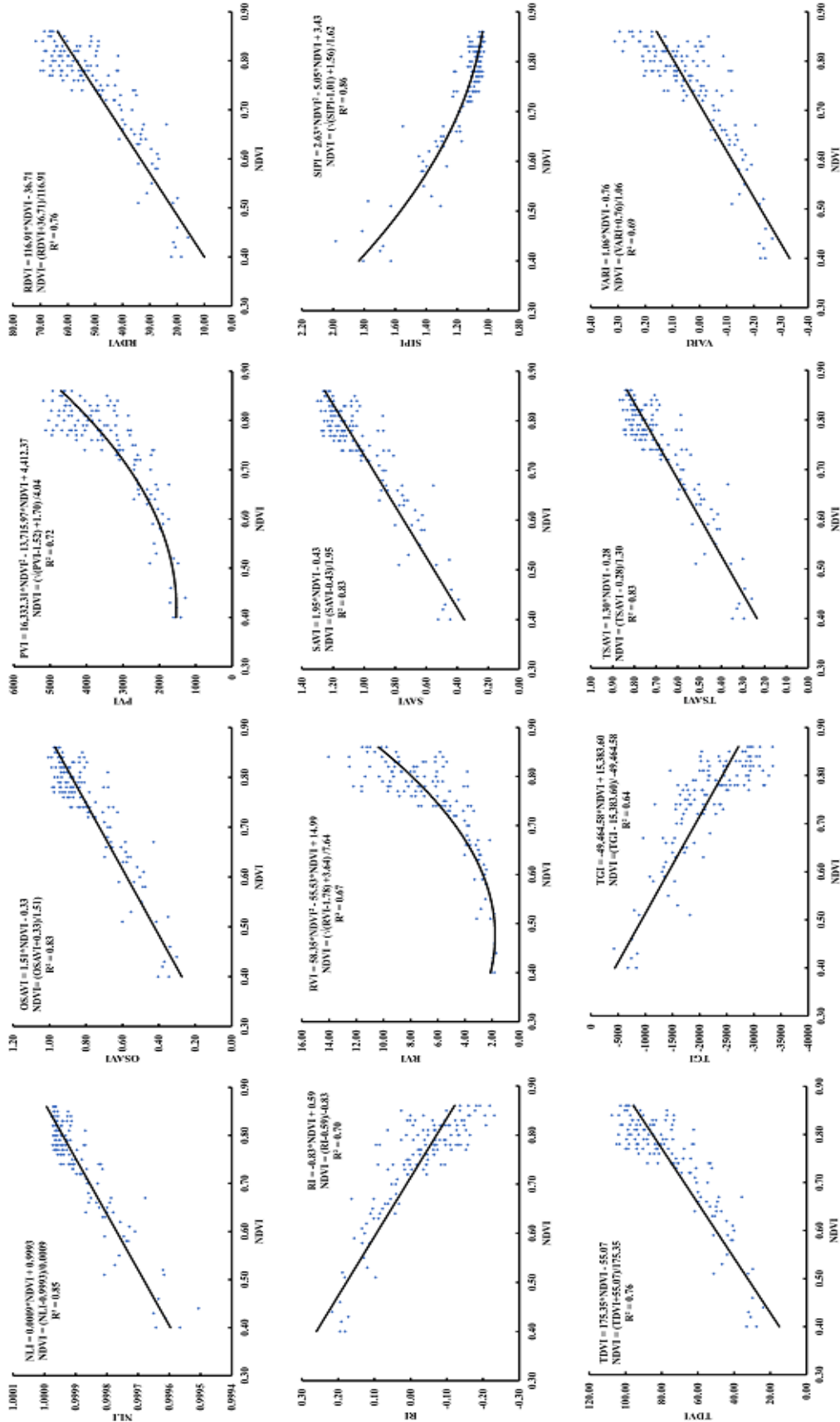
Şekil 4.5 NDVI gözlem değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri (Devam)



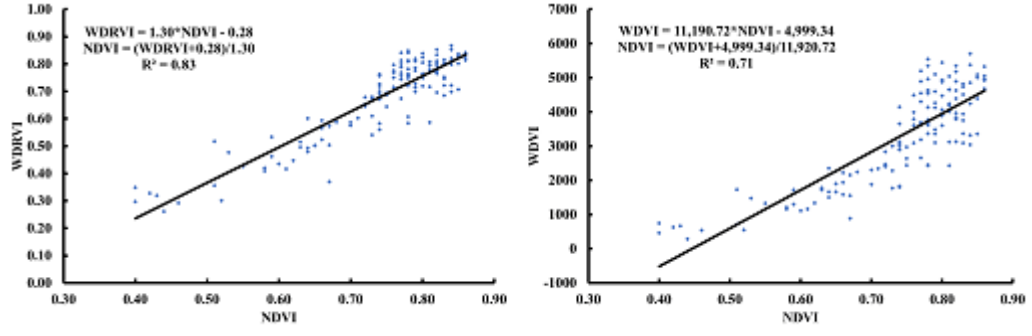
Şekil 4.5 NDVI gözlem değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri (Devam)



Şekil 4.5 NDVI gözlem değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri (Devam)



Şekil 4.5 NDVI gözlem değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri (Devam)



Şekil 4.5 NDVI gözlem değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri (Devam)

Şekil 4.5'te gözlem NDVI değerleri elde edebilmek için **Sentinel-2** NDVI=(ARI-0,0002)/0,0004, NDVI =  $(\sqrt{(ARI2-1,12) + 2,20}) / 4,31$ , NDVI =(ARVI+0,71)/1,87, NDVI =(ARVI2+0,66)/1,76, NDVI =  $(\sqrt{(BI+0,71) + 0,48}) / 1,35$ , NDVI =  $(\sqrt{(BNDVI-0,65) + 0,44}) / 1,10$ , NDVI =  $(\sqrt{(CI-0,16) + 0,799}) / 1,74$ , NDVI =  $(\sqrt{(DVI-1,44) + 2,28}) / 5,06$ , NDVI =(EVI+2,30)/5,60, NDVI =(EVI2+0,92)/3,52, NDVI =(GARI+0,38)/1,65, NDVI =  $(\sqrt{(GBNDVI-0,26) + 0,59}) / 1,46$ , NDVI =  $(\sqrt{(GCI-2,64) + 3,12}) / 6,37$ , NDVI =  $(\sqrt{(GDVI-1,87) + 2,30}) / 4,85$ , NDVI =  $(\sqrt{(GLI-0,10) + 0,74}) / 1,53$ , NDVI =(GNDVI-0,05)/0,84, NDVI =(GOSAVI-0,05)/0,84, NDVI =(GRNDVI+0,75)/1,64, NDVI =  $(\sqrt{(GCI-2,64) + 3,12}) / 6,37$ , NDVI =(GS AVI+0,07)/1,26, NDVI =  $(\sqrt{(GVI-0,70) + 1,99}) / 4,43$ , NDVI =(GVMI+0,54)/1,17, NDVI =  $(\sqrt{(IRECI1,16) + 6,78}) / 13,17$ , NDVI =(LAI<sub>UYDU</sub>+8,42)/20,28, NDVI =  $(\sqrt{(mARI-1,10) + 2,20}) / 4,31$ , NDVI =  $(\sqrt{(MCARI-0,21) - 2,33}) / 4,50$ , NDVI =  $(\sqrt{(MCARI1-1,41) + 2,72}) / 6,34$ , NDVI =(MCARI2+0,40)/1,55, NDVI =  $(\sqrt{(MCARI/MTVI-0,77) + 2,53}) / 4,61$ , NDVI =  $(\sqrt{(MCARI/OSAVI-273,45) + 0,48}) / 1,30$ , NDVI =(MNDVI+0,64)/1,60, NDVI =(MNLI-1,499)/0,001, NDVI = (MRENDVI+0,35)/1,18, NDVI =  $(\sqrt{(MRESR-1,45) + 1,83}) / 4,30$ , NDVI = (MSAVI+0,05)/1,16, NDVI =(MSI-1,65)/-1,52, NDVI =  $(\sqrt{(MSR-1,10) + 2,28}) / 4,58$ , NDVI =  $(\sqrt{(MTVI-1,41) + 2,72}) / 6,34$ , NDVI =(MTVI2+0,40)/1,55, NDVI =(MTVI2+0,64)/1,60, NDVI =(NDMI+0,54)/1,17, NDVI =(NDVI<sub>UYDU</sub>+0,38)/1,47, NDVI =(NLI-0,9993)/0,0008, NDVI =  $(\sqrt{(NMDI-0,65) + 0,64}) / 0,92$ , NDVI =(OSAVI+0,44)/1,70, NDVI =  $(\sqrt{(PVI-1,71) + 2,08}) / 4,53$ , NDVI =(RDI-1,49)/-1,59, NDVI =  $(\sqrt{(20,70) + 5,96}) / 15,32$ , NDVI =  $(\sqrt{(REDEGE11,18) + 2,26}) / 4,30$ , NDVI =  $(\sqrt{(REDEGE2-0,11) + 0,18}) / 1,70$ , NDVI =(RENDVI+0,38)/1,11, NDVI =  $(\sqrt{(RI-0,16) + 0,79}) / 1,74$ , NDVI =  $(\sqrt{(RVI-1,20) + 6,01}) / 11,32$ , NDVI =(SAVI+0,57)/2,20, NDVI =(SIPI-2,22)/-1,50, NDVI =  $(\sqrt{(SLAVI-0,24) + 2,93}) / 5,51$ , NDVI =(TCARI+757,36)/2,833,76, NDVI =  $(\sqrt{(TCARI/OSAVI-820,37) - 0,84}) / 2,25$ , NDVI =  $(\sqrt{(TCI-0,27) + 1,37}) / 2,96$ , NDVI =  $(\sqrt{(TDVI-31,06) + 7,30}) / 18,77$ , NDVI =(TGI-20,364,30)/-59,083,27, NDVI =(TSAVI+0,38)/1,47, NDVI =  $(\sqrt{(TVI+82,83) + 12,02}) / 28,64$ , NDVI =  $(\sqrt{(VARI+0,22) + 0,95}) / 2,08$ , NDVI =  $(\sqrt{(WDRVI-0,44) + 1,06}) / 2,40$ , NDVI =  $(\sqrt{(WDVI-0,69) + 2,31}) / 5,26$ , NDVI =  $(\sqrt{(WET+205,53) + 1,01}) / 2,71$ , **Landsat-8** NDVI=(ARVI+0,65)/1,77, NDVI=(BI-1,53)/-1,20, NDVI=(BNDVI-0,34)/0,68, NDVI = (CI-0,57) /-0,85, NDVI=(DVI+0,31)/0,90, NDVI =(EVI+0,51)/1,44,



$NDVI=(EVI2+0,42)/1,33$ ,  $NDVI=(GARI+1,42)/2,85$ ,  $NDVI=(GBNDVI+0,31)/1,20$ ,  
 $NDVI=(\sqrt{(GCI-1,49)+2,35})/5,58$ ,  $NDVI=(GDVI+0,21)/0,76$ ,  $NDVI=(GLI+0,33)/0,71$ ,  
 $NDVI=(GNDVI+0,03)/0,88$ ,  $NDVI=(GOSAVI+0,07)/0,79$ ,  $NDVI=(GRNDVI+0,70)/1,59$ ,  
 $NDVI=(\sqrt{(GCI-1,49)+2,35})/5,58$ ,  $NDVI=(GSAVI+0,16)/0,91$ ,  $NDVI=(GVI+0,28)/0,70$ ,  
 $NDVI=(GVMI+0,27)/0,92$ ,  $NDVI=(IPVI-0,3962)/-0,0002$ ,  $NDVI=(LAI_{UYDU}+1,95)/5,21$ ;  $NDVI=(LST-74,54)/-50,95$ ,  
 $NDVI=(MCARI1+0,61)/1,52$ ,  $NDVI=(MCARI2+0,65)/1,56$ ,  $NDVI=(MNDVI+0,50)/1,49$ ,  
 $NDVI=(MNLI+0,85)/1,46$ ,  $NDVI=(MSI+1,55)/-1,43$ ,  $NDVI=(\sqrt{(MSR-1,06)+1,35})/3,34$ ,  
 $NDVI=(MTVI+0,61)/1,52$ ,  $NDVI=(MTVI2+0,65)/1,56$ ,  $NDVI=(NBR+0,50)/1,49$ ,  
 $NDVI=(NDMI+0,50)/1,16$ ,  $NDVI=(NDVI_{UYDU}+0,32)/1,37$ ,  $NDVI=(NLI+1,63)/2,75$ ,  
 $NDVI=(OSAVI+0,35)/1,30$ ,  $NDVI=(PVI+0,18)/0,69$ ,  $NDVI=(RDI+1,29)/-1,37$ ,  $NDVI=(RDVI+0,33)/1,12$ ,  
 $NDVI=(RI-0,57)/-0,85$ ,  $NDVI=(\sqrt{(-1,66)+3,71})/8,02$ ,  $NDVI=(SAVI+0,35)/1,19$ ,  
 $NDVI=(SIPI+2,17)/-1,38$ ,  $NDVI=(\sqrt{(SLAVI-0,75)+2,25})/4,89$ ,  $NDVI=(TDVI+0,41)/1,27$ ,  
 $NDVI=(TGI-3,71)/-7,15$ ,  $NDVI=(TSAVI+0,56)/0,44$ ,  $NDVI=(VARI+0,75)/1,11$ ,  
 $NDVI=(WDRVI+0,32)/1,37$ ,  $NDVI=(WDVI+0,44)/1,03$ ,  $NDVI=(\sqrt{(WET-0,09)+0,34})/0,85$ ,  
**PlanetScope**  $NDVI=(ARVI+0,67)/1,77$ ,  $NDVI=(BI-1,62)/-1,25$ ,  $NDVI=(BDNVI-0,47)/0,50$ ,  
 $NDVI=(CI-0,59)/-0,83$ ,  $NDVI=(\sqrt{(DVI-1,24)+1,77})/4,41$ ,  $NDVI=(EVI+1,48)/3,94$ ,  
 $NDVI=(EVI2+0,68)/3,12$ ,  $NDVI=(GARI+1,07)/2,37$ ,  $NDVI=(GBNDVI+0,17)/1$ ,  
 $NDVI=(\sqrt{(GCI-1,68)+2,15})/5,17$ ,  $NDVI=(\sqrt{(GDVI-1,71)+1,89})/4,34$ ,  
 $NDVI=(\sqrt{(GLI-0,02)+0,40})/1,05$ ,  $NDVI=(GNDVI-0,11)/0,78$ ,  
 $NDVI=(GOSAVI-0,11)/0,78$ ,  $NDVI=(GRNDVI+0,63)/1,47$ ,  $NDVI=(\sqrt{(GCI-1,68)+2,15})/5,17$ ,  
 $NDVI=(GSAVI-0,16)/1,17$ ,  $NDVI=(IPVI-0,405)/0,003$ ,  $NDVI=(LAI_{UYDU}+5,47)/14,27$ ,  
 $NDVI=(MCARI1+7265,26)/16980,82$ ,  $NDVI=(MCARI2+0,33)/1,41$ ,  
 $NDVI=(MNLI-1,499)/0,001$ ,  $NDVI=(y-0,02)/1,06$ ,  $NDVI=(\sqrt{(MSAR-1,09)+1,32})/3,19$ ,  
 $NDVI=(MTVI+7265,26)/16980,82$ ,  $NDVI=(MTVI2+0,33)/1,41$ ,  
 $NDVI=(NDVI_{UYDU}-0,28)/1,30$ ,  $NDVI=(NLI-0,9993)/0,0009$ ,  
 $NDVI=(OSAVI+0,33)/1,51$ ,  $NDVI=(\sqrt{(PVI-1,52)+1,70})/4,04$ ,  
 $NDVI=(RDVI+36,71)/116,91$ ,  $NDVI=(RI-0,59)/-0,83$ ,  
 $NDVI=(\sqrt{(RVI-1,78)+3,64})/7,64$ ,  $NDVI=(SAVI+0,43)/1,95$ ,  
 $NDVI=(\sqrt{(SIPI-1,01)+1,56})/1,62$ ,  $NDVI=(TDVI+55,07)/175,35$ ,  
 $NDVI=(TGI-15383,60)/-49464,58$ ,  $NDVI=(TSAVI+0,28)/1,30$ ,  
 $NDVI=(VARI+0,76)/1,06$ ;  $NDVI=(WDRVI+0,28)/1,30$ ;  
 $NDVI=(WDVI+4999,34)/11190,72$  denklemleri kullanılabilmektedir. Elde edilen

önemli ve yüksek ilişkinin varlığı nedeniyle büyük alanlarda uydu gözlemlerine dayanarak bu indekslerin, gözlem NDVI değerlerinin yüksek güvenilirlikle tahmin edilmesinde kullanılmasının uygun olacağı düşünülmektedir. Bu band/indekslere ilişkin regresyon denklemi ve değişim grafikleri, Şekil 4.5'te verilmiştir.

Regresyon analizine göre gözlem NDVI ile **Sentinel-1** VV ( $R^2=0,20^{**}$ ), VH ( $R^2=0,24^{**}$ ), VV-VH ( $R^2=0,13^{**}$ ), RVI ( $R^2 = 0,04^{öd}$ ), NL ( $R^2=0,25^{**}$ ), DPSVI ( $R^2 =0,16^{**}$ ), DPSVI\_MOD ( $R^2=0,16^{**}$ ), LEE\_VH ( $R^2=0,43^{**}$ ), LEE\_VV ( $R^2 =0,26^{**}$ ), GAMMA\_VH ( $R^2=0,50^{**}$ ), GAMMA\_VV ( $R^2=0,31^{**}$ ), MALIK\_VH ( $R^2 =0,38^{**}$ ), MALIK\_VV ( $R =0,24^{**}$ ), **Sentinel-2** ARI ( $R^2 =0,20^{**}$ ), IPV ( $R^2 =0,55^{**}$ ), NMDI ( $R^2 =0,28^{**}$ ), REP ( $R^2 =0,59^{**}$ ), **Landsat-8** SMI ( $R^2 =0,08^{**}$ ) indeksleri arasında istatistiksel olarak düşük ilişki saptanmıştır. Düşük ilişki saptanan bu indekslerin gözlem NDVI değerleri hesaplamasında kullanılmasının yeterli düzeyde güvenilir ve uygun olmadığı düşünülmektedir.

Elde edilen bulgularımız Ahamed vd. (2011); Alvino vd. (2020); Ashraf vd. (2022); Bolton ve Friedl (2013); Burke ve Rundquist (2021); Carlson ve Ripley (1997); Caturegli vd. (2015); Ceccato vd. (2002); Chen (1996); Daghlavi vd. (2022); Daughtry vd. (2000); Dobermann ve Ping (2004); Duan vd. (2017); Eitel vd. (2007); Erlandsson vd. (2023); Escuin vd. (2008); Fan vd. (2009); Gao (1996); Gitelson vd. (1996); Gitelson (2004); Gowda vd. (2015); Guan ve Liu (2009); Gupta vd. (2000); Haboudane vd. (2004); Hancock ve Dougherty (2007); Huete vd. (1994); Huete vd. (1997); Jahangir ve Arast (2020); Jargalsaikhan vd. (2021); Jiang vd. (2008); Karnieli vd. (2001); Kaufman and Tanre (1992); Khanmohammadi vd. (2015); Kokhan ve Vostokov (2020); Liu vd. (2003); Lymburner vd. (2000); Mohamadi Monavar (2018); Mondal (2011); Mostaza-Colado vd. (2019); Parwati vd. (2012); Pellegrini vd. (2020); Piragnolo vd. (2021); Poenaru vd. (2012); Que vd. (2019); Rahman ve Mesev (2019); Raynolds ve Walker (2016); Ren vd. (2018); Rodriguez (2021); Sajadi (2011); Singh vd. (2012); Solgi vd. (2023); Strashok vd. (2022); Tahir vd. (2018); Tan vd. (2020); Wei vd. (2020); Wu vd. (2008); Yang vd. (2008); Yue vd. (2007); Zhen vd. (2021) bulguları ile benzerlik göstermektedir.

#### 4.6 Yaprak Alan İndeksi

Elde edilen gözlem LAI değerleri aynı tarihlere ( $\pm 2$  gün) karşılık gelen Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope uydu band/indeks değerleri ile korelasyon analizi yapılmış olup elde edilen sonuçlar, Tablo 4.8’de verilmiştir.

Korelasyon analizi sonucunda istatistiki olarak bulunan Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope band/indeksler ile LAI gözlem değerleri arasında regresyon analizi yapılmış, analiz sonucunda bulunan  $R^2$  ve RMSE, Tablo 4.8’de verilmiştir.



Tablo 4.8 LAI gözlem değerleri ile Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Korelasyon ve Regresyon Analiz sonuçları

| BAND/İNDİS           | Sentinel-1 |                |      | Sentinel-2 |                |         | Landsat-8 |                |      | PlanetScope |                |         |
|----------------------|------------|----------------|------|------------|----------------|---------|-----------|----------------|------|-------------|----------------|---------|
|                      | r          | R <sup>2</sup> | RMSE | r          | R <sup>2</sup> | RMSE    | r         | R <sup>2</sup> | RMSE | r           | R <sup>2</sup> | RMSE    |
| VV                   | 0,25       | 0,13**         | 0,05 | M/D        |                |         | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| VH                   | 0,50       | 0,25**         | 0,01 | M/D        |                |         | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| VV-VH                | 0,156d     |                |      | M/D        |                |         | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| VV/VH                | -0,33      | 0,11**         | 2,44 | M/D        |                |         | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| RVI                  | 0,32       | 0,12**         | 0,17 | M/D        |                |         | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| RVI_MAX              | 0,25       | 0,06**         | 0,24 | M/D        |                |         | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| RVI_MIN              | 0,27       | 0,08**         | 0,13 | M/D        |                |         | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| CR                   | 0,24       | 0,06**         | 0,28 | M/D        |                |         | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| NL                   | 0,43       | 0,21**         | 0,01 | M/D        |                |         | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| DPSVI                | 0,45       | 0,21**         | 0,03 | M/D        |                |         | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| DPSVI_2              | 0,24       | 0,06**         | 0,28 | M/D        |                |         | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| DPSVI_MOD            | 0,45       | 0,21**         | 0,03 | M/D        |                |         | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| LEE_VH               | 0,60       | 0,39**         | 1,17 | M/D        |                |         | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| LEE_VV               | 0,28       | 0,19**         | 1,13 | M/D        |                |         | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| GAMMA_VH             | 0,64       | 0,44**         | 0,99 | M/D        |                |         | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| GAMMA_VV             | 0,32       | 0,25**         | 0,99 | M/D        |                |         | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| MALIK_VH             | 0,58       | 0,36**         | 1,27 | M/D        |                |         | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| MALIK_VV             | 0,26       | 0,17**         | 1,19 | M/D        |                |         | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| ARI                  | M/D        |                |      | 0,70**     | 0,48**         | 0,00    | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| ARI2                 | M/D        |                |      | 0,85**     | 0,71**         | 0,43    | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| ARVI                 | M/D        |                |      | 0,86**     | 0,78**         | 0,10    | 0,83**    | 0,78**         | 0,10 | 0,93**      | 0,87**         | 0,07    |
| ARVI2                | M/D        |                |      | 0,87**     | 0,78**         | 0,10    | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| BI                   | M/D        |                |      | -0,83**    | 0,68**         | 0,07    | -0,76**   | 0,67**         | 0,09 | -0,86**     | 0,74**         | 0,08    |
| BNDVI                | M/D        |                |      | 0,81**     | 0,65**         | 0,05    | 0,84**    | 0,80**         | 0,04 | 0,90**      | 0,81**         | 0,03    |
| CI                   | M/D        |                |      | -0,80**    | 0,64**         | 0,09    | -0,73**   | 0,62**         | 0,07 | -0,83**     | 0,68**         | 0,06    |
| DVI                  | M/D        |                |      | 0,79**     | 0,61**         | 839,13  | 0,76**    | 0,64**         | 0,07 | 0,86**      | 0,76**         | 633,00  |
| EVI                  | M/D        |                |      | 0,87**     | 0,74**         | 0,33    | 0,78**    | 0,68**         | 0,10 | 0,88**      | 0,77**         | 0,23    |
| EVI2                 | M/D        |                |      | 0,86**     | 0,77**         | 0,20    | 0,79**    | 0,69**         | 0,09 | 0,92**      | 0,86**         | 0,14    |
| GARI                 | M/D        |                |      | 0,86**     | 0,80**         | 0,09    | 0,75**    | 0,70**         | 0,19 | 0,88**      | 0,84**         | 0,11    |
| GBNDVI               | M/D        |                |      | 0,85**     | 0,71**         | 0,07    | 0,85**    | 0,79**         | 0,07 | 0,92**      | 0,84**         | 0,05    |
| GCI                  | M/D        |                |      | 0,83**     | 0,68**         | 1,04    | 0,81**    | 0,69**         | 1,08 | 0,86**      | 0,78**         | 0,82    |
| GDVI                 | M/D        |                |      | 0,77**     | 0,59**         | 727,65  | 0,75**    | 0,62**         | 0,06 | 0,85**      | 0,75**         | 566,72  |
| GLI                  | M/D        |                |      | 0,75**     | 0,56**         | 0,07    | 0,75**    | 0,65**         | 0,05 | 0,84**      | 0,71**         | 0,04    |
| GNDVI                | M/D        |                |      | 0,87**     | 0,75**         | 0,05    | 0,85**    | 0,79**         | 0,05 | 0,93**      | 0,86**         | 0,04    |
| GOSAVI               | M/D        |                |      | 0,87**     | 0,75**         | 0,05    | 0,83**    | 0,75**         | 0,05 | 0,93**      | 0,86**         | 0,04    |
| GRNDVI               | M/D        |                |      | 0,87**     | 0,74**         | 0,10    | 0,84**    | 0,78**         | 0,09 | 0,92**      | 0,85**         | 0,07    |
| GRVI                 | M/D        |                |      | 0,83**     | 0,68**         | 1,04    | 0,81**    | 0,69**         | 1,08 | 0,86**      | 0,78**         | 0,82    |
| GSAVI                | M/D        |                |      | 0,87**     | 0,77**         | 0,07    | 0,80**    | 0,71**         | 0,06 | 0,93**      | 0,86**         | 0,05    |
| GVI                  | M/D        |                |      | 0,80**     | 0,63**         | 619,75  | 0,78**    | 0,67**         | 0,05 | M/D         |                |         |
| GVMi                 | M/D        |                |      | 0,88**     | 0,77**         | 0,07    | 0,86**    | 0,78**         | 0,05 | M/D         |                |         |
| IPVI                 | M/D        |                |      | -0,53**    | 0,27**         | 0,03    | 0,046d    |                |      | 0,086d      |                |         |
| IRECI                | M/D        |                |      | 0,72**     | 0,52**         | 4831,14 | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| LAI <sub>uydu</sub>  | M/D        |                |      | 0,87**     | 0,74**         | 1,19    | 0,78**    | 0,68**         | 0,37 | 0,88**      | 0,77**         | 0,83    |
| LST                  | M/D        |                |      | M/D        |                |         | -0,81**   | 0,76**         | 3,09 | M/D         |                |         |
| mARI                 | M/D        |                |      | 0,85**     | 0,71**         | 0,43    | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| MCARI                | M/D        |                |      | 0,78**     | 0,60**         | 509,31  | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| MCARI1               | M/D        |                |      | 0,80**     | 0,63**         | 1388,70 | 0,76**    | 0,66**         | 0,11 | 0,87**      | 0,77**         | 1022,20 |
| MCARI2               | M/D        |                |      | 0,84**     | 0,76**         | 0,09    | 0,79**    | 0,69**         | 0,11 | 0,92**      | 0,87**         | 0,06    |
| MCARI/MTVI2          | M/D        |                |      | 0,73**     | 0,53**         | 503,86  | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| MCARI/OSAVI          | M/D        |                |      | 0,83**     | 0,68**         | 64,98   | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| MNDVI                | M/D        |                |      | 0,89**     | 0,79**         | 0,08    | 0,86**    | 0,80**         | 0,08 | M/D         |                |         |
| MNLI                 | M/D        |                |      | 0,82**     | 0,73**         | 0,00    | 0,78**    | 0,67**         | 0,11 | 0,92**      | 0,87**         | 0,00    |
| MRENDVI              | M/D        |                |      | 0,80**     | 0,72**         | 0,07    | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| MRESR                | M/D        |                |      | 0,74**     | 0,60**         | 0,72    | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| MSAVI                | M/D        |                |      | 0,85**     | 0,72**         | 0,07    | 0,79**    | 0,70**         | 0,10 | 0,93**      | 0,87**         | 0,04    |
| MSI                  | M/D        |                |      | -0,88**    | 0,77**         | 0,08    | -0,85**   | 0,79**         | 0,08 | M/D         |                |         |
| MSR                  | M/D        |                |      | 0,80**     | 0,63**         | 0,54    | 0,78**    | 0,65**         | 0,44 | 0,86**      | 0,75**         | 0,33    |
| MTVI                 | M/D        |                |      | 0,80**     | 0,65**         | 1388,70 | 0,76**    | 0,66**         | 0,11 | 0,87**      | 0,77**         | 1022,20 |
| MTVI2                | M/D        |                |      | 0,84**     | 0,76**         | 0,09    | 0,79**    | 0,69**         | 0,11 | 0,92**      | 0,87**         | 0,06    |
| NBR                  | M/D        |                |      | 0,89**     | 0,79**         | 0,08    | 0,86**    | 0,80**         | 0,08 | M/D         |                |         |
| NDMI                 | M/D        |                |      | 0,88**     | 0,77**         | 0,07    | 0,85**    | 0,78**         | 0,07 | M/D         |                |         |
| NDVI <sub>uydu</sub> | M/D        |                |      | 0,86**     | 0,77**         | 0,08    | 0,83**    | 0,78**         | 0,08 | 0,92**      | 0,86**         | 0,06    |
| NLI                  | M/D        |                |      | 0,82**     | 0,73**         | 0,00    | 0,82**    | 0,75**         | 0,17 | 0,92**      | 0,87**         | 0,00    |
| OSAVI                | M/D        |                |      | 0,86**     | 0,73**         | 0,10    | 0,82**    | 0,75**         | 0,08 | 0,92**      | 0,86**         | 0,07    |
| PVI                  | M/D        |                |      | 0,77**     | 0,59**         | 672,67  | 0,74**    | 0,62**         | 0,06 | 0,85**      | 0,75**         | 516,97  |
| RDI                  | M/D        |                |      | -0,88**    | 0,82**         | 0,08    | -0,85**   | 0,80**         | 0,07 | M/D         |                |         |

Tablo 4.8 LAI gözlem değerleri ile Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Korelasyon ve Regresyon Analiz sonuçları (Devam)

|             |     |  |  |         |        |          |         |        |      |         |        |         |
|-------------|-----|--|--|---------|--------|----------|---------|--------|------|---------|--------|---------|
| NMDI        | M/D |  |  | -0,076d |        |          | M/D     |        |      | M/D     |        |         |
| RDVI        | M/D |  |  | 0,83**  | 0,68** | 8,53     | 0,80**  | 0,71** | 0,07 | 0,90**  | 0,81** | 6,21    |
| REDEDGE1    | M/D |  |  | 0,79**  | 0,62** | 0,44     | M/D     |        |      | M/D     |        |         |
| REDEDGE2    | M/D |  |  | 0,85**  | 0,72** | 0,07     | M/D     |        |      | M/D     |        |         |
| RENDVI      | M/D |  |  | 0,81**  | 0,65** | 0,07     | M/D     |        |      | M/D     |        |         |
| REP         | M/D |  |  | 0,68**  | 0,46** | 1,50     | M/D     |        |      | M/D     |        |         |
| RI          | M/D |  |  | -0,80** | 0,64** | 0,09     | -0,73** | 0,62** | 0,07 | -0,83** | 0,68** | 0,06    |
| RVI         | M/D |  |  | 0,75**  | 0,55** | 3,20     | 0,72**  | 0,56** | 2,40 | 0,80**  | 0,67** | 1,71    |
| SAVI        | M/D |  |  | 0,86**  | 0,73** | 0,13     | 0,80**  | 0,71** | 0,08 | 0,92**  | 0,86** | 0,09    |
| SIPI        | M/D |  |  | -0,77** | 0,70** | 0,10     | -0,77** | 0,72** | 0,09 | -0,88** | 0,86** | 0,07    |
| SLAVI       | M/D |  |  | 0,82**  | 0,67** | 0,75     | 0,78**  | 0,60** | 0,79 | M/D     |        |         |
| SMI         | M/D |  |  | M/D     |        |          | 0,176d  |        |      | M/D     |        |         |
| TCARI       | M/D |  |  | 0,77**  | 0,58** | 212,01   | M/D     |        |      | M/D     |        |         |
| TCARI/OSAVI | M/D |  |  | 0,83**  | 0,68** | 194,93   | M/D     |        |      | M/D     |        |         |
| TCI         | M/D |  |  | 0,80**  | 0,64** | 268,14   | M/D     |        |      | M/D     |        |         |
| TDVI        | M/D |  |  | 0,83**  | 0,68** | 12,79    | 0,78**  | 0,68** | 0,09 | 0,90**  | 0,81** | 9,32    |
| TGI         | M/D |  |  | -0,62** | 0,38** | 6134,04  | -0,70** | 0,64** | 0,54 | -0,79** | 0,62** | 4052,05 |
| TSAVI       | M/D |  |  | 0,86**  | 0,73** | 0,08     | 0,76**  | 0,65** | 0,03 | 0,92**  | 0,86** | 0,06    |
| TVI         | M/D |  |  | 0,85**  | 0,71** | 25598,58 | M/D     |        |      | M/D     |        |         |
| VARI        | M/D |  |  | 0,80**  | 0,63** | 0,13     | 0,73**  | 0,62** | 0,09 | 0,81**  | 0,66** | 0,08    |
| WDRVI       | M/D |  |  | 0,85**  | 0,71** | 0,08     | 0,83**  | 0,78** | 0,08 | 0,92**  | 0,86** | 0,06    |
| WDVI        | M/D |  |  | 0,80**  | 0,64** | 906,18   | 0,78**  | 0,67** | 0,07 | 0,87**  | 0,78** | 669,14  |
| WET         | M/D |  |  | 0,89**  | 0,78** | 240,51   | 0,84**  | 0,74** | 0,02 | M/D     |        |         |

öd: Önemli değil, \* :0,05 düzeyinde önemli, \*\*0,01: düzeyinde önemli M/D: Mevcut Değil

Tablo 4.8’de gözlem LAI değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope indeks değerleri arasındaki korelasyon değerleri görülmektedir.

Korelasyon analizine göre gözlem LAI ile **Sentinel-1** VV ( $r=0,25^{**}$ ), VH ( $r=0,50^{**}$ ), VV/VH ( $r=-0,33^{**}$ ), RVI ( $r=0,32^{**}$ ), RVI\_MAX ( $r=0,25^{**}$ ), RVI\_MIN ( $r=0,27^{**}$ ), CR ( $r=0,24^{**}$ ), NL ( $r=0,43^{**}$ ), DPSVI ( $r=0,45^{**}$ ), DPSVI\_2 ( $r=0,24$ ), DPSVI\_MOD ( $r=0,45^{**}$ ), LEE\_VH ( $r=0,60^{**}$ ), LEE\_VV ( $r=0,28^{**}$ ), GAMMA\_VH ( $r=0,64^{**}$ ), GAMMA\_VV ( $r=0,32^{**}$ ), MALIK\_VH ( $r=0,58^{**}$ ), MALIK\_VV ( $r=0,26^{**}$ ), **Sentinel-2** ARI ( $r=0,70^{**}$ ), ARI2 ( $r=0,85^{**}$ ), ARVI ( $r=0,86^{**}$ ), ARVI2 ( $r=0,87^{**}$ ), BI ( $r=-0,83^{**}$ ), BNDVI ( $r=0,81^{**}$ ), CI ( $r=-0,80^{**}$ ), DVI ( $r=0,79^{**}$ ), EVI ( $r=0,87^{**}$ ), EVI2 ( $r=0,86^{**}$ ), GARI ( $r=0,86^{**}$ ), GBNDVI ( $r=0,85^{**}$ ), GCI ( $r=0,83^{**}$ ), GDVI ( $r=0,77^{**}$ ), GLI ( $r=0,75^{**}$ ), GNDVI ( $r=0,87^{**}$ ), GOSAVI ( $r=0,87^{**}$ ), GRNDVI ( $r=0,87^{**}$ ), GRVI ( $r=0,83^{**}$ ), GSAVI ( $r=0,87^{**}$ ), GVI ( $r=0,80^{**}$ ), GVMI ( $r=0,88^{**}$ ), IPVI ( $r=-0,53^{**}$ ), IRECI ( $r=0,72^{**}$ ), LAI<sub>UYDU</sub> ( $r=0,87^{**}$ ), mARI ( $r=0,85^{**}$ ), MCARI ( $r=0,78^{**}$ ), MCARI1 ( $r=0,80^{**}$ ), MCARI2 ( $r=0,84^{**}$ ), MCARI/MTVI2 ( $r=0,73^{**}$ ), MCARI/OSAVI ( $r=0,83^{**}$ ), MNDVI ( $r=0,89^{**}$ ), MNLI ( $r=0,82^{**}$ ), MRENDVI ( $r=0,80^{**}$ ), MRESR ( $r=0,74^{**}$ ), MSAVI ( $r=0,85^{**}$ ), MSI ( $r=-0,88^{**}$ ), MSR ( $r=0,80^{**}$ ), MTVI ( $r=0,80^{**}$ ), MTVI2 ( $r=0,84^{**}$ ), NBR ( $r=0,89^{**}$ ), NDMI ( $r=0,88^{**}$ ), NDVI<sub>UYDU</sub> ( $r=0,86^{**}$ ), NLI ( $r=0,82^{**}$ ), OSAVI ( $r=0,86^{**}$ ), PVI ( $r=0,77^{**}$ ), RDI ( $r=-0,88^{**}$ ), RDVI ( $r=0,83^{**}$ ), REDEDGE1 ( $r=0,79^{**}$ ), REDEDGE2 ( $r=0,85^{**}$ ), RENDVI ( $r=0,81^{**}$ ), REP ( $r=0,68^{**}$ ), RI ( $r=-0,80^{**}$ ), RVI ( $r=0,75^{**}$ ), SAVI ( $r=0,86^{**}$ ), SIPI ( $r=-0,77^{**}$ ), SLAVI ( $r=0,82^{**}$ ), TCARI ( $r=0,77^{**}$ ), TCARI/OSAVI ( $r=0,83^{**}$ ), TCI ( $r=0,80^{**}$ ), TDVI ( $r=0,83^{**}$ ), TGI ( $r=-0,62^{**}$ ), TSAVI ( $r=0,86^{**}$ ), TVI ( $r=0,85^{**}$ ), VARI ( $r=0,80^{**}$ ), WDRVI ( $r=0,85^{**}$ ), WDV ( $r=0,80^{**}$ ), WET ( $r=0,89^{**}$ ), **Landsat-8** ARVI ( $r=0,83^{**}$ ), BI ( $r=-0,76^{**}$ ), BNDVI ( $r=0,84^{**}$ ), CI ( $r=-0,73^{**}$ ), DVI ( $r=0,76^{**}$ ), EVI ( $r=0,78^{**}$ ), EVI2 ( $r=0,79^{**}$ ), GARI ( $r=0,75^{**}$ ), GBNDVI ( $r=0,85^{**}$ ), GCI ( $r=0,81^{**}$ ), GDVI ( $r=0,75^{**}$ ), GLI ( $r=0,75^{**}$ ), GNDVI ( $r=0,85^{**}$ ), GOSAVI ( $r=0,83^{**}$ ), GRNDVI ( $r=0,84^{**}$ ), GRVI ( $r=0,81^{**}$ ), GSAVI ( $r=0,80^{**}$ ), GVI ( $r=0,78^{**}$ ), GVMI ( $r=0,86^{**}$ ), LAI<sub>UYDU</sub> ( $r=0,78^{**}$ ), LST ( $r=-0,81^{**}$ ), MCARI1 ( $r=0,76^{**}$ ), MCARI2 ( $r=0,79^{**}$ ), MNDVI ( $r=0,86^{**}$ ), MNLI ( $r=0,78^{**}$ ), MSAVI ( $r=0,79^{**}$ ), MSI ( $r=-0,85^{**}$ ), MSR ( $r=0,78^{**}$ ), MTVI ( $r=0,76^{**}$ ), MTVI2 ( $r=0,79^{**}$ ), NBR ( $r=0,86^{**}$ ), NDMI ( $r=0,85^{**}$ ), NDVI<sub>UYDU</sub> ( $r=0,83^{**}$ ), NLI ( $r=0,82^{**}$ ), OSAVI ( $r=0,82^{**}$ ), PVI ( $r=0,74^{**}$ ), RDI ( $r=-0,85^{**}$ ),

RDVI ( $r=0,80^{**}$ ), RI ( $r=-0,73^{**}$ ), RVI ( $r=0,72^{**}$ ), SAVI ( $r=0,80^{**}$ ), SIPI ( $r=-0,77^{**}$ ), SLAVI ( $r=0,78^{**}$ ), TDVI ( $r=0,78^{**}$ ), TGI ( $r=-0,70^{**}$ ), TSAVI ( $r=0,76^{**}$ ), VARI ( $r=0,73^{**}$ ), WDRVI ( $r=0,83^{**}$ ), WDV ( $r=0,78^{**}$ ), WET ( $r=0,84^{**}$ ), **PlanetScope** ARVI ( $r=0,93^{**}$ ), BI ( $r=-0,86^{**}$ ), BNDVI ( $r=0,90^{**}$ ), CI ( $r=-0,83^{**}$ ), DVI ( $r=0,86^{**}$ ), EVI ( $r=0,88^{**}$ ), EVI2 ( $r=0,92^{**}$ ), GARI ( $r=0,88^{**}$ ), GBNDVI ( $r=0,92^{**}$ ), GCI ( $r=0,86^{**}$ ), GDVI ( $r=0,85^{**}$ ), GLI ( $r=0,84^{**}$ ), GNDVI ( $r=0,93^{**}$ ), GOSAVI ( $r=0,93^{**}$ ), GRNDVI ( $r=0,92^{**}$ ), GRVI ( $r=0,86^{**}$ ), GSAVI ( $r=0,93^{**}$ ), LAI<sub>UYDU</sub> ( $r=0,88^{**}$ ), MCARI1 ( $r=0,87^{**}$ ), MCARI2 ( $r=0,92^{**}$ ), MNLI ( $r=0,92^{**}$ ), MSAVI ( $r=0,93^{**}$ ), MSR ( $r=0,86^{**}$ ), MTVI ( $r=0,87^{**}$ ), MTVI2 ( $r=0,92^{**}$ ), NDVI<sub>UYDU</sub> ( $r=0,92^{**}$ ), NLI ( $r=0,92^{**}$ ), OSAVI ( $r=0,92^{**}$ ), PVI ( $r=0,85^{**}$ ), RDVI ( $r=0,90^{**}$ ), RI ( $r=-0,83^{**}$ ), RVI ( $r=0,80^{**}$ ), SAVI ( $r=0,92^{**}$ ), SIPI ( $r=-0,88^{**}$ ), TDVI ( $r=0,90^{**}$ ), TGI ( $r=-0,79^{**}$ ), TSAVI ( $r=0,92^{**}$ ), VARI ( $r=0,81^{**}$ ), WDRVI ( $r=0,92^{**}$ ), WDV ( $r=0,87^{**}$ ) değerleri arasında istatistiksel olarak önemli ilişki bulunmuştur.

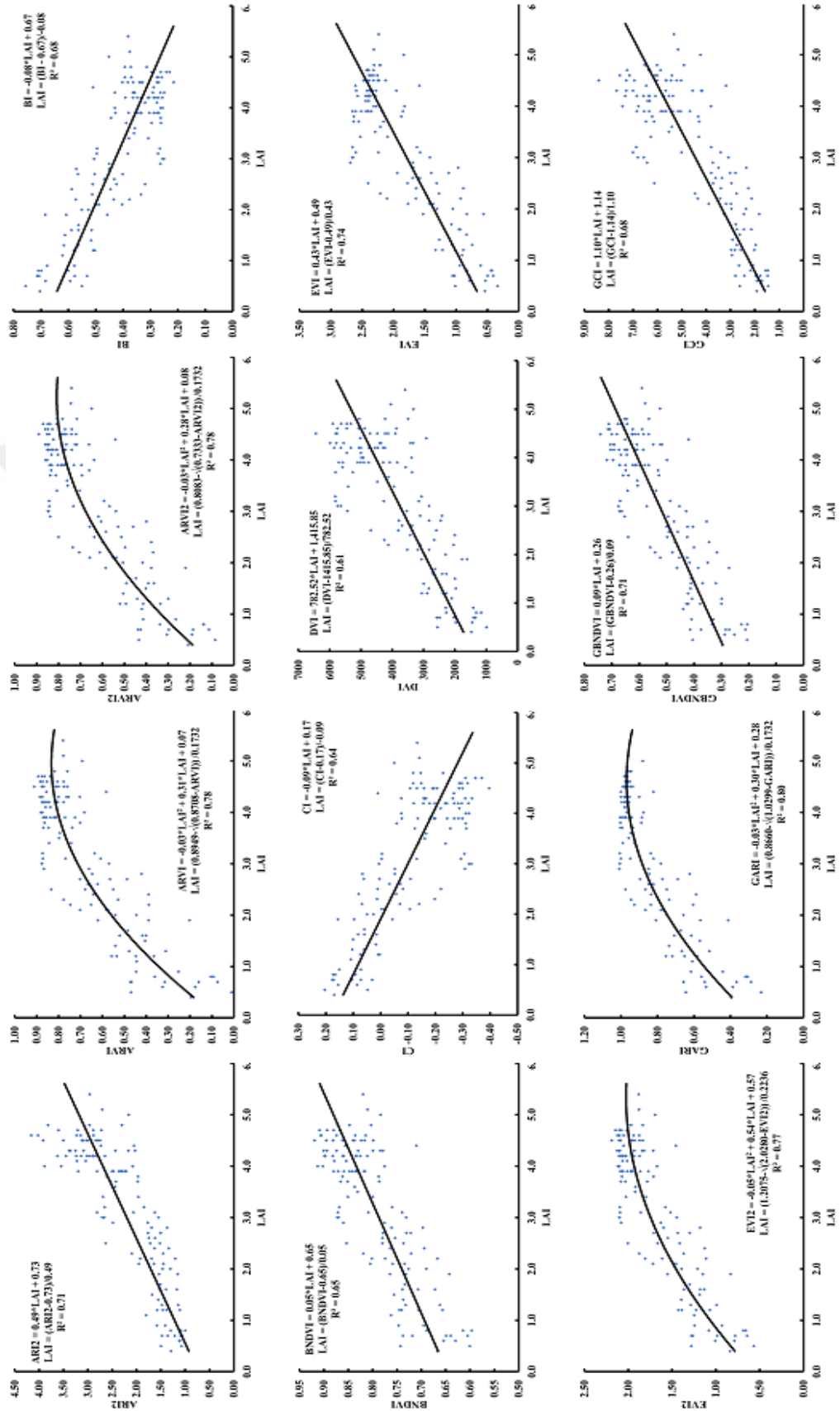
Korelasyon analizine göre gözlem LAI ile **Sentinel-1** VV-VH ( $r=0,15$  öd), **Sentinel-2** NMDI ( $r=-0,07$  öd), **Landsat-8** IPVI ( $r=0,04$  öd), SMI ( $r=0,17$  öd), **PlanetScope** IPVI ( $r=0,08$  öd) değerleri arasındaki ilişki istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Korelasyon analizi sonucunda gözlem LAI değerleri ile band/indeksler arasında önemli ve yüksek ilişki saptananların regresyon analizleri yapılmıştır (Tablo 4.8). Yapılan regresyon analiz sonuçlarına göre elde edilen  $R^2$  ve RMSE değerleri, Tablo 4.8'de verilmiştir.

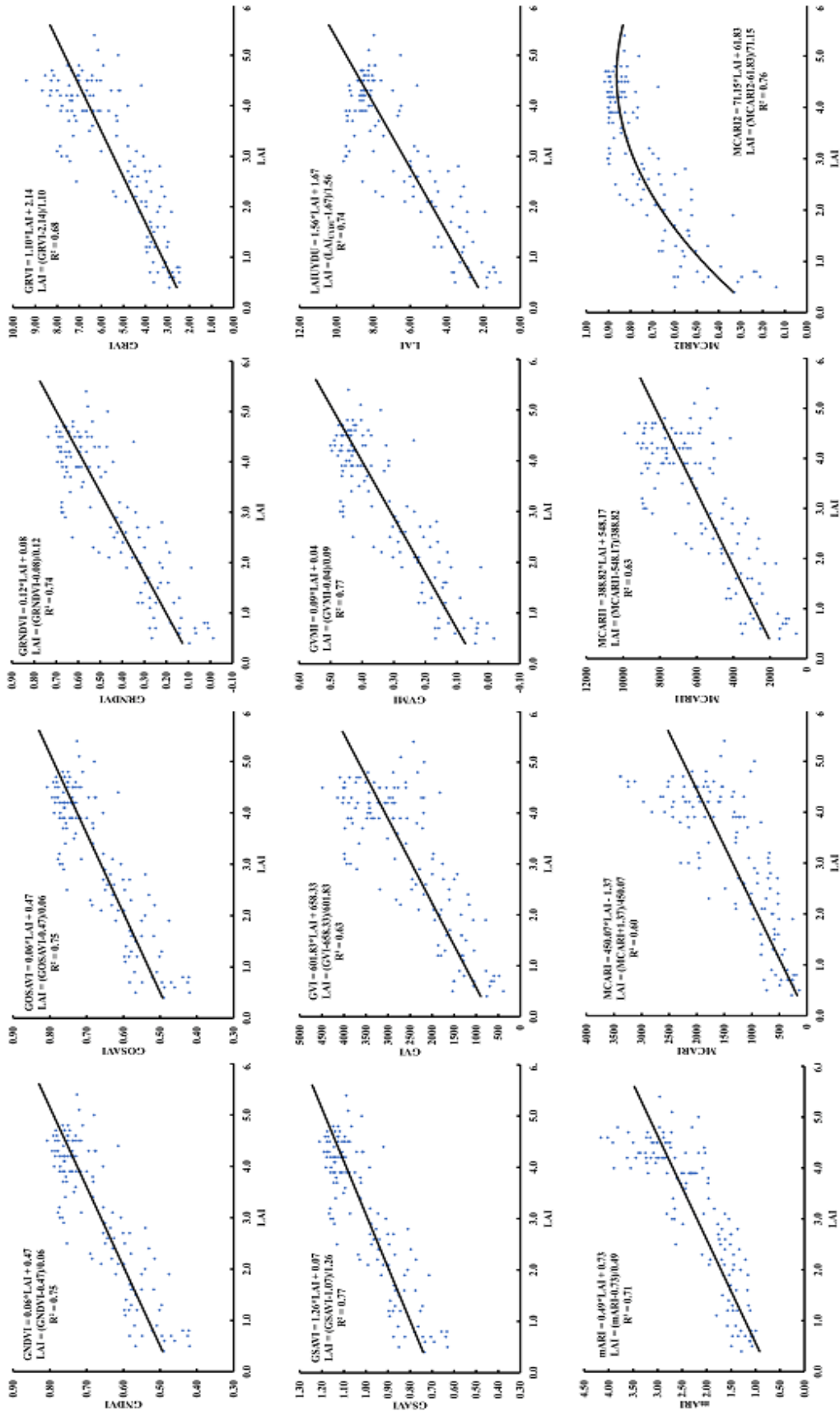
Elde edilen regresyon analiz sonuçlarına göre gözlem LAI ile **Sentinel-2** ARI2 ( $R^2=0,71^{**}$ ), ARVI ( $R^2=0,78^{**}$ ), ARVI2 ( $R^2=0,78^{**}$ ), BI ( $R^2=0,68^{**}$ ), BNDVI ( $R^2=0,65^{**}$ ), CI ( $R^2=0,64^{**}$ ), DVI ( $R^2=0,61^{**}$ ), EVI ( $R^2=0,74^{**}$ ), EVI2 ( $R^2=0,77^{**}$ ), GARI ( $R^2=0,80^{**}$ ), GBNDVI ( $R^2=0,71^{**}$ ), GCI ( $R^2=0,68^{**}$ ), GNDVI ( $R^2=0,75^{**}$ ), GOSAVI ( $R^2=0,75^{**}$ ), GRNDVI ( $R^2=0,74^{**}$ ), GRVI ( $R^2=0,68^{**}$ ), GSAVI ( $R^2=0,77^{**}$ ), GVI ( $R^2=0,63^{**}$ ), GVMI ( $R^2=0,77^{**}$ ), LAI<sub>UYDU</sub> ( $R^2=0,74^{**}$ ), mARI ( $R^2=0,71^{**}$ ), MCARI ( $R^2=0,60^{**}$ ), MCARI1 ( $R^2=0,63^{**}$ ), MCARI2 ( $R^2=0,76^{**}$ ), MCARI/OSAVI ( $R^2=0,68^{**}$ ), MNDVI ( $R^2=0,79^{**}$ ), MNLI ( $R^2=0,73^{**}$ ), MRENDVI ( $R^2=0,72^{**}$ ), MRESR ( $R^2=0,60^{**}$ ), MSAVI ( $R^2=0,72^{**}$ ), MSI ( $R^2=0,77^{**}$ ), MSR ( $R^2=0,63^{**}$ ), MTVI ( $R^2=0,65^{**}$ ), MTVI2 ( $R^2=0,76^{**}$ ), NBR

$(R^2=0,79^{**})$ , NDMI  $(R^2=0,77^{**})$ , NDVI<sub>UYDU</sub>  $(R^2=0,77^{**})$ , NLI  $(R^2=0,73^{**})$ , OSAVI  $(R^2=0,73^{**})$ , RDI  $(R^2=0,82^{**})$ , RDVI  $(R^2=0,68^{**})$ , REDEGE1  $(R^2=0,62^{**})$ , REDEGE2  $(R^2=0,72^{**})$ , RENDVI  $(R^2=0,65^{**})$ , RI  $(R^2=0,64^{**})$ , SAVI  $(R^2=0,73^{**})$ , SIPI  $(R^2=0,70^{**})$ , SLAVI  $(R^2=0,67^{**})$ , TCARI/OSAVI  $(R^2=0,68^{**})$ , TCI  $(R^2=0,64^{**})$ , TDVI  $(R^2=0,68^{**})$ , TSAVI  $(R^2=0,73^{**})$ , TVI  $(R^2=0,71^{**})$ , VARI  $(R^2=0,63^{**})$ , WDRVI  $(R^2=0,71^{**})$ , WDV  $(R^2=0,64^{**})$ , WET  $(R^2=0,78^{**})$ , **Landsat-8** ARVI  $(R^2=0,78^{**})$ , BI  $(R^2=0,67^{**})$ , BNDVI  $(R^2=0,80^{**})$ , CI  $(R^2=0,62^{**})$ , DVI  $(R^2=0,64^{**})$ , EVI  $(R^2=0,68^{**})$ , EVI2  $(R^2=0,69^{**})$ , GARI  $(R^2=0,70^{**})$ , GBNDVI  $(R^2=0,79^{**})$ , GCI  $(R^2=0,69^{**})$ , GDVI  $(R^2=0,62^{**})$ , GLI  $(R^2=0,65^{**})$ , GNDVI  $(R^2=0,79^{**})$ , GOSAVI  $(R^2=0,75^{**})$ , GRNDVI  $(R^2=0,78^{**})$ , GRVI  $(R^2=0,69^{**})$ , GSAVI  $(R^2=0,71^{**})$ , GVI  $(R^2=0,67^{**})$ , GVMI  $(R^2=0,78^{**})$ , LAI<sub>UYDU</sub>  $(R^2=0,68^{**})$ , LST  $(R^2=0,76^{**})$ , MCARI1  $(R^2=0,66^{**})$ , MCARI2  $(R^2=0,69^{**})$ , MNDVI  $(R^2=0,80^{**})$ , MNLI  $(R^2=0,67^{**})$ , MSAVI  $(R^2=0,70^{**})$ , MSI  $(R^2=0,79^{**})$ , MSR  $(R^2=0,65^{**})$ , MTVI  $(R^2=0,66^{**})$ , MTVI2  $(R^2=0,69^{**})$ , NBR  $(R^2=0,80^{**})$ , NDMI  $(R^2=0,78^{**})$ , NDVI<sub>UYDU</sub>  $(R^2=0,78^{**})$ , NLI  $(R^2=0,75^{**})$ , OSAVI  $(R^2=0,75^{**})$ , PVI  $(R^2=0,62^{**})$ , RDI  $(R^2=0,80^{**})$ , RDVI  $(R^2=0,71^{**})$ , RI  $(R^2=0,62^{**})$ , SAVI  $(R^2=0,71^{**})$ , SIPI  $(R^2=0,72^{**})$ , SLAVI  $(R^2=0,60^{**})$ , TDVI  $(R^2=0,68^{**})$ , TGI  $(R^2=0,64^{**})$ , TSAVI  $(R^2=0,65^{**})$ , VARI  $(R^2=0,62^{**})$ , WDRVI  $(R^2=0,78^{**})$ , WDV  $(R^2=0,67^{**})$ , WET  $(R^2=0,74^{**})$ , **PlanetScope** ARVI  $(R^2=0,87^{**})$ , BI  $(R^2=0,74^{**})$ , BNDVI  $(R^2=0,81^{**})$ , CI  $(R^2=0,68^{**})$ , DVI  $(R^2=0,76^{**})$ , EVI  $(R^2=0,77^{**})$ , EVI2  $(R^2=0,86^{**})$ , GARI  $(R^2=0,84^{**})$ , GBNDVI  $(R^2=0,84^{**})$ , GCI  $(R^2=0,78^{**})$ , GDVI  $(R^2=0,75^{**})$ , GLI  $(R^2=0,71^{**})$ , GNDVI  $(R^2=0,86^{**})$ , GOSAVI  $(R^2=0,86^{**})$ , GRNDVI  $(R^2=0,85^{**})$ , GRVI  $(R^2=0,78^{**})$ , GSAVI  $(R^2=0,86^{**})$ , LAI<sub>UYDU</sub>  $(R^2=0,77^{**})$ , MCARI1  $(R^2=0,77^{**})$ , MCARI2  $(R^2=0,87^{**})$ , MNLI  $(R^2=0,87^{**})$ , MSAVI  $(R^2=0,87^{**})$ , MSR  $(R^2=0,75^{**})$ , MTVI  $(R^2=0,77^{**})$ , MTVI2  $(R^2=0,87^{**})$ , NDVI<sub>UYDU</sub>  $(R^2=0,86^{**})$ , NLI  $(R^2=0,87^{**})$ , OSAVI  $(R^2=0,86^{**})$ , PVI  $(R^2=0,75^{**})$ , RDVI  $(R^2=0,81^{**})$ , RI  $(R^2=0,68^{**})$ , RVI  $(R^2=0,67^{**})$ , SAVI  $(R^2=0,86^{**})$ , SIPI  $(R^2=0,86^{**})$ , TDVI  $(R^2=0,81^{**})$ , TGI  $(R^2=0,62^{**})$ , TSAVI  $(R^2=0,86^{**})$ , VARI  $(R^2=0,66^{**})$ , WDRVI  $(R^2=0,86^{**})$ , WDV  $(R^2=0,78^{**})$  ile önemli ve yüksek ilişkiler saptanmıştır. Bu ilişkilere dair değişim grafikleri, Şekil 4.6'da verilmiştir.

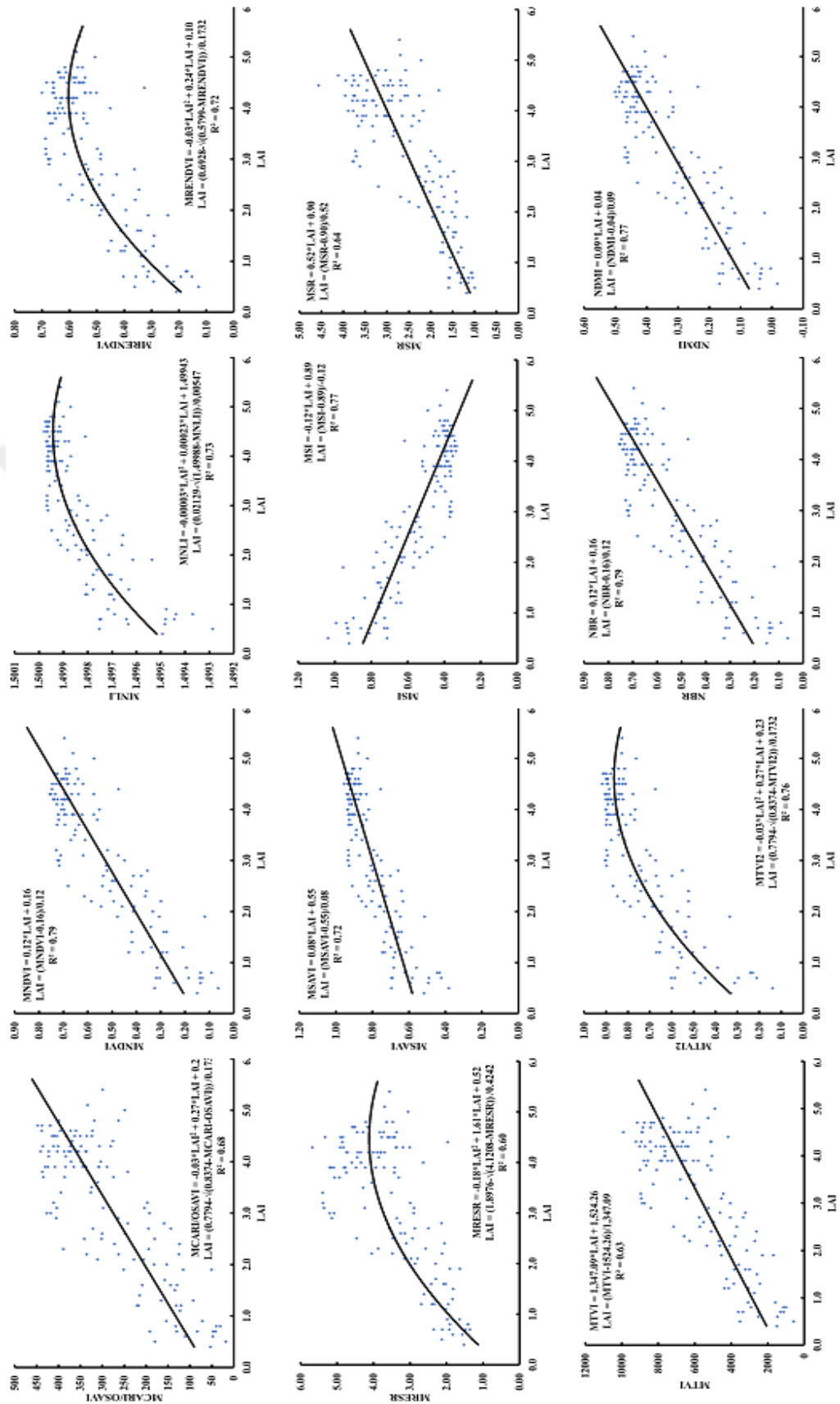




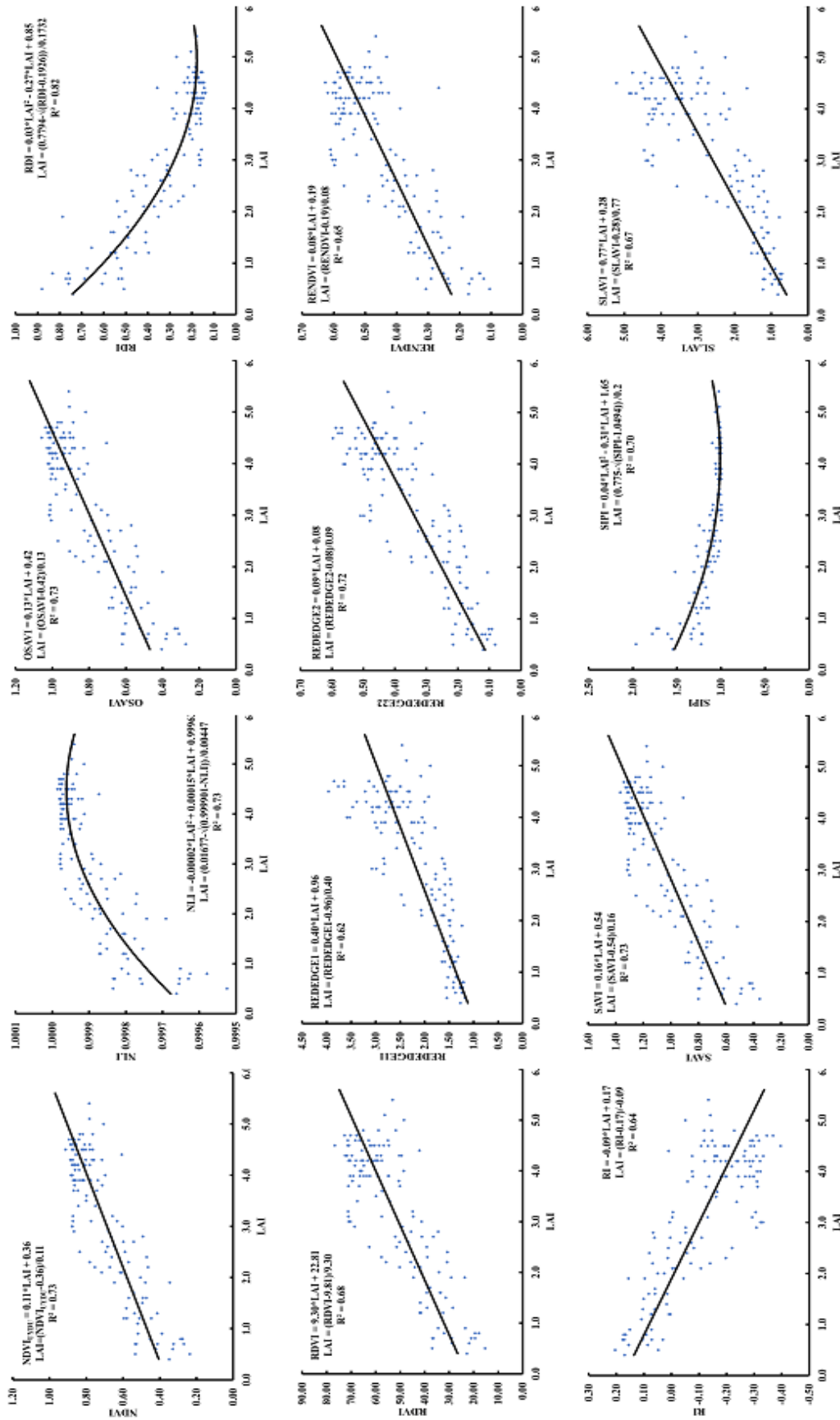
Şekil 4.6 LAI gözlem değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri



Şekil 4.6 LAI gözlem değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri (Devam)

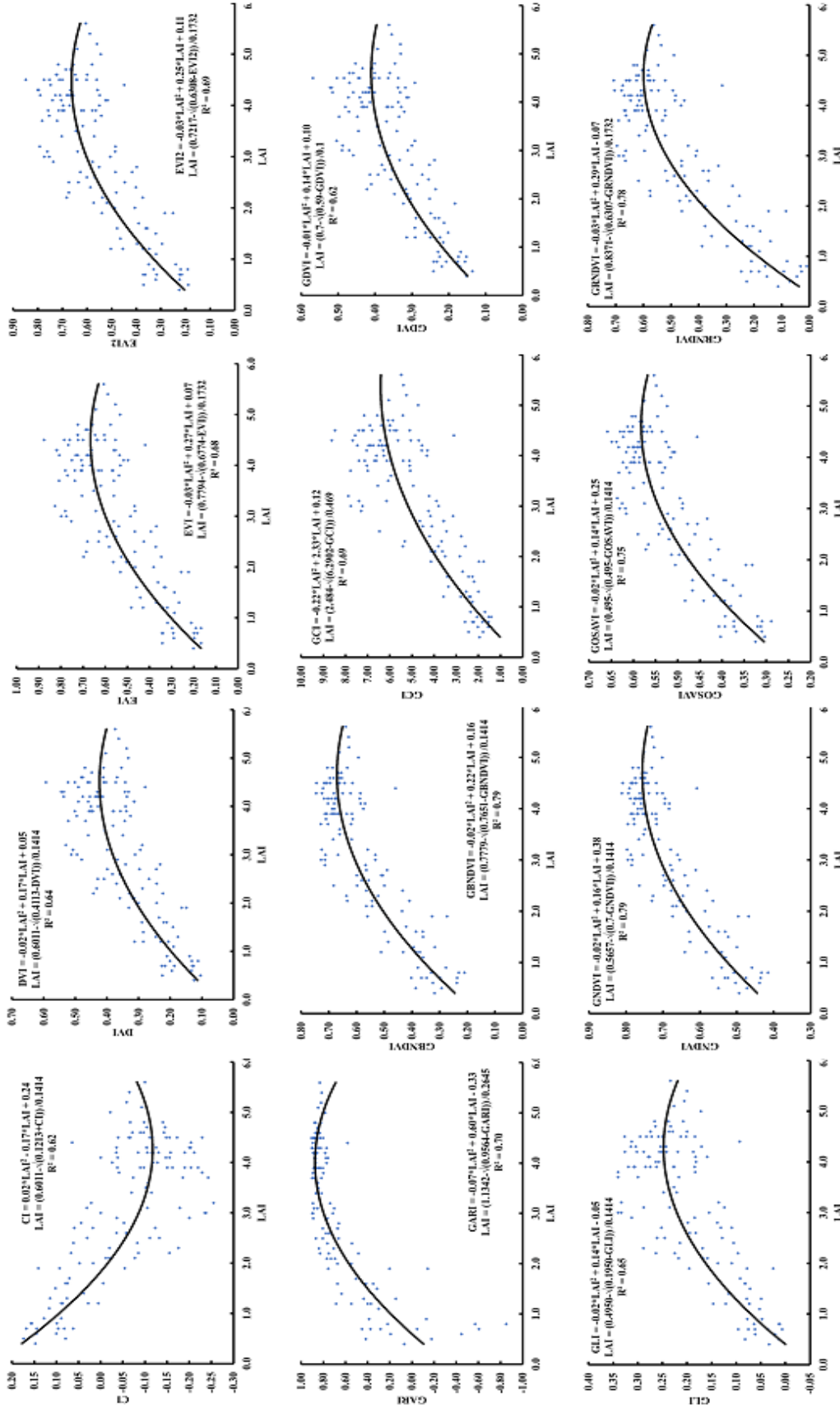


Şekil 4.6 LAI gözlem değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri (Devam)

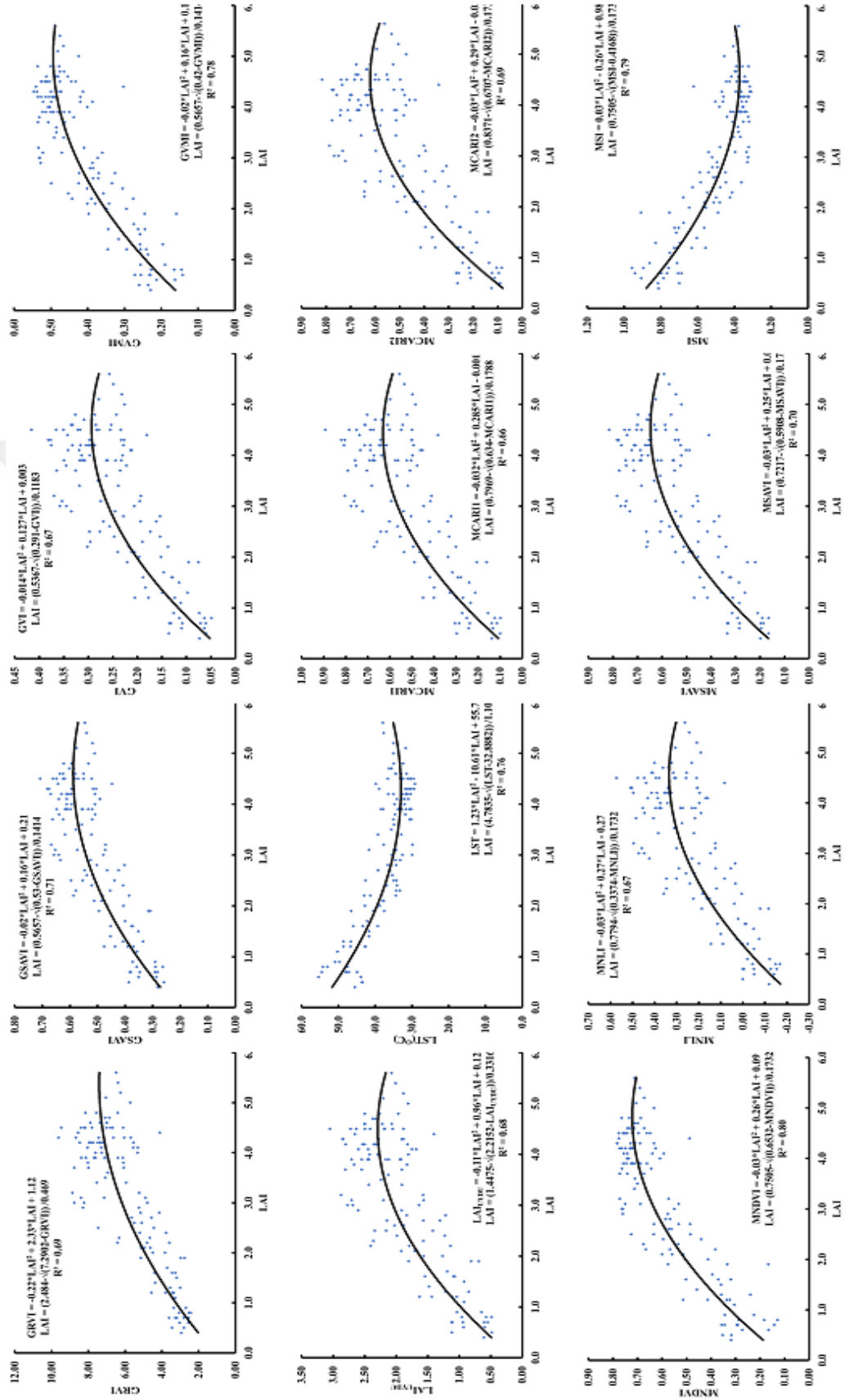


Şekil 4.6 LAI gözlem değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri (Devam)



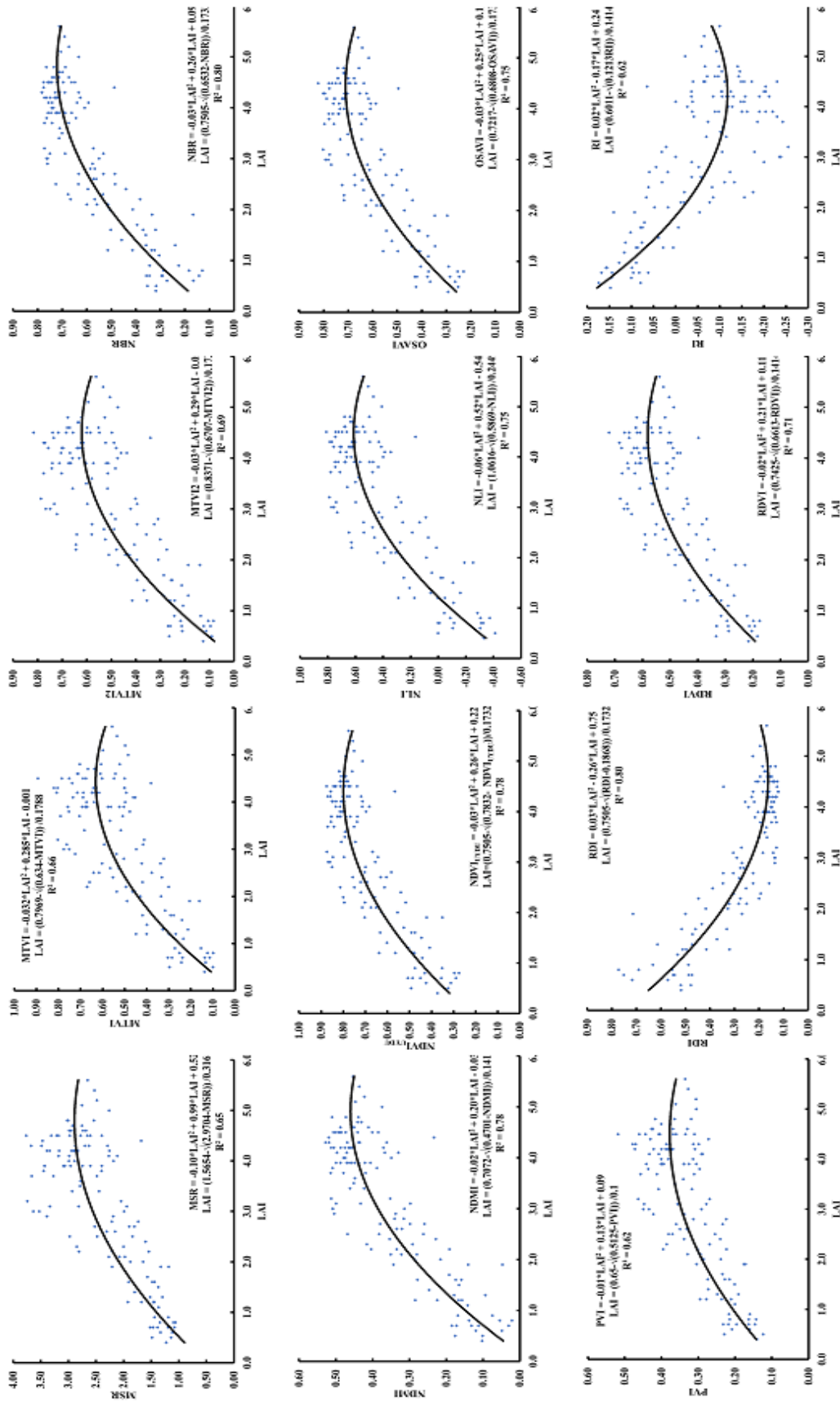


Şekil 4.6 LAI gözlem değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri (Devam)



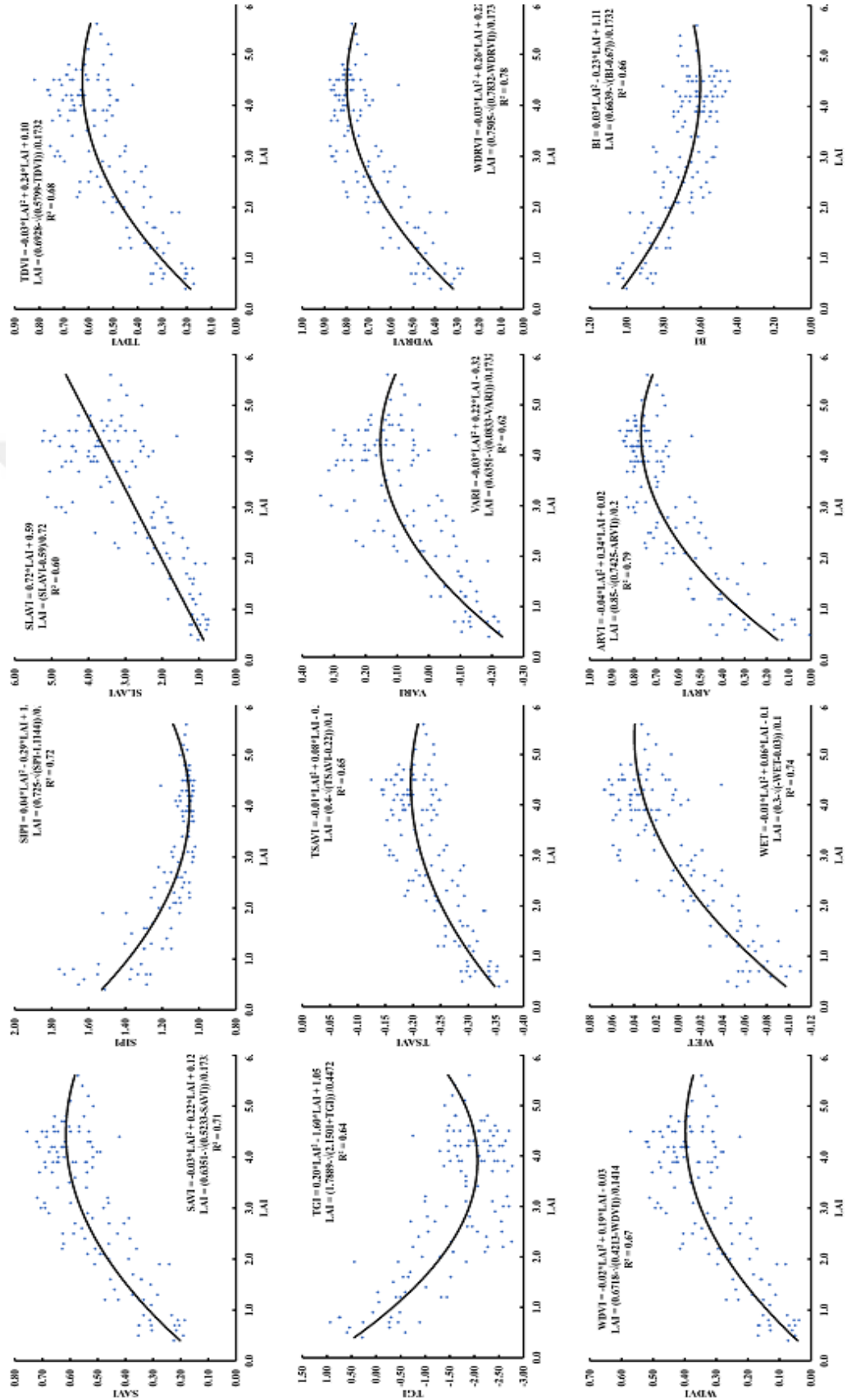
Şekil 4.6 LAI gözlem değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri (Devam)



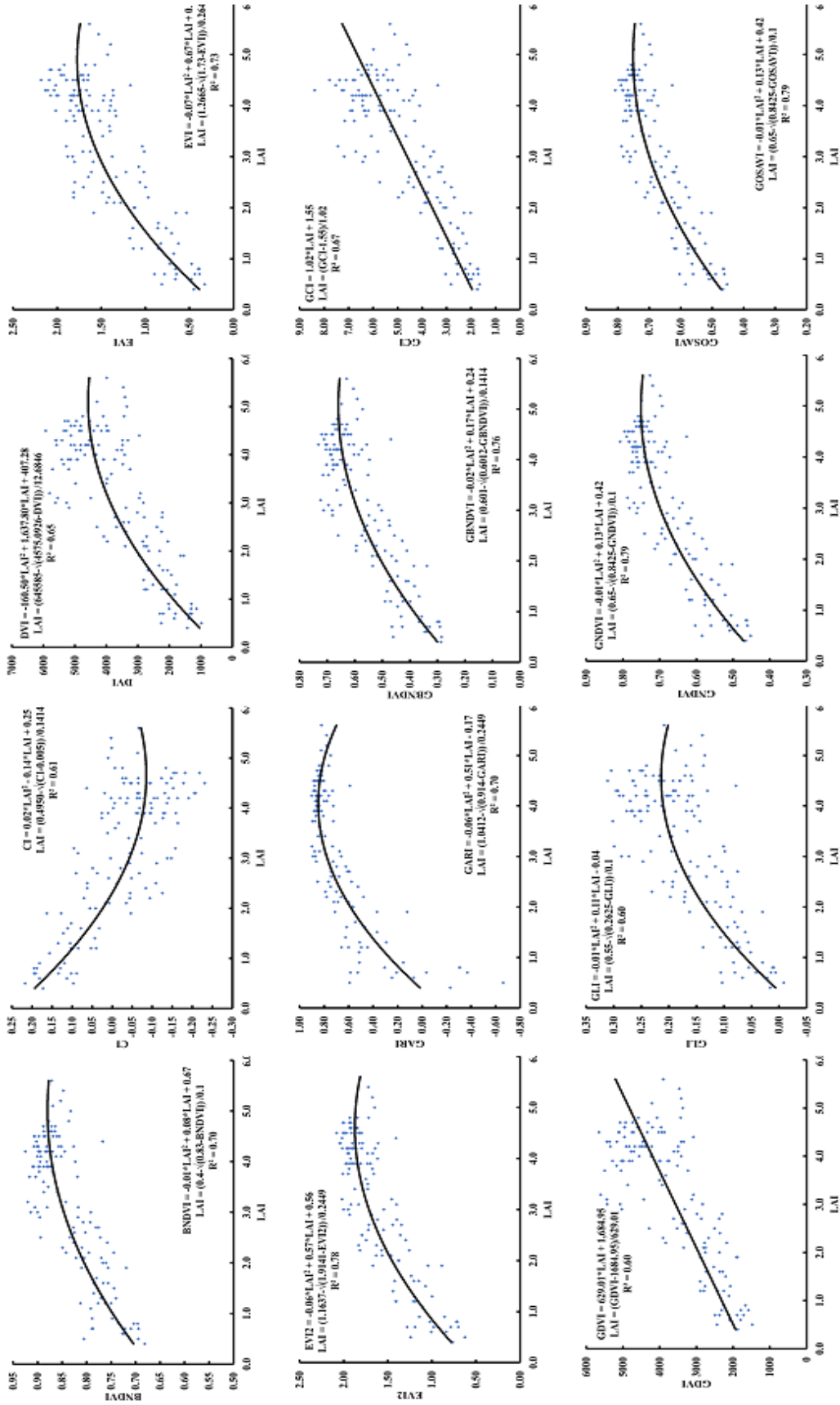


Şekil 4.6 LAI gözlem değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri (Devam)

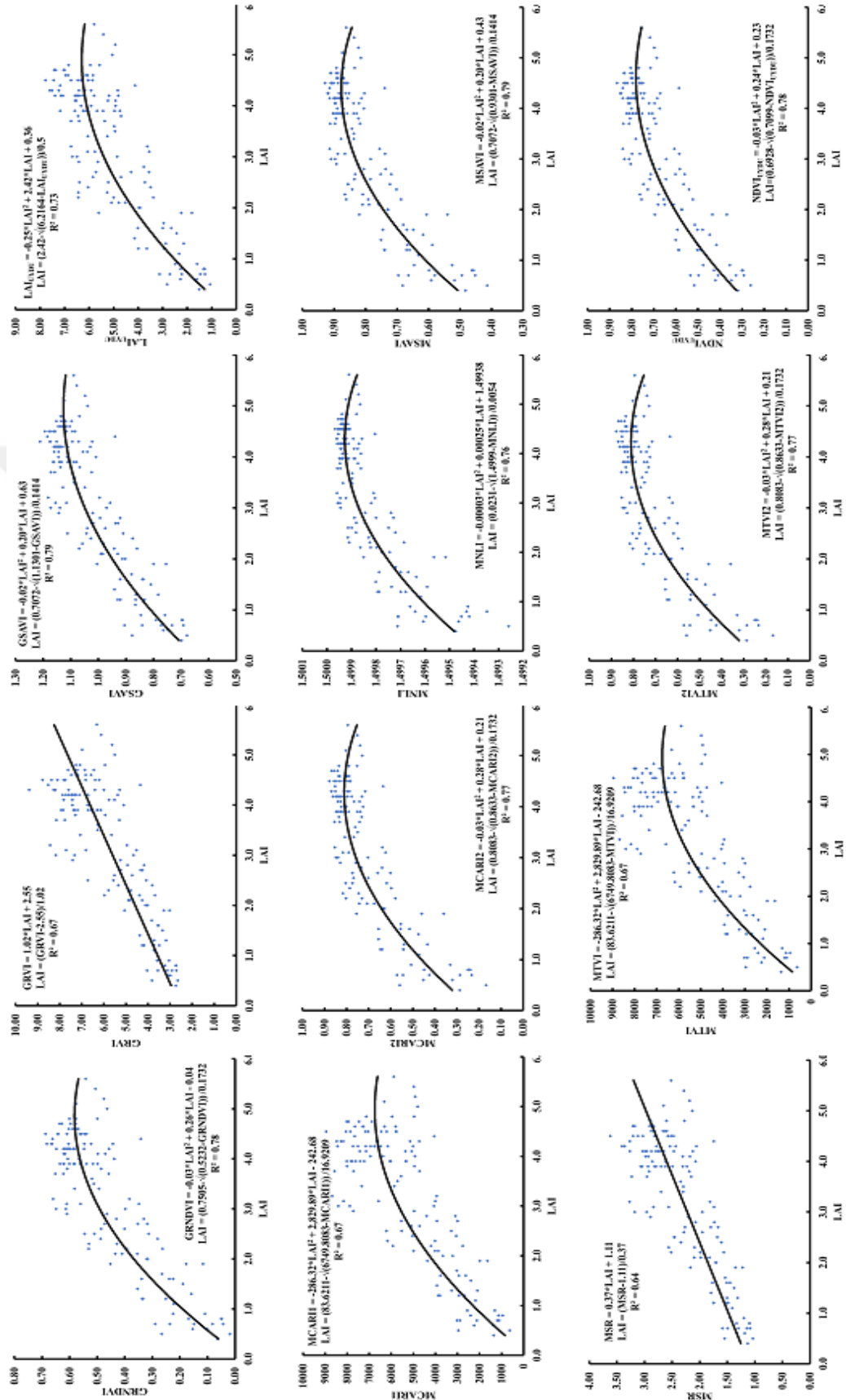




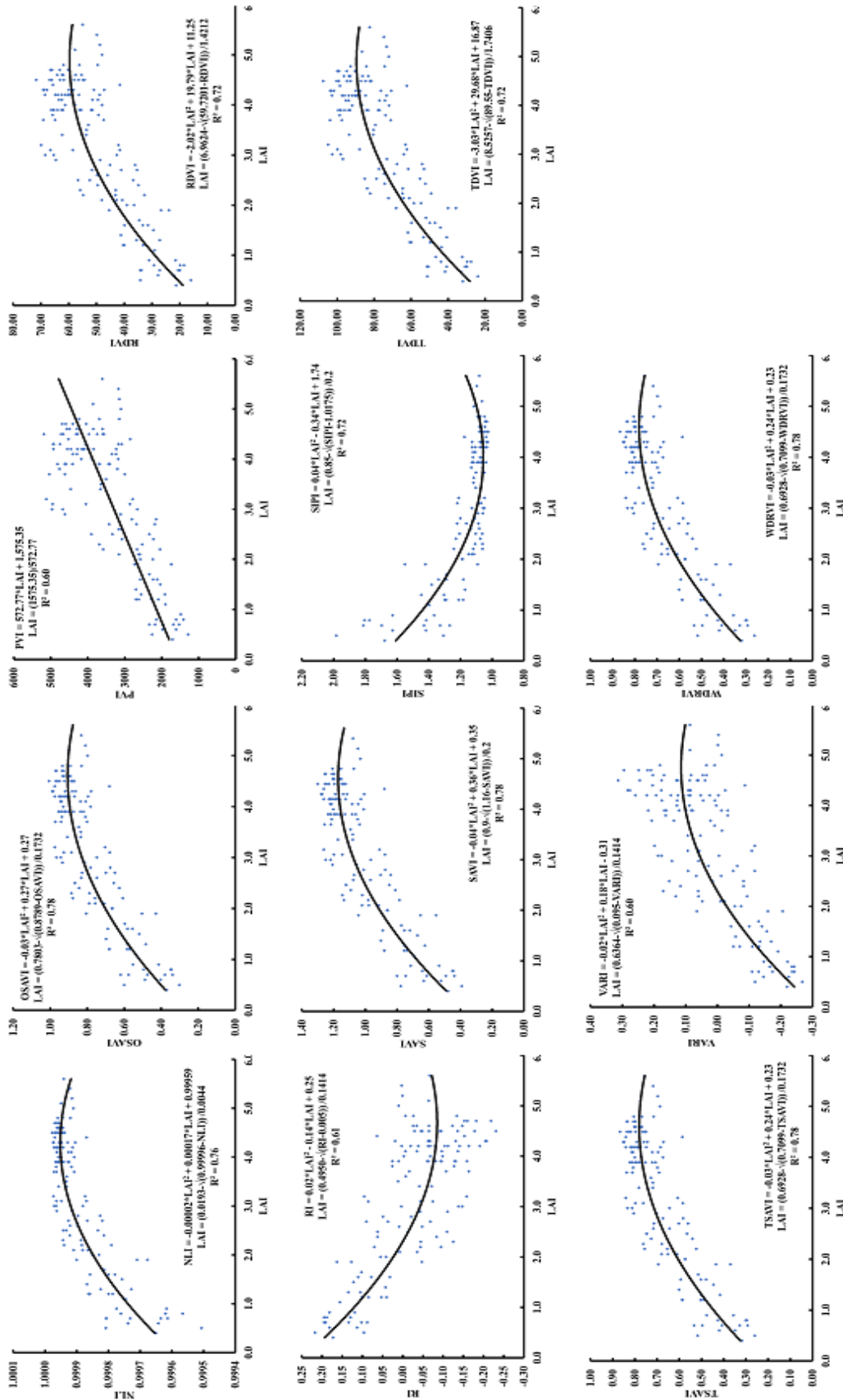
Şekil 4.6 LAI gözlem değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri (Devam)



Şekil 4.6 LAI gözlem değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri (Devam)



Şekil 4.6 LAI gözlem değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri (Devam)



Şekil 4.6 LAI gözlem değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri (Devam)

Şekil 4.6’da gözlem LAI değerleri elde edebilmek için **Sentinel-2**  $LAI = (ARI2 - 0,73) / 0,49$ ,  $LAI = (0,8949 - \sqrt{(0,8708 - ARVI)}) / 0,1732$ ,  $LAI = (0,8083 - \sqrt{(0,7333 - ARVI2)}) / 0,1732$ ,  $LAI = (BI - 0,67) / -0,08$ ,  $LAI = (BNDVI - 0,65) / 0,05$ ,  $LAI = (CI - 0,17) / -0,09$ ,  $LAI = (DVI - 1415,85) / 782,52$ ,  $LAI = (EVI - 0,49) / 0,43$ ,  $LAI = (1,2075 - \sqrt{(2,0280 - EVI2)}) / 0,2236$ ,  $LAI = (0,8660 - \sqrt{(1,0299 - GARI)}) / 0,1732$ ,  $LAI = (GBNDVI - 0,26) / 0,09$ ,  $LAI = (GCI - 1,14) / 1,10$ ,  $LAI = (GNDVI - 0,47) / 0,06$ ,  $LAI = (GOSAVI - 0,47) / 0,06$ ,  $LAI = (GRNDVI - 0,08) / 0,12$ ,  $LAI = (GRVI - 2,14) / 1,10$ ,  $LAI = (GSAVI - 1,07) / 1,26$ ,  $LAI = (GVI - 658,33) / 601,83$ ,  $LAI = (GVMI - 0,04) / 0,09$ ,  $LAI = (LAIUYDU - 1,67) / 1,56$ ,  $LAI = (mARI - 0,73) / 0,49$ ,  $LAI = (MCARI + 1,37) / 450,07$ ,  $LAI = (MCARI1 - 548,17) / 388,82$ ,  $LAI = (MCARI2 - 61,83) / 71,15$ ,  $LAI = (0,7794 - \sqrt{(0,8374 - MCARI - OSAVI)}) / 0,1732$ ,  $LAI = (MNDVI - 0,16) / 0,12$ ,  $LAI = (0,02129 - \sqrt{(1,49988 - MNLI)}) / 0,00547$ ,  $LAI = (0,6928 - \sqrt{(0,5799 - MRENDVI)}) / 0,1732$ ,  $LAI = (1,8976 - \sqrt{(4,1208 - MRESR)}) / 0,4242$ ,  $LAI = (MSAVI - 0,55) / 0,08$ ,  $LAI = (MSI - 0,89) / -0,12$ ,  $LAI = (MSR - 0,90) / 0,52$ ,  $LAI = (MTVI - 1524,26) / 1,347,09$ ,  $LAI = (0,7794 - \sqrt{(0,8374 - MTVI2)}) / 0,1732$ ,  $LAI = (NBR - 0,16) / 0,12$ ,  $LAI = (NDMI - 0,04) / 0,09$ ,  $LAI = (NDVIUYDU - 0,36) / 0,11$ ,  $LAI = (0,01677 - \sqrt{(0,999901 - NLI)}) / 0,00447$ ,  $LAI = (0,2 - \sqrt{(NMDI - 0,66)}) / 0,1$ ,  $LAI = (OSAVI - 0,42) / 0,13$ ,  $LAI = (0,7794 - \sqrt{(RDI - 0,1926)}) / 0,1732$ ,  $LAI = (RDVI - 9,81) / 9,30$ ,  $LAI = (REDEGE1 - 0,96) / 0,40$ ,  $LAI = (REDEGE2 - 0,08) / 0,09$ ,  $LAI = (RENDVI - 0,19) / 0,08$ ,  $LAI = (RI - 0,17) / -0,09$ ,  $LAI = (SAVI - 0,54) / 0,16$ ,  $LAI = (0,775 - \sqrt{(SIPI - 1,0494)}) / 0,2$ ,  $LAI = (SLAVI - 0,28) / 0,77$ ,  $LAI = (TCARI - OSAVI - 185,49) / 213,44$ ,  $LAI = (TCI - 220,01) / 257,63$ ,  $LAI = (TDVI - 13,22) / 13,95$ ,  $LAI = (TSAVI - 0,36) / 0,11$ ,  $LAI - 83,916,26 = (TVI - 916,26) / 29,872,65$ ,  $LAI = (VARI - 0,24) / 0,13$ ,  $LAI = (WDRVI - 0,47) / 0,19$ ,  $LAI = (WDVI - 895,94) / 895,47$ ,  $LAI = (WET - 220,10) / 339,26$ , **Landsat-8**  $LAI = (0,875 - \sqrt{(ARVI)}) / 0,2$ ,  $LAI = (0,6928 - \sqrt{(BI - 0,5901)}) / 0,1732$ ,  $LAI = (0,65 - \sqrt{(1,0225 - BNDVI)}) / 0,1$ ,  $LAI = (0,6011 - \sqrt{(0,1213 + CI)}) / 0,1414$ ,  $LAI = (0,6011 - \sqrt{(0,4113 - DVI)}) / 0,1414$ ,  $LAI = (0,7794 - \sqrt{(0,6774 - EVI)}) / 0,1732$ ,  $LAI = (0,7217 - \sqrt{(0,6308 - EVI2)}) / 0,1732$ ,  $LAI = (1,1342 - \sqrt{(0,9564 - GARI)}) / 0,2645$ ,  $LAI = (0,7779 - \sqrt{(0,7651 - GBNDVI)}) / 0,1414$ ,  $LAI = (2,484 - \sqrt{(6,2902 - GCI)}) / 0,469$ ,  $LAI = (0,7 - \sqrt{(0,59 - GDVI)}) / 0,1$ ,  $LAI = (0,4950 - \sqrt{(0,1950 - GLI)}) / 0,1414$ ,  $LAI = (0,5657 - \sqrt{(0,7 - GNDVI)}) / 0,1414$ ,  $LAI = (0,495 - \sqrt{(0,495 - GOSAVI)}) / 0,1414$ ,  $LAI = (0,8371 - \sqrt{(0,6307 - GRNDVI)}) / 0,1732$ ,  $LAI = (2,484 - \sqrt{(7,2902 - GRVI)}) / 0,469$ ,  $LAI = (0,5657 - \sqrt{(0,53 - GSAVI)}) / 0,1414$ ,  $LAI = (0,5367 - \sqrt{(0,291 - GVI)}) / 0,1183$ ,  $LAI = (0,5657 - \sqrt{(0,42 - GVMI)}) / 0,1414$ ,  $LAI = (1,4475 - \sqrt{(2,2152 - LAIUYDU)}) / 0,3316$ ,  $LAI = (4,7835 -$

$\sqrt{(LST-32,8882)}/1,109$ ;  $LAI=(0,7969-\sqrt{(0,634-MCARI1)})/0,1788$ ,  $LAI = (0,8371-\sqrt{(0,6707-MCARI2)})/0,1732$ ,  $LAI = (0,7505-\sqrt{(0,6532-MNDVI)})/0,1732$ ,  $LAI = (0,7794-\sqrt{(0,3374-MNLI)})/0,1732$ ,  $LAI = (0,7217-\sqrt{(0,5908-MSAVI)})/0,1732$ ,  $LAI = (0,7505-\sqrt{(MSI-0,4168)})/0,1732$ ,  $LAI = (1,5654-\sqrt{(2,9704-MSR)})/0,3162$ ,  $LAI = (0,7969-\sqrt{(0,634-MTVI)})/0,1788$ ,  $LAI = (0,8371-\sqrt{(0,6707-MTVI2)})/0,1732$ ,  $LAI = (0,7505-\sqrt{(0,6532-NBR)})/0,1732$ ,  $LAI = (0,7072-\sqrt{(0,4701-NDMI)})/0,1414$ ,  $LAI=(0,7505-\sqrt{(0,7832-NDVIUYDU)})/0,1732$ ,  $LAI = (1,0616-\sqrt{(0,5869-NLI)})/0,2449$ ,  $LAI = (0,7217-\sqrt{(0,6808-OSAVI)})/0,1732$ ,  $LAI = (0,65-\sqrt{(0,5125-PVI)})/0,1$ ,  $LAI = (0,7505-\sqrt{(RDI-0,1868)})/0,1732$ ,  $LAI = (0,7425-\sqrt{(0,6613-RDVI)})/0,1414$ ,  $LAI = (0,6011-\sqrt{(0,1213RI)})/0,1414$ ,  $LAI = (0,6351-\sqrt{(0,5233-SAVI)})/0,1732$ ,  $LAI = (0,725-\sqrt{(SPI-1,1144)})/0,2$ ,  $LAI = (SLAVI-0,59)/0,72$ ,  $LAI = (0,6928-\sqrt{(0,5799-TDVI)})/0,1732$ ,  $LAI = (1,7889-\sqrt{(2,1501+TGI)})/0,4472$ ,  $LAI = (0,4-\sqrt{(TSAVI-0,22)})/0,1$ ,  $LAI = (0,6351-\sqrt{(0,0833-VARI)})/0,1732$ ,  $LAI = (0,7505-\sqrt{(0,7832-WDRV)})/0,1732$ ,  $LAI = (0,6718-\sqrt{(0,4213-WDVI)})/0,1414$ ,  $LAI = (0,3-\sqrt{(-WET-0,03)})/0,1$ , **PlanetScope**  $LAI = (0,85-\sqrt{(0,7425-ARVI)})/0,2$ ,  $LAI = (0,6639-\sqrt{(BI-0,67)})/0,1732$ ,  $LAI = (0,4-\sqrt{(0,83-BNDVI)})/0,1$ ,  $LAI = (0,4950-\sqrt{(CI-0,005)})/0,1414$ ,  $LAI = (645585-\sqrt{(4575,0926-DVI)})/12,6846$ ,  $LAI = (1,2665-\sqrt{(1,73-EVI)})/0,2645$ ,  $LAI = (1,1637-\sqrt{(1,9141-EVI2)})/0,2449$ ,  $LAI = (1,0412-\sqrt{(0,914-GARI)})/0,2449$ ,  $LAI = (0,601-\sqrt{(0,6012-GBNDVI)})/0,1414$ ,  $LAI = (GCI-1,55)/1,02$ ,  $LAI = (GDVI-1684,95)/629,01$ ,  $LAI = (0,55-\sqrt{(0,2625-GLI)})/0,1$ ,  $LAI = (0,65-\sqrt{(0,8425-GNDVI)})/0,1$ ,  $LAI = (0,65-\sqrt{(0,8425-GOSAVI)})/0,1$ ,  $LAI = (0,7505-\sqrt{(0,5232-GRNDVI)})/0,1732$ ,  $LAI = (GRVI-2,55)/1,02$ ,  $LAI = (0,7072-\sqrt{(1,1301-GSAVI)})/0,1414$ ,  $LAI = (2,42-\sqrt{(6,2164-LAIUYDU)})/0,5$ ,  $LAI = (83,6211-\sqrt{(6749,8083-MCARI1)})/16,9209$ ,  $LAI = (0,8083-\sqrt{(0,8633-MCARI2)})/0,1732$ ,  $LAI = (0,02285-\sqrt{(MNDVI-1,49886)})/0,00547$ ,  $LAI = (0,0231-\sqrt{(1,4999-MNLI)})/0,0054$ ,  $LAI = (0,7072-\sqrt{(0,9301-MSAVI)})/0,1414$ ,  $LAI = (MSR-1,11)/0,37$ ,  $LAI = (83,6211-\sqrt{(6749,8083-MTVI)})/16,9209$ ,  $LAI = (0,8083-\sqrt{(0,8633-MTVI2)})/0,1732$ ,  $LAI=(0,6928-\sqrt{(0,7099-NDVIUYDU)})/0,1732$ ,  $LAI = (0,0193-\sqrt{(0,99996-NLI)})/0,0044$ ,  $LAI = (0,7803-\sqrt{(0,8789-OSAVI)})/0,1732$ ,  $LAI = (1575,35)/572,77$ ,  $LAI = (6,9624-\sqrt{(59,7201-RDVI)})/1,4212$ ,  $LAI = (0,4950-\sqrt{(RI-0,005)})/0,1414$ ,  $LAI = (RVI-1,34)/1,63$ ,  $LAI = (0,9-\sqrt{(1,16-SAVI)})/0,2$ ,  $LAI = (0,85-\sqrt{(SIPI-1,0175)})/0,2$ ,  $LAI = (8,5257-\sqrt{(89,55-TDVI)})/1,7406$ ,  $LAI = (140,1773-\sqrt{(24462,8854-TGI)})/34,0953$ ,  $LAI = (0,6928-\sqrt{(0,7099-TSAVI)})/0,1732$ ,  $LAI = (0,6364-\sqrt{(0,095-VARI)})/0,1414$ ,

$LAI = (0,6928 - \sqrt{(0,7099 - WDRVI)}) / 0,1732$ ,  $LAI = (68,0480 - \sqrt{(4264,37 - WDI)}) / 13,548$  denklemleri kullanılabilmektedir.

Elde edilen önemli ve yüksek ilişkinin varlığı nedeniyle büyük alanlarda uydu gözlemlerine dayanarak bu indekslerin, gözlem LAI değerlerinin yüksek güvenilirlikle tahmin edilmesinde kullanılmasının uygun olacağı düşünülmektedir. Bu band/indeks ilişkin regresyon denklemi değişim grafikleri, Şekil 4.6'da verilmiştir.

Regresyon analizine göre gözlem LAI ile **Sentinel-1** VV ( $R^2=0,13^{**}$ ), VH ( $R^2=0,25^{**}$ ), RVI ( $R^2 = 0,12^{**}$ ), RVI\_MAX ( $R^2 = 0,06^{**}$ ), RVI\_MIN ( $R^2 = 0,08^{**}$ ), CR ( $R^2 = 0,06^{**}$ ), NL ( $R^2=0,21^{**}$ ), DPSVI ( $R^2 = 0,21^{**}$ ), DPSVI\_2 ( $R^2 = 0,06^{**}$ ), DPSVI\_MOD ( $R^2 = 0,21^{**}$ ), LEE\_VH ( $R^2=0,39^{**}$ ), LEE\_VV ( $R^2 = 0,19^{**}$ ), GAMMA\_VH ( $R^2=0,44^{**}$ ), GAMMA\_VV ( $R^2 = 0,25^{**}$ ), MALIK\_VH ( $R^2 = 0,36^{**}$ ), MALIK\_VV ( $R = 0,17^{**}$ ), **Sentinel-2** ARI ( $R^2=0,48^{**}$ ), GDVI ( $R^2=0,59^{**}$ ), GLI ( $R^2=0,56^{**}$ ), IPVI ( $R^2=0,27^{**}$ ), IRECI ( $R^2=0,52^{**}$ ), MCARI/MTVI2 ( $R^2=0,53^{**}$ ), PVI ( $R^2=0,59^{**}$ ), REP ( $R^2=0,59^{**}$ ), RVI ( $R^2=0,55^{**}$ ), TCARI ( $R^2=0,58^{**}$ ), TGI ( $R^2=0,38^{**}$ ), **Landsat-8** RVI ( $R^2=0,56^{**}$ ), SMI ( $R^2=0,08^{**}$ ), indeksleri arasında istatistiksel olarak düşük ilişki saptanmıştır. Düşük ilişki saptanan bu indekslerin gözlem LAI değerleri hesaplamasında kullanılması uygun bulunmamıştır.

Elde edilen bulgularımız Ahamed vd. (2011); Blinn vd. (2019); Boer vd. (2008); Carlson ve Ripley (1997); Chrysafis vd. (2020); De Peppo vd. (2021); Fan vd. (2009); Feng vd. (2019); Filipponi (2018); Friedl vd. (1994); Fu vd. (2013); Gupta vd. (2000); Haboudane vd. (2004); Hancock ve Dougherty (2007); Hanes ve Schwartz (2011); He vd. (2021); Heiskanen (2006); Herrmann vd. (2011); Huete (1988); Jiang vd. (2008); Kang vd. (2016); Kaplan vd. (2021); Kaplan vd. (2023); Kaufman ve Tanre (1992); Kinane vd. (2021); Lymburner vd. (2000); McMillan ve Goulden (2008); Neinavaz vd. (2019); Ochtyra vd. (2020); Pfeifer vd. (2012); Prada vd. (2020); Prananda vd. (2020); Quang vd. (2022); Rasul vd. (2020); Rocha ve Shaver (2009); Rondeaux vd. (1996); Rosso vd. (2022); Singh vd. (2012); Solgi vd. (2023); Srinet vd. (2019); Vina vd. (2011); Wei vd. (2020); Xiao vd. (2013); Zhao vd. (2007); Zhao vd. (2012); Zhen vd. (2021); Zhen-wang vd. (2017) bulguları ile benzerlik göstermektedir.

#### 4.7 Bitki Oransal Su İçeriği (%)

Elde edilen gözlem BOSI değerleri aynı tarihlere ( $\pm 2$  gün) karşılık gelen Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope uydu band/indeks değerleri ile korelasyon analizi yapılmış olup elde edilen sonuçlar, Tablo 4.9’da verilmiştir.

Korelasyon analizi sonucunda istatistiki olarak bulunan Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope band/indeksler ile BOSI gözlem değerleri arasında regresyon analizi yapılmış, analiz sonucunda bulunan  $R^2$  ve RMSE, Tablo 4.9’da verilmiştir. Analizde, 18.06.2021 tarihinde yapılan ilk gözlem değerleri, arka plan toprak etkisinin fazla olması nedeniyle çıkarılmıştır.





Tablo 4.9 BOSI gözlem değerleri ile Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Korelasyon ve Regresyon Analiz sonuçları

| BAND/İNDİS           | Sentinel-1 |                |      | Sentinel-2 |                |         | Landsat-8 |                |      | PlanetScope |                |        |
|----------------------|------------|----------------|------|------------|----------------|---------|-----------|----------------|------|-------------|----------------|--------|
|                      | r          | R <sup>2</sup> | RMSE | r          | R <sup>2</sup> | RMSE    | r         | R <sup>2</sup> | RMSE | r           | R <sup>2</sup> | RMSE   |
| VV                   | 0,11 öd    |                |      | M/D        |                |         | M/D       |                |      | M/D         |                |        |
| VH                   | 0,01 öd    |                |      | M/D        |                |         | M/D       |                |      | M/D         |                |        |
| VV-VH                | 0,11 öd    |                |      | M/D        |                |         | M/D       |                |      | M/D         |                |        |
| VV/VH                | 0,07 öd    |                |      | M/D        |                |         | M/D       |                |      | M/D         |                |        |
| RVI                  | -0,08 öd   |                |      | M/D        |                |         | M/D       |                |      | M/D         |                |        |
| RVI_MAX              | -0,07 öd   |                |      | M/D        |                |         | M/D       |                |      | M/D         |                |        |
| RVI_MIN              | -0,02 öd   |                |      | M/D        |                |         | M/D       |                |      | M/D         |                |        |
| CR                   | -0,12 öd   |                |      | M/D        |                |         | M/D       |                |      | M/D         |                |        |
| NL                   | 0,04 öd    |                |      | M/D        |                |         | M/D       |                |      | M/D         |                |        |
| DPSVI                | -0,06 öd   |                |      | M/D        |                |         | M/D       |                |      | M/D         |                |        |
| DPSVI_2              | -0,12 öd   |                |      | M/D        |                |         | M/D       |                |      | M/D         |                |        |
| DPSVI_MOD            | -0,06 öd   |                |      | M/D        |                |         | M/D       |                |      | M/D         |                |        |
| LEE_VH               | -0,02 öd   |                |      | M/D        |                |         | M/D       |                |      | M/D         |                |        |
| LEE_VV               | 0,10 öd    |                |      | M/D        |                |         | M/D       |                |      | M/D         |                |        |
| GAMMA_VH             | 0,01 öd    |                |      | M/D        |                |         | M/D       |                |      | M/D         |                |        |
| GAMMA_VV             | 0,10 öd    |                |      | M/D        |                |         | M/D       |                |      | M/D         |                |        |
| MALIK_VH             | -0,01 öd   |                |      | M/D        |                |         | M/D       |                |      | M/D         |                |        |
| MALIK_VV             | 0,09 öd    |                |      | M/D        |                |         | M/D       |                |      | M/D         |                |        |
| ARI                  | M/D        |                |      | 0,39**     | 0,15**         | 0,00    | M/D       |                |      | M/D         |                |        |
| ARI2                 | M/D        |                |      | 0,70       | 0,50**         | 0,51    | M/D       |                |      | M/D         |                |        |
| ARVI                 | M/D        |                |      | 0,87**     | 0,76**         | 0,06    | 0,91**    | 0,82**         | 0,04 | 0,88**      | 0,77**         | 0,05   |
| ARVI2                | M/D        |                |      | 0,87**     | 0,76**         | 0,06    | M/D       |                |      | M/D         |                |        |
| BI                   | M/D        |                |      | -0,85**    | 0,71**         | 0,05    | -0,87**   | 0,75**         | 0,05 | -0,76**     | 0,57**         | 0,06   |
| BNDVI                | M/D        |                |      | 0,83**     | 0,69**         | 0,03    | 0,91**    | 0,83**         | 0,02 | 0,86**      | 0,74**         | 0,02   |
| CI                   | M/D        |                |      | -0,82**    | 0,67**         | 0,07    | -0,85**   | 0,72**         | 0,04 | -0,74**     | 0,54**         | 0,05   |
| DVI                  | M/D        |                |      | 0,82**     | 0,68**         | 621,69  | 0,82**    | 0,67**         | 0,05 | 0,83**      | 0,70**         | 551,05 |
| EVI                  | M/D        |                |      | 0,88**     | 0,77**         | 0,23    | 0,86**    | 0,73**         | 0,06 | 0,80**      | 0,64**         | 0,18   |
| EVI2                 | M/D        |                |      | 0,87**     | 0,76**         | 0,13    | 0,85**    | 0,72**         | 0,06 | 0,88**      | 0,77**         | 0,10   |
| GARI                 | M/D        |                |      | 0,86**     | 0,74**         | 0,05    | 0,90**    | 0,81**         | 0,04 | 0,88**      | 0,77**         | 0,05   |
| GBNDVI               | M/D        |                |      | 0,85**     | 0,72**         | 0,05    | 0,90**    | 0,82**         | 0,03 | 0,88**      | 0,77**         | 0,04   |
| GCI                  | M/D        |                |      | 0,83**     | 0,68**         | 0,87    | 0,87**    | 0,76**         | 0,72 | 0,85**      | 0,72**         | 0,71   |
| GDVI                 | M/D        |                |      | 0,81**     | 0,66**         | 553,69  | 0,81**    | 0,65**         | 0,04 | 0,83**      | 0,69**         | 508,75 |
| GLI                  | M/D        |                |      | 0,75**     | 0,56**         | 0,06    | 0,86**    | 0,74**         | 0,03 | 0,79**      | 0,63**         | 0,04   |
| GNDVI                | M/D        |                |      | 0,86**     | 0,74**         | 0,04    | 0,90**    | 0,81**         | 0,03 | 0,88**      | 0,77**         | 0,03   |
| GOSAVI               | M/D        |                |      | 0,86**     | 0,74**         | 0,04    | 0,88**    | 0,77**         | 0,03 | 0,88**      | 0,77**         | 0,03   |
| GRNDVI               | M/D        |                |      | 0,87**     | 0,75**         | 0,07    | 0,91**    | 0,82**         | 0,05 | 0,88**      | 0,78**         | 0,05   |
| GRVI                 | M/D        |                |      | 0,83**     | 0,68**         | 0,87    | 0,87**    | 0,76**         | 0,72 | 0,85**      | 0,72**         | 0,71   |
| GSavi                | M/D        |                |      | 0,86**     | 0,74**         | 0,05    | 0,85**    | 0,73**         | 0,04 | 0,88**      | 0,77**         | 0,04   |
| GVI                  | M/D        |                |      | 0,83**     | 0,69**         | 459,96  | 0,83**    | 0,69**         | 0,03 | M/D         |                |        |
| GVMi                 | M/D        |                |      | 0,88**     | 0,77**         | 0,05    | 0,92**    | 0,84**         | 0,03 | M/D         |                |        |
| IPVI                 | M/D        |                |      | -0,68**    | 0,47**         | 0,02    | -0,62**   | 0,38**         | 0,01 | -0,35**     | 0,12**         | 0,02   |
| IRECI                | M/D        |                |      | 0,79**     | 0,62**         | 3818,95 | M/D       |                |      | M/D         |                |        |
| LAI <sub>IYDU</sub>  | M/D        |                |      | 0,88**     | 0,77**         | 0,82    | 0,86**    | 0,73**         | 0,22 | 0,80**      | 0,64**         | 0,65   |
| LST                  | M/D        |                |      | M/D        |                |         | -0,74**   | 0,55**         | 2,32 | M/D         |                |        |
| mARI                 | M/D        |                |      | 0,70**     | 0,50**         | 0,51    | M/D       |                |      | M/D         |                |        |
| MCARI                | M/D        |                |      | 0,68**     | 0,47**         | 522,74  | M/D       |                |      | M/D         |                |        |
| MCARI1               | M/D        |                |      | 0,83**     | 0,69**         | 1005,75 | 0,83**    | 0,69**         | 0,07 | 0,84**      | 0,70           | 867,66 |
| MCARI2               | M/D        |                |      | 0,87**     | 0,75**         | 0,05    | 0,87**    | 0,76**         | 0,06 | 0,86**      | 0,74**         | 0,04   |
| MCARI/MTVI2          | M/D        |                |      | 0,63**     | 0,40**         | 542,95  | M/D       |                |      | M/D         |                |        |
| MCARI/OSAVI          | M/D        |                |      | 0,82**     | 0,68**         | 47,51   | M/D       |                |      | M/D         |                |        |
| MNDVI                | M/D        |                |      | 0,88**     | 0,77**         | 0,06    | 0,92**    | 0,84**         | 0,04 | M/D         |                |        |
| MNLI                 | M/D        |                |      | 0,86**     | 0,75**         | 0,00    | 0,84**    | 0,71**         | 0,07 | 0,87**      | 0,75**         | 0,00   |
| MRENDVI              | M/D        |                |      | 0,85**     | 0,72**         | 0,04    | M/D       |                |      | M/D         |                |        |
| MRESR                | M/D        |                |      | 0,81**     | 0,65**         | 0,52    | M/D       |                |      | M/D         |                |        |
| MSAVI                | M/D        |                |      | 0,87**     | 0,76**         | 0,04    | 0,87**    | 0,75**         | 0,06 | 0,88**      | 0,77**         | 0,03   |
| MSI                  | M/D        |                |      | -0,88**    | 0,77**         | 0,05    | -0,92**   | 0,85**         | 0,03 | M/D         |                |        |
| MSR                  | M/D        |                |      | 0,82**     | 0,67**         | 0,44    | 0,87**    | 0,76**         | 0,27 | 0,84**      | 0,71**         | 0,27   |
| MTVI                 | M/D        |                |      | 0,83**     | 0,69**         | 1005,75 | 0,83**    | 0,69**         | 0,07 | 0,84**      | 0,70**         | 867,66 |
| MTVI2                | M/D        |                |      | 0,87**     | 0,75**         | 0,05    | 0,87**    | 0,76**         | 0,06 | 0,86**      | 0,74**         | 0,04   |
| NBR                  | M/D        |                |      | 0,88**     | 0,77**         | 0,06    | 0,92**    | 0,84**         | 0,04 | M/D         |                |        |
| NDMI                 | M/D        |                |      | 0,88**     | 0,77**         | 0,05    | 0,92**    | 0,85**         | 0,03 | M/D         |                |        |
| NDVI <sub>IYDU</sub> | M/D        |                |      | 0,87**     | 0,76**         | 0,05    | 0,91**    | 0,83**         | 0,04 | 0,88**      | 0,77**         | 0,04   |
| NLI                  | M/D        |                |      | 0,86**     | 0,75**         | 0,00    | 0,89**    | 0,80**         | 0,09 | 0,87**      | 0,75**         | 0,00   |
| NMDI                 | M/D        |                |      | 0,72**     | 0,51**         | 0,01    | M/D       |                |      |             |                |        |
| OSAVI                | M/D        |                |      | 0,87**     | 0,76**         | 0,06    | 0,89**    | 0,79**         | 0,04 | 0,88**      | 0,77**         | 0,05   |
| PVI                  | M/D        |                |      | 0,81**     | 0,66**         | 504,87  | 0,80**    | 0,64**         | 0,04 | 0,83**      | 0,68**         | 458,60 |
| RDI                  | M/D        |                |      | -0,88**    | 0,77**         | 0,05    | -0,92**   | 0,84**         | 0,03 | M/D         |                |        |
| RDVI                 | M/D        |                |      | 0,85**     | 0,73**         | 5,91    | 0,87**    | 0,75**         | 0,04 | 0,86**      | 0,74**         | 5,02   |
| REDEGE1              | M/D        |                |      | 0,73**     | 0,53**         | 0,43    | M/D       |                |      | M/D         |                |        |
| REDEGE2              | M/D        |                |      | 0,80**     | 0,64**         | 0,07    | M/D       |                |      | M/D         |                |        |
| RENDVI               | M/D        |                |      | 0,87**     | 0,75**         | 0,05    | M/D       |                |      | M/D         |                |        |
| REP                  | M/D        |                |      | 0,68**     | 0,46**         | 1,27    | M/D       |                |      | M/D         |                |        |
| RI                   | M/D        |                |      | -0,82**    | 0,67**         | 0,07    | -0,85**   | 0,72**         | 0,04 | -0,74**     | 0,54**         | 0,05   |
| RVI                  | M/D        |                |      | 0,77**     | 0,59**         | 2,77    | 0,84**    | 0,70**         | 1,64 | 0,81**      | 0,66**         | 1,47   |

Tablo 4.9 BOSI gözlem değerleri ile Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Korelasyon ve Regresyon Analiz sonuçları (Devam)

|             |     |  |  |         |        |          |         |        |      |         |        |        |
|-------------|-----|--|--|---------|--------|----------|---------|--------|------|---------|--------|--------|
| SAVI        | M/D |  |  | 0,87**  | 0,76** | 0,08     | 0,87**  | 0,75** | 0,05 | 0,88**  | 0,77** | 0,06   |
| SIPI        | M/D |  |  | -0,84** | 0,70** | 0,03     | -0,89** | 0,79** | 0,02 | -0,83** | 0,68** | 0,03   |
| SLAVI       | M/D |  |  | 0,84**  | 0,70** | 0,60     | 0,87**  | 0,76** | 0,51 | M/D     |        |        |
| SMI         | M/D |  |  | M/D     |        |          | 0,55**  | 0,30** | 0,23 | M/D     |        |        |
| TCARI       | M/D |  |  | 0,70**  | 0,48** | 153,15   | M/D     |        |      | M/D     |        |        |
| TCARI/OSAVI | M/D |  |  | 0,82**  | 0,68** | 142,52   | M/D     |        |      | M/D     |        |        |
| TCI         | M/D |  |  | 0,74**  | 0,55** | 241,07   | M/D     |        |      | M/D     |        |        |
| TDVI        | M/D |  |  | 0,85**  | 0,73** | 8,86     | 0,84**  | 0,71** | 0,06 | 0,86**  | 0,74** | 7,52   |
| TGI         | M/D |  |  | -0,64** | 0,41** | 5063,55  | -0,76** | 0,57** | 0,34 | -0,70** | 0,49** | 3714,3 |
| TSAVI       | M/D |  |  | 0,87**  | 0,76** | 0,05     | 0,81**  | 0,66** | 0,02 | 0,88**  | 0,77** | 0,04   |
| TVI         | M/D |  |  | 0,85**  | 0,72** | 18560,16 | M/D     |        |      | M/D     |        |        |
| VARI        | M/D |  |  | 0,84**  | 0,70** | 0,10     | 0,85**  | 0,72** | 0,06 | 0,73**  | 0,53** | 0,07   |
| WDRVI       | M/D |  |  | 0,86**  | 0,74** | 0,12     | 0,91**  | 0,83** | 0,04 | 0,88**  | 0,77** | 0,04   |
| WDVI        | M/D |  |  | 0,83**  | 0,70** | 661,78   | 0,84**  | 0,70** | 0,05 | 0,84**  | 0,71** | 568,82 |
| WET         | M/D |  |  | 0,86**  | 0,75** | 182,69   | 0,91**  | 0,82** | 0,01 |         |        |        |

öd: Önemli değil, \*:0,05 düzeyinde önemli, \*\*:0,01: düzeyinde önemli M/D: Mevcut Değil

Tablo 4.9’da gözlem BOSI değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope indeks değerleri arasındaki korelasyon değerleri görülmektedir.

Korelasyon analizine göre gözlem BOSI ile **Sentinel-2** ARI ( $r=0,39^{**}$ ), ARI2 ( $r=0,70^{**}$ ), ARVI ( $r=0,87^{**}$ ), ARVI2 ( $r=0,87^{**}$ ), BI ( $r=-0,85^{**}$ ), BNDVI ( $r=0,83^{**}$ ), CI ( $r=-0,82^{**}$ ), DVI ( $r=0,82^{**}$ ), EVI ( $r=0,88^{**}$ ), EVI2 ( $r=0,87^{**}$ ), GARI ( $r=0,86^{**}$ ), GBNDVI ( $r=0,85^{**}$ ), GCI ( $r=0,83^{**}$ ), GDVI ( $r=0,81^{**}$ ), GLI ( $r=0,75^{**}$ ), GNDVI ( $r=0,86^{**}$ ), GOSAVI ( $r=0,86^{**}$ ), GRNDVI ( $r=0,87^{**}$ ), GRVI ( $r=0,83^{**}$ ), GSAVI ( $r=0,86^{**}$ ), GVI ( $r=0,83^{**}$ ), GVMI ( $r=0,88^{**}$ ), IPVI ( $r=-0,68^{**}$ ), IRECI ( $r=0,79^{**}$ ), LAI<sub>UYDU</sub> ( $r=0,88^{**}$ ), mARI ( $r=0,70^{**}$ ), MCARI ( $r=0,68^{**}$ ), MCARI1 ( $r=0,83^{**}$ ), MCARI2 ( $r=0,87^{**}$ ), MCARI/MTVI2 ( $r=0,63^{**}$ ), MCARI/OSAVI ( $r=0,82^{**}$ ), MNDVI ( $r=0,88^{**}$ ), MNLI ( $r=0,86^{**}$ ), MRENDVI ( $r=0,85^{**}$ ), MRESR ( $r=0,81^{**}$ ), MSAVI ( $r=0,87^{**}$ ), MSI ( $r=-0,88^{**}$ ), MSR ( $r=0,82^{**}$ ), MTVI ( $r=0,83^{**}$ ), MTVI2 ( $r=0,87^{**}$ ), NBR ( $r=0,88^{**}$ ), NDMI ( $r=0,88^{**}$ ), NDVI<sub>UYDU</sub> ( $r=0,87^{**}$ ), NLI ( $r=0,86^{**}$ ), NMDI ( $r=0,72^{**}$ ), OSAVI ( $r=0,87^{**}$ ), PVI ( $r=0,81^{**}$ ), RDI ( $r=-0,88^{**}$ ), RDVI ( $r=0,85^{**}$ ), REDEGE1 ( $r=0,73^{**}$ ), REDEGE2 ( $r=0,80^{**}$ ), RENDVI ( $r=0,87^{**}$ ), REP ( $r=0,68^{**}$ ), RI ( $r=-0,82^{**}$ ), RVI ( $r=0,77^{**}$ ), SAVI ( $r=0,87^{**}$ ), SIPI ( $r=-0,84^{**}$ ), SLAVI ( $r=0,84^{**}$ ), TCARI ( $r=0,70^{**}$ ), TCARI/OSAVI ( $r=0,82^{**}$ ), TCI ( $r=0,74^{**}$ ), TDVI ( $r=0,85^{**}$ ), TGI ( $r=-0,64^{**}$ ), TSAVI ( $r=0,87^{**}$ ), TVI ( $r=0,85^{**}$ ), VARI ( $r=0,84^{**}$ ), WDRVI ( $r=0,86^{**}$ ), WDVİ ( $r=0,83^{**}$ ), WET ( $r=0,86^{**}$ ), **Landsat-8** ARVI ( $r=0,91^{**}$ ), BI ( $r=-0,87^{**}$ ), BNDVI ( $r=0,91^{**}$ ), CI ( $r=-0,85^{**}$ ), DVI ( $r=0,82^{**}$ ), EVI ( $r=0,86^{**}$ ), EVI2 ( $r=0,85^{**}$ ), GARI ( $r=0,90^{**}$ ), GBNDVI ( $r=0,90^{**}$ ), GCI ( $r=0,87^{**}$ ), GDVI ( $r=0,81^{**}$ ), GLI ( $r=0,86^{**}$ ), GNDVI ( $r=0,90^{**}$ ), GOSAVI ( $r=0,88^{**}$ ), GRNDVI ( $r=0,91^{**}$ ), GRVI ( $r=0,87^{**}$ ), GSAVI ( $r=0,85^{**}$ ), GVI ( $r=0,83^{**}$ ), GVMI ( $r=0,92^{**}$ ), IPVI ( $r=-0,62^{**}$ ), LAI<sub>UYDU</sub> ( $r=0,86^{**}$ ), LST ( $r=-0,74^{**}$ ), MCARI1 ( $r=0,83^{**}$ ), MCARI2 ( $r=0,87^{**}$ ), MNDVI ( $r=0,92^{**}$ ), MNLI ( $r=0,84^{**}$ ), MSAVI ( $r=0,87^{**}$ ), MSI ( $r=-0,92^{**}$ ), MSR ( $r=0,87^{**}$ ), MTVI ( $r=0,83^{**}$ ), MTVI2 ( $r=0,87^{**}$ ), NBR ( $r=0,92^{**}$ ), NDMI ( $r=0,92^{**}$ ), NDVI<sub>UYDU</sub> ( $r=0,91^{**}$ ), NLI ( $r=0,89^{**}$ ), OSAVI ( $r=0,89^{**}$ ), PVI ( $r=0,80^{**}$ ), RDI ( $r=-0,92^{**}$ ), RDVI ( $r=0,87^{**}$ ), RI ( $r=-0,85^{**}$ ), RVI ( $r=0,84^{**}$ ), SAVI ( $r=0,87^{**}$ ), SIPI ( $r=-0,89^{**}$ ), SLAVI ( $r=0,87^{**}$ ), SMI ( $r=0,55^{**}$ ), TDVI ( $r=0,84^{**}$ ), TGI ( $r=-0,75^{**}$ ), TSAVI ( $r=0,81^{**}$ ), VARI ( $r=0,85^{**}$ ), WDRVI ( $r=0,91^{**}$ ), WDVİ ( $r=0,84^{**}$ ), WET ( $r=0,91^{**}$ ), **PlanetScope** ARVI ( $r=0,88^{**}$ ), BI ( $r=-0,76^{**}$ ), BNDVI ( $r=0,86^{**}$ ), CI

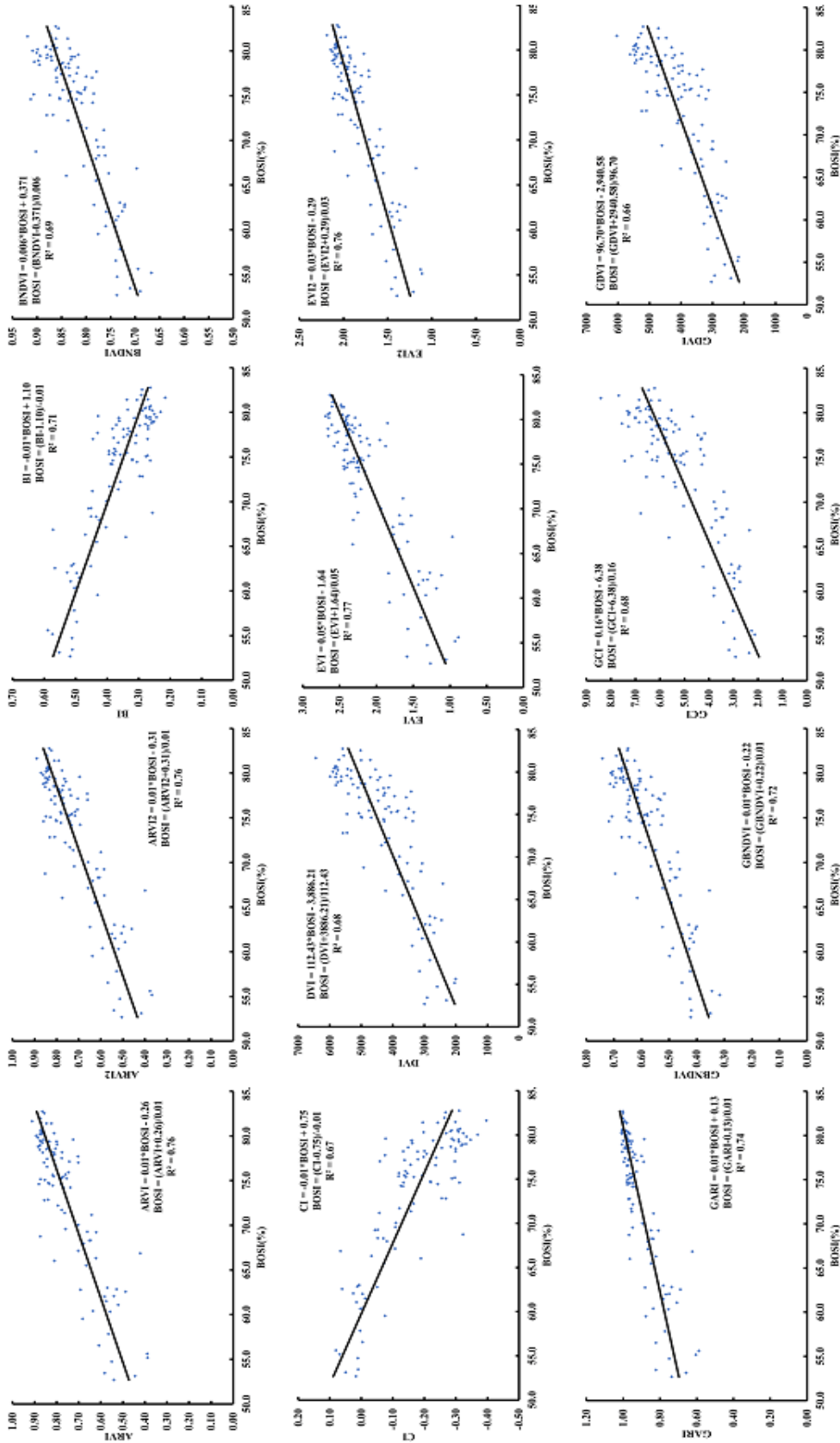
( $r=-0,74^{**}$ ), DVI ( $r=0,83^{**}$ ), EVI ( $r=0,80^{**}$ ), EVI2 ( $r=0,88^{**}$ ), GARI ( $r=0,88^{**}$ ), GBNDVI ( $r=0,88^{**}$ ), GCI ( $r=0,85^{**}$ ), GDVI ( $r=0,83^{**}$ ), GLI ( $r=0,79^{**}$ ), GNDVI ( $r=0,88^{**}$ ), GOSAVI ( $r=0,88^{**}$ ), GRNDVI ( $r=0,88^{**}$ ), GRVI ( $r=0,85^{**}$ ), GSAVI ( $r=0,88^{**}$ ), IPVI ( $r=-0,35^{**}$ ), LAI<sub>UYDU</sub> ( $r=0,80^{**}$ ), MCARI1 ( $r=0,84^{**}$ ), MCARI2 ( $r=0,86^{**}$ ), MNLI ( $r=0,87^{**}$ ), MSAVI ( $r=0,88^{**}$ ), MSR ( $r=0,84^{**}$ ), MTVI ( $r=0,84^{**}$ ), MTVI2 ( $r=0,86^{**}$ ), NDVI<sub>UYDU</sub> ( $r=0,88^{**}$ ), NLI ( $r=0,87^{**}$ ), OSAVI ( $r=0,88^{**}$ ), PVI ( $r=0,83^{**}$ ), RDVI ( $r=0,86^{**}$ ), RI ( $r=-0,74^{**}$ ), RVI ( $r=0,81^{**}$ ), SAVI ( $r=0,88^{**}$ ), SIPI ( $r=-0,83^{**}$ ), TDVI ( $r=0,86^{**}$ ), TGI ( $r=-0,70^{**}$ ), TSAVI ( $r=0,88^{**}$ ), VARI ( $r=0,73^{**}$ ), WDRVI ( $r=0,88^{**}$ ), WDV ( $r=0,84^{**}$ ) değerleri arasında istatistiksel olarak önemli ilişki bulunmuştur.

Korelasyon analizine göre gözlem BOSI ile **Sentinel-1** VV( $r=0,11$ öd), VH( $r=0,01$ öd), VV-VH( $r=0,15$ öd), VV/VH( $r=0,31^{**}$ ), RVI( $r=-0,32^{**}$ ), RVI\_MAX( $r=-0,15$ öd), RVI\_MIN ( $r=-0,32$ öd), CR ( $r=-0,20^{*}$ ), NL ( $r=-0,14$ öd), DPSVI ( $r=-0,30^{**}$ ), DPSVI\_2 ( $r=-0,20^{**}$ ), DPSVI\_MOD ( $r=-0,30^{**}$ ), LEE\_VH ( $r=-0,30^{**}$ ), LEE\_VV ( $r=0,10$ öd), GAMMA\_VH ( $r=-0,33^{**}$ ), GAMMA\_VV ( $r=0,10$ öd), MALIK\_VH ( $r=-0,29^{**}$ ), MALIK\_VV ( $r=0,09$ öd) değerleri arasındaki ilişki istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

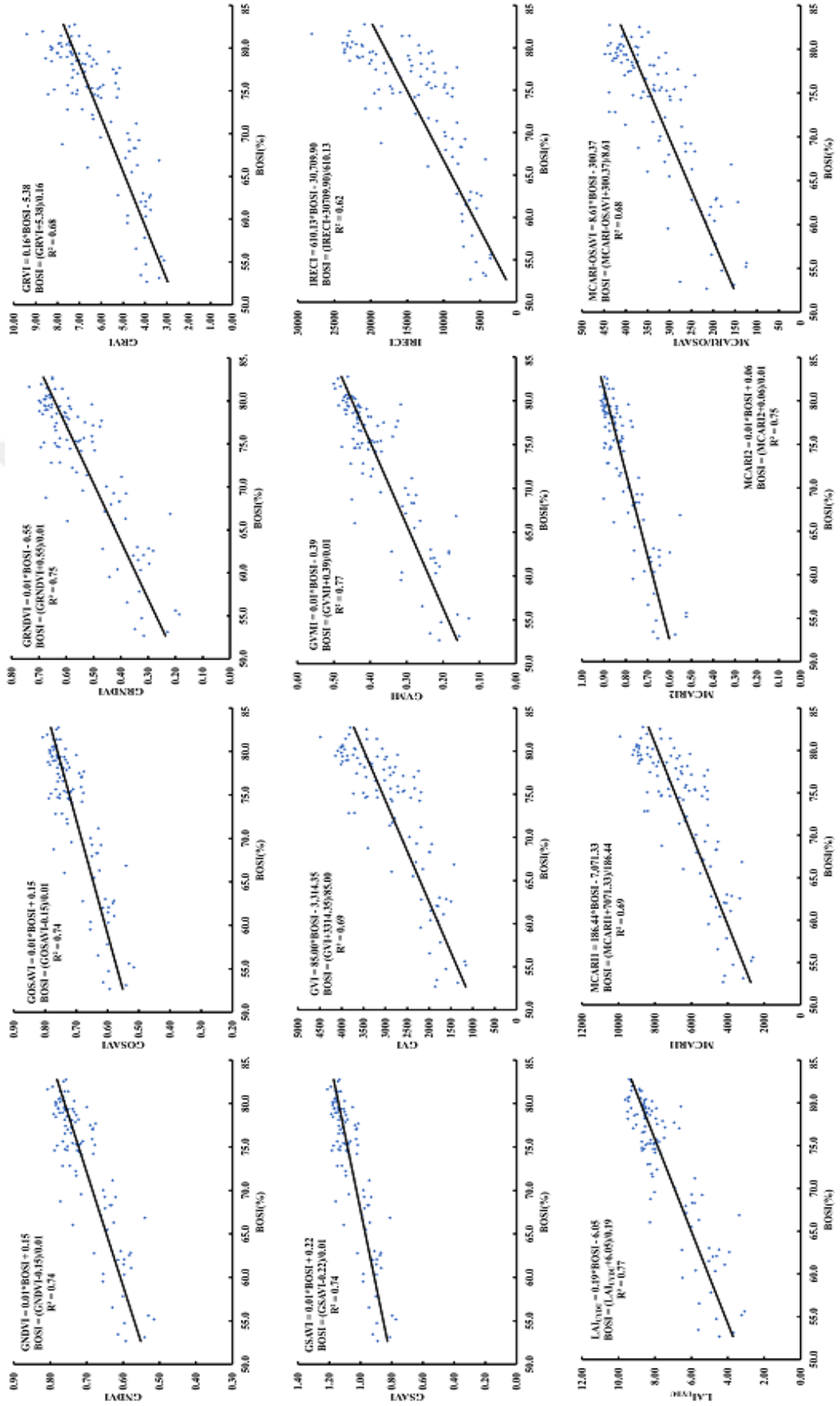
Korelasyon analizi sonucunda gözlem BOSI değerleri ile band/indeksler arasında önemli ve yüksek ilişki saptananların regresyon analizleri yapılmıştır (Tablo 4.9). Yapılan regresyon analiz sonuçlarına göre elde edilen  $R^2$  ve RMSE değerleri, Tablo 4.9'da verilmiştir.

Elde edilen regresyon analiz sonuçlarına göre gözlem BOSI ile **Sentinel-2** ARVI ( $R^2=0,76^{**}$ ), ARVI2 ( $R^2=0,76^{**}$ ), BI ( $R^2=0,71^{**}$ ), BNDVI ( $R^2=0,69^{**}$ ), CI ( $R^2=0,67^{**}$ ), DVI ( $R^2=0,68^{**}$ ), EVI ( $R^2=0,77^{**}$ ), EVI2 ( $R^2=0,76^{**}$ ), GARI ( $R^2=0,74^{**}$ ), GBNDVI ( $R^2=0,72^{**}$ ), GCI ( $R^2=0,68^{**}$ ), GDVI ( $R^2=0,66^{**}$ ), GNDVI ( $R^2=0,74^{**}$ ), GOSAVI ( $R^2=0,74^{**}$ ), GRNDVI ( $R^2=0,75^{**}$ ), GRVI ( $R^2=0,68^{**}$ ), GSAVI ( $R^2=0,74^{**}$ ), GVI ( $R^2=0,69^{**}$ ), GVMI ( $R^2=0,77^{**}$ ), IRECI ( $R^2=0,62^{**}$ ), LAI<sub>UYDU</sub> ( $R^2=0,88^{**}$ ), MCARI1 ( $R^2=0,69^{**}$ ), MCARI2 ( $R^2=0,75^{**}$ ), MCARI/OSAVI ( $R^2=0,68^{**}$ ), MNDVI ( $R^2=0,77^{**}$ ), MNLI ( $R^2=0,75^{**}$ ), MRENDVI ( $R^2=0,72^{**}$ ), MSAVI ( $R^2=0,76^{**}$ ), MSI ( $R^2=0,77^{**}$ ), MSR ( $R^2$

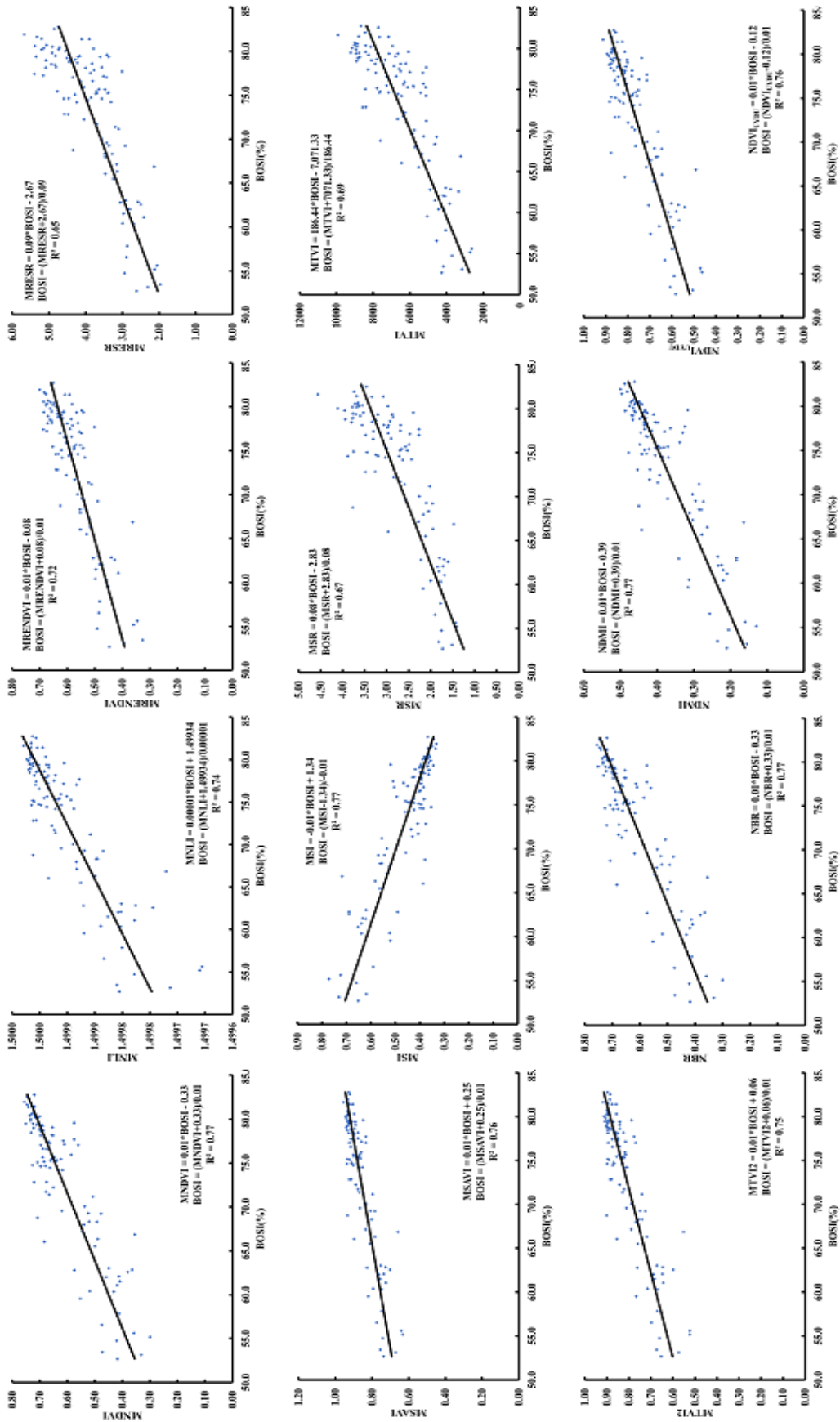
=0,67\*\*), MTVI ( $R^2=0,69^{**}$ ), MTVI2 ( $R^2=0,75^{**}$ ), NBR ( $R^2=0,77^{**}$ ), NDMI ( $R^2=0,77^{**}$ ), NDVI<sub>UYDU</sub> ( $R^2=0,76^{**}$ ), NLI ( $R^2=0,75^{**}$ ), OSAVI ( $R^2=0,76^{**}$ ), PVI ( $R^2=0,66^{**}$ ), RDI ( $R^2=0,77^{**}$ ), RDVI ( $R^2=0,73^{**}$ ), REDEDGE2 ( $R^2=0,64^{**}$ ), RENDVI ( $R^2=0,75^{**}$ ), RI ( $R^2=0,67^{**}$ ), SAVI ( $R^2=0,76^{**}$ ), SIPI ( $R^2=0,70^{**}$ ), SLAVI ( $R^2=0,70^{**}$ ), TCARI/OSAVI ( $R^2=0,68^{**}$ ), TDVI ( $R^2=0,73^{**}$ ), TSAVI ( $R^2=0,76^{**}$ ), TVI ( $R^2=0,72^{**}$ ), VARI ( $R^2=0,70^{**}$ ), WDRVI ( $R^2=0,74^{**}$ ), WDV I ( $R^2=0,70^{**}$ ), WET ( $R^2=0,75^{**}$ ), **Landsat-8** ARVI ( $R^2=0,82^{**}$ ), BI ( $R^2=0,75^{**}$ ), BNDVI ( $R^2=0,83^{**}$ ), CI ( $R^2=0,72^{**}$ ), DVI ( $R^2=0,67^{**}$ ), EVI ( $R^2=0,73^{**}$ ), EVI2 ( $R^2=0,72^{**}$ ), GARI ( $R^2=0,81^{**}$ ), GBNDVI ( $R^2=0,82^{**}$ ), GCI ( $R^2=0,76^{**}$ ), GDVI ( $R^2=0,65^{**}$ ), GLI ( $R^2=0,74^{**}$ ), GNDVI ( $R^2=0,81^{**}$ ), GOSAVI ( $R^2=0,77^{**}$ ), GRNDVI ( $R^2=0,82^{**}$ ), GRVI ( $R^2=0,76^{**}$ ), GSAVI ( $R^2=0,73^{**}$ ), GVI ( $R^2=0,69^{**}$ ), GVMI ( $R^2=0,84^{**}$ ), LAI<sub>UYDU</sub> ( $R^2=0,73^{**}$ ), MCARI1 ( $R^2=0,69^{**}$ ), MCARI2 ( $R^2=0,76^{**}$ ), MNDVI ( $R^2=0,84^{**}$ ), MNLI ( $R^2=0,71^{**}$ ), MSAVI ( $R^2=0,75^{**}$ ), MSI ( $R^2=0,85^{**}$ ), MSR ( $R^2=0,76^{**}$ ), MTVI ( $R^2=0,69^{**}$ ), MTVI2 ( $R^2=0,76^{**}$ ), NBR ( $R^2=0,84^{**}$ ), NDMI ( $R^2=0,85^{**}$ ), NDVI<sub>UYDU</sub> ( $R^2=0,83^{**}$ ), NLI ( $R^2=0,80^{**}$ ), OSAVI ( $R^2=0,79^{**}$ ), PVI ( $R^2=0,64^{**}$ ), RDI ( $R^2=0,84^{**}$ ), RDVI ( $R^2=0,75^{**}$ ), RI ( $R^2=0,72^{**}$ ), RVI ( $R^2=0,70^{**}$ ), SAVI ( $R^2=0,75^{**}$ ), SIPI ( $R^2=0,79^{**}$ ), SLAVI ( $R^2=0,76^{**}$ ), TDVI ( $R^2=0,71^{**}$ ), TSAVI ( $R^2=0,66^{**}$ ), VARI ( $R^2=0,72^{**}$ ), WDRVI ( $R^2=0,83^{**}$ ), WDV I ( $R^2=0,70^{**}$ ), WET ( $R^2=0,82^{**}$ ), **PlanetScope** ARVI ( $R^2=0,77^{**}$ ), BNDVI ( $R^2=0,74^{**}$ ), DVI ( $R^2=0,70^{**}$ ), EVI ( $R^2=0,64^{**}$ ), EVI2 ( $R^2=0,77^{**}$ ), GARI ( $R^2=0,77^{**}$ ), GBNDVI ( $R^2=0,77^{**}$ ), GCI ( $R^2=0,72^{**}$ ), GDVI ( $R^2=0,69^{**}$ ), GNDVI ( $R^2=0,77^{**}$ ), GOSAVI ( $R^2=0,77^{**}$ ), GRNDVI ( $R^2=0,78^{**}$ ), GRVI ( $R^2=0,72^{**}$ ), GSAVI ( $R^2=0,77^{**}$ ), LAI<sub>UYDU</sub> ( $R^2=0,64^{**}$ ), MCARI1 ( $R^2=0,70^{**}$ ), MCARI2 ( $R^2=0,74^{**}$ ), MNLI ( $R^2=0,75^{**}$ ), MSAVI ( $R^2=0,77^{**}$ ), MSR ( $R^2=0,71^{**}$ ), MTVI ( $R^2=0,70^{**}$ ), MTVI2 ( $R^2=0,74^{**}$ ), NDVI<sub>UYDU</sub> ( $R^2=0,77^{**}$ ), NLI ( $R^2=0,75^{**}$ ), OSAVI ( $R^2=0,77^{**}$ ), PVI ( $R^2=0,68^{**}$ ), RDVI ( $R^2=0,74^{**}$ ), RVI ( $R^2=0,66^{**}$ ), SAVI ( $R^2=0,77^{**}$ ), SIPI ( $R^2=0,68^{**}$ ), TDVI ( $R^2=0,74^{**}$ ), TSAVI ( $R^2=0,77^{**}$ ), WDRVI ( $R^2=0,77^{**}$ ), WDV I ( $R^2=0,71^{**}$ ) ile önemli ve yüksek ilişkiler saptanmıştır. Bu ilişkilere dair değişim grafikleri, Şekil 4.7’de verilmiştir.



Şekil 4.7 BSI gözlem değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri

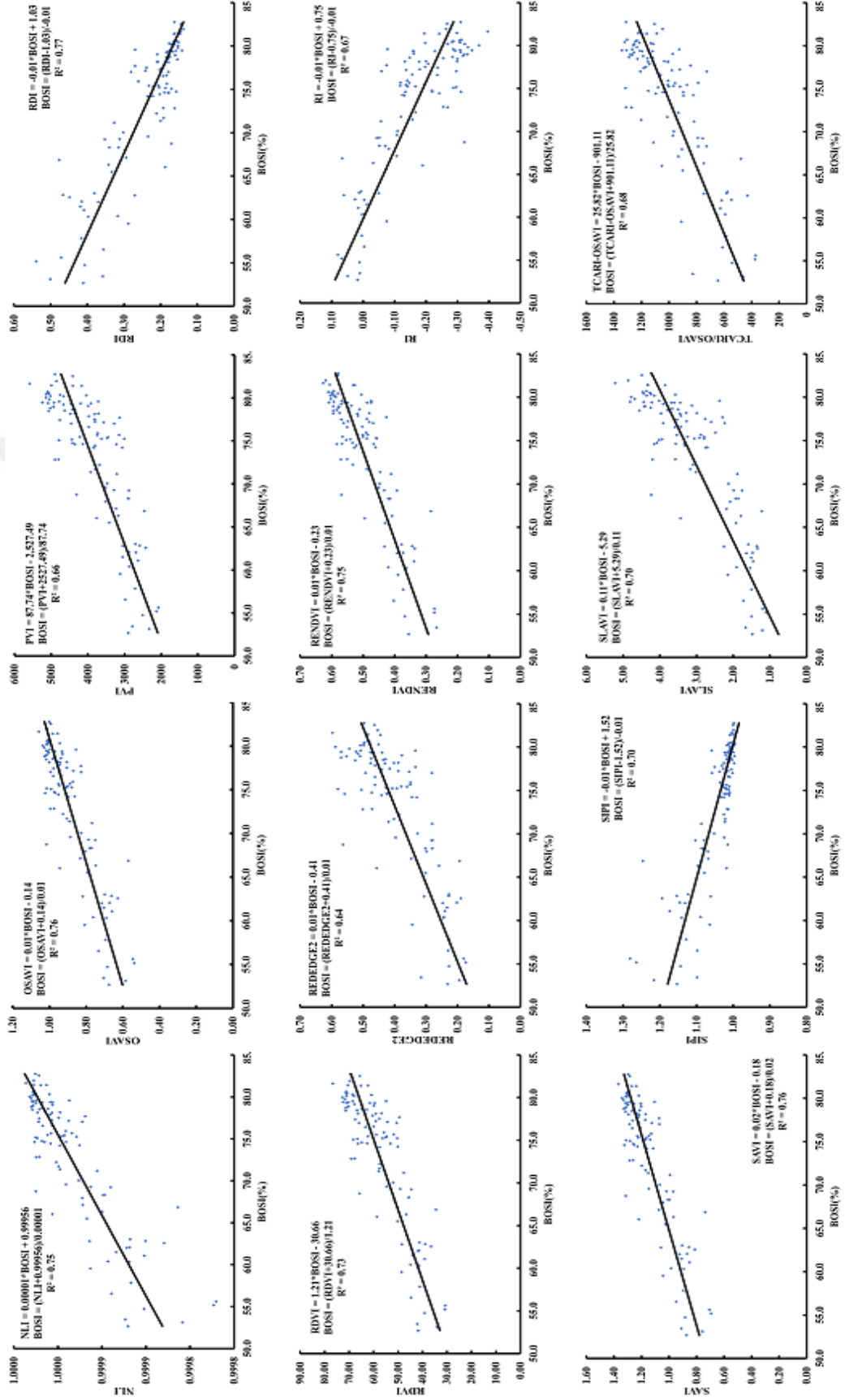


Şekil 4.7 BSI gözlem değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri (Devam)

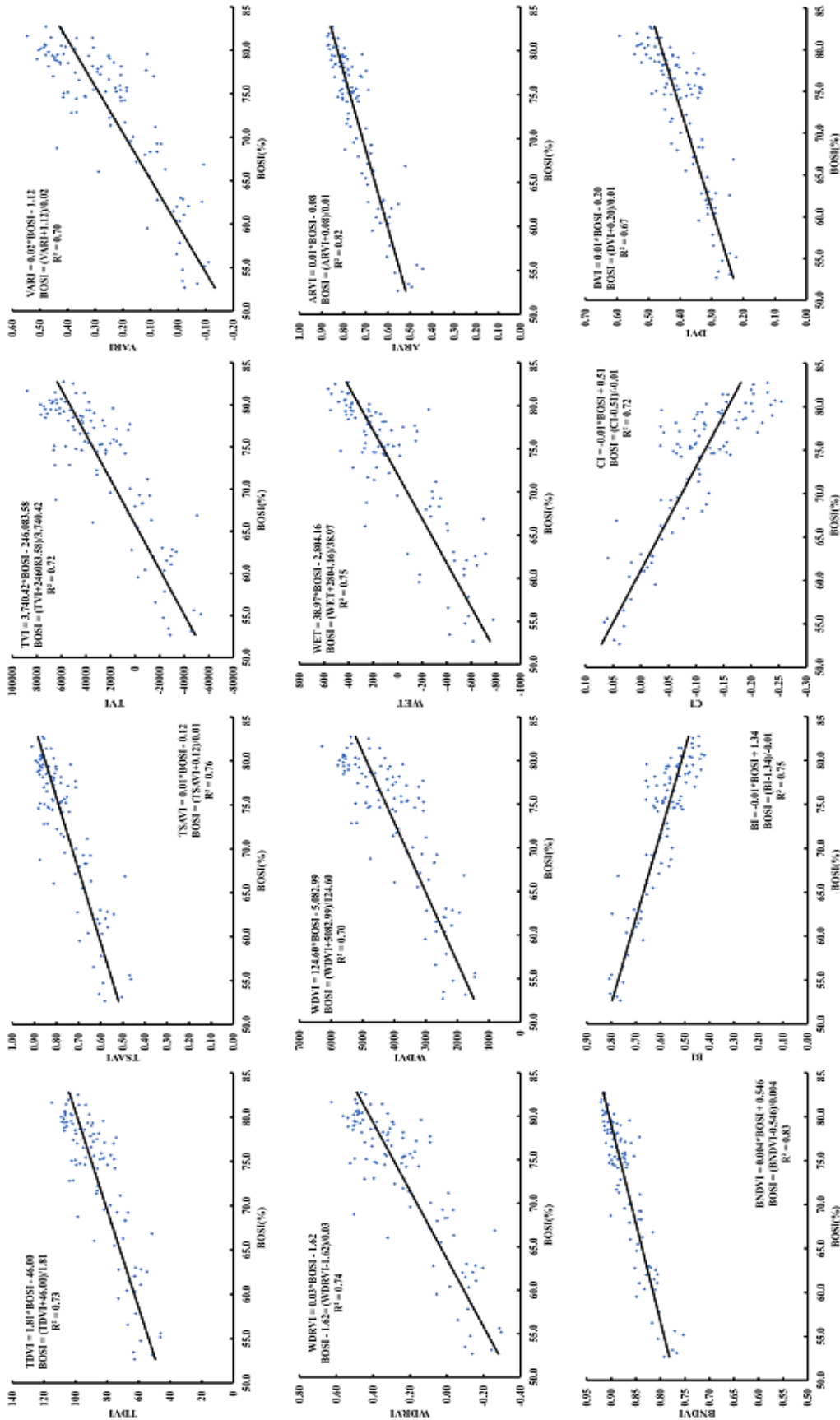


Şekil 4.7 BOSI gözlem değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri (Devam)

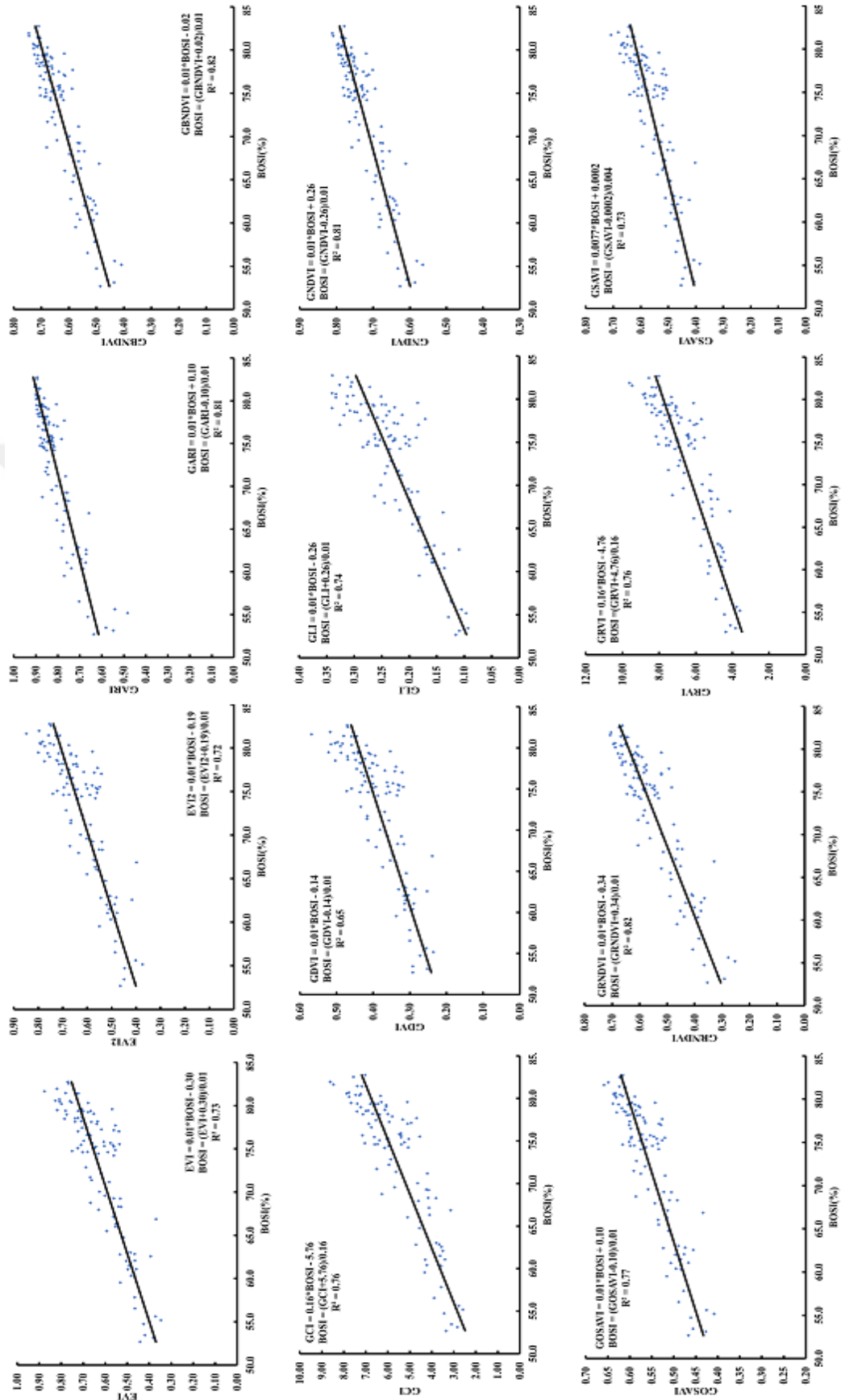




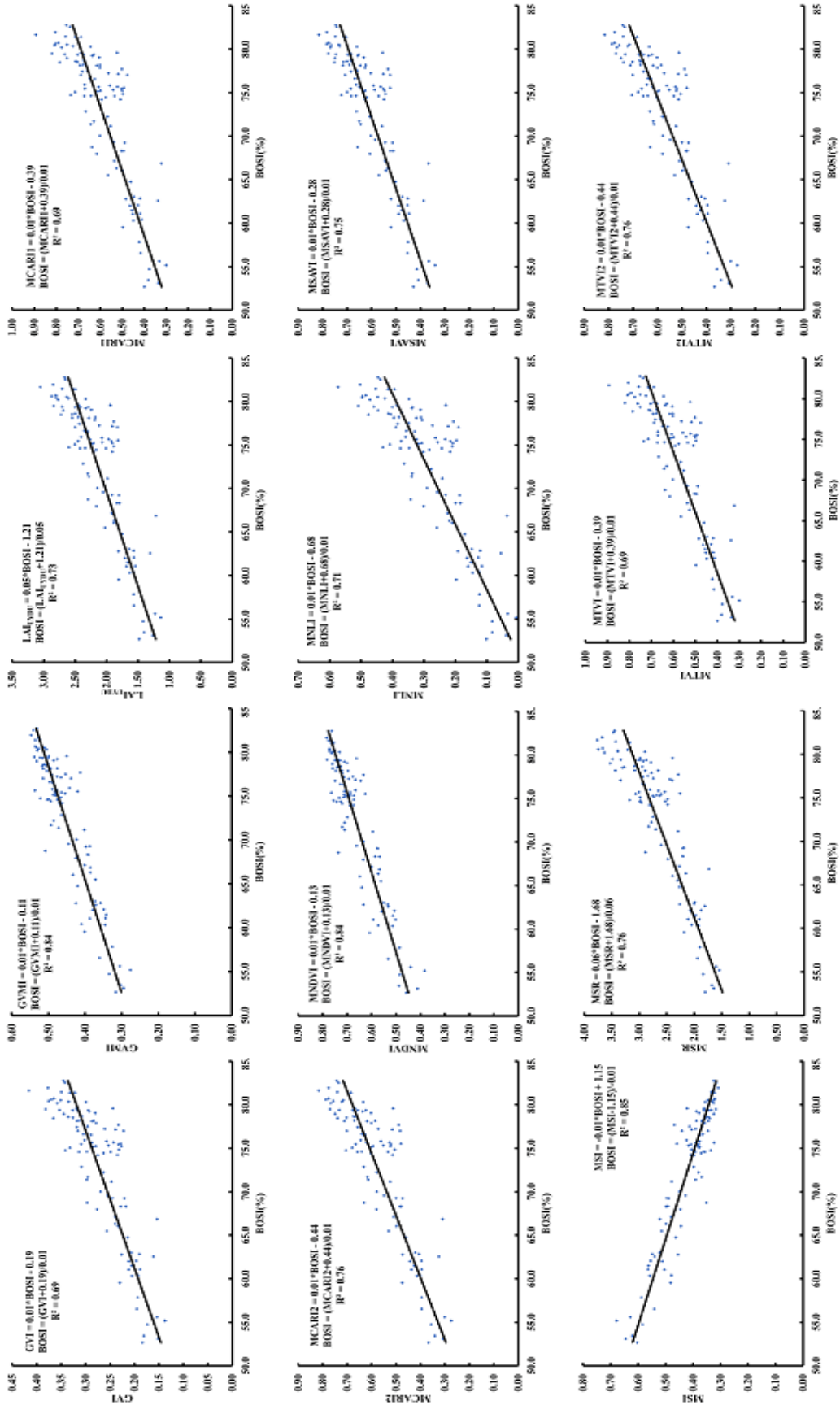
Şekil 4.7 BOSI gözlem değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri (Devam)



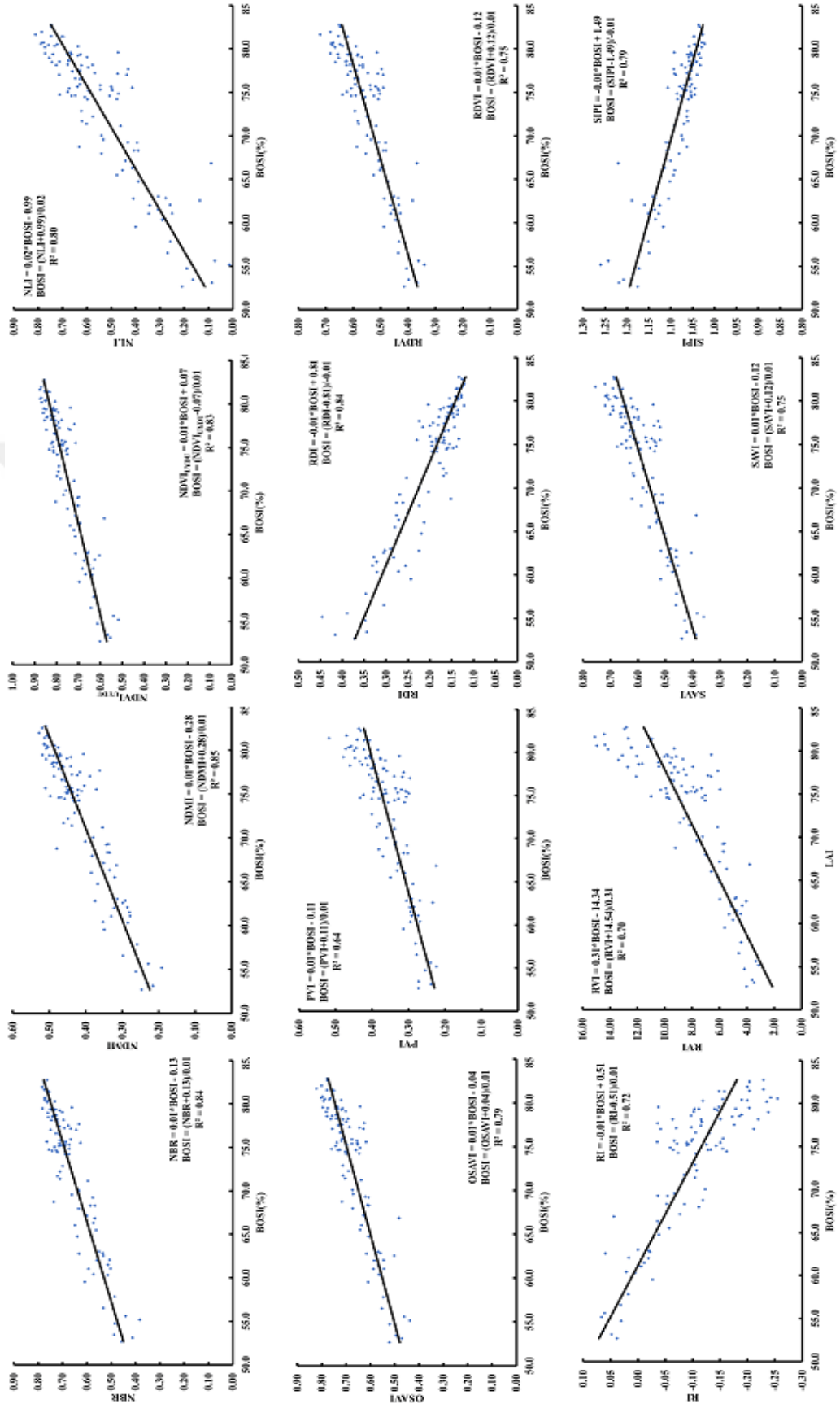
Şekil 4.7 BOSI gözlem değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri (Devam)



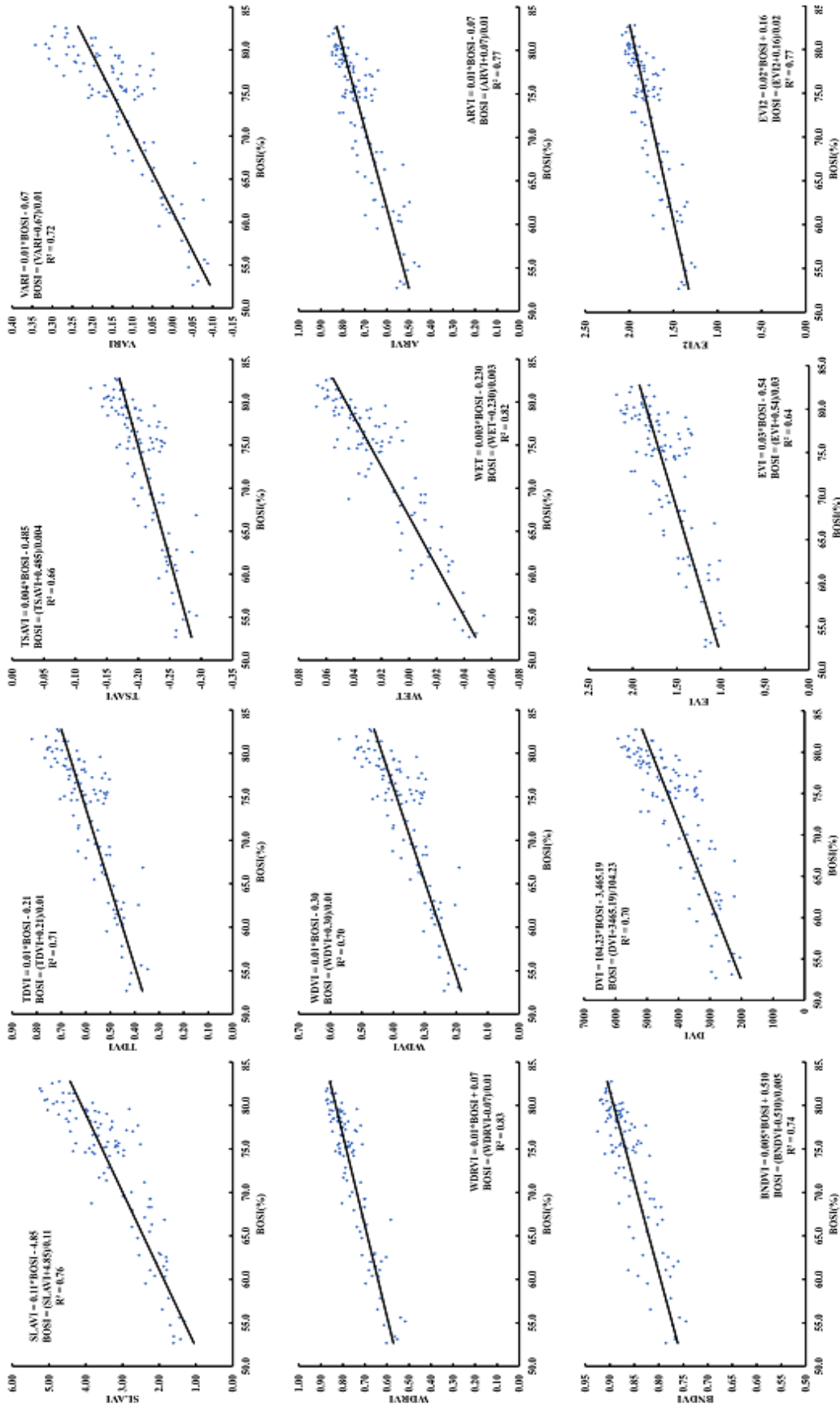
Şekil 4.7 BOSI gözlem değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri (Devam)



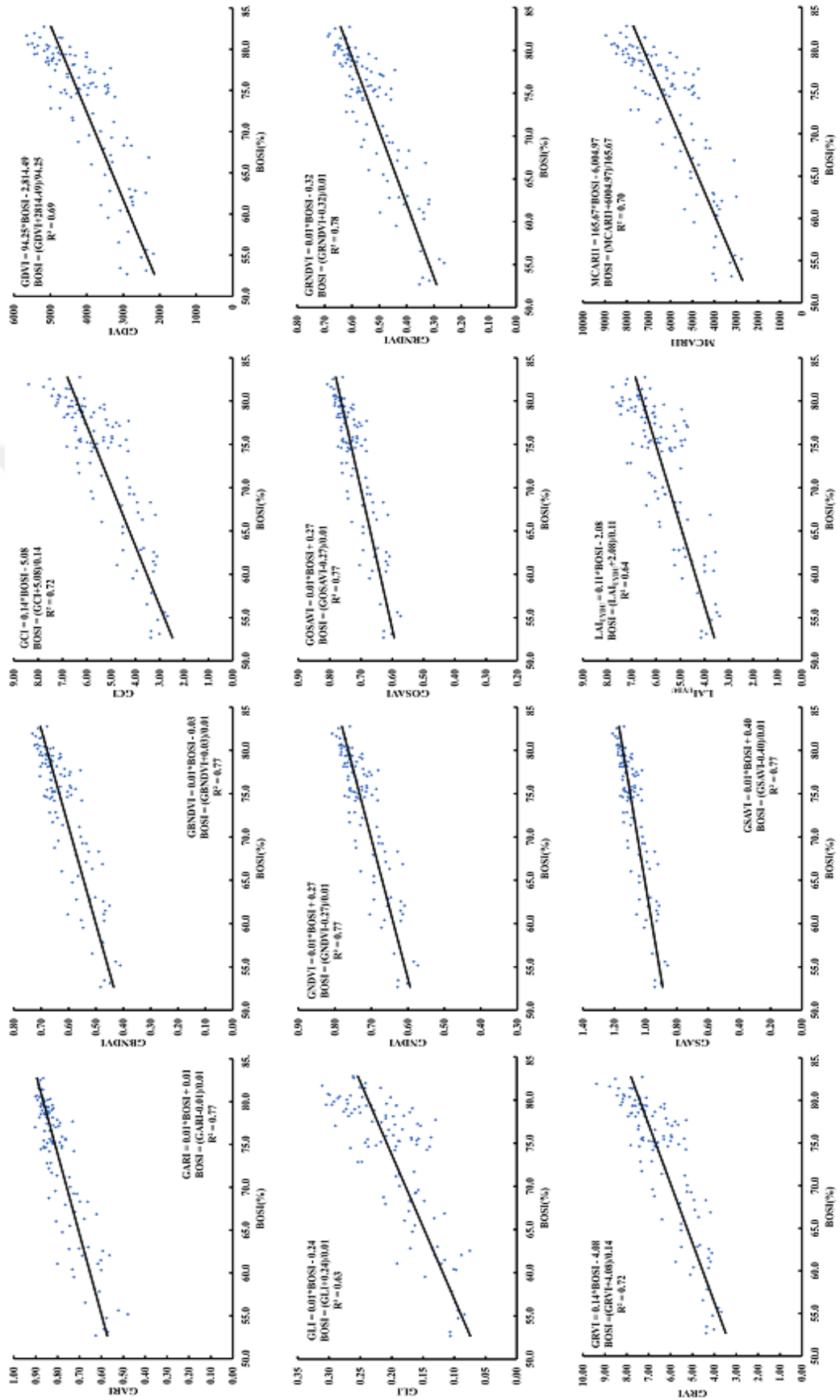
Şekil 4.7 BOSI gözlem değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri (Devam)



Şekil 4.7 BOSH gözlem değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri (Devam)

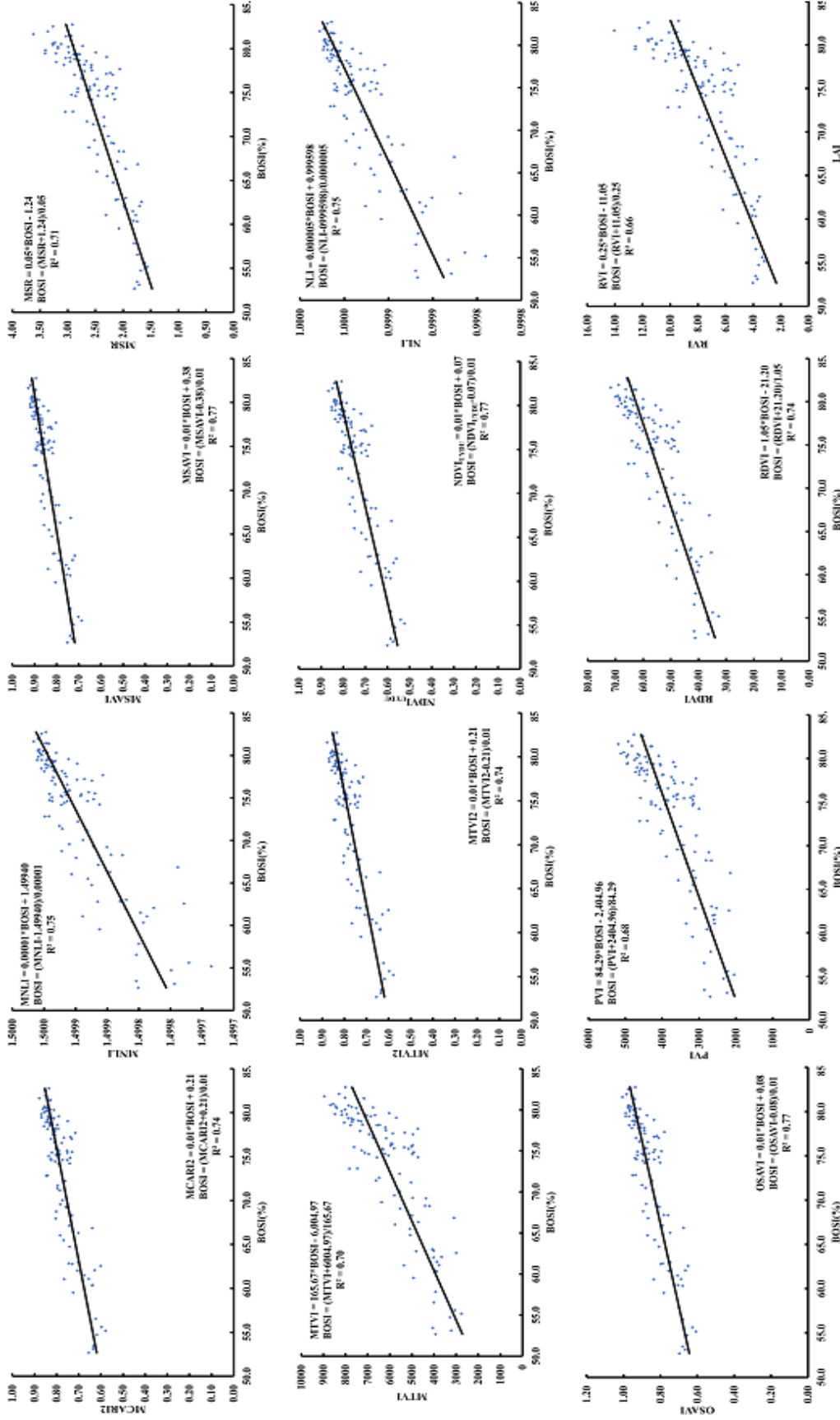


Şekil 4.7 BOSI gözlem değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri (Devam)



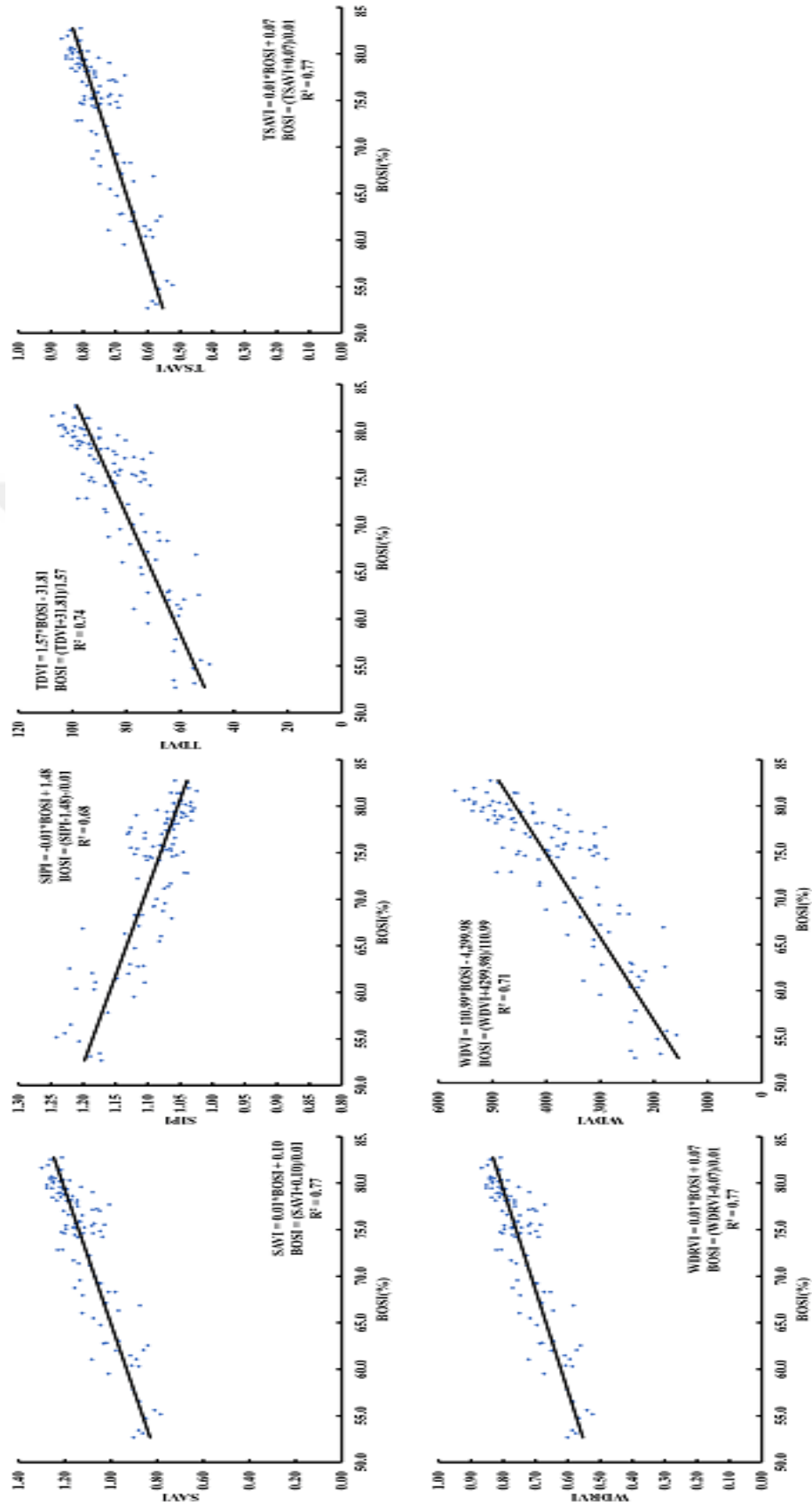
Şekil 4.7 BSI gözlem değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri (Devam)





Şekil 4.7 BOSI gözlem değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri (Devam)





Şekil 4.7 BOSI gözlem değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri (Devam)

Şekil 4.7’de gözlem BOSI değerleri elde edebilmek için **Sentinel-2** BOSI = (ARVI+0,26)/0,01, BOSI = (ARVI2+0,31)/0,01, BOSI = (BI-1,10)/-0,01, BOSI = (BNDVI-0,371)/0,006, BOSI = (CI-0,75)/-0,01, BOSI=(DVI+3886,21)/112,43, BOSI= (EVI+1,64)/0,05, BOSI = (EVI2+0,29)/0,03, BOSI = (GARI-0,13)/0,01, BOSI = (GBNDVI+0,22)/0,01, BOSI=(GCI+6,38)/0,16, BOSI=(GDVI+2940,58)/96,70, BOSI = (GNDVI-0,15)/0,01; BOSI = (GOSAVI-0,15)/0,01, BOSI = (GRNDVI+0,55)/0,01, BOSI = (GRVI+5,38)/0,16, BOSI = (GS AVI-0,22)/0,01, BOSI= (GVI+3314,35)/85,00, BOSI = (GVMI+0,39)/0,01, BOSI = (IRECI+30709,90)/610,13, BOSI = (LAIUYDU+6,05)/0,19, BOSI = (MCARI1+7071,33)/186,44, BOSI = (MCARI2+0,06)/0,01, BOSI = (MCARI-OSAVI+300,37)/8,61, BOSI = (MNDVI+0,33)/0,01, BOSI = (MNLI+1,49934)/0,00001, BOSI = (MRENDVI+0,08)/0,01, BOSI = (MRESR+2,67)/0,09, BOSI = (MSAVI+0,25)/0,01, BOSI = (MSI-1,34)/-0,01, BOSI = (MSR+2,83)/0,08, BOSI = (MTVI+7071,33)/186,44, BOSI = (MTVI2+0,06)/0,01, BOSI = (NBR+0,33)/0,01, BOSI = (NDMI+0,39)/0,01, BOSI = (NDVIUYDU-0,12)/0,01, BOSI = (NLI+0,99956)/0,00001, BOSI = (OSAVI+0,14)/0,01, BOSI = (PVI+2527,49)/87,74, BOSI = (RDI-1,03)/-0,01, BOSI = (RDVI+30,66)/1,21, BOSI = (REDEDGE2+0,41)/0,01, BOSI = (RENDVI+0,23)/0,01, BOSI = (RI-0,75)/-0,01, BOSI = (SAVI+0,18)/0,02, BOSI = (SIPI-1,52)/-0,01, BOSI = (SLAVI+5,29)/0,11, BOSI = (TCARI-OSAVI+901,11)/25,82, BOSI = (TDVI+46,00)/1,81, BOSI = (TSAVI+0,12)/0,01, BOSI = (TVI+246083,58)/3,740,42, BOSI = (VARI+1,12)/0,02, BOSI - 1,62= (WDRVI-1,62)/0,03, BOSI = (WDVI+5082,99)/124,60, BOSI = (WET+2804,16)/38,97, **Landsat-8** BOSI = (ARVI+0,08)/0,01, BOSI = (BI-1,34)/-0,01, BOSI = (BNDVI-0,546)/0,004, BOSI = (CI-0,51)/-0,01, BOSI = (DVI+0,20)/0,01, BOSI = (EVI+0,30)/0,01, BOSI = (EVI2+0,19)/0,01, BOSI = (GARI-0,10)/0,01, BOSI = (GBNDVI+0,02)/0,01, BOSI = (GCI+5,76)/0,16, BOSI = (GDVI-0,14)/0,01, BOSI = (GLI+0,26)/0,01, BOSI = (GNDVI-0,26)/0,01, BOSI = (GOSAVI-0,10)/0,01, BOSI = (GRNDVI+0,34)/0,01, BOSI =(GRVI+4,76)/0,16, BOSI = (GS AVI-0,0002)/0,004, BOSI = (GVI+0,19)/0,01, BOSI = (GVMI+0,11)/0,01, BOSI = (LAIUYDU+1,21)/0,05, BOSI = (MCARI1+0,39)/0,01, BOSI = (MCARI2+0,44)/0,01, BOSI = (MNDVI+0,13)/0,01, BOSI = (MNLI+0,68)/0,01, BOSI = (MSAVI+0,28)/0,01, BOSI = (MSI-1,15)/-0,01, BOSI = (MSR+1,68)/0,06, BOSI = (MTVI+0,39)/0,01, BOSI = (MTVI2+0,44)/0,01, BOSI =

$(NBR+0,13)/0,01$ ,  $BOSI = (NDMI+0,28)/0,01$ ,  $BOSI = (NDVIUYDU-0,07)/0,01$ ,  
 $BOSI = (NLI+0,99)/0,02$ ,  $BOSI = (OSAVI+0,04)/0,01$ ,  $BOSI = (PVI+0,11)/0,01$ ,  
 $BOSI = (RDI-0,81)/-0,01$ ,  $BOSI = (RDVI+0,12)/0,01$ ,  $BOSI = (RI-0,51)/0,01$ ,  $BOSI$   
 $= (RVI+14,54)/0,31$ ,  $BOSI = (SAVI+0,12)/0,01$ ,  $BOSI = (SIPI-1,49)/-0,01$ ,  $BOSI =$   
 $(SLAVI+4,85)/0,11$ ,  $BOSI = (TDVI+0,21)/0,01$ ,  $BOSI = (TSAVI+0,485)/0,004$ ,  
 $BOSI = (VARI+0,67)/0,01$ ,  $BOSI = (WDRVI-0,07)/0,01$ ,  $BOSI = (WDVI+0,30)/0,01$ ,  
 $BOSI = (WET+0,230)/0,003$ , **PlanetScope**  $BOSI = (ARVI+0,07)/0,01$ ,  $BOSI =$   
 $(BNDVI-0,510)/0,005$ ,  $BOSI = (DVI+3465,19)/104,23$ ,  $BOSI = (EVI+0,54)/0,03$ ,  
 $BOSI = (EVI2+0,16)/0,02$ ,  $BOSI = (GARI-0,01)/0,01$ ,  $BOSI = (GBNDVI+0,03)/0,01$ ,  
 $BOSI = (GCI+5,08)/0,14$ ,  $BOSI = (GDVI+2814,49)/94,25$ ,  $BOSI = (GLI+0,24)/0,01$ ,  
 $BOSI = (GNDVI-0,27)/0,01$ ,  $BOSI = (GOSAVI-0,27)/0,01$ ,  $BOSI =$   
 $(GRNDVI+0,32)/0,01$ ,  $BOSI = (GRVI+4,08)/0,14$ ,  $BOSI = (GSavi-0,40)/0,01$ ,  $BOSI$   
 $= (LAIUYDU+2,08)/0,11$ ,  $BOSI = (MCARI1+6004,97)/165,67$ ,  $BOSI =$   
 $(MCARI2+0,21)/0,01$ ,  $BOSI = (MNLI-1,49940)/0,00001$ ,  $BOSI = (MSAVI-$   
 $0,38)/0,01$ ,  $BOSI = (MSR+1,24)/0,05$ ,  $BOSI = (MTVI+6004,97)/165,67$ ,  $BOSI =$   
 $(MTVI2-0,21)/0,01$ ,  $BOSI = (NDVIUYDU-0,07)/0,01$ ,  $BOSI = (NLI-$   
 $0999598)/0,0000005$ ,  $BOSI = (OSAVI-0,08)/0,01$ ,  $BOSI = (PVI+2404,96)/84,29$ ,  
 $BOSI = (RDVI+21,20)/1,05$ ,  $BOSI = (RVI+11,05)/0,25$ ,  $BOSI = (SAVI+0,10)/0,01$ ,  
 $BOSI = (SIPI-1,48)/-0,01$ ,  $BOSI = (TDVI+31,81)/1,57$ ,  $BOSI = (TSAVI+0,07)/0,01$ ,  
 $BOSI = (WDRVI-0,07)/0,01$ ,  $BOSI = (WDVI+4299,98)/110,99$  denklemleri  
 kullanılabilmektedir.

Elde edilen önemli ve yüksek ilişkinin varlığı nedeniyle büyük alanlarda uydu  
 gözlemlerine dayanarak bu indekslerin, gözlem BOSI değerlerinin yüksek  
 güvenilirlikle tahmin edilmesinde kullanılmasının uygun olacağı düşünülmektedir. Bu  
 band/indeks ilişkin regresyon denklemi değişim grafikleri, Şekil 4.7’de verilmiştir.

Regresyon analizine göre gözlem BOSI ile **Sentinel-2** ARI ( $R^2 = 0,15^{**}$ ), ARI2 ( $R^2$   
 $= 0,50^{**}$ ), GLI ( $R^2 = 0,56^*$ ), IPVI ( $R^2 = 0,47^{**}$ ), mARI ( $R^2 = 0,50^{**}$ ), MCARI ( $R^2$   
 $= 0,47^{**}$ ), MCARI/MTVI2 ( $R^2 = 0,40^{**}$ ), NMDI ( $R^2 = 0,51^{**}$ ), REDEDGE1 ( $R^2$   
 $= 0,53^{**}$ ), REP ( $R^2 = 0,46^{**}$ ), RVI ( $R^2 = 0,59^{**}$ ), TCARI ( $R^2 = 0,48^{**}$ ), TCI ( $R^2$   
 $= 0,55^{**}$ ), TGI ( $R^2 = 0,41^{**}$ ), **Landsat-8** IPVI ( $R^2 = 0,38^{**}$ ), LST ( $R^2 = 0,55^{**}$ ), TGI  
 $(R^2 = 0,57^{**})$ , **PlanetScope** BI ( $R^2 = 0,57^{**}$ ), CI ( $R^2 = 0,54^*$ ), IPVI ( $R^2 = 0,12^{**}$ ), RI ( $R^2$

=0,54\*\*), VARI ( $R^2 = 0,53^*$ ) indeksleri arasında istatistiksel olarak düşük ilişki saptanmıştır. Düşük ilişki saptanan bu indekslerin gözlem BOSI değerleri hesaplamasında kullanılması uygun bulunmamıştır.

Elde edilen bulgularımız Ceccato vd. (2002); Costa-Saura vd. (2021); Han vd. (2019); Jackson vd. (2004); Pan vd. (2018); Zhang vd. (2017) bulguları ile benzerlik göstermektedir.



#### **4.8 Bitki Kanopi Sıcaklığı (°C)**

Elde edilen gözlem BKS değerleri aynı tarihlere karşılık gelen Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope uydu band/indeks değerleri ile korelasyon analizi yapılmış olup elde edilen sonuçlar, Tablo 4.10'da verilmiştir.

Korelasyon analizi sonucunda istatistiki olarak bulunan Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope band/indeksler ile BKS gözlem değerleri arasında regresyon analizi yapılmış, analiz sonucunda bulunan  $R^2$  ve RMSE, Tablo 4.10'da verilmiştir.



| BAND/ÍNDIS          | Sentinel-1 |                |      | Sentinel-2 |                |      | Landsat-8 |                |      | PlanetScope |                |         |
|---------------------|------------|----------------|------|------------|----------------|------|-----------|----------------|------|-------------|----------------|---------|
|                     | r          | R <sup>2</sup> | RMSE | r          | R <sup>2</sup> | RMSE | r         | R <sup>2</sup> | RMSE | r           | R <sup>2</sup> | RMSE    |
| VV                  | -0,64**    | 0,41**         | 0,03 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| VH                  | -0,37 ðd   |                |      | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| VV-VH               | -0,62**    | 0,38**         | 0,03 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| VV/VH               | 0,02 ðd    |                |      | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| RVI                 | -0,02 ðd   |                |      | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| RVI_MAX             | -0,04 ðd   |                |      | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| RVI_MIN             | -0,20 ðd   |                |      | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| CR                  | -0,03 ðd   |                |      | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| NL                  | -0,45 ðd   |                |      | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| DPSVI               | -0,31 ðd   |                |      | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| DPSVI_2             | -0,03 ðd   |                |      | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| DPSVI_MOD           | -0,31 ðd   |                |      | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| LEE_VH              | -0,56*     | 0,31*          | 1,61 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| LEE_VV              | -0,71**    | 0,51**         | 0,89 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| GAMMA_VH            | -0,60**    | 0,36**         | 1,47 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| GAMMA_VV            | -0,71**    | 0,50**         | 0,87 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| MALIK_VH            | -0,54*     | 0,29*          | 1,76 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| MALIK_VV            | -0,71**    | 0,50**         | 0,93 | M/D        |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| ARI                 | M/D        |                |      | 0,15ðd     |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| ARI2                | M/D        |                |      | 0,10ðd     |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| ARV1                | M/D        |                |      | -0,18ðd    |                |      | -0,38ðd   |                |      | -0,50*      | 0,34*          | 0,18    |
| ARV12               | M/D        |                |      | -0,16ðd    |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| BI                  | M/D        |                |      | 0,15ðd     |                |      | 0,39ðd    |                |      | 0,43*       | 0,34*          | 0,11    |
| BNDVI               | M/D        |                |      | -0,09ðd    |                |      | -0,38ðd   |                |      | -0,46*      | 0,28*          | 0,07    |
| CI                  | M/D        |                |      | 0,12ðd     |                |      | 0,38ðd    |                |      | 0,40ðd      |                |         |
| DVI                 | M/D        |                |      | -0,09ðd    |                |      | -0,33ðd   |                |      | -0,43*      | 0,38**         | 885,90  |
| EVI                 | M/D        |                |      | -0,19ðd    |                |      | -0,35ðd   |                |      | -0,45*      | 0,38**         | 0,38    |
| EVI2                | M/D        |                |      | -0,16ðd    |                |      | -0,35ðd   |                |      | -0,48*      | 0,35*          | 0,32    |
| GARI                | M/D        |                |      | -0,22ðd    |                |      | -0,40ðd   |                |      | -0,54**     | 0,29*          | 0,41    |
| GBNDVI              | M/D        |                |      | -0,10ðd    |                |      | -0,37ðd   |                |      | -0,46*      | 0,33*          | 0,11    |
| GCI                 | M/D        |                |      | -0,03ðd    |                |      | -0,35ðd   |                |      | -0,38ðd     |                |         |
| GDVI                | M/D        |                |      | -0,07ðd    |                |      | -0,32ðd   |                |      | -0,42*      | 0,40**         | 744,52  |
| GLI                 | M/D        |                |      | -0,09ðd    |                |      | -0,39ðd   |                |      | -0,38ðd     |                |         |
| GNDVI               | M/D        |                |      | -0,12ðd    |                |      | -0,37ðd   |                |      | -0,48*      | 0,35*          | 0,09    |
| GOSAVI              | M/D        |                |      | -0,12ðd    |                |      | -0,36ðd   |                |      | -0,48*      | 0,35*          | 0,09    |
| GRNDVI              | M/D        |                |      | -0,13ðd    |                |      | -0,37ðd   |                |      | -0,46*      | 0,36**         | 0,15    |
| GRVI                | M/D        |                |      | -0,03ðd    |                |      | -0,35ðd   |                |      | -0,38ðd     |                |         |
| GSAVI               | M/D        |                |      | -0,12ðd    |                |      | -0,35ðd   |                |      | -0,48*      | 0,35*          | 0,13    |
| GVI                 | M/D        |                |      | -0,10ðd    |                |      | -0,34ðd   |                |      | M/D         |                |         |
| GVM1                | M/D        |                |      | -0,13ðd    |                |      | -0,36ðd   |                |      | M/D         |                |         |
| IPVI                | M/D        |                |      | 0,03ðd     |                |      | 0,28ðd    |                |      | -0,47*      | 0,25*          | 0,01    |
| IRECI               | M/D        |                |      | -0,07ðd    |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| LAI <sub>UYDU</sub> | M/D        |                |      | -0,19ðd    |                |      | -0,35ðd   |                |      | -0,45*      | 0,38**         | 1,38    |
| LST                 | M/D        |                |      | M/D        |                |      | 0,36ðd    |                |      | M/D         |                |         |
| mARI                | M/D        |                |      | 0,10ðd     |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| MCARI               | M/D        |                |      | 0,00ðd     |                |      | M/D       |                |      | M/D         |                |         |
| MCARI1              | M/D        |                |      | -0,11ðd    |                |      | -0,34ðd   |                |      | -0,44*      | 0,38**         | 1499,39 |
| MCARI2              | M/D        |                |      | -0,20ðd    |                |      | -0,36ðd   |                |      | -0,52**     | 0,33*          | 0,15    |
| MCARI               |            |                |      |            |                |      |           |                |      |             |                |         |

Tablo 4.10 BKS gözlem değerleri ile Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope bant/indeks değerleri arasında Korelasyon ve Regresyon Analiz sonuçları (Devam)

|             |     |  |  |         |  |  |         |  |  |         |        |         |
|-------------|-----|--|--|---------|--|--|---------|--|--|---------|--------|---------|
| RVI         | M/D |  |  | -0,016d |  |  | -0,366d |  |  | -0,346d |        |         |
| SAVI        | M/D |  |  | -0,166d |  |  | -0,366d |  |  | -0,48*  | 0,35*  | 0,20    |
| SIPI        | M/D |  |  | 0,246d  |  |  | 0,396d  |  |  | 0,55**  | 0,32*  | 0,18    |
| SLAVI       | M/D |  |  | -0,066d |  |  | -0,356d |  |  | M/D     |        |         |
| SMI         | M/D |  |  | M/D     |  |  | -0,206d |  |  | M/D     |        |         |
| TCARI       | M/D |  |  | -0,256d |  |  | M/D     |  |  | M/D     |        |         |
| TCARI/OSAVI | M/D |  |  | -0,196d |  |  | M/D     |  |  | M/D     |        |         |
| TCI         | M/D |  |  | -0,096d |  |  | M/D     |  |  | M/D     |        |         |
| TDVI        | M/D |  |  | -0,126d |  |  | -0,356d |  |  | -0,45*  | 0,37** | 16,32   |
| TGI         | M/D |  |  | 0,166d  |  |  | 0,396d  |  |  | 0,43*   | 0,236d | 4788,33 |
| TSAVI       | M/D |  |  | -0,166d |  |  | -0,346d |  |  | -0,48*  | 0,35*  | 0,13    |
| TVI         | M/D |  |  | -0,116d |  |  | M/D     |  |  | M/D     |        |         |
| VARI        | M/D |  |  | -0,126d |  |  | -0,386d |  |  | -0,406d | 0,33*  | 0,10    |
| WDRVI       | M/D |  |  | -0,166d |  |  | -0,386d |  |  | -0,48*  | 0,35*  | 0,13    |
| WDVI        | M/D |  |  | -0,106d |  |  | -0,346d |  |  | -0,44*  | 0,38** | 1006,67 |
| WET         | M/D |  |  | -0,146d |  |  | -0,346d |  |  | M/D     |        |         |

öd: Önemli değil, \* :0,05 düzeyinde önemli, \*\*0,01: düzeyinde önemli M/D: Mevcut Değil

Tablo 4.10’da gözlem BKS değerleri ile Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope indeks değerleri arasındaki korelasyon değerleri görülmektedir.

Korelasyon analizine göre gözlem BKS ile **Sentinel-1** VV( $r=-0,64^{**}$ ), VV-VH( $r=-0,62^{**}$ ), LEE\_VH( $r=-0,56^{*}$ ), LEE\_VV( $r=-0,71^{**}$ ), GAMMA\_VH( $r=-0,60^{**}$ ), GAMMA\_VV( $r=-0,71^{**}$ ), MALIK\_VH( $r=-0,54^{*}$ ), MALIK\_VV( $r=-0,71^{**}$ ), **Sentinel-2** NMDI ( $r=0,43^{*}$ ), **PlanetScope** ARVI ( $r=-0,50^{*}$ ), BI ( $r=0,43^{*}$ ), BNDVI ( $r=-0,46^{*}$ ), DVI ( $r=-0,43^{*}$ ), EVI ( $r=-0,45^{*}$ ), EVI2 ( $r=-0,48^{*}$ ), GARI ( $r=-0,54^{**}$ ), GBNDVI ( $r=-0,46^{*}$ ), GDVI ( $r=-0,42^{*}$ ), GNDVI ( $r=-0,48^{*}$ ), GOSAVI ( $r=-0,48^{*}$ ), GRNDVI ( $r=-0,46^{*}$ ), GSAVI ( $r=-0,48^{*}$ ), IPVI ( $r=-0,47^{*}$ ), LAI<sub>UYDU</sub> ( $r=-0,45^{*}$ ), MCARI1 ( $r=-0,44^{*}$ ), MCARI2 ( $r=-0,52^{**}$ ), MNLI ( $r=-0,54^{**}$ ), MSAVI ( $r=-0,51^{**}$ ), MTVI ( $r=-0,44^{*}$ ), MTVI2 ( $r=-0,52^{**}$ ), NDVI<sub>UYDU</sub> ( $r=-0,48^{*}$ ), NLI ( $r=-0,54^{**}$ ), OSAVI ( $r=-0,48^{*}$ ), PVI ( $r=-0,42^{*}$ ), RDVI ( $r=-0,45^{*}$ ), SAVI ( $r=-0,48^{*}$ ), SIPI ( $r=0,55^{**}$ ), TDVI ( $r=-0,45^{*}$ ), TGI ( $r=0,43^{*}$ ), TSAVI ( $r=-0,48^{*}$ ), WDRVI ( $r=-0,48^{*}$ ), WDVI ( $r=-0,44^{*}$ ) değerleri arasında istatistiksel olarak önemli ilişki bulunmuştur.

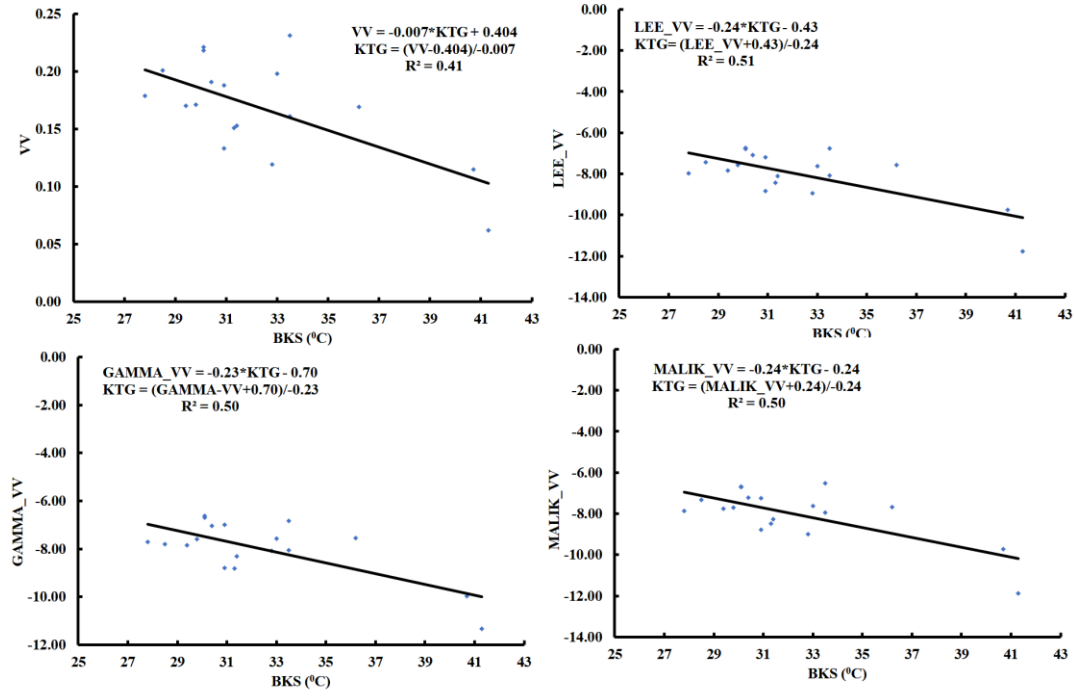
Korelasyon analizine göre gözlem BKS ile **Sentinel-1** VH ( $r=-0,37$  öd), VV/VH ( $r=0,02$  öd), RVI ( $r=-0,02$  öd), RVI\_MAX ( $r=-0,04$  öd), RVI\_MIN ( $r=0,20$  öd), CR ( $r=-0,03$  öd), NL ( $r=-0,45$  öd), DPSVI ( $r=-0,31$  öd), DPSVI\_2 ( $r=0,00$  öd), DPSVI\_MOD ( $r=-0,31$  öd), **Sentinel-2** ARI ( $r=0,12$  öd), ARI2 ( $r=0,10$  öd), ARVI ( $r=-0,18$  öd), ARVI2 ( $r=-0,18$  öd), BI ( $r=0,15$  öd), BNDVI ( $r=-0,09$  öd), CI ( $r=0,12$  öd), DVI ( $r=-0,09$  öd), EVI ( $r=-0,19$  öd), EVI2 ( $r=-0,16$  öd), GARI ( $r=-0,22$  öd), GBNDVI ( $r=-0,10$  öd), GCI ( $r=-0,03$  öd), GDVI ( $r=-0,07$  öd), GLI ( $r=-0,09$  öd), GNDVI ( $r=-0,12$  öd), GOSAVI ( $r=-0,12$  öd), GRNDVI ( $r=-0,13$  öd), GRVI ( $r=-0,03$  öd), GSAVI ( $r=-0,12$  öd), GVI ( $r=-0,10$  öd), GVMi ( $r=-0,13$  öd), IPVI ( $r=0,03$  öd), IRECI ( $r=-0,07$  öd), LAI<sub>UYDU</sub> ( $r=-0,19$  öd), mARI ( $r=-0,10$  öd), MCARI ( $r=-0,00$  öd), MCARI1 ( $r=-0,11$  öd), MCARI2 ( $r=-0,20$  öd), MCARI/MTVI2 ( $r=-0,03$  öd), MCARI/OSAVI ( $r=-0,19$  öd), MNDVI ( $r=-0,17$  öd), MNLI ( $r=-0,20$  öd), MRENDVI ( $r=-0,18$  öd), MRESR ( $r=-0,14$  öd), MSAVI ( $r=-0,18$  öd), MSI ( $r=0,15$  öd), MSR ( $r=-0,06$  öd), MTVI ( $r=-0,11$  öd), MTVI2 ( $r=-0,20$  öd), NBR ( $r=-0,17$  öd), NDMI ( $r=-0,13$  öd), NDVI<sub>UYDU</sub> ( $r=-0,16$  öd), NLI ( $r=-0,20$  öd), OSAVI ( $r=-0,16$  öd), PVI ( $r=-0,09$  öd), RDI ( $r=0,20$  öd), RDVI ( $r=-0,12$  öd), REDEDGE1 ( $r=-0,00$  öd), REDEDGE2 ( $r=-0,08$  öd), RENDVI ( $r=-0,15$  öd), REP ( $r=-0,12$  öd), RI ( $r=0,12$  öd), RVI ( $r=-0,01$  öd), SAVI ( $r=-0,16$  öd),



SIPI (r =0,24 öd), SLAVI (r =-0,06 öd), TCARI (r =-0,25 öd), TCARI/OSAVI (r =-0,19 öd), TCI (r =-0,09 öd), TDVI (r =-0,12 öd), TGI (r =0,16 öd), TSAVI (r =-0,16 öd), TVI (r =-0,11 öd \*\*), VARI (r =-0,12 öd), WDRVI (r =-0,16 öd), WDVİ (r =-0,10 öd), WET (r =-0,14 öd), **Landsat-8** ARVI (r =-0,38 öd), BI (r =0,39 öd), BNDVI (r =-0,38 öd), CI (r =0,38 öd), DVI (r =-0,33 öd), EVI (r =-0,35 öd), EVI2 (r =-0,35 öd), GARI (r =-0,40 öd), GBNDVI (r =-0,37 öd), GCI (r =-0,35 öd), GDVI (r =-0,32 öd), GLI (r =-0,39 öd), GNDVI (r =-0,37 öd), GOSAVI (r =-0,36 öd), GRNDVI (r =-0,37 öd), GRVI (r =-0,35 öd), GSAVI (r =-0,35 öd), GVI (r =-0,34 öd), GVMI (r =-0,36 öd), IPVI (r =0,28 öd), LAI<sub>UYDU</sub> (r =-0,35 öd), LST (r =0,36 öd), MCARI1 (r =-0,34 öd), MCARI2 (r =-0,36 öd), MNDVI (r =-0,37 öd), MNLI (r =-0,34 öd), MSAVI (r =-0,36 öd), MSI (r =0,37 öd), MSR (r =-0,37 öd), MTVI (r =-0,34 öd), MTVI2 (r =-0,36 öd), NBR (r =-0,37 öd), NDMI (r =-0,36 öd), NDVI<sub>UYDU</sub> (r =-0,38 öd), NLI (r =-0,37 öd), OSAVI (r =-0,37 öd), PVI (r =-0,33 öd), RDI (r =0,38 öd), RDVI (r =-0,36 öd), RI (r =0,38 öd), RVI (r =-0,36 öd), SAVI (r =-0,36 öd), SIPI (r =0,39 öd), SLAVI (r =-0,35 öd), SMI (r =-0,20 öd), TDVI (r =-0,35 öd), TGI (r =0,39 öd), TSAVI (r =-0,34 öd), VARI (r =-0,38 öd), WDRVI (r =-0,38 öd), WDVİ (r =-0,34 öd), WET (r =0,34 öd), **PlanetScope** CI (r =0,40 öd), GCI (r =-0,38 öd), GLI (r =-0,38 öd), GRVI (r =-0,38 öd), MSR (r =-0,38 öd), RI (r =0,40 öd), RVI (r =-0,34 öd), VARI (r =-0,40 öd) değerleri arasındaki ilişki istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Korelasyon analizi sonucunda gözlem BKS değerleri ile band/indeksler arasında önemli ve yüksek ilişki saptananların regresyon analizleri yapılmıştır (Tablo 4.10). Yapılan regresyon analiz sonuçlarına göre elde edilen  $R^2$  ve RMSE değerleri, Tablo 4.10'da verilmiştir.

Elde edilen regresyon analiz sonuçlarına göre gözlem BKS ile **Sentinel-1** VV ( $R^2=0,41^{**}$ ), LEE\_VV ( $R^2=0,51^{**}$ ), GAMMA\_VV ( $R^2=0,50^{**}$ ), MALIK\_VV ( $R=0,50^{**}$ ) ile önemli ve yüksek ilişkiler saptanmıştır. Bu ilişkilere dair değişim grafikleri, Şekil 4.8'de verilmiştir.



Şekil 4.8 BKS gözlem değerleri ile Sentinel-1 bant/indeks değerleri arasında Değişim, Regresyon ve Ters Regresyon Denklemleri

Şekil 4.8’de gözlem BKS değerleri elde edebilmek için **Sentinel-1**  $BKS = (VV-0,404) / -0,007$ ,  $BKS = (LEE\_VV+0,43) / -0,24$ ,  $BKS = (GAMMA-VV+0,70) / -0,23$ ,  $BKS = (MALIK\_VV+0,24) / -0,24$  denklemleri kullanılabilmektedir.

Elde edilen önemli ve yüksek ilişkinin varlığı nedeniyle büyük alanlarda uydu gözlemlerine dayanarak bu indekslerin, gözlem BKS değerlerinin yüksek güvenilirlikle tahmin edilmesinde kullanılmasının uygun olacağı düşünülmektedir. Bu band/indeks ilişkin regresyon denklemi değişim grafikleri, Şekil 4.8’de verilmiştir.

Regresyon analizine göre gözlem BKS ile **Sentinel-1**  $VV-VH$  ( $R^2 = 0,38^{**}$ ),  $LEE\_VH$  ( $R^2=0,31^*$ ),  $GAMMA\_VH$  ( $R^2 =0,36^{**}$ ),  $MALIK\_VH$  ( $R^2 =0,29^{**}$ ), **Sentinel-2**  $NMDI$  ( $R^2 =0,20$  öd), **PlanetScope**  $ARVI$  ( $R^2 =0,34^*$ ),  $BI$  ( $R^2 =0,34^*$ ),  $BNDVI$  ( $R^2 =0,28^*$ ),  $DVI$  ( $R^2 =0,38^{**}$ ),  $EVI$  ( $R^2 =0,38^{**}$ ),  $EVI2$  ( $R^2 =0,35^*$ ),  $GARI$  ( $R^2 =0,29^*$ ),  $GBNDVI$  ( $R^2 =0,33^*$ ),  $GDVI$  ( $R^2 =0,40^{**}$ ),  $GNDVI$  ( $R^2 =0,35^*$ ),  $GOSAVI$  ( $R^2 =0,35^*$ ),  $GRNDVI$  ( $R^2 =0,36^{**}$ ),  $GSAVI$  ( $R^2 =0,35^*$ ),  $IPVI$  ( $R^2 =0,25^*$ ),  $LAI_{UYDU}$  ( $R^2 =0,38^{**}$ ),  $MCARI1$  ( $R^2 =0,38^{**}$ ),  $MCARI2$  ( $R^2 =0,33^*$ ),  $MNLI$  ( $R^2 =0,34^*$ ),  $MSAVI$  ( $R^2 =0,33^*$ ),  $MTVI$  ( $R^2 =0,38^{**}$ ),  $MTVI2$  ( $R^2 =0,33^*$ ),  $NDVI_{UYDU}$  ( $R^2 =0,35^*$ ),  $NLI$  ( $R^2 =0,34^*$ ),  $OSAVI$  ( $R^2 =0,35^*$ ),  $PVI$  ( $R^2 =0,39^{**}$ ),  $RDVI$  ( $R^2 =0,37^{**}$ ),  $SAVI$  ( $R^2 =0,35^*$ ),  $SIPI$  ( $R^2 =0,32^*$ ),  $TDVI$  ( $R^2 =0,37^{**}$ ),  $TGI$  ( $R^2 =0,23$  öd),  $TSAVI$  ( $R^2 =0,35^*$ ),  $VARI$  ( $R^2 =0,33^*$ ),  $WDRVI$  ( $R^2 =0,35^*$ ),  $WDVI$  ( $R^2 =0,38^{**}$ ) indeksleri arasında istatistiksel olarak düşük ilişki saptanmıştır. Düşük ilişki saptanan bu indekslerin gözlem BKS değerleri hesaplamasında kullanılması uygun bulunmamıştır.

Elde edilen bulgularımız Belenguer-Plomer vd. (2019); Neinavaz vd. (2021) bulguları ile benzerlik göstermektedir.



## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, takviye sulama ile yetiştirilen pamuk bitkisi üretim alanlarında, yersel ölçümlerle sensör ve ölçüm cihazlarıyla elde edilen toprak nemi, toprak sıcaklığı, ortam nemi, ortam sıcaklığı, normalize edilmiş fark bitki indeksi, yaprak alan indeksi, bitki oransal su içeriği ve bitki kanopi sıcaklığı parametrelerinin, optik ve SAR uydu görüntülerinden elde edilen band/indekslerle ilişkilerinin araştırılması, uydu görüntülerinin bu gözlem değerlerini tahmin etmede kullanılabilirliğinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir.

TN tahmini için yapılan regresyon analizi sonucunda **Sentinel-1** VH, VV-VH, LEE\_VV, GAMMA\_VV, MALIK\_VV, **Landsat-8** SMI band ve indeksleri önemli bulunmuştur. TN tahmini yapabilmek için **Sentinel-1**  $TN = (VV - VH - 0,043) / 0,003$ ,  $TN = (VV - VH - 0,043) / 0,003$ ,  $TN = (LEE\_VV - 10,29) / 0,06$ ,  $TN = (GAMMA\_VV - 9,81) / 0,05$ ,  $TN = (MALIK\_VV - 10,42) / 0,06$ , **Landsat-8**  $TN = (SMI + 0,02) / 0,01$  denklemlerinin kullanılması tavsiye edilmektedir.

TS tahmini için yapılan regresyon analizi sonucunda **Sentinel-1** VV, VV/VH, LEE\_VV, GAMMA\_VH, MALIK\_VH, **Landsat-8** SMI band ve indeksleri önemli bulunmuştur. TS tahmini yapabilmek için **Sentinel-1**  $TS = (VV - 0,462) / -0,008$ ,  $TS = (VV - VH - 0,415) / -0,008$ ,  $TS = (LEE\_VV - 1,33) / -0,19$ ,  $TS = (GAMMA\_VV - 2,23) / -0,16$ ,  $TS = (MALIK\_VV - 1,00) / -0,20$ , **Landsat-8**  $TS = (SMI - 1,74) / -0,04$  denklemlerinin kullanılması tavsiye edilmektedir.

ON tahmini için yapılan regresyon analizi sonucunda **Sentinel-1** VV ( $R^2 = 0,63^{**}$ ), VV-VH ( $R^2 = 0,60^{**}$ ), LEE\_VV ( $R^2 = 0,56^{**}$ ), GAMMA\_VV ( $R^2 = 0,50^{**}$ ), MALIK\_VV ( $R^2 = 0,56^{**}$ ), **Landsat-8** SMI ( $R^2 = 0,84^{**}$  \*\*), band ve indeksleri önemli bulunmuş ve ON tahmini yapabilmek için **Sentinel-1**  $ON = (VV - 0,052) / 0,003$ ,  $ON = (VV - VH - 0,028) / 0,003$ ,  $ON = (LEE\_VV - 10,60) / 0,07$ ,  $ON = (GAMMA\_VV - 10,08) / 0,06$ ,  $ON = (MALIK\_VV - 10,73) / 0,07$ , **Landsat-8**  $ON = (SMI + 0,11) / 0,01$  denklemlerinin kullanılması tavsiye edilmiştir.

OS tahmini için yapılan regresyon analizi sonucunda **Sentinel-1** VV, VV-VH, LEE\_VH, GAMMA\_VH, MALIK\_VH, **Landsat-8** LST band ve indeksleri önemli

bulunmuştur. OS tahmini yapabilmek için **Sentinel-1**  $OS = (VV-0,436) / -0,007$ ,  $OS = (VV-VH-0,389) / -0,007$ ,  $OS = (LEE\_VV-1,63) / -0,17$ ,  $OS = (GAMMA\_VV-2,36) / -0,15$ ,  $OS = (MALIK\_VV-1,39) / -0,18$ , **Landsat-8**  $OS = (LST-8,10) / 0,79$  denklemlerinin kullanılması tavsiye edilmektedir.

NDVI tahmini için yapılan regresyon analizi sonucunda **Sentinel-2** ARI2, ARVI, ARVI2, BI, BNDVI, CI, DVI, EVI, EVI2, GARI, GBNDVI, GCI, GDVI, GLI, GNDVI, GOSAVI, GRNDVI, GRVI, GSAVI, GVI, GVMI, IRECI, LAI<sub>UYDU</sub>, LST, mARI, MCARI, MCARI1, MCARI2, MCARI-MTVI2, MCARI-OSAVI, MNDVI, MNLI, MRENDVI, MRESR, MSAVI, MSI, MSR, MTVI, MTVI2, NBR, NDMI, NDVI<sub>UYDU</sub>, NLI, OSAVI, PVI, RDI, RDVI, REDEDGE1, REDEDGE2, RENDVI, RI, RVI, SAVI, SIPI, SLAVI, TCARI, TCARI-OSAVI, TCI, TDVI, TGI, TSAVI, TVI, VARI, WDRVI, WDV, WET, **Landsat-8** ARVI, BI, BNDVI, CI, DVI, EVI, EVI2, GARI, GBNDVI, GCI, GDVI, GLI, GNDVI, GOSAVI, GRNDVI, GRVI, GSAVI, GVI, GVMI, LAI<sub>UYDU</sub>, LST, MCARI1, MCARI2, MNDVI, MNLI, MSAVI, MSI, MSR, MTVI, MTVI2, NBR, NDMI, NDVI<sub>UYDU</sub>, NLI, OSAVI, PVI, RDI, RDVI, RI, RVI, SAVI, SIPI, SLAVI, TDVI, TGI, TSAVI, VARI, WDRVI, WDV, WET, **PlanetScope** ARVI, BI, BNDVI, CI, DVI, EVI, EVI2, GARI, GBNDVI, GCI, GDVI, GLI, GNDVI, GOSAVI, GRNDVI, GRVI, GSAVI, LAI<sub>UYDU</sub>, MCARI1, MCARI2, MNLI, MSAVI, MSR, MTVI, MTVI2, NDVI<sub>UYDU</sub>, NLI, OSAVI, PVI, RDVI, RI, RVI, SAVI, SIPI, TDVI, TGI, TSAVI, VARI, WDRVI, WDV band ve indeksleri önemli bulunmuş olup, NDVI tahmini yapabilmek için **Sentinel-2**  $NDVI = (ARI-0,0002) / 0,0004$ ,  $NDVI = (\sqrt{(ARI2-1,12)} + 2,20) / 4,31$ ,  $NDVI = (ARVI+0,71) / 1,87$ ,  $NDVI = (ARVI2+0,66) / 1,76$ ,  $NDVI = (\sqrt{(BI+0,71)} + 0,48) / 1,35$ ,  $NDVI = (\sqrt{(BNDVI-0,65)} + 0,44) / 1,10$ ,  $NDVI = (\sqrt{(CI-0,16)} + 0,799) / 1,74$ ,  $NDVI = (\sqrt{(DVI-1,44)} + 2,28) / 5,06$ ,  $NDVI = (EVI+2,30) / 5,60$ ,  $NDVI = (EVI2+0,92) / 3,52$ ,  $NDVI = (GARI+0,38) / 1,65$ ,  $NDVI = (\sqrt{(GBNDVI-0,26)} + 0,59) / 1,46$ ,  $NDVI = (\sqrt{(GCI-2,64)} + 3,12) / 6,37$ ,  $NDVI = (\sqrt{(GDVI-1,87)} + 2,30) / 4,85$ ,  $NDVI = (\sqrt{(GLI-0,10)} + 0,74) / 1,53$ ,  $NDVI = (GNDVI-0,05) / 0,84$ ,  $NDVI = (GOSAVI-0,05) / 0,84$ ,  $NDVI = (GRNDVI+0,75) / 1,64$ ,  $NDVI = (\sqrt{(GCI-2,64)} + 3,12) / 6,37$ ,  $NDVI = (GSAVI+0,07) / 1,26$ ,  $NDVI = (\sqrt{(GVI-0,70)} + 1,99) / 4,43$ ,  $NDVI = (GVMI+0,54) / 1,17$ ,  $NDVI = (\sqrt{(IRECI1,16)} + 6,78) / 13,17$ ,  $NDVI = (LAI_{UYDU}+8,42) / 20,28$ ,  $NDVI = (\sqrt{(mARI-1,10)} + 2,20) / 4,31$ ,  $NDVI = (\sqrt{(MCARI-$

0,21) 2,33) /4,50, NDVI = ( $\sqrt{(\text{MCARI1}-1,41) + 2,72}$ ) /6,34, NDVI = ( $\sqrt{(\text{MCARI2}+0,40)/1,55}$ ), NDVI = ( $\sqrt{(\text{MCARI}/\text{MTVI}-0,77) + 2,53}$ ) /4,61, NDVI = ( $\sqrt{(\text{MCARI}/\text{OSAVI}-273,45) + 0,48}$ ) /1,30, NDVI = ( $\sqrt{(\text{MNDVI}+0,64)/1,60}$ ), NDVI = ( $\sqrt{(\text{MNLI}-1,499)/0,001}$ ), NDVI = ( $\sqrt{(\text{MRENDVI}+0,35)/1,18}$ ), NDVI = ( $\sqrt{(\text{MRESR}-1,45) + 1,83}$ ) /4,30, NDVI = ( $\sqrt{(\text{MSAVI}+0,05)/1,16}$ ), NDVI = ( $\sqrt{(\text{MSI}-1,65)/-1,52}$ ), NDVI = ( $\sqrt{(\text{MSR}-1,10) + 2,28}$ ) /4,58, NDVI = ( $\sqrt{(\text{MTVI}-1,41) + 2,72}$ ) /6,34, NDVI = ( $\sqrt{(\text{MTVI2}+0,40)/1,55}$ ), NDVI = ( $\sqrt{(\text{MTVI2}+0,64)/1,60}$ ), NDVI = ( $\sqrt{(\text{NDMI}+0,54)/1,17}$ ), NDVI = ( $\sqrt{(\text{NDVIUYDU}+0,38)/1,47}$ ), NDVI = ( $\sqrt{(\text{NLI}-0,9993)/0,0008}$ ), NDVI = ( $\sqrt{(\text{NMDI}-0,65) + 0,64}$ ) /0,92, NDVI = ( $\sqrt{(\text{OSAVI}+0,44)/1,70}$ ), NDVI = ( $\sqrt{(\text{PVI}-1,71) + 2,08}$ ) /4,53, NDVI = ( $\sqrt{(\text{RDI}-1,49)/-1,59}$ ), NDVI = ( $\sqrt{(20,70) + 5,96}$ ) /15,32, NDVI = ( $\sqrt{(\text{REDEGE1}1,18) + 2,26}$ ) /4,30, NDVI = ( $\sqrt{(\text{REDEGE2}-0,11) + 0,18}$ ) /1,70, NDVI = ( $\sqrt{(\text{RENDVI}+0,38)/1,11}$ ), NDVI = ( $\sqrt{(\text{RI}-0,16) + 0,79}$ ) /1,74, NDVI = ( $\sqrt{(\text{RVI}-1,20) + 6,01}$ ) /11,32, NDVI = ( $\sqrt{(\text{SAVI}+0,57)/2,20}$ ), NDVI = ( $\sqrt{(\text{SIPI}-2,22)/-1,50}$ ), NDVI = ( $\sqrt{(\text{SLAVI}-0,24) + 2,93}$ ) /5,51, NDVI = ( $\sqrt{(\text{TCARI}+757,36)/2,833,76}$ ), NDVI = ( $\sqrt{(\text{TCARI}/\text{OSAVI}-820,37) 0,84}$ ) /2,25, NDVI = ( $\sqrt{(\text{TCI}-0,27) + 1,37}$ ) /2,96, NDVI = ( $\sqrt{(\text{TDVI}-31,06) + 7,30}$ ) /18,77, NDVI = ( $\sqrt{(\text{TGI}-20,364,30)/-59,083,27}$ ), NDVI = ( $\sqrt{(\text{TSAVI}+0,38)/1,47}$ ), NDVI = ( $\sqrt{(\text{TVI}+82,83) + 12,02}$ ) /28,64, NDVI = ( $\sqrt{(\text{VARI}+0,22) + 0,95}$ ) /2,08, NDVI = ( $\sqrt{(\text{WDRVI}-0,44) + 1,06}$ ) /2,40, NDVI = ( $\sqrt{(\text{WDVI}-0,69) + 2,31}$ ) /5,26, NDVI = ( $\sqrt{(\text{WET}+205,53) + 1,01}$ ) /2,71, **Landsat-8;** NDVI = ( $\sqrt{(\text{ARVI}+0,65)/1,77}$ ), NDVI = ( $\sqrt{(\text{BI}-1,53)/-1,20}$ ), NDVI = ( $\sqrt{(\text{BNDVI}-0,34)/0,68}$ ), NDVI = ( $\sqrt{(\text{CI}-0,57) /-0,85}$ ), NDVI = ( $\sqrt{(\text{DVI}+0,31)/0,90}$ ), NDVI = ( $\sqrt{(\text{EVI}+0,51)/1,44}$ ), NDVI = ( $\sqrt{(\text{EVI2}+0,42)/1,33}$ ), NDVI = ( $\sqrt{(\text{GARI}+1,42)/2,85}$ ), NDVI = ( $\sqrt{(\text{GBNDVI}+0,31)/1,20}$ ), NDVI = ( $\sqrt{(\text{GCI}-1,49)+2,35}$ ) /5,58, NDVI = ( $\sqrt{(\text{GDVI}+0,21)/0,76}$ ), NDVI = ( $\sqrt{(\text{GLI}+0,33)/0,71}$ ), NDVI = ( $\sqrt{(\text{GNDVI}+0,03)/0,88}$ ), NDVI = ( $\sqrt{(\text{GOSAVI}+0,07)/0,79}$ ), NDVI = ( $\sqrt{(\text{GRNDVI}+0,70)/1,59}$ ), NDVI = ( $\sqrt{(\text{GCI}-1,49)+2,35}$ ) /5,58, NDVI = ( $\sqrt{(\text{GSAVI}+0,16)/0,91}$ ), NDVI = ( $\sqrt{(\text{GVI}+0,28)/0,70}$ ), NDVI = ( $\sqrt{(\text{GVMI}+0,27)/0,92}$ ), NDVI = ( $\sqrt{(\text{IPVI}-0,3962)/-0,0002}$ ), NDVI = ( $\sqrt{(\text{LAIUYDU}+1,95)/5,21}$ ), NDVI = ( $\sqrt{(\text{LST}-74,54) /-50,95}$ ), NDVI = ( $\sqrt{(\text{MCARI1}+0,61)/1,52}$ ), NDVI = ( $\sqrt{(\text{MCARI2}+0,65)/1,56}$ ), NDVI = ( $\sqrt{(\text{MNDVI}+0,50)/1,49}$ ), NDVI = ( $\sqrt{(\text{MNLI}+0,85)/1,46}$ ), NDVI = ( $\sqrt{(\text{MSI}+1,55)/-1,43}$ ), NDVI = ( $\sqrt{(\text{MSR}-1,06) + 1,35}$ ) /3,34, NDVI = ( $\sqrt{(\text{MTVI}+0,61)/1,52}$ ), NDVI = ( $\sqrt{(\text{MTVI2}+0,65)/1,56}$ ), NDVI = ( $\sqrt{(\text{NBR}+0,50)/1,49}$ ), NDVI = ( $\sqrt{(\text{NDMI}+0,50)/1,16}$ ), NDVI = ( $\sqrt{(\text{NDVIUYDU}+0,32)/1,37}$ ), NDVI = ( $\sqrt{(\text{NLI}+1,63)/2,75}$ ), NDVI = ( $\sqrt{(\text{OSAVI}+0,35)/1,30}$ ), NDVI = ( $\sqrt{(\text{PVI}+0,18)/0,69}$ ), NDVI = ( $\sqrt{(\text{RDI}+1,29)/-1,37}$ ), NDVI = ( $\sqrt{(\text{RDVI}+0,33)/1,12}$ ),

$NDVI=(RI-0,57)/-0,85$ ,  $NDVI = (\sqrt{(-1,66) + 3,71}) / 8,02$ ,  $NDVI=(SAVI+0,35)/1,19$ ,  
 $NDVI=(SIPI+2,17)/-1,38$ ,  $NDVI = (\sqrt{(SLAVI-0,75) + 2,25}) / 4,89$ ,  
 $NDVI=(TDVI+0,41)/1,27$ ,  $NDVI=(TGI-3,71)/-7,15$ ,  $NDVI=(TSAVI+0,56)/0,44$ ,  
 $NDVI=(VARI+0,75)/1,11$ ,  $NDVI=(WDRVI+0,32)/1,37$ ,  $NDVI=(WDVI+0,44)/1,03$ ,  
 $NDVI = (\sqrt{(WET-0,09) + 0,34}) / 0,85$ , **PlanetScope**  $NDVI=(ARVI+0,67)/1,77$ ,  $NDVI$   
 $=(BI-1,62)/-1,25$ ,  $NDVI =(BDNVI-0,47)/0,50$ ,  $NDVI =(CI-0,59)/-0,83$ ,  $NDVI =$   
 $(\sqrt{(DVI-1,24) + 1,77}) / 4,41$ ,  $NDVI =(EVI+1,48)/3,94$ ,  $NDVI =(EVI2+0,68)/3,12$ ,  
 $NDVI=(GARI+1,07)/2,37$ ,  $NDVI=(GBNDVI+0,17)/1$ ,  $NDVI = (\sqrt{(GCI-1,68) + 2,15})$   
 $/5,17$ ,  $NDVI = (\sqrt{(GDVI-1,71) + 1,89}) / 4,34$ ,  $NDVI = (\sqrt{(GLI-0,02) + 0,40}) / 1,05$ ,  $NDVI$   
 $=(GNDVI-0,11)/0,78$ ,  $NDVI =(GOSAVI-0,11)/0,78$ ,  $NDVI =(GRNDVI+0,63)/1,47$ ,  
 $NDVI = (\sqrt{(GCI-1,68) + 2,15}) / 5,17$ ,  $NDVI =(GSavi-0,16)/1,17$ ,  $NDVI =(IPVI-$   
 $0,405)/0,003$ ,  $NDVI =(LAI_{UYDU}+5,47)/14,27$ ,  $NDVI =(MCARI1+7265,26)$   
 $/16980,82$ ,  $NDVI =(MCARI2+0,33)/1,41$ ,  $NDVI =(MNLI-1,499)/0,001$ ,  $NDVI =(y-$   
 $0,02)/1,06$ ,  $NDVI = (\sqrt{(MSAR-1,09) + 1,32}) / 3,19$ ,  $NDVI$   
 $=(MTVI+7265,26)/16980,82$ ,  $NDVI= (MTVI2+0,33)/1,41$ ,  $NDVI= (NDVI_{UYDU}-$   
 $0,28)/1,30$ ,  $NDVI =(NLI-0,9993)/0,0009$ ,  $NDVI =(OSAVI+0,33)/1,51$ ,  $NDVI =$   
 $(\sqrt{(PVI-1,52) + 1,70}) / 4,04$ ,  $NDVI =(RDVI+36,71)/116,91$ ,  $NDVI =(RI-0,59)/-0,83$ ,  
 $NDVI = (\sqrt{(RVI-1,78) + 3,64}) / 7,64$ ,  $NDVI =(SAVI+0,43)/1,95$ ,  $NDVI = (\sqrt{(SIPI-1,01)$   
 $+1,56}) / 1,62$ ,  $NDVI =(TDVI+55,07)/175,35$ ,  $NDVI =(TGI-15383,60)/-49464,58$ ,  
 $NDVI =(TSAVI+0,28)/1,30$ ,  $NDVI =(VARI+0,76)/1,06$ ,  $NDVI$   
 $=(WDRVI+0,28)/1,30$ ,  $NDVI =(WDVI+4999,34)/11190,72$  denklemlerinin  
 kullanılması tavsiye edilmektedir.

LAI tahmini için yapılan regresyon analizi sonucunda **Sentinel-2** ARI2, ARVI,  
 ARVI2, BI, BNDVI, CI, DVI, EVI, EVI2, GARI, GBNDVI, GCI, GNDVI, GOSAVI,  
 GRNDVI, GRVI, GSAVI, GVI, GVMI, LAI<sub>UYDU</sub>, mARI, MCARI, MCARI1,  
 MCARI2, MCARI/OSAVI, MNDVI, MNLI, MRENDVI, MRESR, MSAVI, MSI,  
 MSR, MTVI, MTVI2, NBR, NDMI, NDVI<sub>UYDU</sub>, NLI, OSAVI, RDI, RDVI,  
 REDEDGE1, REDEDGE2, RENDVI, RI, SAVI, SIPI, SLAVI, TCARI/OSAVI, TCI,  
 TDVI, TSAVI, TVI, VARI, WDRVI, WDVI, WET, **Landsat-8** ARVI, BI, BNDVI,  
 CI, DVI, EVI, EVI2, GARI, GBNDVI, GCI, GDVI, GLI, GNDVI, GOSAVI,  
 GRNDVI, GRVI, GSAVI, GVI, GVMI, LAI<sub>UYDU</sub>, LST, MCARI1, MCARI2,  
 MNDVI, MNLI, MSAVI, MSI, MSR, MTVI, MTVI2, NBR, NDMI, NDVI<sub>UYDU</sub>, NLI,



OSAVI, PVI, RDI, RDVI, RI, SAVI, SIPI, SLAVI, TDVI, TGI, TSAVI, VARI, WDRVI, WDV, WET, **PlanetScope** ARVI ( $R^2=0,87^{**}$ ), BI ( $R^2=0,74^{**}$ ), BNDVI ( $R^2=0,81^{**}$ ), CI ( $R^2=0,68^{**}$ ), DVI ( $R^2=0,76^{**}$ ), EVI ( $R^2=0,77^{**}$ ), EVI2 ( $R^2=0,86^{**}$ ), GARI ( $R^2=0,84^{**}$ ), GBNDVI ( $R^2=0,84^{**}$ ), GCI ( $R^2=0,78^{**}$ ), GDVI ( $R^2=0,75^{**}$ ), GLI ( $R^2=0,71^{**}$ ), GNDVI ( $R^2=0,86^{**}$ ), GOSAVI ( $R^2=0,86^{**}$ ), GRNDVI ( $R^2=0,85^{**}$ ), GRVI ( $R^2=0,78^{**}$ ), GSAVI ( $R^2=0,86^{**}$ ), LAI<sub>UYDU</sub> ( $R^2=0,77^{**}$ ), MCARI1 ( $R^2=0,77^{**}$ ), MCARI2 ( $R^2=0,87^{**}$ ), MNLI ( $R^2=0,87^{**}$ ), MSAVI ( $R^2=0,87^{**}$ ), MSR ( $R^2=0,75^{**}$ ), MTVI ( $R^2=0,77^{**}$ ), MTVI2 ( $R^2=0,87^{**}$ ), NDVI<sub>UYDU</sub> ( $R^2=0,86^{**}$ ), NLI ( $R^2=0,87^{**}$ ), OSAVI ( $R^2=0,86^{**}$ ), PVI ( $R^2=0,75^{**}$ ), RDVI ( $R^2=0,81^{**}$ ), RI ( $R^2=0,68^{**}$ ), RVI ( $R^2=0,67^{**}$ ), SAVI ( $R^2=0,86^{**}$ ), SIPI ( $R^2=0,86^{**}$ ), TDVI ( $R^2=0,81^{**}$ ), TGI ( $R^2=0,62^{**}$ ), TSAVI ( $R^2=0,86^{**}$ ), VARI ( $R^2=0,66^{**}$ ), WDRVI ( $R^2=0,86^{**}$ ), WDV ( $R^2=0,78^{**}$ ) band ve indeksleri önemli bulunmuş ve LAI tahmini yapabilmek için **Sentinel-2** LAI = (ARI2-0,73)/0,49, LAI = (0,8949- $\sqrt{(0,8708-ARVI)}$ )/0,1732, LAI = (0,8083- $\sqrt{(0,7333-ARVI2)}$ )/0,1732, LAI = (BI - 0,67)/-0,08, LAI = (BNDVI-0,65)/0,05, LAI = (CI-0,17)/-0,09, LAI = (DVI-1415,85)/782,52, LAI = (EVI-0,49)/0,43, LAI = (1,2075- $\sqrt{(2,0280-EVI2)}$ )/0,2236, LAI = (0,8660- $\sqrt{(1,0299-GARI)}$ )/0,1732, LAI = (GBNDVI-0,26)/0,09, LAI = (GCI-1,14)/1,10, LAI = (GNDVI-0,47)/0,06, LAI = (GOSAVI-0,47)/0,06, LAI = (GRNDVI-0,08)/0,12, LAI = (GRVI-2,14)/1,10, LAI = (GSAVI-1,07)/1,26, LAI = (GVI-658,33)/601,83, LAI = (GVMI-0,04)/0,09, LAI = (LAIUYDU-1,67)/1,56, LAI = (mARI-0,73)/0,49, LAI = (MCARI+1,37)/450,07, LAI = (MCARI1-548,17)/388,82, LAI = (MCARI2-61,83)/71,15, LAI = (0,7794- $\sqrt{(0,8374-MCARI-OSAVI)}$ )/0,1732, LAI = (MNDVI-0,16)/0,12, LAI = (0,02129- $\sqrt{(1,49988-MNLI)}$ )/0,00547, LAI = (0,6928- $\sqrt{(0,5799-MRENDVI)}$ )/0,1732, LAI = (1,8976- $\sqrt{(4,1208-MRESR)}$ )/0,4242, LAI = (MSAVI-0,55)/0,08, LAI = (MSI-0,89)/-0,12, LAI = (MSR-0,90)/0,52, LAI = (MTVI-1524,26)/1,347,09, LAI = (0,7794- $\sqrt{(0,8374-MTVI2)}$ )/0,1732, LAI = (NBR-0,16)/0,12, LAI = (NDMI-0,04)/0,09, LAI=(NDVIUYDU-0,36)/0,11, LAI = (0,01677- $\sqrt{(0,999901-NLI)}$ )/0,00447, LAI = (0,2- $\sqrt{(NMDI-0,66)}$ )/0,1, LAI = (OSAVI-0,42)/0,13, LAI = (0,7794- $\sqrt{(RDI-0,1926)}$ )/0,1732, LAI = (RDVI-9,81)/9,30, LAI = (REDEGE1-0,96)/0,40, LAI = (REDEGE2-0,08)/0,09, LAI = (RENDVI-0,19)/0,08, LAI = (RI-0,17)/-0,09, LAI = (SAVI-0,54)/0,16, LAI = (0,775- $\sqrt{(SIPI-1,0494)}$ )/0,2, LAI = (SLAVI-0,28)/0,77, LAI = (TCARI-OSAVI-185,49)/213,44, LAI = (TCI-220,01)/257,63, LAI = (TDVI-13,22)/13,95, LAI =

(TSAVI-0,36)/0,11, LAI = 83,916,26= (TVI-916,26)/29,872,65, LAI = (VARI-0,24)/0,13, LAI = (WDRVI-0,47)/0,19, LAI = (WDVI-895,94)/895,47, LAI = (WET-220,10)/339,26, **Landsat-8** LAI = (0,875-√(ARVI)) /0,2, LAI = (0,6928-√(BI-0,5901)) /0,1732, LAI = (0,65-√(1,0225-BNDVI)) /0,1, LAI = (0,6011-√(0,1213+CI)) /0,1414, LAI = (0,6011-√(0,4113-DVI)) /0,1414, LAI = (0,7794-√(0,6774-EVI)) /0,1732, LAI = (0,7217-√(0,6308-EVI2)) /0,1732, LAI = (1,1342-√(0,9564-GARI)) /0,2645, LAI = (0,7779-√(0,7651-GBNDVI)) /0,1414, LAI = (2,484-√(6,2902-GCI)) /0,469, LAI = (0,7-√(0,59-GDVI)) /0,1, LAI = (0,4950-√(0,1950-GLI)) /0,1414, LAI = (0,5657-√(0,7-GNDVI)) /0,1414, LAI = (0,495-√(0,495-GOSAVI)) /0,1414, LAI = (0,8371-√(0,6307-GRNDVI)) /0,1732, LAI = (2,484-√(7,2902-GRVI)) /0,469, LAI = (0,5657-√(0,53-GSAVI)) /0,1414, LAI = (0,5367-√(0,291-GVI)) /0,1183, LAI = (0,5657-√(0,42-GVMI)) /0,1414, LAI = (1,4475-√(2,2152-LAIUYDU)) /0,3316, LAI = (4,7835-√(LST-32,8882)) /1,109, LAI = (0,7969-√(0,634-MCARI1)) /0,1788, LAI = (0,8371-√(0,6707-MCARI2)) /0,1732, LAI = (0,7505-√(0,6532-MNDVI)) /0,1732, LAI = (0,7794-√(0,3374-MNLI)) /0,1732, LAI = (0,7217-√(0,5908-MSAVI)) /0,1732, LAI = (0,7505-√(MSI-0,4168)) /0,1732, LAI = (1,5654-√(2,9704-MSR)) /0,3162, LAI = (0,7969-√(0,634-MTVI)) /0,1788, LAI = (0,8371-√(0,6707-MTVI2)) /0,1732, LAI = (0,7505-√(0,6532-NBR)) /0,1732, LAI = (0,7072-√(0,4701-NDMI)) /0,1414, LAI=(0,7505-√(0,7832-NDVI<sub>IUYDU</sub>)) /0,1732, LAI = (1,0616-√(0,5869-NLI)) /0,2449, LAI = (0,7217-√(0,6808-OSAVI)) /0,1732, LAI = (0,65-√(0,5125-PVI)) /0,1, LAI = (0,7505-√(RDI-0,1868)) /0,1732, LAI = (0,7425-√(0,6613-RDVI)) /0,1414, LAI = (0,6011-√(0,1213RI)) /0,1414, LAI = (0,6351-√(0,5233-SAVI)) /0,1732, LAI = (0,725-√(SPI-1,1144)) /0,2, LAI = (SLAVI-0,59)/0,72, LAI = (0,6928-√(0,5799-TDVI)) /0,1732, LAI = (1,7889-√(2,1501+TGI)) /0,4472, LAI = (0,4-√(TSAVI-0,22)) /0,1, LAI = (0,6351-√(0,0833-VARI)) /0,1732, LAI = (0,7505-√(0,7832-WDRVI)) /0,1732, LAI = (0,6718-√(0,4213-WDVI)) /0,1414, LAI = (0,3-√(-WET-0,03)) /0,1, **PlanetScope** LAI = (0,85-√(0,7425-ARVI)) /0,2, LAI = (0,6639-√(BI-0,67)) /0,1732, LAI = (0,4-√(0,83-BNDVI)) /0,1, LAI = (0,4950-√(CI-0,005)) /0,1414, LAI = (645585-√(4575,0926-DVI)) /12,6846, LAI = (1,2665-√(1,73-EVI)) /0,2645, LAI = (1,1637-√(1,9141-EVI2)) /0,2449, LAI = (1,0412-√(0,914-GARI)) /0,2449, LAI = (0,601-√(0,6012-GBNDVI)) /0,1414, LAI = (GCI-1,55)/1,02, LAI = (GDVI-1684,95)/629,01, LAI = (0,55-√(0,2625-GLI)) /0,1, LAI = (0,65-√(0,8425-GNDVI)) /0,1, LAI = (0,65-√(0,8425-GOSAVI)) /0,1, LAI = (0,7505-√(0,5232-GRNDVI))

/0,1732, LAI = (GRVI-2,55)/1,02, LAI = (0,7072- $\sqrt{(1,1301-GSAVI)}$ )/0,1414, LAI = (2,42- $\sqrt{(6,2164-LAIUYDU)}$ )/0,5, LAI = (83,6211- $\sqrt{(6749,8083-MCARI1)}$ )/16,9209, LAI = (0,8083- $\sqrt{(0,8633-MCARI2)}$ )/0,1732, LAI = (0,02285- $\sqrt{(MNDVI-1,49886)}$ )/0,00547, LAI = (0,0231- $\sqrt{(1,4999-MNLI)}$ )/0,0054, LAI = (0,7072- $\sqrt{(0,9301-MSAVI)}$ )/0,1414, LAI = (MSR-1,11)/0,37, LAI = (83,6211- $\sqrt{(6749,8083-MTVI)}$ )/16,9209, LAI = (0,8083- $\sqrt{(0,8633-MTVI2)}$ )/0,1732, LAI = (0,6928- $\sqrt{(0,7099-NDVIUYDU)}$ )/0,1732, LAI = (0,0193- $\sqrt{(0,99996-NLI)}$ )/0,0044, LAI = (0,7803- $\sqrt{(0,8789-OSAVI)}$ )/0,1732, LAI = (1575,35)/572,77, LAI = (6,9624- $\sqrt{(59,7201-RDVI)}$ )/1,4212, LAI = (0,4950- $\sqrt{(RI-0,005)}$ )/0,1414, LAI = (RVI-1,34)/1,63, LAI = (0,9- $\sqrt{(1,16-SAVI)}$ )/0,2, LAI = (0,85- $\sqrt{(SIPI-1,0175)}$ )/0,2, LAI = (8,5257- $\sqrt{(89,55-TDVI)}$ )/1,7406, LAI = (140,1773- $\sqrt{(24462,8854-TGI)}$ )/34,0953, LAI = (0,6928- $\sqrt{(0,7099-TSAVI)}$ )/0,1732, LAI = (0,6364- $\sqrt{(0,095-VARI)}$ )/0,1414, LAI = (0,6928- $\sqrt{(0,7099-WDRVI)}$ )/0,1732, LAI = (68,0480- $\sqrt{(4264,37-WDVI)}$ )/13,548 denklemlerinin kullanılması tavsiye edilmiştir.

BOSI tahmini için yapılan regresyon analizi sonucunda **Sentinel-2** ARVI ( $R^2=0,76^{**}$ ), ARVI2 ( $R^2=0,76^{**}$ ), BI ( $R^2=0,71^{**}$ ), BNDVI ( $R^2=0,69^{**}$ ), CI ( $R^2=0,67^{**}$ ), DVI ( $R^2=0,68^{**}$ ), EVI ( $R^2=0,77^{**}$ ), EVI2 ( $R^2=0,76^{**}$ ), GARI ( $R^2=0,74^{**}$ ), GBNDVI ( $R^2=0,72^{**}$ ), GCI ( $R^2=0,68^{**}$ ), GDVI ( $R^2=0,66^{**}$ ), GNDVI ( $R^2=0,74^{**}$ ), GOSAVI ( $R^2=0,74^{**}$ ), GRNDVI ( $R^2=0,75^{**}$ ), GRVI ( $R^2=0,68^{**}$ ), GSAVI ( $R^2=0,74^{**}$ ), GVI ( $R^2=0,69^{**}$ ), GVMi ( $R^2=0,77^{**}$ ), IRECI ( $R^2=0,62^{**}$ ), LAI<sub>UYDU</sub> ( $R^2=0,88^{**}$ ), MCARI1 ( $R^2=0,69^{**}$ ), MCARI2 ( $R^2=0,75^{**}$ ), MCARI/OSAVI ( $R^2=0,68^{**}$ ), MNDVI ( $R^2=0,77^{**}$ ), MNLI ( $R^2=0,75^{**}$ ), MRENDVI ( $R^2=0,72^{**}$ ), MSAVI ( $R^2=0,76^{**}$ ), MSI ( $R^2=0,77^{**}$ ), MSR ( $R^2=0,67^{**}$ ), MTVI ( $R^2=0,69^{**}$ ), MTVI2 ( $R^2=0,75^{**}$ ), NBR ( $R^2=0,77^{**}$ ), NDMI ( $R^2=0,77^{**}$ ), NDVI<sub>UYDU</sub> ( $R^2=0,76^{**}$ ), NLI ( $R^2=0,75^{**}$ ), OSAVI ( $R^2=0,76^{**}$ ), PVI ( $R^2=0,66^{**}$ ), RDI ( $R^2=0,77^{**}$ ), RDVI ( $R^2=0,73^{**}$ ), REDEGE2 ( $R^2=0,64^{**}$ ), RENDVI ( $R^2=0,75^{**}$ ), RI ( $R^2=0,67^{**}$ ), SAVI ( $R^2=0,76^{**}$ ), SIPI ( $R^2=0,70^{**}$ ), SLAVI ( $R^2=0,70^{**}$ ), TCARI/OSAVI ( $R^2=0,68^{**}$ ), TDVI ( $R^2=0,73^{**}$ ), TSAVI ( $R^2=0,76^{**}$ ), TVI ( $R^2=0,72^{**}$ ), VARI ( $R^2=0,70^{**}$ ), WDRVI ( $R^2=0,74^{**}$ ), WDVI ( $R^2=0,70^{**}$ ), WET ( $R^2=0,75^{**}$ ), **Landsat-8** ARVI ( $R^2=0,82^{**}$ ), BI ( $R^2=0,75^{**}$ ), BNDVI ( $R^2=0,83^{**}$ ), CI ( $R^2=0,72^{**}$ ), DVI ( $R^2=0,67^{**}$ ), EVI ( $R^2=0,73^{**}$ ), EVI2 ( $R^2=0,72^{**}$ ), GARI ( $R^2=0,81^{**}$ ), GBNDVI ( $R^2=0,82^{**}$ ), GCI ( $R^2=0,76^{**}$ ), GDVI

$(R^2=0,65^{**})$ , GLI  $(R^2=0,74^{**})$ , GNDVI  $(R^2=0,81^{**})$ , GOSAVI  $(R^2=0,77^{**})$ ,  
 GRNDVI  $(R^2=0,82^{**})$ , GRVI  $(R^2=0,76^{**})$ , GSAVI  $(R^2=0,73^{**})$ , GVI  $(R^2=0,69^{**})$ ,  
 GVMi  $(R^2=0,84^{**})$ , LAI<sub>UYDU</sub>  $(R^2=0,73^{**})$ , MCARI1  $(R^2=0,69^{**})$ , MCARI2  
 $(R^2=0,76^{**})$ , MNDVI  $(R^2=0,84^{**})$ , MNLI  $(R^2=0,71^{**})$ , MSAVI  $(R^2=0,75^{**})$ , MSI  
 $(R^2=0,85^{**})$ , MSR  $(R^2=0,76^{**})$ , MTVI  $(R^2=0,69^{**})$ , MTVI2  $(R^2=0,76^{**})$ , NBR  
 $(R^2=0,84^{**})$ , NDMI  $(R^2=0,85^{**})$ , NDVI<sub>UYDU</sub>  $(R^2=0,83^{**})$ , NLI  $(R^2=0,80^{**})$ , OSAVI  
 $(R^2=0,79^{**})$ , PVI  $(R^2=0,64^{**})$ , RDI  $(R^2=0,84^{**})$ , RDVI  $(R^2=0,75^{**})$ , RI  
 $(R^2=0,72^{**})$ , RVI  $(R^2=0,70^{**})$ , SAVI  $(R^2=0,75^{**})$ , SIPI  $(R^2=0,79^{**})$ , SLAVI  
 $(R^2=0,76^{**})$ , TDVI  $(R^2=0,71^{**})$ , TSAVI  $(R^2=0,66^{**})$ , VARI  $(R^2=0,72^{**})$ , WDRVI  
 $(R^2=0,83^{**})$ , WDV I  $(R^2=0,70^{**})$ , WET  $(R^2=0,82^{**})$ , **PlanetScope** ARVI  
 $(R^2=0,77^{**})$ , BNDVI  $(R^2=0,74^{**})$ , DVI  $(R^2=0,70^{**})$ , EVI  $(R^2=0,64^{**})$ , EVI2  
 $(R^2=0,77^{**})$ , GARI  $(R^2=0,77^{**})$ , GBNDVI  $(R^2=0,77^{**})$ , GCI  $(R^2=0,72^{**})$ , GDVI  
 $(R^2=0,69^{**})$ , GNDVI  $(R^2=0,77^{**})$ , GOSAVI  $(R^2=0,77^{**})$ , GRNDVI  $(R^2=0,78^{**})$ ,  
 GRVI  $(R^2=0,72^{**})$ , GSAVI  $(R^2=0,77^{**})$ , LAI<sub>UYDU</sub>  $(R^2=0,64^{**})$ , MCARI1  
 $(R^2=0,70^{**})$ , MCARI2  $(R^2=0,74^{**})$ , MNLI  $(R^2=0,75^{**})$ , MSAVI  $(R^2=0,77^{**})$ , MSR  
 $(R^2=0,71^{**})$ , MTVI  $(R^2=0,70^{**})$ , MTVI2  $(R^2=0,74^{**})$ , NDVI<sub>UYDU</sub>  $(R^2=0,77^{**})$ , NLI  
 $(R^2=0,75^{**})$ , OSAVI  $(R^2=0,77^{**})$ , PVI  $(R^2=0,68^{**})$ , RDVI  $(R^2=0,74^{**})$ , RVI  
 $(R^2=0,66^{**})$ , SAVI  $(R^2=0,77^{**})$ , SIPI  $(R^2=0,68^{**})$ , TDVI  $(R^2=0,74^{**})$ , TSAVI  
 $(R^2=0,77^{**})$ , WDRVI  $(R^2=0,77^{**})$ , WDV I  $(R^2=0,71^{**})$  band ve indeksleri önemli  
 bulunmuş ve BOSI tahmini yapabilmek için **Sentinel-2** BOSI = (ARVI+0,26)/0,01,  
 BOSI = (ARVI2+0,31)/0,01, BOSI = (BI-1,10)/-0,01, BOSI = (BNDVI-0,371)/0,006,  
 BOSI = (CI-0,75)/-0,01, BOSI = (DVI+3886,21)/112,43, BOSI = (EVI+1,64)/0,05,  
 BOSI = (EVI2+0,29)/0,03, BOSI = (GARI-0,13)/0,01, BOSI = (GBNDVI+0,22)/0,01,  
 BOSI = (GCI+6,38)/0,16, BOSI = (GDVI+2940,58)/96,70, BOSI = (GNDVI-  
 0,15)/0,01, BOSI = (GOSAVI-0,15)/0,01, BOSI = (GRNDVI+0,55)/0,01, BOSI =  
 (GRVI+5,38)/0,16, BOSI = (GSAVI-0,22)/0,01, BOSI = (GVI+3314,35)/85,00, BOSI  
 = (GVMi+0,39)/0,01, BOSI = (IRECI+30709,90)/610,13, BOSI =  
 (LAI<sub>UYDU</sub>+6,05)/0,19, BOSI = (MCARI1+7071,33)/186,44, BOSI =  
 (MCARI2+0,06)/0,01, BOSI = (MCARI-OSAVI+300,37)/8,61, BOSI =  
 (MNDVI+0,33)/0,01, BOSI = (MNLI+1,49934)/0,00001, BOSI =  
 (MRENDVI+0,08)/0,01, BOSI = (MRESR+2,67)/0,09, BOSI = (MSAVI+0,25)/0,01,  
 BOSI = (MSI-1,34)/-0,01, BOSI = (MSR+2,83)/0,08, BOSI =  
 (MTVI+7071,33)/186,44, BOSI = (MTVI2+0,06)/0,01, BOSI = (NBR+0,33)/0,01,

$BOSI = (NDMI+0,39)/0,01$ ,  $BOSI = (NDVIUYDU-0,12)/0,01$ ,  $BOSI = (NLI+0,99956)/0,00001$ ,  $BOSI = (OSAVI+0,14)/0,01$ ,  $BOSI = (PVI+2527,49)/87,74$ ,  
 $BOSI = (RDI-1,03)/-0,01$ ,  $BOSI = (RDVI+30,66)/1,21$ ,  $BOSI = (REDEGE2+0,41)/0,01$ ,  $BOSI = (RENDVI+0,23)/0,01$ ,  $BOSI = (RI-0,75)/-0,01$ ,  
 $BOSI = (SAVI+0,18)/0,02$ ,  $BOSI = (SIPI-1,52)/-0,01$ ,  $BOSI = (SLAVI+5,29)/0,11$ ,  
 $BOSI = (TCARI-OSAVI+901,11)/25,82$ ,  $BOSI = (TDVI+46,00)/1,81$ ,  $BOSI = (TSAVI+0,12)/0,01$ ,  $BOSI = (TVI+246083,58)/3,740,42$ ,  $BOSI = (VARI+1,12)/0,02$ ,  
 $BOSI - 1,62 = (WDRVI-1,62)/0,03$ ,  $BOSI = (WDVI+5082,99)/124,60$ ,  $BOSI = (WET+2804,16)/38,97$ , **Landsat-8**  $BOSI = (ARVI+0,08)/0,01$ ,  $BOSI = (BI-1,34)/-0,01$ ,  
 $BOSI = (BNDVI-0,546)/0,004$ ,  $BOSI = (CI-0,51)/-0,01$ ,  $BOSI = (DVI+0,20)/0,01$ ,  $BOSI = (EVI+0,30)/0,01$ ,  $BOSI = (EVI2+0,19)/0,01$ ,  $BOSI = (GARI-0,10)/0,01$ ,  
 $BOSI = (GBNDVI+0,02)/0,01$ ,  $BOSI = (GCI+5,76)/0,16$ ,  $BOSI = (GDVI-0,14)/0,01$ ,  $BOSI = (GLI+0,26)/0,01$ ,  $BOSI = (GNDVI-0,26)/0,01$ ,  $BOSI = (GOSAVI-0,10)/0,01$ ,  
 $BOSI = (GRNDVI+0,34)/0,01$ ,  $BOSI = (GRVI+4,76)/0,16$ ,  $BOSI = (GSAVI-0,0002)/0,004$ ,  $BOSI = (GVI+0,19)/0,01$ ,  $BOSI = (GVMI+0,11)/0,01$ ,  
 $BOSI = (LAIUYDU+1,21)/0,05$ ,  $BOSI = (MCARI1+0,39)/0,01$ ,  $BOSI = (MCARI2+0,44)/0,01$ ,  $BOSI = (MNDVI+0,13)/0,01$ ,  $BOSI = (MNLI+0,68)/0,01$ ,  
 $BOSI = (MSAVI+0,28)/0,01$ ,  $BOSI = (MSI-1,15)/-0,01$ ,  $BOSI = (MSR+1,68)/0,06$ ,  $BOSI = (MTVI+0,39)/0,01$ ,  $BOSI = (MTVI2+0,44)/0,01$ ,  $BOSI = (NBR+0,13)/0,01$ ,  
 $BOSI = (NDMI+0,28)/0,01$ ,  $BOSI = (NDVIUYDU-0,07)/0,01$ ,  $BOSI = (NLI+0,99)/0,02$ ,  $BOSI = (OSAVI+0,04)/0,01$ ,  $BOSI = (PVI+0,11)/0,01$ ,  
 $BOSI = (RDI-0,81)/-0,01$ ,  $BOSI = (RDVI+0,12)/0,01$ ,  $BOSI = (RI-0,51)/0,01$ ,  $BOSI = (RVI+14,54)/0,31$ ,  $BOSI = (SAVI+0,12)/0,01$ ,  $BOSI = (SIPI-1,49)/-0,01$ ,  $BOSI = (SLAVI+4,85)/0,11$ ,  
 $BOSI = (TDVI+0,21)/0,01$ ,  $BOSI = (TSAVI+0,485)/0,004$ ,  $BOSI = (VARI+0,67)/0,01$ ,  $BOSI = (WDRVI-0,07)/0,01$ ,  $BOSI = (WDVI+0,30)/0,01$ ,  
 $BOSI = (WET+0,230)/0,003$ , **PlanetScope**  $BOSI = (ARVI+0,07)/0,01$ ,  $BOSI = (BNDVI-0,510)/0,005$ ,  $BOSI = (DVI+3465,19)/104,23$ ,  $BOSI = (EVI+0,54)/0,03$ ,  
 $BOSI = (EVI2+0,16)/0,02$ ,  $BOSI = (GARI-0,01)/0,01$ ,  $BOSI = (GBNDVI+0,03)/0,01$ ,  $BOSI = (GCI+5,08)/0,14$ ,  $BOSI = (GDVI+2814,49)/94,25$ ,  $BOSI = (GLI+0,24)/0,01$ ,  
 $BOSI = (GNDVI-0,27)/0,01$ ,  $BOSI = (GOSAVI-0,27)/0,01$ ,  $BOSI = (GRNDVI+0,32)/0,01$ ,  $BOSI = (GRVI+4,08)/0,14$ ,  $BOSI = (GSAVI-0,40)/0,01$ ,  $BOSI = (LAIUYDU+2,08)/0,11$ ,  
 $BOSI = (MCARI1+6004,97)/165,67$ ,  $BOSI = (MCARI2+0,21)/0,01$ ,  $BOSI = (MNLI-1,49940)/0,00001$ ,  $BOSI = (MSAVI-$

0,38)/0,01,  $BOSI = (MSR+1,24)/0,05$ ,  $BOSI = (MTVI+6004,97)/165,67$ ,  $BOSI = (MTVI2-0,21)/0,01$ ,  $BOSI = (NDVIUYDU-0,07)/0,01$ ,  $BOSI = (NLI-0999598)/0,0000005$ ,  $BOSI = (OSAVI-0,08)/0,01$ ,  $BOSI = (PVI+2404,96)/84,29$ ,  $BOSI = (RDVI+21,20)/1,05$ ,  $BOSI = (RVI+11,05)/0,25$ ,  $BOSI = (SAVI+0,10)/0,01$ ,  $BOSI = (SIPI-1,48)/-0,01$ ,  $BOSI = (TDVI+31,81)/1,57$ ,  $BOSI = (TSAVI+0,07)/0,01$ ,  $BOSI = (WDRVI-0,07)/0,01$ ,  $BOSI = (WDVI+4299,98)/110,99$  denklemlerinin kullanılması tavsiye edilmiştir.

BKS tahmini için yapılan regresyon analizi sonucunda **Sentinel-1 VV** ( $R^2=0,41^{**}$ ), **LEE\_VV** ( $R^2 =0,51^{**}$ ), **GAMMA\_VV** ( $R^2 =0,50^{**}$ ), **MALIK\_VV** ( $R =0,50^{**}$ ) band ve indeksleri önemli bulunmuş ve BKS tahmini yapabilmek için **Sentinel-1 BKS** =  $(VV-0,404) /-0,007$ ,  $BKS = (LEE\_VV+0,43) /-0,24$ ,  $BKS = (GAMMA\_VV+0,70) /-0,23$ ,  $BKS = (MALIK\_VV+0,24) /-0,24$  denklemlerinin kullanılması tavsiye edilmiştir.

Özellikler bazında değerlendirme yapıldığında;

Toprak nem değerlerinde yağışlarla birlikte takviye sulamanın etkisinin en önemli faktör olduğu, yağışsız geçen dönemlerde çiftçi eliyle takviye sulama yapılmasıyla nem değerlerinin değiştiği görülmektedir. Toprak nemi tahmininde Sentinel-1 VV bandının VH bandından daha fazla hassasiyet gösterdiği, VV-VH band oranının iyi bir sonuç verdiği, LEE, GAMMA ve MALIK filtrelerinin faydalı olduğu ancak VV bandı regresyon değerlerini çok fazla değiştirmedeği, buna bağlı olarak, Sentinel-1 VV bandı ve bağlı oran ve filtrelerin kullanılmasının uygun olacağı, Landsat-8 SMI indeksinin toprak nemine oldukça hassasiyet gösterdiği ve toprak nemi tahmininde kullanılmasının uygun olacağı düşünülmektedir. Böylelikle tarla içi takviye sulama yapılmasında bu band/indekslerin karar destek sistemi olarak kullanımının sulama zamanının ve miktarının belirlenmesinde faydalı olacağı ve aşırı/zamansız sulamanın önüne geçerek sulamadan rantabl şekilde faydalanılabileceği, hem enerji, işgücü gibi girdi maliyetlerini azaltmada faydalı olacağı hem de çevre koruma ve sürdürülebilir tarım açısından oldukça önemli olduğu görülmektedir. Düşük ilişkide bulunan diğer uydu indekslerinin toprak nemine yeterince duyarlı olmadığı görülmekte, buna göre

kullanımlarının uygun olmayacağı ancak farklı yöntemlerle daha fazla araştırma yapılmasının uygun olacağı tavsiye edilmektedir.

Uydu görüntüleri kullanılarak toprak neminin tahmin edilmesinde toprak yüzeyini kaplayan bitki örtüsünün toprağı örtme oranı dikkate alınması gerekli bir husustur. Bitki örtüsünün toprak yüzeyini tamamen kapladığı bitki örtüsü ile kaplı alanlarda toprak nemi ile uydu görüntülerinden elde edilen indeksler arasındaki ilişkinin ise toprak nemi ve bitki su içeriğı arasındaki dolaylı bir ilişki ile açıklanabileceğı, toprak nemi arttıkça bitki su içeriğı de arttığından bu dolaylı ilişkinin, bitkinin türü, çeşidi, vejetasyon dönemi ve diğer çevresel faktörlere bağılı olarak değışkenlik göstereceğı değerlendirilmektedir.

Toprak sıcaklığı tahmininde Sentinel-1 VV bandının hassasiyet gösterdiği, VV-VH band oranının iyi bir değeri yakaladığı, LEE, GAMMA ve MALIK filtrelerinin faydalı olduğu ancak VV bandı regresyon değeriğini çok fazla değıştirmedeğı görülmekte buna bağılı olarak, Sentinel-1 VV bandı ve bağılı oran ve filtrelerin kullanılmasının uygun olacağı, toprak sıcaklığının toprak nemi ile aralarındaki ilişkiden dolayı Landsat-8 SMI indeksinin toprak nemine gösterdiği gibi toprak sıcaklığına da hassasiyet gösterdiği ve toprak sıcaklığı tahmininde kullanılmasının uygun olacağı, diğer uydu indekslerinin toprak nemine yeterince duyarlı olmadığı görülmekte, buna göre kullanımlarının uygun olmayacağı ancak farklı yöntemlerle daha fazla araştırma yapılmasının uygun olacağı tavsiye edilmektedir.

Tarla içi ortam nem değeriğinin havanın bağılı nemiyle birlikte, tarla içi sulamanın etkisiyle değıştiğı, bu nemlilik koşullarının Sentinel-1 uydu değeriğini etkilediğı görülmektedir. Ortam nemi tahmininde Sentienel-1 VV bandı, VV-VH band oranının iyi bir değeri yakaladığı, LEE, GAMMA ve MALIK filtrelerinin faydalı olduğu ancak VV bandı regresyon değeriğini çok fazla değıştirmedeğı görülmekte buna bağılı olarak, Sentinel-1 VV bandı ve bağılı oran ve filtrelerin kullanılmasının uygun olacağı, toprak nemi ile aralarındaki ilişkiden dolayı Landsat-8 SMI indeksinin toprak nemine gösterdiği gibi ortam nemine de hassasiyet gösterdiği ve ortam nem tahmininde kullanılmasının uygun olacağı, düşünölmektedir. Tarla içi ortam nem değeriğinin belirlenmesi özellikle bitki hastalık ve zararlılarının gelişimi açısından önemlidir.

Yüksek nem değerleri hastalıkların gelişmesine uygun ortam sağlayacağından tarla içi sıcaklık değerleri ile birlikte takip edilmesi, hastalık ve zararlı gelişim dönemlerine göre erken müdahalede bulunulmasına katkı sağlayacağından ilgili uydu band/dekslerinin karar destek sistemi olarak kullanılması büyük önem taşımaktadır. Düşük ilişkide bulunan diğer uydu indekslerinin toprak nemine yeterince duyarlı olmadığı görülmekte, buna göre kullanımlarının uygun olmayacağı ancak farklı yöntemlerle daha fazla araştırma yapılmasının uygun olacağı tavsiye edilmektedir.

Tarla içi ortam sıcaklığı hava nem ve sıcaklık koşulları ile birlikte yapılan takviye sulamalardan etkilenmektedir. Ortam sıcaklığının bilinmesi yukarıda bahsedildiği gibi hastalık ve zararlı kontrolü açısından önem taşımakta, özellikle büyük arazi parçalarında tüm araziye ait değerlerin elde edilmesi lokal olarak müdahale şansını da getirmektedir. Sentinel-1 VV bandı, VV-VH band oranı, LEE, GAMMA ve MALIK filtrelerinin ortam sıcaklığı tahmininde bir yöntem sunduğu buna bağlı olarak, Sentinel-1 VV bandı ve bağlı oran ve filtrelerin kullanılmasının uygun olacağı, Landsat-8 LST indeksinin ortam sıcaklığına oldukça hassasiyet gösterdiği ve ortam sıcaklığı tahmininde kullanılmasının uygun olacağı düşünülmektedir. Düşük ilişkide bulunan diğer uydu indekslerinin toprak nemine yeterince duyarlı olmadığı görülmekte, buna göre kullanımlarının uygun olmayacağı ancak farklı yöntemlerle daha fazla araştırma yapılmasının uygun olacağı tavsiye edilmektedir.

NDVI değerleri bitki gelişimini göstermesi açısından en çok takip edilen indekslerdendir. Bugün birçok ticari uygulama NDVI kullanarak müşterilerine arazileri hakkında bilgi sağlamak ve tavsiyelerde bulunmaktadır. NDVI başlangıçta pamuk bitkisinde de diğer tarla bitkilerinde olduğu gibi bitki geliştikçe artmakta, yeşil aksam gelişimi maksimuma çıktığında en üst düzey çıkmakta ve bitki hasada doğru yaklaştıkça değerler azalmaktadır. Ancak pamuk bitkisinin diğer tarla bitkilerinden farkı kozaların açılmasıyla ortaya çıkmakta, kozalar açıldıkça bitki renk yansıma değerleri değişmekte bu da NDVI değerlerini etkilemektedir. Bu açıdan da düşünüldüğünde NDVI pamuk bitkisinde ürün gelişimini takipte oldukça önemli bir göstergedir. Çalışma kapsamında literatür bilgileri temel alınarak kullanılan band/deksler en çok hassasiyet gösterdikleri özellik bakımından sınıflandırılmaya çalışılmıştır. Tarla içi NDVI değerleri el sensörleri yardımıyla toplanmış ve



band/indeksler ile karşılaştırılmış ve birçok indeks ile yüksek ilişkisi olduğu görülmüştür. Buna göre LAI hassasiyeti olan indeksler NDVI gözlem değerleri ile beklenildiği gibi yüksek ilişki göstermiştir. Çalışmada kullanılan nem içeriği, hasarlı alan indekslerinin NDVI ile yüksek ilişkide olduğu, böylelikle bitki su içeriği ve ihtiyacı tahmininde bulunulabileceği düşünülmektedir. Düşük ilişkide bulunan diğer uydu indekslerinin kullanım açısından uygun olmayacağı ancak farklı yöntemlerle daha fazla araştırma yapılması gerektiği tavsiye edilmektedir.

LAI bitki gelişimini ölçmek için kullanılan en yaygın araçlardan birisidir. Tarla bitkilerinde LAI ile bitkilerin ürün çıkışları, gelişim durumları takip edilebilmekte, uygunsuz durumlarda gerekli müdahaleleri zamanında yapabilmek için imkân sunmaktadır. Çalışmada LAI değerleri el sensörleri yardımıyla toplanmış ve uydu band/indeksleri ile karşılaştırılmış, LAI ve NDVI arasında olan yüksek ilişkinin de etkisiyle birçok indeks ile yüksek ilişkide bulunduğu görülmüştür.

Yapılan analizler sonucu bitki yeşil aksam gelişmesi ile bitki su içeriği arasındaki yüksek ilişkiden dolayı BOSI ile birçok uydu band/indeksinin yüksek ilişkili olduğu görülmüştür. Özellikle su içeriğine hassas indekslerin kullanımı ile bitki su ihtiyacının belirlenmesi, zamanında ve yeterli miktarda sulama yapılabilmesine imkân sağlamaktadır. Buna göre ilgili indekslerin kullanımı tavsiye edilmiş, düşük ilişkide bulunan diğer uydu indekslerinin kullanım açısından uygun olmayacağı ancak farklı yöntemlerle daha fazla araştırma yapılması gerektiği tavsiye edilmektedir.

Bitki kanopi sıcaklık gözlem değerleri uydu band/indeksleri ile karşılaştırılmıştır. Toprak ve ortam sıcaklık değerlerine hassasiyet gösteren Sentinel-1 VV bandının orta düzey ilişkide olduğu ve LEE, GAMMA ve MALIK filtrelerinin VV bandı değerlerini iyileştirdiği görülmüştür. Buna göre bu band ve filtrelerin kullanılmasının uygun olacağı, düşük ilişkide bulunan diğer uydu indekslerinin kullanım açısından uygun olmayacağı ancak farklı yöntemlerle daha fazla araştırma yapılması gerektiği tavsiye edilmektedir.

Elde edilen istatistiksel açıdan önemli ve orta-yüksek düzeyli ilişkilerin varlığı nedeniyle, büyük üretim alanlarında uydu band/deksleriyle bu parametrelerin yüksek güvenilirlikle tahmin edilmesinde kullanılabileceği değerlendirilmektedir.

Araştırılan uydular bazında bir değerlendirme yapılırsa;

Sentinel-1 uydusu, sahip olduğu C- bandı ile nispeten toprak yüzeyine nüfuz ederek 5-7 cm. derinlikten, çıplak, düşük ve orta yoğunluklu vejetasyonu olan arazilerden bilgi toplayabilmektedir. Ayrıca 5\*20 m uzamsal çözünürlüğe, 7-10 gün yeniden ziyaret süresine ve açık erişime izni olması gibi avantajları SAR uyduları arasında öne çıkmasını sağlamaktadır. Ancak C- bandının yüksek yoğunluklu vejetasyona sahip arazilerde penetrasyon etkisinin azalması bir dezavantaj olarak gözükmemektedir. Çalışmada toprak ve ortam nemi tahmininde iyi bir değer elde etmiş ayrıca sulamaya bağlı etkenlerle toprak ve ortam sıcaklığının değişimlerine de duyarlı olduğu görülmüştür. Bu bilgiler ışığında değerlendirdiğinde, özellikle çıplak ve az yoğun vejetasyona sahip arazilerde Sentinel-1 uydu kullanımı tavsiye edilmekte, daha yüksek vejetasyon yoğunluğuna sahip arazilerde ise destekleyici verilerle kullanılması tavsiye edilmektedir

Sentinel-2 uydusu, çerçeve genişliğinin fazla olması (tek çerçevede daha fazla alanı görüntülemesi- 100 km\*100 km), RGB+NIR bantlarının yanında 3 RED<sub>EDGE</sub> bandına 2 SWIR bandına, 10-20 ve 60 m çözünürlüğe, 5-7 gün yeniden ziyaret süresine ve açık erişime sahip olmasıyla oldukça avantajlı gözükmemektedir. Sentinel-2 görüntüleri kullanılarak birçok indeks hesaplanabilmektedir. Çalışmada NDVI, LAI ve BOSI gözlem değerleri ile oldukça yüksek ilişki göstermiştir. Bununla birlikte uygulamalarda karar almada oldukça etkili olması nedeniyle kullanımı tavsiye edilmektedir.

Landsat-8 çerçeve genişliğinin fazla olması (tek çerçevede daha fazla alanı görüntülemesi- 180 km\*180 km), 15 m çözünürlüğe, 14 gün yeniden ziyaret süresine RGB+SWIR bantları ile nispeten Sentinel-2 uydusundan biraz daha düşük özelliklere sahiptir. Ancak sahip olduğu 100 m çözünürlüklü 2 TIRS bandının olması öne çıkmakta, hava koşullarının uygun olmadığı durumlarda görüntü elde edilmesi için

farklı çekim tarihlerine sahip olmasıyla alternatif olabilmektedir. Sahip olduğu termal bantlar aracılığı ile LST ve SMI indeksleri türetilmekte, termal banda sahip diğer uydular arasında nispeten yüksek çözünürlüğü olması oldukça avantajlı gözükmektedir. Çalışmada NDVI, LAI ve BOSI gözlem değerlerinin yanında LST ve SMI indeksleri toprak/ortam nem ve sıcaklığı değerleri ile yüksek ilişki göstermiş ve bu açıdan kullanımı tavsiye edilmektedir.

PlanetScope uydusu 3 m çözünürlüğe ve günlük yeniden ziyaret süresine sahip olması avantajları, ancak çerçeve genişliğinin az olması, fazla sayıda mini uydudan oluşan (130+) uydu takımı olmasıyla dezavantajlarıdır. Uydu sayısının fazla olması geniş alanların kapsanması gereken durumlarda her ne kadar kalibre edilmiş dahi olsa farklı merceklerden görüntü alındığı için olumsuzluk oluşturabilmektedir. Çalışmada NDVI, LAI ve BOSI gözlem değerleri ile diğer uydulara benzer ilişki elde etmiş ayrıca bazı indekslerde en yüksek korelasyon ve regresyon değerlerine sahip olmuştur. Buna göre günlük görüntü elde edebilme özelliği ile nispeten daha küçük alanlarda alternatif olabilmekte ve kullanımı tavsiye edilmektedir.

Sonuç olarak araştırılan özellikleri tahmin etmede uydu verileri ve türetilen band ve indekslerin güvenilirlikle kullanılabileceği görülmektedir. Buna göre; uydu verilerinin kullanıcılar için karar destek sistemlerinde çok önemli bir veri kaynağı olduğu, uydu verileri kullanılarak tarım arazilerinin günlük/ haftalık olarak ürün gelişim durumları ve fenolojik dönemlerinin takibinin yapılabileceği ve döneme uygun tavsiyelerde bulunulabileceği, tarla içinde gözle görülmesi zor ya da oldukça işgücü, zaman ve enerji isteyen gözlemlerin uydu verileri aracılığı ile bitkilere tamamen hasarsız şekilde elde edilebileceği, tarla içi kültürel işlemlerde optimum uygulama zamanı ve miktarının belirlenmesiyle enerji, işgücü, zaman ve diğer girdi maliyetlerinin azaltılabileceği, uydu verilerinin büyük tarım arazilerinde güvenli şekilde kullanılabileceği, gerekli müdahalenin geç kalmadan doğru zaman ve oranda yapılabileceği, tarla içinde farklı bölgelere değişken oranlı sulama yapılabileceğinden girdi maliyetleri azaltılabileceği, sadece çiftçinin kendi bilgisine dayanmadan objektif şekilde tarlanın/bitkinin durumunu gözlemleyerek daha doğru kararlar alabileceği, arazinin başına gitmeden telefon/tablet ya da bilgisayar ortamında çeşitli uygulamalarla tarlanın uzaktan da takibinin yapılabileceği değerlendirilmektedir.



## 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 and Computer Sciences* (2020) 28: 2316 – 2330.
- 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,
- Afrasiabian, Y., Noory, H., Mokhtari, A., Nikoo, M. R., Pourshakouri, F., and Haghighatmehr, P. (2021). Effects of spatial, temporal, and spectral resolutions on the estimation of wheat and barley leaf area index using multi-and hyper-spectral data (case study: Karaj, Iran). *Precision Agriculture*, 22, 660-688.
- Ahamed, T., Tian, L., Zhang, Y., and Ting, K. C. (2011). A review of remote sensing methods for biomass feedstock production. *Biomass and bioenergy*, 35(7), 2455-2469.
- 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).
- Akdim, N., Alfieri, S.M., Habib, A., Choukri, A., Cheruiyot, E., Labbassi, K. and Menenti, M., (2014). Monitoring of Irrigation Schemes by Remote Sensing: Phenology versus Retrieval of Biophysical Variables. *Remote Sens.* 2014, 6, 5815-5851.
- Aktaş, F.A. and Üstündağ, B.B., (2017). Phenology based ndvi time-series compensation for yield estimation analysis. (2017 6th International Conference on Agro-Geoinformatics Fairfax, VA, USA, 7-10 Aug. 2017.
- 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.
- Alvino, F. C., Aleman, C. C., Filgueiras, R., Althoff, D., and da Cunha, F. F. (2020). Vegetation indices for irrigated corn monitoring. *Engenharia Agrícola*, 40, 322-333.
- Amazirh, A., Merlin, O., Er-Raki, S., Gao, Q., Rivalland, V., Malbeteau, Y., Khabba, S., 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 Sens. Environ.* 211, 321–337.
- Amazirh, A., Merlin, O., and Er-Raki, S. (2019). Including Sentinel-1 radar data to improve the disaggregation of MODIS land surface temperature data. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 150, 11-26.
- Amer, A., Yun, Z. and Sue, N., (2011). Review and evaluation of remote sensing methods for soil-moisture estimation, *SPIE Reviews* 2(1), 028001 (1 January 2011).
- Anonim (2023). <http://bit.ly/3qYVbgK> Erişim: 10.01.2023

- Anonim, (2023a). <https://bit.ly/3PtAaVq> Erişim: 31.01.2023
- Anonim, (2023b). <https://bit.ly/3r2Li1D> Erişim: 10.01.2023
- Anonim (2023c), <https://bit.ly/46r7cvx> Erişim:30.12.2022
- Anonim (2023d), <https://bit.ly/3NkjT2u> Erişim:31.12.2022
- Anonim (2023e). <https://bit.ly/3NN8oCg> Erişim:28.01.2023
- Anonim (2023f). <https://bit.ly/4344ucr> Erişim: 31.12.2022
- Anonim (2023g). <https://bit.ly/44cI6zb> Erişim: 30.12.2022
- Ashraf, M., Ullah, K., and Adnan, S. (2022). Satellite based impact assessment of temperature and rainfall variability on drought indices in Southern Pakistan. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 108, 102726.
- Avdan, U., and Jovanovska, G. (2016). Algorithm for automated mapping of land surface temperature using LANDSAT 8 satellite data. *Journal of sensors*, 2016, 1-8.
- Bannari, A., Asalhi, H., and Teillet, P. M. (2002). Transformed difference vegetation index (TDVI) for vegetation cover mapping. In *IEEE International geoscience and remote sensing symposium* (Vol. 5, pp. 3053-3055). IEEE.
- Baret, F., Guyot, G., and Major, D. J. (1989). TSAVI: a vegetation index which minimizes soil brightness effects on LAI and APAR estimation.
- Baret, F., and Guyot, G. (1991). Potentials and limits of vegetation indices for LAI and APAR assessment. *Remote sensing of environment*, 35(2-3), 161-173.
- Barrs, H. (1968). Determination of water deficits in plant tissues. *Water deficits and plant growth*, Vol. 1, 235-368.
- Baştuğ, R., ve Kanber, R. (1989). Sulama programlarının geliştirilmesinde bitkilerin içsel su durumlarını belirleyen yöntemlerden yararlanma olanakları. *Akdeniz University Journal of the Faculty of Agriculture*, 2(1), 17-30.
- Bauer-Marschallinger, B., Paulik, C., Hochstöger, S., Mistelbauer, T., Modanesi, S., Ciabatta, L., Massari, C., Brocca, L., and Wagner, W. (2018). Toward global soil moisture monitoring with Sentinel-1: Harnessing assets and overcoming obstacles. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 57(1), 520-539.
- Bazzi, H., Baghdadi, N., Ienco, D., El Hajj, M., Zribi, M., Belhouchette, H., ... & Demarez, V. (2019). Mapping irrigated areas using Sentinel-1 time series in Catalonia, Spain. *Remote Sensing*, 11(15), 1836.
- Bazzi, H., Baghdadi, N., Fayad, I., Zribi, M., Belhouchette, H., & Demarez, V. (2020). Near real-time irrigation detection at plot scale using sentinel-1 data. *Remote Sensing*, 12(9), 1456.
- Belenguier-Plomer, M. A., Tanase, M. A., Fernandez-Carrillo, A., & Chuvieco, E. (2019). Burned area detection and mapping using Sentinel-1 backscatter coefficient and thermal anomalies. *Remote Sensing of Environment*, 233, 111345.

- Benninga, H.-J., van der Velde, R., & Su, Z. (2019). Impacts of Radiometric Uncertainty and Weather-Related Surface Conditions on Soil Moisture Retrievals with Sentinel-1. *Remote Sensing*, 11(17), 2025. <https://doi.org/10.3390/rs11172025>
- Binayak P. M., Michael H.C., Venkat L. and Carsten M., (2017). Soil Moisture Remote Sensing: State-of-the-Science. *Vadose Zone Journal* 2017; 16 (1): 1–9.
- Birth, G. S., and McVey, G. R. (1968). Measuring the color of growing turf with a reflectance spectrophotometer 1. *Agronomy Journal*, 60(6), 640-643.
- Blinn, C. E., House, M. N., Wynne, R. H., Thomas, V. A., Fox, T. R., and Sumnall, M. (2019). Landsat 8 based leaf area index estimation in loblolly pine plantations. *Forests*, 10(3), 222.
- Boegh, E., Soegaard, H., Broge, N., Hasager, C. B., Jensen, N. O., Schelde, K., and Thomsen, A. (2002). Airborne multispectral data for quantifying leaf area index, nitrogen concentration, and photosynthetic efficiency in agriculture. *Remote sensing of Environment*, 81(2-3), 179-193.
- Boer, M. M., Macfarlane, C., Norris, J., Sadler, R. J., Wallace, J., and Grierson, P. F. (2008). Mapping burned areas and burn severity patterns in SW Australian eucalypt forest using remotely-sensed changes in leaf area index. *Remote Sensing of Environment*, 112(12), 4358-4369.
- Bolton, D. K., and Friedl, M. A. (2013). Forecasting crop yield using remotely sensed vegetation indices and crop phenology metrics. *Agricultural and forest meteorology*, 173, 74-84.
- Broge, N. H., and Leblanc, E. (2001). Comparing prediction power and stability of broadband and hyperspectral vegetation indices for estimation of green leaf area index and canopy chlorophyll density. *Remote sensing of environment*, 76(2), 156-172.
- Bressan, R. A., Singh, N. K., Handa, A. K., Mount, R., Clithero, J., & Hasegawa, P. M. (1987). Drought resistance in plants, physiological and genetic aspects. *Colnm Europe Comman Luxemburg*, 41.
- Bulut, B., Yilmaz, 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.
- Burke, M. W., and Rundquist, B. C. (2021). Scaling Phenocam GCC, NDVI, and EVI2 with Harmonized Landsat-Sentinel using Gaussian Processes. *Agricultural and Forest Meteorology*, 300, 108316.
- Calera, A., Campos, I., Osann, A., D’Urso, G. and Menenti, M., (2017). Remote Sensing for Crop Water Management: From ET Modelling to Services for the End Users. *Sensors* 2017, 17, 1104.
- Carlson, T. N., and Ripley, D. A. (1997). On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index. *Remote sensing of Environment*, 62(3), 241-252.
- Caturegli, L., Casucci, M., Lulli, F., Grossi, N., Gaetani, M., Magni, S., Bonari, E. and

- Volterrani, M. (2015). GeoEye-1 satellite versus ground-based multispectral data for estimating nitrogen status of turfgrasses. *International Journal of Remote Sensing*, 36(8), 2238-2251.
- Ceccato, P., Gobron, N., Flasse, S., Pinty, B., and Tarantola, S. (2002). Designing a spectral index to estimate vegetation water content from remote sensing data: Part 1: Theoretical approach. *Remote sensing of environment*, 82(2-3), 188-197.
- Chander, G., Markham, B.L., and 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.
- Charbonneau, F., Trudel, M., and Fernandes, R. (2005). Use of Dual Polarization and Multi-Incidence SAR for soil permeability mapping. In *Proceedings of the 2005 Advanced Synthetic Aperture Radar (ASAR) Workshop*, St-Hubert, QC, Canada (pp. 15-17).
- Chen, J. M. (1996). Evaluation of vegetation indices and a modified simple ratio for boreal applications. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 22(3), 229-242.
- Chrysafis, I., Korakis, G., Kyriazopoulos, A. P., and Mallinis, G. (2020). Retrieval of leaf area index using Sentinel-2 imagery in a mixed Mediterranean forest area. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(11), 622.
- Cibula, W. G., Zetka, E. F., and Rickman, D. L. (1992). Response of thematic mapper bands to plant water stress. *International Journal of Remote Sensing*, 13(10), 1869-1880.
- Clawson, K. L., & Blad, B. L. (1982). Infrared thermometry for scheduling irrigation of corn 1. *Agronomy journal*, 74(2), 311-316.
- Clevers, J. G. P. W. (1991). Application of the WDV I in estimating LAI at the generative stage of barley. *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing*, 46(1), 37-47.
- Cloutis, E. A., Connery, D. R., Major, D. J., and Dover, F. J. (1996). Airborne multi-spectral monitoring of agricultural crop status: effect of time of year, crop type and crop condition parameter. *Remote Sensing*, 17(13), 2579-2601.
- Cohen, J., Rautiainen, K., Lemmetyinen, J., Smolander, T., Vehviläinen, J., and Pulliainen, J. (2021). Sentinel-1 based soil freeze/thaw estimation in boreal forest environments. *Remote Sensing of Environment*, 254, 112267.
- Costa-Saura, J. M., Balaguer-Beser, Á., Ruiz, L. A., Pardo-Pascual, J. E., & Soriano-Sancho, J. L. (2021). Empirical Models for Spatio-Temporal Live Fuel Moisture Content Estimation in Mixed Mediterranean Vegetation Areas Using Sentinel-2 Indices and Meteorological Data. *Remote Sensing*, 13(18), 3726. <https://doi.org/10.3390/rs13183726>
- Cresson, R., Grizonnet, M., and Michel, J. (2018). Orfeo ToolBox Applications. *QGIS and generic tools*, 1, 151-242.
- Crippen, R. E. (1990). Calculating the vegetation index faster. *Remote sensing of Environment*, 34(1), 71-73.
- Daghilavi, M., Ghaseminezhad, M., Loveimi, N., and Lotfi Jalal-abadi, A. (2022). Evaluation of the effect of crop rotation on the yield of wheat fields using satellite



- images. *Journal of Agricultural Engineering Soil Science and Agricultural Mechanization*, (Scientific Journal of Agriculture), 45(2).
- Datt, B. (1999). A new reflectance index for remote sensing of chlorophyll content in higher plants: tests using Eucalyptus leaves. *Journal of Plant Physiology*, 154(1), 30-36.
- Daughtry, C. S., Walthall, C. L., Kim, M. S., De Colstoun, E. B., and McMurtrey Iii, J. E. (2000). Estimating corn leaf chlorophyll concentration from leaf and canopy reflectance. *Remote sensing of Environment*, 74(2), 229-239.
- Dash, J., and Curran, P. J. (2004). The MERIS terrestrial chlorophyll index. *International Journal of Remote Sensing*, 25(17), 5403-5413.
- De Peppo, M., Taramelli, A., Boschetti, M., Mantino, A., Volpi, I., Filipponi, F., Tornato, A., Valentini, E., and Ragaglini, G. (2021). Non-Parametric statistical approaches for leaf area index estimation from Sentinel-2 Data: A multi-crop assessment. *Remote Sensing*, 13(14), 2841.
- Dobermann, A., and Ping, J. L. (2004). Geostatistical integration of yield monitor data and remote sensing improves yield maps. *Agronomy journal*, 96(1), 285-297.
- Duan, T., Chapman, S. C., Guo, Y., and Zheng, B. (2017). Dynamic monitoring of NDVI in wheat agronomy and breeding trials using an unmanned aerial vehicle. *Field Crops Research*, 210, 71-80.
- Eitel, J. U. H., Long, D. S., Gessler, P. E., and Smith, A. M. S. (2007). Using in-situ measurements to evaluate the new RapidEye™ satellite series for prediction of wheat nitrogen status. *International Journal of Remote Sensing*, 28(18), 4183-4190.
- 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.
- Erlandsson, R., Arneberg, M. K., Tømmervik, H., Finne, E. A., Nilsen, L., and Bjerke, J. W. (2023). Feasibility of active handheld NDVI sensors for monitoring lichen ground cover. *Fungal Ecology*, 63, 101233.
- Escadafal, R., Girard, M. C., and Courault, D. (1989). Munsell soil color and soil reflectance in the visible spectral bands of Landsat MSS and TM data. *Remote Sensing of Environment*, 27(1), 37-46.
- Escadafal, R. and Huete, A., (1991). Improvement in remote sensing of low vegetation cover in arid regions by correcting vegetation indices for soil "noise"; Etude des propriétés spectrales des sols arides appliquée à l'amélioration des indices de végétation obtenus par télédétection. *Comptes Rendus de l'Academie des Sciences. Serie 2, Mécanique, Physique Chimie, Sciences de l'Univers, Sciences de la Terre*, 312.
- Escuin, S., Navarro, R., and Fernández, P. (2008). Fire severity assessment by using NBR (Normalized Burn Ratio) and NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) derived from LANDSAT TM/ETM images. *International Journal of Remote Sensing*, 29(4), 1053-1073.
- Fan, L. Y., Gao, Y. Z., Brück, H. E. B. C., and Bernhofer, C. (2009). Investigating the

- relationship between NDVI and LAI in semi-arid grassland in Inner Mongolia using in-situ measurements. *Theoretical and applied climatology*, 95, 151-156.
- Fang, B., Lakshmi, V., Bindlish, R. and Jackson, T.J., (2018). Downscaling of SMAP Soil Moisture Using Land Surface Temperature and Vegetation Data. *Vadose Zone Journal*, 17: 1-15 170198.
- Fayad, I., Baghdadi, N., Bazzi, H., and Zribi, M. (2020). Near real-time freeze detection over agricultural plots using Sentinel-1 data. *Remote Sensing*, 12(12), 1976.
- Feng, W., Wu, Y., He, L., Ren, X., Wang, Y., Hou, G., Wang, Y., Liu, W. and Guo, T. (2019). An optimized non-linear vegetation index for estimating leaf area index in winter wheat. *Precision Agriculture*, 20, 1157-1176.
- Filgueiras, R., Mantovani, E. C., Althoff, D., Fernandes Filho, E. I., & Cunha, F. F. da. (2019). Crop NDVI Monitoring Based on Sentinel 1. *Remote Sensing*, 11(12), 1441. <https://doi.org/10.3390/rs11121441>
- Filipponi, F. (2018). BAIS2: Burned area index for Sentinel-2. In *Proceedings* (Vol. 2, No. 7, p. 364). MDPI.
- Fontanet, M., Fernández-García, D. and Ferrer, F., (2018). The value of satellite remote sensing soil moisture data and the DISPATCH algorithm in irrigation fields. *Hydrology and Earth System Sciences*. 22. 5889-5900.
- Frampton, W. J., Dash, J., Watmough, G., and Milton, E. J. (2013). Evaluating the capabilities of Sentinel-2 for quantitative estimation of biophysical variables in vegetation. *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing*, 82, 83-92.
- Friedl, M. A., Schimel, D. S., Michaelsen, J., Davis, F. W., and Walker, H. (1994). Estimating grassland biomass and leaf area index using ground and satellite data. *International Journal of Remote Sensing*, 15(7), 1401-1420.
- Fu, Y., Yang, G., Wang, J., and Feng, H. (2013). A comparative analysis of spectral vegetation indices to estimate crop leaf area index. *Intelligent Automation & Soft Computing*, 19(3), 315-326.
- Gao, B. C. (1996). NDWI—A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote sensing of environment*, 58(3), 257-266.
- Gao, Q., Zribi, M., Escorihuela, M. J., Baghdadi, N., & Segui, P. Q. (2018). Irrigation mapping using Sentinel-1 time series at field scale. *Remote Sensing*, 10(9), 1495.
- Garkusha, I. N., Hnatushenko, V. V., & Vasyliov, V. V. (2017, April). Research of influence of atmosphere and humidity on the data of radar imaging by Sentinel-1. In *2017 IEEE 37th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO)* (pp. 405-408). IEEE.
- Ghafarian Malamiri, H. R. (2015). Reconstruction of gap-free time series satellite observations of land surface temperature to model spectral soil thermal admittance. University of Twente, Technische Universiteit Delft, Master of Science in Geo-information Science and Earth Observation (Geoinformatics), PhD Thesis.
- Gillies, R. R. and Carlson, T. N., (1995). *Thermal Remote Sensing of Surface Soil*

- Water Content with Partial Vegetation Cover for Incorporation into Climate Models, *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 34(4), 745-756.
- Gitelson, A., and Merzlyak, M. N. (1994). Spectral reflectance changes associated with autumn senescence of *Aesculus hippocastanum* L. and *Acer platanoides* L. leaves. Spectral features and relation to chlorophyll estimation. *Journal of plant physiology*, 143(3), 286-292.
- Gitelson, A. A., Kaufman, Y. J., and Merzlyak, M. N. (1996). Use of a green channel in remote sensing of global vegetation from EOS-MODIS. *Remote sensing of Environment*, 58(3), 289-298.
- Gitelson, A. A., and Merzlyak, M. N. (1998). Remote sensing of chlorophyll concentration in higher plant leaves. *Advances in Space Research*, 22(5), 689-692.
- Gitelson, A. A., Merzlyak, M. N., Zur, Y., Stark, R., and Gritz, U. (2001). Non-destructive and remote sensing techniques for estimation of vegetation status.
- Gitelson, A. A., Stark, R., Grits, U., Rundquist, D., Kaufman, Y., and Derry, D. (2002). Vegetation and soil lines in visible spectral space: A concept and technique for remote estimation of vegetation fraction. *International Journal of Remote Sensing*, 23(13), 2537-2562.
- Gitelson, A. A., Gritz, Y., and Merzlyak, M. N. (2003). Relationships between leaf chlorophyll content and spectral reflectance and algorithms for non-destructive chlorophyll assessment in higher plant leaves. *Journal of plant physiology*, 160(3), 271-282.
- Gitelson, A. A. (2004). Wide dynamic range vegetation index for remote quantification of biophysical characteristics of vegetation. *Journal of plant physiology*, 161(2), 165-173.
- Gitelson, A. A., Keydan, G. P., and Merzlyak, M. N. (2006). Three-band model for noninvasive estimation of chlorophyll, carotenoids, and anthocyanin contents in higher plant leaves. *Geophysical research letters*, 33(11).
- Gitelson, A. A., Chivkunova, O. B., and Merzlyak, M. N. (2009). Nondestructive estimation of anthocyanins and chlorophylls in anthocyanic leaves. *American Journal of Botany*, 96(10), 1861-1868.
- Goel, N. S., and Qin, W. (1994). Influences of canopy architecture on relationships between various vegetation indices and LAI and FPAR: A computer simulation. *Remote Sensing Reviews*, 10(4), 309-347.
- Gowda, P., Oommen, T., Misra, D., Schwartz, R., Howell, T., and Wagle, P. (2015). Retrieving leaf area index from remotely sensed data using advanced statistical approaches. *J. Remote Sens. GIS*, 5, 156.
- Guan, L., and Liu, X. (2009). Two Kinds of Modified Spectral Indices for Retrieval of Crop Canopy Chlorophyll Content. *Advances in Earth Science*, 24(5), 548.
- Guha, S., Govil, H., & Diwan, P. (2020). Monitoring LST-NDVI relationship using Premonsoon Landsat datasets. *Advances in Meteorology*, 2020, 1-15.
- Gupta, R. K., Prasad, T. S., and Vijayan, D. (2000). Relationship between LAI and NDVI for IRS LISS and Landsat TM bands. *Advances in Space Research*, 26(7),

1047-1050.

- Haboudane, D., Miller, J. R., Tremblay, N., Zarco-Tejada, P. J., and Dextraze, L. (2002). Integrated narrow-band vegetation indices for prediction of crop chlorophyll content for application to precision agriculture. *Remote sensing of environment*, 81(2-3), 416-426.
- Haboudane, D., Miller, J. R., Pattey, E., Zarco-Tejada, P. J., and Strachan, I. B. (2004). Hyperspectral vegetation indices and novel algorithms for predicting green LAI of crop canopies: Modeling and validation in the context of precision agriculture. *Remote sensing of environment*, 90(3), 337-352.
- Han, D., Liu, S., Du, Y., Xie, X., Fan, L., Lei, L., Li, Z., Yang, H., & Yang, G. (2019). Crop Water Content of Winter Wheat Revealed with Sentinel-1 and Sentinel-2 Imagery. *Sensors*, 19(18), 4013.
- Hancock, D. W., and Dougherty, C. T. (2007). Relationships between blue-and red-based vegetation indices and leaf area and yield of alfalfa. *Crop science*, 47(6), 2547-2556.
- Hanes, J. M., and Schwartz, M. D. (2011). Modeling land surface phenology in a mixed temperate forest using MODIS measurements of leaf area index and land surface temperature. *Theoretical and applied climatology*, 105, 37-50.
- He, X., Xu, T., Bateni, S. M., Ki, S. J., Xiao, J.F., Liu, S.M., Song, L.S. and He, X. (2021). Estimation of turbulent heat fluxes and gross primary productivity by assimilating land surface temperature and leaf area index. *Water Resources Research*, 57(11), e2020WR028224.
- Heiskanen, J. (2006). Estimating aboveground tree biomass and leaf area index in a mountain birch forest using ASTER satellite data. *International Journal of Remote Sensing*, 27(6), 1135-1158.
- Herrero-Huerta, M., Lagüela, S., Alfieri, S.M. and Menenti, M. (2019). Generating high-temporal and spatial resolution TIR image data, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, Volume 78, 2019, 149-162,
- Herrmann, I., Pimstein, A., Karnieli, A., Cohen, Y., Alchanatis, V., and Bonfil, D. J. (2011). LAI assessment of wheat and potato crops by VEN $\mu$ S and Sentinel-2 bands. *Remote Sensing of Environment*, 115(8), 2141-2151.
- Hirschi, M., Mueller, B., Dorigo, W. and Seneviratne, S.I., (2014). Using remotely sensed soil moisture for land-atmosphere coupling diagnostics: The role of surface vs. root-zone soil moisture variability, *Remote Sensing of Environment*, Volume 154, 2014, 246-252,
- Hirschmugl, M., Deutscher, J., Sobe, C., Bouvet, A., Mermoz, S. and Schardt, M., (2020). Use of SAR and Optical Time Series for Tropical Forest Disturbance Mapping. *Remote Sens.* 2020, 12, 727.
- 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.
- Huang, L., Song, F., Huang, W., Zhao, J., Ye, H., Yang, X., and Liang, D. (2018). New Triangle Vegetation Indices for Estimating Leaf Area Index on Maize. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 46, 1907-1914.

- Huck, M. G., & Klepper, B. (1977). Water relations of cotton. II. Continuous estimates of plant water potential from stem diameter measurements 1. *Agronomy Journal*, 69(4), 593-597.
- Huete, A. R. (1988). A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote sensing of environment*, 25(3), 295-309.
- Huete, A., Justice, C., and Liu, H. (1994). Development of vegetation and soil indices for MODIS-EOS. *Remote Sensing of environment*, 49(3), 224-234.
- Huete, A. R., Liu, H. Q., Batchily, K. V., and Van Leeuwen, W. J. D. A. (1997). A comparison of vegetation indices over a global set of TM images for EOS-MODIS. *Remote sensing of environment*, 59(3), 440-451.
- Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E. P., Gao, X., and 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
- Hunt Jr, E. R., and Rock, B. N. (1989). Detection of changes in leaf water content using near-and middle-infrared reflectances. *Remote sensing of environment*, 30(1), 43-54.
- Hunt Jr, E. R., Daughtry, C. S. T., Eitel, J. U., and Long, D. S. (2011). Remote sensing leaf chlorophyll content using a visible band index. *Agronomy journal*, 103(4), 1090-1099.
- Jackson, T. J., Chen, D., Cosh, M., Li, F., Anderson, M., Walthall, C., ... & Hunt, E. R. (2004). Vegetation water content mapping using Landsat data derived normalized difference water index for corn and soybeans. *Remote Sensing of Environment*, 92(4), 475-482.
- Jahangir, M. H., and Arast, M. (2020). Remote sensing products for predicting actual evapotranspiration and water stress footprints under different land cover. *Journal of Cleaner Production*, 266, 121818.
- Jargalsaikhan, D., Darhijav, B., and Rentsen, T. (2021). Estimation of crop suitability using NDVI in The Kherlen Basin Dornod province Mongolia. *Int. J. Sci. Environ. Technol*, 10, 19-21.
- Jiang, Z., Huete, A. R., Didan, K., and Miura, T. (2008). Development of a two-band enhanced vegetation index without a blue band. *Remote sensing of Environment*, 112(10), 3833-3845.
- Jurgens, C. (1997). The modified normalized difference vegetation index (mNDVI) a new index to determine frost damages in agriculture based on Landsat TM data. *International Journal of Remote Sensing*, 18(17), 3583-3594.
- Kang, Y., Özdoğan, M., Zipper, S., Román, M., Walker, J., Hong, S., Marshall, M., Magliulo, V., Moreno, J., Alonso, L., Miyata, A., Kimball, B., and Loheide, S. (2016). How universal is the relationship between remotely sensed vegetation indices and crop leaf area index? A global assessment. *Remote sensing*, 8(7), 597.
- Kaplan, G., Fine, L., Lukyanov, V., Manivasagam, V. S., Malachy, N., Tanny, J., and Rozenstein, O. (2021). Estimating processing tomato water consumption, leaf area index, and height using Sentinel-2 and VENμS imagery. *Remote Sensing*, 13(6), 1046.

- Kaplan, G., Fine, L., Lukyanov, V., Malachy, N., Tanny, J., and Rozenstein, O. (2023). Using Sentinel-1 and Sentinel-2 imagery for estimating cotton crop coefficient, height, and Leaf Area Index. *Agricultural Water Management*, 276, 108056.
- Karnieli, A., Kaufman, Y. J., Remer, L., and Wald, A. (2001). AFRI—Aerosol free vegetation index. *Remote Sensing of Environment*, 77(1), 10-21.
- Kaufman, Y. J., and Tanre, D. (1992). Atmospherically resistant vegetation index (ARVI) for EOS-MODIS. *IEEE transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 30(2), 261-270.
- Kauth, R. J., and Thomas, G. S. (1976). The tasselled cap--a graphic description of the spectral-temporal development of agricultural crops as seen by Landsat. In *LARS symposia* (p. 159).
- Key, C. H., Benson, N., Ohlen, D., Howard, S., McKinley, R., and Zhu, Z. (2002). The normalized burn ratio and relationships to burn severity: ecology, remote sensing and implementation. In *Proceedings of the Ninth Forest Service Remote Sensing Applications Conference*, San Diego, CA, USA (pp. 8-12).
- 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.
- Khanmohammadi, F., Homaee, M., and Noroozi, A. A. (2015). Soil moisture estimating with NDVI and land surface temperature and normalized moisture index using MODIS images. *Journal of Water and Soil Resources Conservation*, 4(2), 37-45.
- Kim, S.-J., Bae, S.-J. and Jang, M.-W., (2020). Spatiotemporal Assessment of Agricultural Drought Using a Cell-Based Daily Soil Water Analysis Model. *Water* 2020, 12, 3118.
- Kim, Y., and van Zyl, J. (2001). Comparison of forest parameter estimation techniques using SAR data. In *IGARSS 2001. Scanning the Present and Resolving the Future. Proceedings. IEEE 2001 International Geoscience and Remote Sensing Symposium* (Cat. No. 01CH37217) (Vol. 3, pp. 1395-1397). IEEE.
- Kinane, S. M., Montes, C. R., Albaugh, T. J., and Mishra, D. R. (2021). A model to estimate leaf area index in loblolly pine plantations using Landsat 5 and 7 images. *Remote Sensing*, 13(6), 1140.
- Klepper, B., Taylor, H. M., Huck, M. G., & Fiscus, E. L. (1973). Water Relations and Growth of Cotton in Drying Soil 1. *Agronomy Journal*, 65(2), 307-310.
- Koçak, M., (2002). Elektriksel yöntemlerle algılanan toprak neminin sulama otomasyonunda kullanılması Ankara Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı Doktora Tezi.
- Kokhan, S., and Vostokov, A. (2020). Application of nanosatellites PlanetScope data to monitor crop growth. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 171, p. 02014). EDP Sciences.
- Kriegler FJ, Malila WA, Nalepka RF, Richardson W (1969) Preprocessing transformations and their effect on multispectral recognition, *Remote Sensing Environmental* VI:97–132

- Le Page, M., Jarlan, L., El Hajj, M. M., Zribi, M., Baghdadi, N., & Boone, A. (2020). Potential for the detection of irrigation events on maize plots using sentinel-1 soil moisture products. *Remote Sensing*, 12(10), 1621.
- Lakshmi, V., (2012). Remote Sensing of Soil Moisture. *International Scholarly Research Notices*, vol. 2013, 33 pages, 2013.
- Lemoine, G., and Leo, O. (2015). Crop mapping applications at scale: Using Google Earth Engine to enable global crop area and status monitoring using free and open data sources. In 2015 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS) Milan, Italy, 26-31 July 2015.
- Liu, G. R., Liang, C. K., and Kuo, T. H. (2003). Comparison of the NDVI, ARVI and AFRI vegetation index, along with their relations with the AOD using SPOT 4 vegetation data. In *Proceedings of the KSRS Conference* (pp. 582-584). The Korean Society of Remote Sensing.
- Louhaichi, M., Borman, M. M., and Johnson, D. E. (2001). Spatially located platform and aerial photography for documentation of grazing impacts on wheat. *Geocarto International*, 16(1), 65-70.
- Lu, J., Jia, L., Menenti, M., Yan, Y., Zheng C. and Zhou, J., (2018). Performance of the Standardized Precipitation Index Based on the TMPA and CMORPH Precipitation Products for Drought Monitoring in China, *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, vol. 11, no. 5, pp. 1387-1396, May 2018,
- Lymburner, L., Beggs, P. J., and Jacobson, C. R. (2000). Estimation of canopy-average surface-specific leaf area using Landsat TM data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 66(2), 183-192.
- Maes, W. H., & Steppe, K. (2012). Estimating evapotranspiration and drought stress with ground-based thermal remote sensing in agriculture: a review. *Journal of experimental botany*, 63(13), 4671-4712.
- Main, R., Cho, M. A., Mathieu, R., O'Kennedy, M. M., Ramoelo, A., and Koch, S. (2011). An investigation into robust spectral indices for leaf chlorophyll estimation. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 66(6), 751-761.
- Mansourpour, M., Rajabi, M. A., and 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.
- Mateus, P., Miranda, P. M. A., Nico, G., & Catalao, J. (2021). Continuous multitrack assimilation of Sentinel-1 precipitable water vapor maps for numerical weather prediction: How far can we go with current InSAR data?. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 126(3), e2020JD034171.
- Mattia, F.; Balenzano, A.; Satalino, G.; Lovergine, F.; Loew, A.; Peng, J.; Wegmuller, U.; Santoro, M.; Cartus, O.; Dabrowska-Zielinska, K. (2017) Sentinel-1 high resolution soil moisture. In *Proceedings of the IEEE International Geoscience and*

- Remote Sensing Symposium (IGARSS), Fort Worth, TX, USA, 23–28 July 2017; pp. 5533–5536.
- McMillan, A. M., and Goulden, M. L. (2008). Age-dependent variation in the biophysical properties of boreal forests. *Global Biogeochemical Cycles*, 22(2).
- 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*, Volume 12, Number 15, 4916-4927
- Miura, T., Yoshioka, H., Fujiwara, K., and Yamamoto, H. (2008). Inter-comparison of ASTER and MODIS surface reflectance and vegetation index products for synergistic applications to natural resource monitoring. *Sensors*, 8(4), 2480-2499.
- Modanesi, S., Massari, C., Bechtold, M., Lievens, H., Tarpanelli, A., Brocca, L., ... & De Lannoy, G. J. (2022). Challenges and benefits of quantifying irrigation through the assimilation of Sentinel-1 backscatter observations into Noah-MP. *Hydrology and Earth System Sciences*, 26(18), 4685-4706.
- Mohamadi-Monavar, H. (2018). Comparison of Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) of Potato from Greenseeker and Landsat Satellite. *Journal of Agricultural Machinery*, 8(2), 321-331.
- Molijn, R. A., Iannini, L., Hanssen R. F. and Vieira Rocha, J., (2016). Sugarcane growth monitoring through spatial cluster and temporal trend analysis of radar and optical remote sensing images. 2016 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), Beijing, China, 2016, pp. 7141-7144.
- Molijn, R.A., Iannini, L., López Dekker, P., Magalhães, P.S.G. and Hanssen, R.F., (2018). Vegetation Characterization through the Use of Precipitation-Affected SAR Signals. *Remote Sens.* 2018, 10, 1647.
- Mondal, P. (2011). Quantifying surface gradients with a 2-band Enhanced Vegetation Index (EVI2). *Ecological Indicators*, 11(3), 918-924.
- Mostaza-Colado, D., Ablanque, P. V. M., and Capuano, A. (2019). Assessing the yield of a multi-varieties crop of *Camelina sativa* (L.) Crantz through NDVI remote sensing. In 2019 Sixth International Conference on Internet of Things: Systems, Management and Security (IOTSMS) (pp. 596-602). IEEE.
- 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.
- 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.
- Neinavaz, E., Darvishzadeh, R., Skidmore, A. K., and Abdullah, H. (2019). Integration of Landsat-8 thermal and visible-short wave infrared data for improving prediction accuracy of forest leaf area index. *Remote sensing*, 11(4), 390.
- Neinavaz, E., Schlerf, M., Darvishzadeh, R., Gerhards, M., & Skidmore, A. K. (2021). Thermal infrared remote sensing of vegetation: Current status and perspectives. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 102, 102415.



- Ochtyra, A., Marcinkowska-Ochtyra, A., and Raczek, E. (2020). Threshold-and trend-based vegetation change monitoring algorithm based on the inter-annual multi-temporal normalized difference moisture index series: A case study of the Tatra Mountains. *Remote Sensing of Environment*, 249, 112026.
- 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.
- Pablos, M., Martínez-Fernández, J., Sánchez, N. and González-Zamora, Á., (2020). Temporal and Spatial Comparison of Agricultural Drought Indices from Moderate Resolution Satellite Soil Moisture Data over Northwest Spain. *Remote Sens.* 2017, 9, 1168.
- Pan, H., Chen, Z., Ren, J., Li, H., & Wu, S. (2018). Modeling winter wheat leaf area index and canopy water content with three different approaches using Sentinel-2 multispectral instrument data. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 12(2), 482-492.
- Parinaz, R.-B., Aaron, A.B., Catherine, C. and Kenji, O., (2013). Estimation of soil moisture using optical/thermal infrared remote sensing in the Canadian Prairies, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Volume 83, 2013, 94-103,
- Parwati, P., Zubaidah, A., Vetrita, Y., Yulianto, F., Sukowati, K. A. D., and Khomarudin, M. R. (2012). Kapasitas indeks lahan terbakar normalized burn ratio (NBR) dan normalized difference vegetation index (NDVI) dalam mengidentifikasi bekas lahan terbakar berdasarkan data SPOT-4. *Jurnal Ilmiah Geomatika*, 18(1), 29-41.
- Pellegrini, P., Cossani, C. M., Bella, C. M. D., Piñeiro, G., Sadras, V. O., and Oosterheld, M. (2020). Simple regression models to estimate light interception in wheat crops with Sentinel-2 and a handheld sensor. *Crop Science*, 60(3), 1607-1616.
- Penuelas, J., Baret, F., and Filella, I. (1995). Semi-empirical indices to assess carotenoids/chlorophyll a ratio from leaf spectral reflectance. *Photosynthetica*, 31(2), 221-230.
- Periasamy, S. (2018). Significance of dual polarimetric synthetic aperture radar in biomass retrieval: An attempt on Sentinel-1. *Remote Sensing of Environment*, 217, 537-549.
- Pfeifer, M., Gonsamo, A., Disney, M., Pellikka, P., and Marchant, R. (2012). Leaf area index for biomes of the Eastern Arc Mountains: Landsat and SPOT observations along precipitation and altitude gradients. *Remote Sensing of Environment*, 118, 103-115.
- Pinder III, J. E., and McLeod, K. W. (1999). Peer-Reviewed Articles-Indications of Relative Drought Stress in Longleaf Pine from Thematic Mapper Data-Spatial

- variation in the ratios of reflectances for bands 5 and 4 from before, during, and. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 65(4), 497-501.
- Piragnolo, M., Pirotti, F., Zanrosso, C., Lingua, E., and Grigolato, S. (2021). Responding to large-scale forest damage in an alpine environment with remote sensing, machine learning, and web-GIS. *Remote Sensing*, 13(8), 1541.
- Plant, R. E., Munk, D. S., Roberts, B. R., Vargas, R. L., Rains, D. W., Travis, R. L., & Hutmacher, R. B. (2000). Relationships between remotely sensed reflectance data and cotton growth and yield. *Transactions of the ASAE*, 43(3), 535-546.
- Poenaru, V., Badea, A., and Savin, E. (2012). Assessment of the ocnele mari salt mine exploitation impacts on the vegetation coverage using multispectral remote sensing data. *AgroLife Sci. Journal*, 1, 169-178.
- Prada, M., Cabo, C., Hernández-Clemente, R., Hornero, A., Majada, J., and Martínez-Alonso, C. (2020). Assessing canopy responses to thinnings for sweet chestnut coppice with time-series vegetation indices derived from landsat-8 and sentinel-2 imagery. *Remote Sensing*, 12(18), 3068.
- Prananda, A. R. A., Kamal, M., and Kusuma, D. W. (2020). The effect of using different vegetation indices for mangrove leaf area index modelling. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 500, No. 1, p. 012006). IOP Publishing.
- Qi, J., Chehbouni, A., Huete, A. R., Kerr, Y. H., and Sorooshian, S. (1994). A modified soil adjusted vegetation index. *Remote sensing of environment*, 48(2), 119-126.
- Qiao, K., Zhu, W., Xie, Z., and Li, P. (2019). Estimating the seasonal dynamics of the leaf area index using piecewise LAI-VI relationships based on phenophases. *Remote Sensing*, 11(6), 689.
- Quang, A. V., Delbart, N., Jaffrain, G., Pinet, C., and Moiret, A. (2022). Detection of degraded forests in Guinea, West Africa, based on Sentinel-2 time series by inclusion of moisture-related spectral indices and neighbourhood effect. *Remote Sensing of Environment*, 281, 113230.
- Que, V. K. S., Prasetyo, S. Y. J., and Fibriani, C. (2019). Analisis Perbedaan Indeks Vegetasi Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) dan Normalized Burn Ratio (NBR) Kabupaten Pelalawan Menggunakan Citra Satelit Landsat 8. *Indonesian Journal of Computing and Modeling*, 2(1), 1-7.
- 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.
- Rahman, S., and Mesev, V. (2019). Change vector analysis, tasseled cap, and NDVI-NDMI for measuring land use/cover changes caused by a sudden short-term severe drought: 2011 Texas event. *Remote sensing*, 11(19), 2217.
- Raper, T. B. (2014). In-season drought monitoring: Testing instrumentation and developing methods of measurement analysis. University of Arkansas.
- Rasul, A., Ibrahim, S. A., Onojeghuo, A. R., and Balzter, H. (2020). A trend analysis of leaf area index and land surface temperature and their relationship from global to local scale. *Land*, 9(10), 388.

- Raynolds, M. K., and Walker, D. A. (2016). Increased wetness confounds Landsat-derived NDVI trends in the central Alaska North Slope region, 1985–2011. *Environmental Research Letters*, 11(8), 085004.
- Reginato, R. J., & Howe, J. (1985). Irrigation scheduling using crop indicators. *Journal of irrigation and drainage engineering*, 111(2), 125-133.
- Ren, H., Zhou, G., and Zhang, F. (2018). Using negative soil adjustment factor in soil-adjusted vegetation index (SAVI) for aboveground living biomass estimation in arid grasslands. *Remote Sensing of Environment*, 209, 439-445.
- Rocha, A. V., and Shaver, G. R. (2009). Advantages of a two band EVI calculated from solar and photosynthetically active radiation fluxes. *Agricultural and Forest Meteorology*, 149(9), 1560-1563.
- Rodionova, N. V. (2017). Sentinel-1 Data Correlation with Ground Measurements of Soil Temperature. *Sovremennye Problemy Distsionnogo Zondirovaniya Zemli Iz Kosmosa* 14 (5): 135–148
- Rodriguez, M. (2021). A Comprehensive Study of Forest Health and Structure Following the West Fork Fire Complex in Southwest Colorado through Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and Normalized Burn Ratio (NBR). (Master's Thesis). The University of Arizona. Arizona.
- Rondeaux, G., Steven, M., and Baret, F. (1996). Optimization of soil-adjusted vegetation indices. *Remote sensing of environment*, 55(2), 95-107.
- Rosso, P., Nendel, C., Gilardi, N., Udriou, C., and Chlebowski, F. (2022). Processing of remote sensing information to retrieve leaf area index in barley: a comparison of methods. *Precision Agriculture*, 23(4), 1449-1472.
- Rouse Jr, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., and Deering, D. W. (1973). Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation (No. NASA-CR-132982).
- Roujean, J. L., and Breon, F. M. (1995). Estimating PAR absorbed by vegetation from bidirectional reflectance measurements. *Remote sensing of Environment*, 51(3), 375-384.
- 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.
- Sajadi, S. (2011). A relationship between NDVI and tasseled cap techniques. *Geospatial World Newsl.*, 460
- Samarawickrama, U., Piyaatne, D., & Ranagalage, M. (2017). Relationship between NDVI with Tasseled cap indices: A remote sensing based analysis. *International Journal of Innovative Research in Technology*, 3(12), 13-19.
- 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.
- Serrano, M.H.L.R., (2010). Satellite remote sensing of soil moisture. University of

- Reading, Department of Meteorology, Degree of Master of Science.
- Siegefried, J.A., (2016). Remote sensing to quantify in-field soil moisture variability in irrigated maize production. Colorado State University, Department of Soil and Crop Sciences, Degree of Master of Science.
- Singh, M., Singh, B., Sharma, A., Mukherjee, J., Thind, S. K., and Kaur, R. (2012). Spectral models for estimation of chlorophyll content, nitrogen, moisture stress and growth of wheat crop. In 11th International Conference on Precision Agriculture (ICPA) to be held at the Hyatt Regency Indianapolis, Indiana, USA to be held from July (pp. 15-18).
- Solgi, S., Ahmadi, S. H., and Seidel, S. J. (2023). Remote sensing of canopy water status of the irrigated winter wheat fields and the paired anomaly analyses on the spectral vegetation indices and grain yields. *Agricultural Water Management*, 280, 108226.
- Srinet, R., Nandy, S., and Patel, N. R. (2019). Estimating leaf area index and light extinction coefficient using Random Forest regression algorithm in a tropical moist deciduous forest, India. *Ecological Informatics*, 52, 94-102.
- Sripada, R. P. (2005). Determining in-season nitrogen requirements for corn using aerial color-infrared photography. North Carolina State University.
- Sripada, R. P., Heiniger, R. W., White, J. G., and Meijer, A. D. (2006). Aerial color infrared photography for determining early in-season nitrogen requirements in corn. *Agronomy Journal*, 98(4), 968-977.
- Stiller, W. N., Reid, P. E., & Constable, G. A. (2004). Maturity and leaf shape as traits influencing cotton cultivar adaptation to dryland conditions. *Agronomy Journal*, 96(3), 656-664.
- Strashok, O., Ziemiańska, M., and Strashok, V. (2022). Evaluation and Correlation of Sentinel-2 NDVI and NDMI in Kyiv (2017–2021). *Journal of Ecological Engineering*, 23(9), 212-218.
- Sunar, F., Özkan, Ç. ve Osmanoğlu, B. (2016). Uzaktan Algılama. Eskişehir, Anadolu Üniversitesi
- Syed, M Z.Y. and Javed, I., (2015). Estimation of soil moisture using multispectral and FTIR techniques, *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, Volume 18, Issue 2, 2015, 151-161,
- 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.
- Tahir, M. N., Naqvi, S. Z. A., Lan, Y. B., Zhang, Y. L., Wang, Y. K., Afzal, M., and Cheema, M. J. and Amir, S. (2018). Real time monitoring chlorophyll content based on vegetation indices derived from multispectral UAVs in the kinnow orchard. *Int J Precis Agric Aviat*, 1(1), 24-31.
- Tan, J., Yu, D., Li, Q., Tan, X., and Zhou, W. (2020). Spatial relationship between land-use/land-cover change and land surface temperature in the Dongting Lake area, China. *Scientific reports*, 10(1), 1-9.
- Tangu, N. A. (2014). Effects on plant morphology of drought in olive. *Türk Tarım ve*

Doğa Bilimleri Dergisi, 1(Özel Sayı-1), 900-904.

Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü (2017). Türkiye’de sulanan bitkilerin bitki su tüketimleri

Taylor, H. M., & Klepper, B. (1974). Water relations of cotton. I. Root growth and water use as related to top growth and soil water content 1. *Agronomy journal*, 66(4), 584-588.

Thorp, K., Thompson, A., Harders, S., French, A. and Ward, R., (2018). High-Throughput Phenotyping of Crop Water Use Efficiency via Multispectral Drone Imagery and a Daily Soil Water Balance Model, *Remote Sensing*, vol. 10, no. 11, p. 1682, 2018.

Van Hoek, M., Jia, L., Zhou, J., Zheng, C. and Menenti, M., (2016). Early Drought Detection by Spectral Analysis of Satellite Time Series of Precipitation and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). *Remote Sens.* 2016, 8, 422.

Vina, A., Gitelson, A.A., Rundquist, D.C., Keydan, G.P., Leavitt, B. and Schepers, J., (2004). Monitoring maize (*Zea mays* L.) phenology with remote sensing. *Agronomy Journal* 1139-1147 VOL. 96, JULY–AUGUST 2004.

Vina, A., Gitelson, A. A., Nguy-Robertson, A. L., and Peng, Y. (2011). Comparison of different vegetation indices for the remote assessment of green leaf area index of crops. *Remote sensing of environment*, 115(12), 3468-3478.

Wang, F. M., Huang, J. F., Tang, Y. L., and Wang, X. Z. (2007). New vegetation index and its application in estimating leaf area index of rice. *Rice Science*, 14(3), 195-203.

Wang, L., and Qu, J. J. (2007). NMDI: A normalized multi-band drought index for monitoring soil and vegetation moisture with satellite remote sensing. *Geophysical Research Letters*, 34(20).

Wang, W., Vinocur, B., & Altman, A. (2003). Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. *Planta*, 218, 1-14.

Wei, C., J. Chen, J. M. Chen, J.C. Yu, Ch. P. Cheng, Y.J. Lai, P.N. Chiang, C.Y. Hong, M.J. Tsai, and Y.N. Wang, (2020). Evaluating relationships of standing stock, LAI and NDVI at a subtropical reforestation site in southern Taiwan using field and satellite data. *Journal of Forest Research*, 25(4), 250-259.

Wu, C., Niu, Z., Tang, Q., and Huang, W. (2008). Estimating chlorophyll content from hyperspectral vegetation indices: Modeling and validation. *Agricultural and forest meteorology*, 148(8-9), 1230-1241.

Xiao, Y., Zhao, W., Zhou, D., and Gong, H. (2013). Sensitivity analysis of vegetation reflectance to biochemical and biophysical variables at leaf, canopy, and regional scales. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 52(7), 4014-4024.

Xie, Q., Huang, W., Liang, D., Chen, P., Wu, C., Yang, G., Zhang, J., Huang, L and Zhang, D. (2014). Leaf area index estimation using vegetation indices derived from airborne hyperspectral images in winter wheat. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 7(8), 3586-3594.

Yang, C., Everitt, J. H., Bradford, J. M., and Murden, D. (2004). Airborne

- hyperspectral imagery and yield monitor data for mapping cotton yield variability. *Precision Agriculture*, 5(5), 445-461.
- Yang, Z., Willis, P., and Mueller, R. (2008). Impact of band-ratio enhanced AWIFS image to crop classification accuracy. In *Proc. Pecora* (Vol. 17, No. 1, pp. 1-11).
- Yetbarek, E. and Ojha, R., (2020). Spatio-temporal variability of soil moisture in a cropped agricultural plot within The Ganga Basin, India. *Agricultural Water Management* Volume 234, 1 May 2020.
- Yu, Y., Yang, X., Zhang, W., Duan, B., Cao, X., & Leng, H. (2017). Assimilation of Sentinel-1 Derived Sea Surface Winds for Typhoon Forecasting. *Remote Sensing*, 9(8), 845. <https://doi.org/10.3390/rs9080845>
- Yue, W., Xu, J., Tan, W., and Xu, L. (2007). The relationship between land surface temperature and NDVI with remote sensing: application to Shanghai Landsat 7 ETM+ data. *International journal of remote sensing*, 28(15), 3205-3226.
- Zarco-Tejada, P. J., & Sepulcre-Cantó, G. (2007). Remote sensing of vegetation biophysical parameters for detecting stress condition and land cover changes. *Estudios de la Zona no Saturada del Suelo Vol. VIII*, 37-44.
- Zeng, Y., Feng, Z., and 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, C., Pattey, E., Liu, J., Cai, H., Shang, J., & Dong, T. (2017). Retrieving leaf and canopy water content of winter wheat using vegetation water indices. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 11(1), 112-126.
- Zhang, D., and Zhou, G., (2016). Estimation of Soil Moisture from Optical and Thermal Remote Sensing: A Review. *Sensors* (Basel, Switzerland), 16(8), 1308.
- Zhao, D., Reddy, K. R., Kakani, V. G., Read, J. J., and Koti, S. (2007). Canopy reflectance in cotton for growth assessment and lint yield prediction. *European Journal of Agronomy*, 26(3), 335-344.
- Zhao, H., Pei, Z., Ma, S., Wang, L., and Ma, Z. (2012). Retrieving leaf area index of winter wheat using HJ-1-A/B CCD2 data. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 28(10), 172-176.
- Zhen, Z., Chen, S., Yin, T., Chavanon, E., Lauret, N., Guilleux, J., Henke, M., Qin, W., Cao, L., Li, J., Lu, P., and Gastellu-Etchegorry, J.-P. (2021). Using the Negative Soil Adjustment Factor of Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI) to Resist Saturation Effects and Estimate Leaf Area Index (LAI) in Dense Vegetation Areas. *Sensors*, 21(6), 2115.
- Zheng, C., Jia, L., Hu, G., Menenti, M., Lu, J., Zhou, J., Wang K. and Li, Z., (2017). Assessment of Water Use in Pan-Eurasian and African Continents by ETMonitor with Multi-Source Satellite Data. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* Beijing, China. Feb 2017.
- Zhen-wang, L., Xiao-ping, X., Huan, T., Fan, Y. A. N. G., Bao-rui, C., and Bao-hui, Z. (2017). Estimating grassland LAI using the Random Forests approach and Landsat imagery in the meadow steppe of Hulunber, China. *Journal of Integrative*

Agriculture, 16(02), 286-297.

Zhou, J., Jia, L., Hu G. and Menenti, M., (2012). Evaluation of Harmonic Analysis of Time Series (HANTS): impact of gaps on time series reconstruction. 2012 Second International Workshop on Earth Observation and Remote Sensing Applications, Shanghai, China, 2012, pp. 31-35.







## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

|                                                |                                                                                                                             |
|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Soyad, Ad                                      | Kılıçaslan, Serkan                                                                                                          |
| Web sayfası<br>(Research Gate, Academia, vs.,) | <a href="https://www.researchgate.net/profile/Serkan-Kilicaslan">https://www.researchgate.net/profile/Serkan-Kilicaslan</a> |

### Eğitim Bilgileri

| Derece        | Kurum                                                                                                                 | Mezuniyet Yılı |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| Yüksek Lisans | Eskişehir Teknik Üniversitesi Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilim Dalı (Tezsiz) (YL) (Uzaktan Öğretim) | 2020           |
| Yüksek Lisans | Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri ABD                                                               | 2019           |
| Lisans        | Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü                                                            | 2017           |
| Lisans        | Anadolu Üniversitesi İktisat Fakültesi Kamu Yönetimi Bölümü                                                           | 2004           |
| Önlisans      | Anadolu Üniversitesi Açık öğretim Fakültesi Tarım Ön lisans Bölümü                                                    | 2009           |
| Lise          | İstanbul Halkalı Ziraat Meslek Lisesi                                                                                 | 1995           |

### İş Deneyimi

| Dönem (Yıl) | Şirket, Kurum                      | Görev               |
|-------------|------------------------------------|---------------------|
| 1996-2001   | Mardin Tarım İl Müdürlüğü          | Teknisyen           |
| 2001-2002   | Derik İlçe Tarım Müdürlüğü         | Teknisyen           |
| 2002-2021   | Mardin Tarım ve Orman İl Müdürlüğü | Teknisyen/Mühendis  |
| 2021-2023   | Mardin Tarım ve Orman İl Müdürlüğü | İl Müdür Yardımcısı |
| 2023-Halen  | Mardin Tarım ve Orman İl Müdürlüğü | Mühendis            |

### Yabancı Dil

İngilizce

### Yayınlar

1. KILIÇASLAN, S., EKİNCİ, R., 2016. *Geniş Ölçekli Arazilerde Uydu Fotoğrafları ile Ürün Deseni Belirlenmesi: Diyarbakır Örneği*, Uluslararası Diyarbakır Sempozyumu, 02-05 Kasım 2016, Diyarbakır, Türkiye.
2. KILIÇASLAN, S., EKİNCİ, R., BAŞBAĞ, S., 2019. *Pamuk Yetiştiriciliğinde Azot Yönetim Sisteminde Bazı Fizyomorfolojik Özelliklerden Kullanım Olanaklarının Araştırılması*. 1. Uluslararası Uygulamalı Bilimler Kongresi MALATYA, 20-22 Aralık 2019, Malatya, Türkiye, pp:311-317, <https://2dc40e33-085f-40e0-8172>.

3. KILIÇASLAN, S., EKİNCİ, R., BAŞBAĞ, S., 2020. *Pamuk Üretiminde Bazı Spektral İndekslerin Azot Yönetim Sisteminde Kullanımının İncelenmesi*. 3. Uluslararası Mardin Artuklu Bilimsel Araştırmalar Kongresi, 18-19 Ocak 2020, Mardin, Türkiye.
4. KILIÇASLAN, S., EKİNCİ, R., BAŞBAĞ, S., 2020. *RapidEye ve PlanetScope Uydu Batları İle Pamuk Bitkisi Yaprak Azot İçeriğinin Belirlenmesi*. Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi 25 (2):21 Ağustos 2020) e-ISSN: 2667-7733 <https://dergipark.org.tr/tr/pub/mkutbd/issue/56426/654258>.
5. KILIÇASLAN, S., EKİNCİ, R., ARSLANOĞLU, M.C., 2023. *Pamuk Bitkisi Üretim Alanı Ortam Nem ve Sıcaklık Değerlerinin, SAR ve Optik Uydu Görüntüleri ile Tahmin Edebilirliğinin Araştırılması*. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Cilt:13 ve Sayı:3 ISSN 2146-0574, e-ISSN 2536-4618 <https://doi.org/10.21597/jist.1265099>.

---

### **Özel İlgiler**

---

**DİCLE ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**TEZ BENZERLİK BİLDİRİMİ FORMU**

|                                                    |                                                                                                                             |
|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Öğrencinin Adı, Soyadı                             | Serkan Kılıçaslan                                                                                                           |
| Öğrenci No                                         | 19811501                                                                                                                    |
| Ana Bilim Dalı                                     | Tarla Bitkileri ABD                                                                                                         |
| Program Türü                                       | Proje <input type="checkbox"/> Yüksek Lisans <input type="checkbox"/> Doktora <input checked="" type="checkbox"/>           |
| Tez Danışmanı<br>(Ünvanı, Adı, Soyadı)             | Doç. Dr. Remzi Ekinci                                                                                                       |
| (Varsa) II. Tez Danışmanı<br>(Ünvanı, Adı, Soyadı) | Dr. Mehmet Cengiz Arslanoğlu                                                                                                |
| Tez Başlığı                                        | Pamukta ( <i>G. hirsutum</i> L.) Bitki-Su İlişkisinin Saptamasında Uydu Görüntülerinin Kullanma Olanaklarının Araştırılması |
| <b>RAPOR BİLGİLERİ</b>                             |                                                                                                                             |
| Raporlama Aşaması                                  | Tez Savunma Sınavı Sonrası                                                                                                  |
| Sayfa Sayısı                                       | 231                                                                                                                         |
| Raporlama Tarihi                                   | 07/08/2023                                                                                                                  |
| Benzerlik Oranı (%)                                | 12                                                                                                                          |

Yukarıda bilgileri verilen tez çalışmamın toplam 231 sayfalık kısmına ilişkin, 07/08/2023 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından **Turnitin** isimli intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan intihal raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 12 olarak tespit edilmiştir,

Uygulanan filtrelemeler:

- ☐Başlangıç Bölümleri (Kabul ve Onay sayfası, Teşekkür sayfası, Özet/Abstract) hariç  
☒Kaynaklar hariç  
☐Alıntılar hariç/dâhil  
☐Diğer (Açıklayınız)

Tezimin benzerlik oranı, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İntihal Raporu Uygulama Esaslarında belirtilen üst sınır benzerlik oranını aşmamaktadır, Benzerlik oranım üst sınır benzerlik oranının altında olsa dahi aksinin tespit edilmesi durumunda her türlü yasal sorumluluğu kabul ettiğimi ve hukuki sonuçlarına razı olduğumu bildirir, gereğini arz ederim,

**Öğrencinin** Adı, Soyadı: Serkan Kılıçaslan

Tarih:07/08/2023

İmza:

**Danışman** Adı, Soyadı: Doç. Dr. Remzi Ekinci

İmza:

Tarih:07/08/2023

**Ana Bilim Dalı Başkanı** Adı, Soyadı: Prof. Dr. Cuma Akıncı

İmza:

Tarih:07/08/2023