

**MULTİSPEKTRAL KAMERA KULLANILARAK PAMUK
BİTKİSİNİN GELİŞİM SÜRECİNDEKİ DEĞİŞİMLERİNİN
İZLENMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİNİN ARAŞTIRILMASI**

FERDİ KOÇ

HAZİRAN 2025

DİYARBAKIR

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MULTİSPEKTRAL KAMERA KULLANILARAK PAMUK
BİTKİSİNİN GELİŞİM SÜRECİNDEKİ DEĞİŞİMLERİNİN
İZLENMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİNİN ARAŞTIRILMASI**

FERDİ KOÇ

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

HAZİRAN 2025

DİYARBAKIR

**MULTİSPEKTRAL KAMERA KULLANILARAK PAMUK BİTKİSİNİN
GELİŞİM SÜRECİNDEKİ DEĞİŞİMLERİNİN İZLENMESİ VE
DEĞERLENDİRİLMESİNİN ARAŞTIRILMASI**

Ferdi KOÇ 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 Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

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

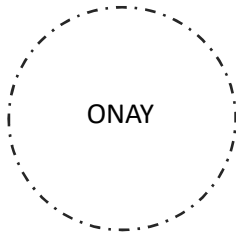
Doç. Dr. Remzi EKİNCİ
Danışman, **Tarla Bitkileri Bölümü,**
Dicle Üniversitesi

Sınav Jürisi:

Prof. Dr. Mefhar Gültekin TEMİZ (*)
Tarla Bitkileri Bölümü, Dicle Üniversitesi

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

Doç. Dr. Mustafa YAŞAR
Bitkisel Üretim ve Teknolojileri Bölümü,
Muş Alparslan Üniversitesi



Savunma Tarihi: 11 / 06 / 2025

(*) Jüri Başkanı.

(**) Tez Danışmanı.

Eşime ve kızlarıma ...

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: Ferdi KOÇ

İmza:

TEŞEKKÜR

Öncelikle danışmanım Doç. Dr. Remzi EKİNCİ'ye çalışmanın daha fikir aşamasından, örnekleme, deney setlerini oluşturma, analizlerin yorumlanması ve tez taslağındaki düzeltmeler konularına kadar gösterdikleri destek ve sabırdan dolayı teşekkür ederim. Jüri üyelerime de bu tezin daha nitelikli bir hale gelmesi için yaptıkları eleştiri ve önerileri için teşekkür ederim.

Çalışma kapsamında deneme alanlarında deneme kurmam için sunduğı imkanlardan dolayı GAPUTAEM (GAP Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü)' ne ve kurumda Ziraat Mühendisi olarak görev yapan Tuncay GÜNEŞ'e teşekkür ve minnetlerimi sunarım. Dr. Serkan KILIÇASLAN 'a bilgi paylaşımı ve kendi Doktora tezinden gerekli verilerin kullanılması amacıyla verdiği izin için teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca Dr. Yusuf Güzel DEMİRAY'a çalışma sahası hakkındaki bilgilerini paylaştığı ve saha çalışmasındaki yardımları için şükranlarımı sunarım.

Yazar, Dicle Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne (DÜBAP), bu tez çalışması için sağladıkları finansal destek için (Proje No: ZİRAAT-25.005) için teşekkürü bir borç bilir.

En önemlisi, beni araştırma hevesiyle coşturdukları ve kendime bazı zamanlar inanmasam da bana inandıkları için eşime , neşe kaynağı çocuklarıma ve aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
TABLolar LİSTESİ.....	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	xi
ÖZET.....	xv
ABSTRACT.....	xvii
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	4
3. MALZEME VE YÖNTEM	9
3.1 Meteorolojik Veriler.....	9
3.2 Toprak Analizi.....	10
3.3 Gözlem Alanlarına Ait Bilgiler	11
3.4 Yer Gözlemleri	11
3.5 Spektral Veriler	12
3.6 Uydular.....	17
3.7 Veri İşleme ve İstatistiksel Analiz Süreci.....	17
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	19
4.1 100 Tohum Ağırlığı (g)	20
4.2 Bitki Boyu (cm).....	23
4.3 Çırcır Randımanı (%)	27
4.4 Kütlü Pamuk Verimi (kg/da).....	29
4.5 İplik Olabilirlik İndeksi (SCI)	32
4.6 Lif İnceliği (mic.)	36
4.7 Lif Olgunluğu (%).....	39

4.8	Lif Uzunluğu (mm)	42
4.9	Kısa Lif İndeksi (%)	46
4.10	Lif Mukavemeti (g/tex)	50
4.11	Lif Parlaklığı (Rd)	53
4.12	Lif Sarılığı (+b)	56
5.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	60
5.1	Sonuçlar	60
5.2	Öneriler	61
	KAYNAKLAR	62
	ÖZGEÇMİŞ	68

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1 Çalışma bölgesi.....	9
Şekil 3.2 2024 Yılı Nisan-Eylül Ayları Deneme Alanı Sıcaklık ve Yağış Değişimi...10	
Şekil 3.3 Geosat-2 Uydu Görüntüsü	13
Şekil 3.4 Jilin-1 KF-01 Uydu Görüntüsü	13
Şekil 3.5 Superview-1/NEO-3 Uydu Görüntüsü.....	14
Şekil 4.1 100 Tohum Ağırlığı ile incelenen Band / İndisler arasında yapılan ikili ilişkiler (korelasyon) analizi sonucu	22
Şekil 4.2 Bitki Boyu Ağırlığı ile incelenen Band / İndisler arasında yapılan ikili ilişkiler (korelasyon) analizi sonucu	25
Şekil 4.3 Çırçır Randımanı ile incelenen Band / İndisler arasında yapılan ikili ilişkiler (korelasyon) analiz sonucu.....	28
Şekil 4.4 Kütlü Pamuk Verimi ile incelenen Band / indisler arsında yapılan ikili ilişkiler (korelasyon) sonucu.....	31
Şekil 4.5 İplik Olabilirlik İndeksi ile incelenen Band/İndisler arasında yapılan ikili ilişkiler (korelasyon) analiz sonucu	35
Şekil 4.6 Lif İnceliği ile incelenen Band / İndisler arasında yapılan ikili ilişkiler (korelasyon) analiz sonucu.....	38
Şekil 4.7 Lif olgunluğu ile incelenen Band / İndisler arasında yapılan ikili ilişkiler (korelasyon) analiz sonucu.....	41
Şekil 4.8 Lif Uzunluğu ile incelenen Band / İndisler arasında yapılan ikili ilişkiler (korelasyon) analiz sonucu.....	45
Şekil 4.9 Kısa Lif İndeksi ile incelenen Band / İndisler arasında yapılan ikili ilişkiler (korelasyon) analiz sonucu.....	49
Şekil 4.10 Lif Mukavemeti ile incelenen Band /İndisler arasında yapılan ikili ilişkiler (korelasyon) analiz sonucu.....	52
Şekil 4.11 Lif parlaklığı ile incelenen Band / İndisler arasında yapılan ikili ilişkiler (korelasyon) analizi sonucu.....	55
Şekil 4.12 Lif Sarılığı ile incelenen Band / İndisler arasında yapılan ikili ilişkiler (korelasyon) analiz sonucu.....	58

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 3.1 Diyarbakır ili 2024 yılı Nisan-Eylül ayları iklim verileri.....	9
Tablo 3.2 Deneme Alanı Toprak Analiz Sonuçları.....	11
Tablo 3.3 Kullanılan Uydulara Ait Bant Verileri	14
Tablo 3.4 Çalışmada Kullanılan İndisler ve Hesaplama Yöntemi.....	15
Tablo 4.1 Bitki Boyu (cm), 100 Tohum Ağırlığı (g), Çırcır Randımanı (%), Pamuk Kütlü Verimi (kg/da) Gözlem Değerlerine İlişkin Tanımlayıcı İstatistiki Sonuçlar..	19
Tablo 4.2 İplik Olabilirlik İndeksi (SCI), Lif İnceliği (mic), Lif Olgunluğu (Mat)(%), Lif Uzunluğu (Len) (mm) Gözlem Değerlerine İlişkin Tanımlayıcı İstatistiki Sonuçlar.....	19
Tablo 4.3 Kısa Lif Oranı (SFI)(%), Lif Mukavemeti (STR)(gr/tex), Lif Parlaklığı (Rd) ve Lif Sarılığı (+b) Gözlem Değerlerine İlişkin Tanımlayıcı İstatistiki Sonuçlar	19
Tablo 4.4 100 Tohum Ağırlığı (gr) gözlem değerleri ile incelenen Band / İndisler arası ikili ilişkiler (korelasyon) analiz sonuçları.....	20
Tablo 4.5 Bitki Boyu (cm) gözlem değerleri ile incelenen Band / İndisler arası ikili ilişkiler (korelasyon) analiz sonuçları	23
Tablo 4.6 Çırcır Randımanı (%) gözlem değerleri ile incelenen Band / İndisler arası ikili ilişkiler (korelasyon) analiz sonuçları.....	27
Tablo 4.7 Kütlü Pamuk Verimi (kg/da) gözlem değerleri ile incelenen Band / İndisler arası ikili ilişkiler (korelasyon) analiz sonuçları	29
Tablo 4.8 İplik Olabilirlik İndeksi (SCI) gözlem değerleri ile incelenen Band / İndisler arası ikili ilişkiler (korelasyon) analiz sonuçları	32
Tablo 4.9 Lif İnceliği (mic.) gözlem değerleri ile incelenen Band / İndisler arası ikili ilişkiler (korelasyon) analiz sonuçları	36
Tablo 4.10 Lif Olgunluğu (%) gözlem değerleri ile incelenen Band / İndisler arası ikili ilişkiler (korelasyon) analiz sonuçları	39
Tablo 4.11 Lif Uzunluğu (mm) gözlem değerleri ile incelenen Band / İndisler arası ikili ilişkiler (korelasyon) analiz sonuçları.....	42
Tablo 4.12 Kısa Lif İndeksi (%) gözlem değerleri ile incelenen Band / İndisler arası ikili ilişkiler (korelasyon) analiz sonuçları.....	46
Tablo 4.13 Lif Mukavemeti (g/tex) gözlem değerleri ile incelenen Band / İndisler arası ikili ilişkiler (korelasyon) analiz sonuçları.....	50

Tablo 4.14 Lif Parlaklığı (Rd) gözlem değerleri ile incelenen Band / İndisler arası ikili ilişkiler (korelasyon) analiz sonuçları	53
Tablo 4.15 Lif Sarılığı (+b) gözlem değerleri ile incelenen Band / İndisler arası ikili ilişkiler (korelasyon) analiz sonuçları	56



SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

Simge	Açıklama
+b	Lif Sarılığı
BB	Bitki Boyu
Çr	Çırçır Randımanı
Len	Lif Uzunluğu (Fiber Length)
Mat	Lif Olgunluğu (Maturity)
Mic	Lif İnceliği (Micronaire)
Rd	Lif Parlaklığı (Degree of Reflectance)
SCI	İplik Olabilirlik İndeksi (Spinning Consistency Index)
SFI	Kısa Lif Oranı (Short Fiber Index)
Str	Lif Mukavemeti (Fiber Strength)
kg	Kilogram
da	Dekar
g	Gram
r	Korelasyon Katsayısı
R ²	Regresyon Katsayısı

Kısaltma	Açıklama
ARVI	Atmosfere Dirençli Bitki Örtüsü İndeksi
ARVI2	Atmosfere Dirençli Bitki Örtüsü İndeksi 2
ASTER ile MODIS	ASTER ve MODIS uyduları kullanılarak elde edilen veriler; termal ve spektral analizde kullanılır
AWEInsh	Non-shadow-tuned Automated Water Extraction Index – Gölge olmayan alanlar için su indeksi

AWEIsh	Shadow-tuned Automated Water Extraction Index – Gölge alanlar için su çıkarma indeksi
BI	Parlaklık İndeksi
BLUE	Mavi Band
BNDVI	Normalleştirilmiş Fark NIR/Mavi Vejetasyon İndeksi
BÖO	Bitki Örtüsü Oranı – Arazi üzerindeki bitki yoğunluğunu ifade eder
CI	Renk İndeksi
DVI	Fark Bitki Örtüsü İndeksi
EPSG	European Petroleum Survey Group – Koordinat referans sistemlerini tanımlamak için kullanılan kod sistemidir
EVI	Zenginleştirilmiş Bitki Örtüsü İndeksi
EVI 2	Zenginleştirilmiş Bitki Örtüsü İndeksi 2
GARI	Atmosfere Dayanıklı Yeşil Bitki Örtüsü İndeksi
GBNDVI	Yeşil-Mavi NDVI
GCI	Yeşil Klorofil İndeksi
GDVI	Yeşil Fark Bitki Örtüsü İndeksi
GLI	Yeşil Yaprak İndeksi
GNDVI	Yeşil Normalize Fark Bitki Örtüsü İndeksi
GOSAVI	Yeşil Optimize Toprak Düzeltilmiş Bitki Örtüsü İndeksi
GREEN	Yeşil Band
GRNDVI	Yeşil-Kırmızı NDVI
GRVI	Yeşil Oran Bitki Örtüsü İndeksi
GSAVI	Yeşil Toprak Düzeltilmiş Bitki Örtüsü İndeksi
IPVI	Kızılötesi Yüzde Bitki Örtüsü İndeksi
KO	Kontrollü Ortam – Tarımsal deneylerde değişkenlerin sabit tutulduğu ortam

LAI	Yaprak Alan İndeksi
Landsat 7 TM	Landsat 7 uydusunun Thematic Mapper sensörü – çok bantlı görüntü sağlayan uydu
LST	Land Surface Temperature – Yüzey sıcaklığı
MCARI	Yansıtma İndeksinde Değiştirilmiş Klorofil Absorpsiyonu 1
MNDWI	Modified Normalized Difference Water Index – Su varlığını tespit etmek için geliştirilmiş indeks
MNLI	Modifiye Doğrusal Olmayan İndeks
MSR	Modifiye Basit Oran
MTVI	Değiştirilmiş Üçgen Bitki Örtüsü İndeksi
NDMI	Normalized Difference Moisture Index – Nem içeriği analizinde kullanılır
NDRE	Normalized Difference Red Edge – Bitki sağlığı ve klorofil durumu için kullanılan indeks
NDVI	Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi
NDWI	Normalleştirilmiş Fark Su İndeksi
NDWI1, NDWI2	Normalized Difference Water Index türleri – Su gövdelerini tanımlamada kullanılır
NIR	Yakın Kızılötesi
NLI	Doğrusal Olmayan İndeks
NWI	Normalized Water Index – Su içeriği ve nem değerlendirmesi için kullanılan bir indeks
OSAVI	Optimize Toprak Ayarlı Bitki Örtüsü İndeksi
pH	Toprak veya suyun asitlik/bazlık derecesi
QGIS	Quantum GIS – Coğrafi veri analiz ve görselleştirme için açık kaynaklı CBS yazılımı
RDVI	Re normalize Fark Bitki Örtüsü İndeksi
RED	Kırmızı Band

RGB	Kırmızı, Yeşil, Mavi bantlar – Görünür ışık görüntülemesi
RI	Kırmızılık İndeksi
RMSE	Root Mean Square Error – Hata kareleri ortalamasının karekökü, doğruluk ölçütü
RVI	Oran Bitki Örtüsü İndeksi
SAVI	Toprak Ayarlı Bitki Örtüsü İndeksi
SHP ve GPKG	Shapefile ve GeoPackage – Coğrafi veri depolamak için kullanılan dosya formatlarıdır
SIPI	Yoğun Yapı Pigment İndeksi
TDVI	Dönüştürülmüş Fark Bitki Örtüsü İndeksi
TSAVI	Dönüştürülmüş Toprak Ayarlı Bitki Örtüsü İndeksi
UAV	Unmanned Aerial Vehicle – İnsansız hava aracı, tarımsal gözlem ve haritalamada kullanılır
VARI	Görünür Atmosferik Dayanıklılık İndeksi
WDRVI	Geniş Dinamik Aralıklı Bitki Örtüsü İndeksi
WDVI	Ağırlıklandırılmış Fark Bitki Örtüsü İndeksi
WGS 84 / UTM	World Geodetic System 1984 / Universal Transverse Mercator – Global koordinat referans sistemleri

ÖZET

MULTİSPEKTRAL KAMERA KULLANILARAK PAMUK BİTKİSİNİN GELİŞİM SÜRECİNDEKİ DEĞİŞİMLERİNİN İZLENMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİNİN ARAŞTIRILMASI

KOÇ, Ferdi

Yüksek Lisans, Tarla Bitkileri Bölümü

Danışman: Doç. Dr. Remzi EKİNCİ

Haziran 2025, 87 sayfa

Bu çalışma, pamuk bitkisi üretim alanlarında, sensör ve ölçüm cihazlarıyla incelenecek yer gözlem değerleri ile spektral band / indisler arasındaki ilişkileri ve bu spektral bantların bu gözlem değerlerini tahmin etmede kullanılabilirliğini belirlemek, gözlem değerlerini tahmin etmede bant ve indisler açısından tavsiyede bulunmak, uzaktan algılama sistemlerinin getirdiği avantajlar ve tarım arazilerinde kullanılabilme olanaklarını araştırmak amacı ile yapılmıştır. Bu çalışma, GAP Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü deneme arazisinde 2024 yılında yürütülmüştür. 19 adet pamuk genotipi bitkisel materyal olarak kullanılmıştır. Deneme, tesadüf blokları deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Çalışmada, Bitki Boyu (cm), 100 Tohum Ağırlığı (gr), Çırcır Randımanı (%), Pamuk Kütlü Verimi (kg/da), Lif Uzunluğu (mm), Lif İnceliği (mic.), Lif Mukavemeti (gr/tex), Lif Olgunluğu (%), İplik Olabilirlik İndeksi, Kısa Lif Oranı (%), Lif Sarılığı (+b), Lif Parlaklığı (Rd) lif teknolojik özellikleri, yer gözlemleri olarak alınmıştır. Çalışma kapsamında, 20 Haziran GEOSAT-2, 19 Temmuz Jilin-1-KF-01, 09 Eylül tarihinde SuperView-1 uydularından elde edilen bandlar ile bu bandlardan elde edilen 38 adet indis incelenmiştir. İncelenen yer gözlemleri ile incelenen band / indisler arasında korelasyon analizi yapılmıştır. Çalışmada; 100 tohum ağırlığı, bitki boyu, kütlü pamuk verimi, iplik olabilirlik indeksi, lif inceliği, lif olgunluğu, lif uzunluğu, kısa lif, lif parlaklığı özellikleri ile bazı spektral band / indeksler arasında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde ilişkiler tespit edilmiş ancak çırcır randımanı, lif mukavemeti ve lif sarılığı özellikleriyle istatistiksel olarak anlamlı ilişkiler tespit edilememiştir. Lif kalite özellikler ile incelenen spektral band / indeksler arasında genellikle düşük düzeyde korelasyonlar saptanmış olup, bu özelliklerin multispektral bantlardan doğrudan tahmin edilmesinin sınırlı olduğu sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte, lif uzunluğu (Len) özelliğinde bir adet zayıf ilişki gözlenmiştir. Multispektral görüntülerden elde edilen indeksler, pamuk bitkisinin morfolojik gelişim süreci hakkında değerli bilgiler sunabilmektedir. Haziran, Temmuz ve Eylül aylarına ait zamansal analizler, dönemsel spektral değişimlerin izlenebilirliğini ortaya koymuş, uzaktan algılama tekniklerinin pamukta fenolojik izleme açısından kullanılabilirliğini desteklemiştir. Çalışmada kullanılan band / indislerin, verim ve lif kalite özelliklerinin tahminine yönelik çalışmalarda yardımcı parametre olarak değerlendirilebilir. Lif kalite özelliklerinin mevcut bandlarla zayıf ilişki göstermesi, bu parametrelerin izlenebilmesi için daha fazla band içeren sensörlerin veya yüksek çözünürlükte farklı görüntüleme teknikleri kullanılabilir. Farklı tarihlerde elde edilen görüntülerle yapılan analizler, dönemsel gelişim izleme açısından önemlidir. Bu tür verilerin zaman serisi

yaklaşımıyla değerlendirilmesi önerilmektedir. Erken dönemden çok daha geç dönem (Ağustos - Eylül) uydu görüntüleri ile çalışma yapılmasının daha faydalı olacağından daha geç dönem çalışmaların yapılması tavsiye edilmektedir. Çalışmanın farklı bölgelerde ve çeşitlerle tekrarlanması, sonuçların genellenebilirliğini artıracaktır.

Anahtar Kelimeler: Pamuk, Korelasyon, Uydu Görüntüleri, GEOSAT-2, Jilin-1-KF-01, SuperView-1



ABSTRACT

RESEARCH ON MONITORING AND EVALUATION OF CHANGES DURING THE DEVELOPMENT PROCESS OF COTTON PLANT USING MULTISPECTRAL CAMERA

KOÇ, Ferdi

Master of Science in Department of Field Crops

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Remzi EKİNCİ

June 2025, 87 pages

This study was carried out in cotton plant production areas in order to determine the relationships between ground observation values and spectral bands / indices, to make recommendations in terms of bands and indices in estimating observation values, to investigate the advantages of remote sensing systems and the possibilities of their use in agricultural lands. This study was carried out in the trial land of GAP International Agricultural Research and Training Center Directorate in 2024. 19 cotton genotypes were used as plant material. The trial was carried out according to the randomized block design with 4 replications. Plant height (cm), 100 seed weight (gr), ginning percentage (%), seed cotton yield, fiber length (mm), fiber fineness (mic.), fiber strength (gr/tex), fiber maturity (%), spinning consistency index (SCI), short fiber index (%), fiber yellowness (+b), fiber brightness (Rd) fiber technological properties were taken as ground observations. Within the scope of the study, bands obtained from GEOSAT-2 on 20 June, Jilin-1 KF-01 on 19 July, and SuperView-1 satellites on 9 September and 38 indices obtained from these bands were examined. Correlation analysis was performed between the examined ground observations and the examined band/indices. Statistically significant relationships were determined between 100 seed weight, plant height, seed cotton yield, yarn feasibility index, fiber fineness, fiber maturity, fiber length, short fiber, fiber brightness properties and some spectral bands/indices, but no statistically significant relationships were determined with ginning efficiency, fiber strength and fiber yellowness properties. Generally low level correlations were determined between fiber quality properties and examined spectral bands/indices, and it was concluded that direct estimation of these properties from multispectral bands was limited. However, one weak relationship was observed in fiber length property. Indices obtained from multispectral images can provide valuable information about the morphological development process of cotton plant. Temporal analyses of June, July and September months revealed the traceability of periodic spectral changes and supported the usability of remote sensing techniques in terms of phenological monitoring in cotton. The bands/indices used in the study can be evaluated as auxiliary parameters in studies on the estimation of yield and fiber quality properties. If fiber quality properties show a weak relationship with the existing bands, sensors with more bands or different imaging techniques with high resolution can be used to monitor these parameters. Analyses made with images obtained at different dates are important in terms of monitoring periodic development. It is recommended

that such data be evaluated with a time series approach. Since it would be more beneficial to conduct studies with satellite images from a much later period (August - September) than from an early period, it is recommended that later studies be conducted. Repeating the study in different regions and with different varieties will increase the generalizability of the results.

Keywords: Cotton, Correlation, Satellite Images, GEOSAT-2, Jilin-1-KF-01, SuperView-1



1. GİRİŞ

Pamuk (*Gossypium spp.*), sahip olduğu ekonomik, sosyal ve endüstriyel değlerle yalnızca bir tarımsal ürün değil, aynı zamanda küresel ölçekte stratejik bir hammaddedir. Tekstil, yağ, yem, biyokimya, kâğıt ve enerji gibi birçok sektörde kritik rol oynayan pamuk, dünya genelinde milyonlarca insanın geçim kaynağını oluşturmaktadır. Lifleri iplik ve dokuma sanayisinde, çekirdeğinden elde edilen yağ gıda sektöründe, küspe ise hayvancılıkta yem olarak kullanılmaktadır. Bunun yanında, biokütle ve kâğıt üretimi gibi farklı alanlarda da değerlendirilmektedir.

Uluslararası Pamuk Danışma Komitesi (ICAC) verilerine göre, 2023/24 sezonunda dünya pamuk üretimi yaklaşık 24,12 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. 2024/25 sezonunda ise üretimin %2,5 artışla 25,22 milyon tona çıkması beklenmektedir. Aynı dönemde küresel tüketimin 25,37 milyon tona ulaşacağı öngörülmektedir. Bu durum, tüketimin üretimi aşması nedeniyle dünya pamuk stoklarında azalmaya yol açacaktır. Dünya genelinde Türkiye, %3'lük üretim payı ile Çin, Hindistan, Brezilya ve ABD gibi ülkelerin ardından 7. sırada yer almaktadır (ICAC, 2024). ABD Tarım Bakanlığı (USDA) verilerine göre Türkiye'nin 2023/2024 sezonunda 3,2 milyon 480 lb. balya pamuk üretmesi, 2024/2025 sezonunda ise bu miktarın 4 milyon balyaya ulaşması beklenmektedir.

1980'li yıllarda başlatılan Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP), Türkiye'nin pamuk üretiminde yeni bir dönemin başlangıcı olmuştur. GAP kapsamında yapılan sulama yatırımları, özellikle Şanlıurfa, Diyarbakır, Mardin ve Adıyaman illerinde pamuk tarımının yaygınlaşmasını sağlamış, Türkiye'nin toplam pamuk üretiminde Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin payı belirgin şekilde artmıştır. Türkiye'de pamuk üretiminin büyük bir kısmı Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yoğunlaşmaktadır. Diyarbakır ili, GAP Projesi kapsamında geliştirilen sulama altyapısı ve modern tarım uygulamalarıyla öne çıkan üretim merkezlerinden biridir. Tarımsal üretimin artırılması, kırsal kalkınmanın desteklenmesi ve istihdamın geliştirilmesi açısından Diyarbakır'da pamuk üretimi kritik bir öneme sahiptir.

Günümüzde Türkiye'de pamuk tarımında verimlilik ve kaliteyi artırmak amacıyla modern üretim teknikleri uygulanmaktadır. Uzaktan algılama teknolojileri, drone

destekli görüntüleme sistemleri, hassas sulama yöntemleri ve entegre zararlı yönetimi gibi uygulamalar, pamuk üretiminde sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda yaygınlaşmaktadır.

Özellikle multispektral kameralar ile yapılan tarımsal gözlemler, bitki gelişiminin izlenmesi, su ve besin ihtiyacının tespiti ve hastalık-zararlı takibi gibi konularda önemli avantajlar sunmaktadır. GAP bölgesinde bu teknolojilerin kullanımı ile pamuk veriminde artış sağlanmakta, çevresel sürdürülebilirlik hedefleri ile üretici gelirleri arasında denge oluşturulmaktadır.

Pamuk tarımı, günümüzde ekonomik, sosyal ve endüstriyel anlamda stratejik bir öneme sahiptir. Ancak su yönetimi, maliyet etkinliği ve iklim değişikliği gibi faktörler, sektörün karşılaştığı en büyük zorluklar arasında yer almaktadır. Bu nedenle modern tarım teknolojilerinin yaygınlaştırılması, tarımsal destekleme politikalarının etkin kılınması ve sürdürülebilir üretim modellerinin geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır.

Uzaktan algılama, yeryüzündeki nesnelerin fiziksel temas olmaksızın elektromanyetik enerji aracılığıyla algılanması, ölçülmesi ve yorumlanması sürecidir. Bu yöntem, gözlemlenecek alanlardan yansıyan veya yayılan elektromanyetik dalgaların sensörler tarafından toplanması ve çeşitli analiz yöntemleriyle değerlendirilmesi esasına dayanır. Uzaktan algılama, günümüzde çevre yönetimi, haritacılık, afet izleme, ormancılık ve tarım gibi birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Tarım sektöründe uzaktan algılama, bitki gelişimi, hastalık ve zararlı tespiti, sulama yönetimi, ürün rekoltesi tahmini ve tarımsal alanların haritalanması gibi uygulamalarda etkin rol oynamaktadır. Bu teknoloji, özellikle geniş tarım arazilerinde saha gözlemlerini hızlı, ekonomik ve detaylı bir şekilde gerçekleştirme imkânı sunmaktadır. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama yöntemlerinin Çiftçi Kayıt Sistemi (ÇKS) kontrollerinde kullanımı amacı ile yaptıkları çalışmada, uzaktan algılama verilerinin tarımsal destekleme politikalarında daha etkin kullanılabileceğini ve sahada yapılan kontrolleri önemli ölçüde azaltabilmektedir (Aydoğdu vd., 2011). MODIS NDVI verileri ile Kızıltepe ilçesinin tarımsal üretim

deseni ile ilgili yaptıkları çalışmada, MODIS NDVI verilerinin bölgedeki tarımsal üretim desenini net bir şekilde yansıtmaktadır (Çelik ve Sönmez, 2013).

Uzaktan algılama sistemleri, enerji kaynağına göre aktif ve pasif olmak üzere iki ana gruba ayrılır. Tarımda pasif sistemlerin kullanım alanı daha yaygın olmakla birlikte, özellikle yüzey topografyasının hassas ölçümünde aktif sistemlerin de önemi artmaktadır.

Multispektral görüntüleme, elektromanyetik spektrumun farklı bantlarında yansıyan enerjiyi algılayarak detaylı yüzey analizleri yapılmasını sağlar. Bitkiler, ışığın farklı dalga boylarındaki yansıtma özellikleri sayesinde fizyolojik durumları hakkında önemli bilgiler verir. Mavi (Blue, ~450 nm), yeşil (Green, ~550 nm), kırmızı (Red, ~660 nm), kırmızı kenar (Red Edge, ~720 nm) ve NIR (NIR, ~800-900 nm) bantlar kullanılmaktadır. Bu bantlar kullanılarak başta Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Green Normalized Difference Vegetation Index (GNDVI), Enhanced Vegetation Index (EVI) gibi birçok farklı alanlarda kullanılabilen indeksler elde edilmiş ve kullanılmaktadır. Multispektral veriler (band ve indeksler), pamuk tarımı başta olmak üzere geniş tarımsal uygulamalarda kullanılmaktadır (Brandão vd., 2014, Kılıçaslan vd., 2019, Meng vd., 2019, Kılıçaslan vd., 2020, Feng vd., 2020, Çatal Reis ve Yılandı, 2020, Shi vd., 2022, Siegfried vd., 2022).

Türkiye gibi su kaynakları kısıtlı, verimlilik ve kalite hedefleri yüksek olan ülkelerde multispektral verilerle desteklenen hassas tarım uygulamaları, sürdürülebilir üretim modellerinin vazgeçilmez bir parçası haline gelmiştir. Bu yöntemler sayesinde üretim maliyetleri düşürülürken, çevresel etkiler minimize edilmekte, tarımsal verimlilik ise optimize edilmektedir.

Bu çalışma, pamuk bitkisi üretim alanlarında, sensör ve ölçüm cihazlarıyla incelenecek yer gözlem değerleri ile spektral band / indisler arasındaki ilişkileri ve bu spektral bantların bu gözlem değerlerini tahmin etmede kullanılabilirliğini belirlemek, gözlem değerlerini tahmin etmede bant ve indisler açısından tavsiyede bulunmak, uzaktan algılama sistemlerinin getirdiği avantajlar ve tarım arazilerinde kullanılabilme olanaklarını araştırmak amacı ile yapılmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Dalezios vd., (2001), NOAA/AVHRR uydu görüntüleri ile NDVI kullanarak pamuk verimini tahmin etmeye yönelik yaptığı çalışmada, NDVI'nin pamuk ekili alanların yıllık değişimlerini takip etmek için önemli bir gösterge olabileceğini açıkça ifade edilmiştir.

Genç vd., (2008), bu çalışmada, tarımsal alanlarda bitki örtme oranının (BÖO) belirlenmesi amacıyla yersel görüntüleme sistemleri kullanılmış ve elde edilen veriler NDVI, GNDVI ve BAI gibi vejetasyon indeksleriyle karşılaştırılmış, yapılan regresyon analizlerinde NDVI ile %72,3, GNDVI ile %66,8, KO ile %72,4 ve BAI ile %46,9 doğruluk oranlarına ulaşılmıştır. Sonuçlar, NDVI ve KO verilerinin BÖO tahmininde güçlü göstergeler olduğunu ortaya koymuştur.

Miura vd., (2008), ASTER ile MODIS uydularından elde edilen vejetasyon indekslerini karşılaştırdıkları çalışmalarında, NDVI ve EVI verilerinin genel anlamda birbirine yakın sonuçlar verdiğini, ancak sensörler arasında sistematik farklılıklar bulunduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca ASTER verilerine uygulanan atmosferik düzeltme algoritmasının performansının değişkenlik gösterdiği ve bu durumun görüntü kalitesini olumsuz etkileyebileceği ifade edilmiştir.

Fan vd., (2009), İç Moğolistan'daki yarı kurak alanlarda yürüttükleri araştırmada, NDVI ile yaprak alan indeksi (LAI) arasında anlamlı bir ilişki olduğunu ortaya koymuşlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre, NDVI kullanılarak LAI değerleri sahada basit ve tahribatsız biçimde tahmin edilebilmekte olup, ilişki düzeyi oldukça yüksektir ($R^2 = 0,79$).

Huang vd., (2013), hava tabanlı multispektral görüntüleme kullanarak yaptığı çalışmada vejetasyon indeksi oranının (RVI) verimle güçlü bir korelasyona sahip olduğunu, hava tabanlı multispektral görüntülemenin pamuk verimi tahmininde etkili bir yöntem olduğunu ifade etmiştir.

Iqbal vd., (2013), pamuk lif veriminin mekânsal dağılımının tahmini için yaptıkları çalışma, 1500 gün-derece gün sonrası verimler ile NDVI arasında ilişki zayıf

korelasyon elde edildiğini; tek bir görüntü ile daha ekonomik ve verimli veriler elde edilerek kullanılabileceği; bu yöntemin, diğer tarım ürünleri için de uygulanabilir olduğu belirtmiştir.

Sakarya vd., (2014), çalışmalarında yangından etkilenen yeşil alanların tespiti için NDVI indeksi kullanılabildiğini belirterek RASAT uydu görüntülerinin 3 bant oldukları için NDVI kullanmadıklarını, NDVI yerine Mavi/Kırmızı ve Mavi/Yeşil indekslerinin ayrı ayrı eşiklenmesi sonucu yangın alanlarının tespit edildiğini bildirmiştir.

Algancı (2014), Şanlıurfa'daki pamuk ve mısır üretim alanlarında verim tahmini yapmak amacıyla geliştirmiş olduğu model ile yüksek doğrulukta verim tahmini yapabildiği bildirmiştir.

Algancı vd., (2014), yaptıkları çalışmada, pamuk ve mısır bitkilerine ilişkin verim tahminlerinin uydu görüntülerinden elde edilen spektral bitki örtüsü indeksleri ile bitki örtüsü kırılma oranı arasındaki yüksek korelasyon kullanılarak daha doğru verim tahminleri yapılmış; ayrıca, yeşillik indeksi (GLI) ile yapılan verim tahminleri de kabul edilebilir doğruluk sağlamıştır.

Aydoğdu vd., (2014), GAP bölgesindeki Akçakale ilçesinde tuzluluğun pamuk verimi üzerindeki etkisini CBS ve Uzaktan Algılama teknikleri ile yapılan çalışmada, farklı tuzluluk seviyelerine sahip tarlalardan alınan toprak örnekleri ile Landsat TM uydu görüntüleri karşılaştırılmış ve tuzluluğun pamuk verimi üzerindeki olumsuz etkileri saptamıştır.

Brandão vd., (2014), Brezilya'nın Goiás bölgesinde pamuk verimini tahmin etmek amacıyla jeostatistik yöntemlerle NDVI dağılımını analiz etmiş, NDVI ile pamuk verimi arasındaki en güçlü korelasyon 120. günde elde edildiğini, pamuk verimini tahmin etmede etkili bir yöntem sunduğunu saptamıştır.

Esetlili vd., (2015), pamuk tarımında uzaktan algılama verileri ile verim tahmin doğruluğunu artırmaya yönelik yaptığı çalışmada, RapidEye uydu görüntüleri

kullanılarak belirli spektral bantların verim tahmini için yüksek korelasyon sunduğunu bildirmiştir.

Günlü vd., (2015), bu çalışmada, Landsat 7 TM görüntülerinden elde edilen bant parlaklık değerleri ve çeşitli vejetasyon indeksleri kullanılarak meşcere (en küçük orman parçası) hacmi, göğüs yüzeyi ve ağaç sayısı tahmin edilmiştir. Özellikle NDVI, IPVI ve RVI gibi indekslerin yer aldığı regresyon modelleri, yüksek korelasyon değerleri ($R^2=0,781$ 'e kadar) sunmuştur. Bu sonuçlar, NDVI, IPVI ve RVI gibi indekslerin, bitki örtüsünün yapısal durumunu değerlendirmede güçlü birer gösterge olduğunu desteklemektedir.

Duan vd., (2017), buğday üretiminde tarla yönetim uygulamalarını izlemek amacıyla, büyüme sezonu boyunca İHA tabanlı multispektral görüntüleme ile NDVI verileri toplamışlardır. Elde edilen bulgulara göre, NDVI değerleri ile verim arasında yüksek düzeyde bir korelasyon ($r = +0,82$) tespit edilmiştir.

Kılıçaslan vd., (2019), çalışmalarında farklı azot dozlarının bitkinin fizyomorfolojik özellikleri üzerindeki etkilerini ile yaprak alan indeksi, NDVI ve kütlü pamuk verimi özelliklerine ilişkin korelasyon ve regresyon analizlerinde, yaprak alan indeksi ile güçlü bir lineer ilişki; kütlü pamuk verimi ile ise quadratic bir ilişki bulunduğunu belirtmiştir.

Meng vd., (2019), MODIS ve Landsat verilerinin birleşimiyle pamuk verimi tahmininin doğruluğunu artırmak amacı ile yaptıkları çalışmada, yeniden yapılandırılmış MODIS verisi, Landsat verisiyle daha benzer bir NDVI zaman eğilimi göstermiş ve verim tahminlerinde daha yüksek doğruluk sağlamıştır ($R^2 = 0,79$; RMSE = 488,01). Yüksek çözünürlüklü birleşik verilerin, büyük alan ölçeğinde bitki izleme ve verim tahmini için etkili bir yöntem olduğunu bildirmiştir.

Çatal Reis ve Yılcı, (2020), yaptıkları çalışma, uzaktan algılama tekniklerinin ürün verim analizlerinde uygulanabilirliğini göstererek, gelecekte daha detaylı çalışmaların gerekliliğine dikkat çekmektedir.

Feng vd., (2020), UAV tabanlı uzaktan algılama ile pamuk verimini tahmin etmek amacı ile yapılan çalışmada, RGB, multispektral ve termal kameralarla alınan görüntülerden elde edilen verilerle, pamuk çirçir randımanı ve verim tahmini için en iyi özellikler olduğunu bildirmişlerdir.

Kılıçaslan vd., (2020), RapidEye ve PlanetScope uydu görüntülerini kullanarak pamuk yapraklarındaki azot içeriğini belirlemeye yönelik çalışmada, farklı spektral bantlar kullanılarak ilişkili indeksler hesaplanmış ve önemli korelasyon değerleri elde ettiğini; büyük ölçekli tarım alanlarında gübre kullanımının daha etkin yönetilebilmesi için bu tür analizlerin yaygınlaştırılmasını önermektedir.

Shi vd., (2022), İHA görüntülerinden yararlanarak uzaktan algılama yöntemleri kullanarak pamuk verimini tahmin etmeye yönelik yaptıkları çalışmada, en iyi verim tahmin performansını sergileyerek, ortalama R^2 : 0,77; RMSE: %7,5 değerlerini, RGB ve Kızılötesi Kırmızı (NIR) normalize edilmiş, RGB ve NIR bantlarını içeren normalize bir endeksin en iyi performansı gösterdiğini açıkça ifade etmiştir.

Kılıçaslan (2023), pamuk üretim alanlarında yaprak alan indeksi (LAI) uydu verileri ile tahmin edilebilirliği amacı ile Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat-8 ve PlanetScope uydu görüntüleri kullanılarak yaptıkları çalışmada, uydu verilerinin tarımsal karar destek sistemlerinde önemli bir veri kaynağı olduğunu bildirmişlerdir.

Kılıçaslan vd., (2023), pamuk üretim alanlarında çevresel faktörlerin uzaktan algılama teknikleriyle ilişkilendirilmesini amacı ile alanlara yerleştirilen sensörlerle nem ve sıcaklık verileri toplanmış ve SAR ile optik uydu görüntüleri ile kıyaslanmıştır. Elde edilen elde edilen veriler, bazı bant ve indislerin tahmin için yetersiz olduğunu ortaya koymuş ve farklı analiz yöntemlerinin kullanılması gerektiği vurgulanmaktadır. Araştırmacılar, uzaktan algılama verilerinin hassas tarım uygulamalarında daha etkin kullanılabilmesi için yeni algoritmaların geliştirilmesini önermektedir.

Siegfried vd., (2022), pamuk verimi tahmini için multispektral görüntüler kullanarak bir yöntem geliştirmiş olup, verim tahmininde kullanılması gerektiği ifade edilmiştir.

Yılmaz (2023), farklı çevresel koşullara sahip su alanları üzerinde 8 adet su indeksi (NDVI, NDWI1, NDWI2, MNDWI, AWEInsh, AWEIsh, NDMI ve NWI) Sentinel-2 görüntüleri kullanılarak Google Earth Engine platformunda karşılaştırılmıştır. Yapılan analizde, NDWI1 en yüksek doğruluk değerlerini göstererek en başarılı indeks olmuş, NDVI'da beklenenden yüksek değerler almıştır. Genel olarak, indeks seçiminin sınıflama doğruluğu üzerinde önemli bir etkisi olduğu görülmüştür.

Cruz-Grimaldo vd., (2024), çalışmalarında pamuk çeşidinin verim tahminlerini multispektral izleme teknolojisi ile değerlendirmiş, verimle ilişkilendirilen vejetasyon indeksleri (NDVI, RVI, NDRE) yüksek korelasyonlar göstermiş, multispektral izleme teknolojisinin pamuk verimi tahmininde etkili bir araç olduğunu ifade edilmiştir.

Yıldız (2024), İHA tabanlı multispektral görüntüler ile NDVI kullanarak pamuk verimini analiz etmeyi amaçlayan çalışmalarında, NDVI ile bitki gelişim parametreleri arasındaki korelasyon incelenmiş ve yalnızca olgunlaşma döneminde alınan NDVI verilerinin verim tahmini için yeterli olmadığını bildirmişlerdir.

Lacerda vd., (2025), multispektral görüntüler kullanarak verim ile lif kalitesini tahmin etmeyi amaçlamışlar, multispektral görüntülerle yaprak alanı indeksi (LAI) ve verim tahminlerinin yapılabileceğini belirtmişlerdir.

3. MALZEME VE YÖNTEM

Bu çalışma, GAP Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü (GAPUTAEM) deneme arazisinde (N 37°56'47''; E 40°15'11''; Rakım: 598 m) yürütülmüştür. 2024 yılında 19 adet pamuk genotipi bitkisel materyal olarak kullanılmıştır. Deneme, tesadüf blokları deneme desenine (RBD) göre 4 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Parsellerimiz, 10 m uzunluk ve 2,8 m eninde olmak üzere 28 m² alan olacak şekilde yapılandırılmıştır. Çalışma alanı Şekil 3.1’de verilmektedir.



Şekil 3.1 Çalışma bölgesi

3.1 Meteorolojik Veriler

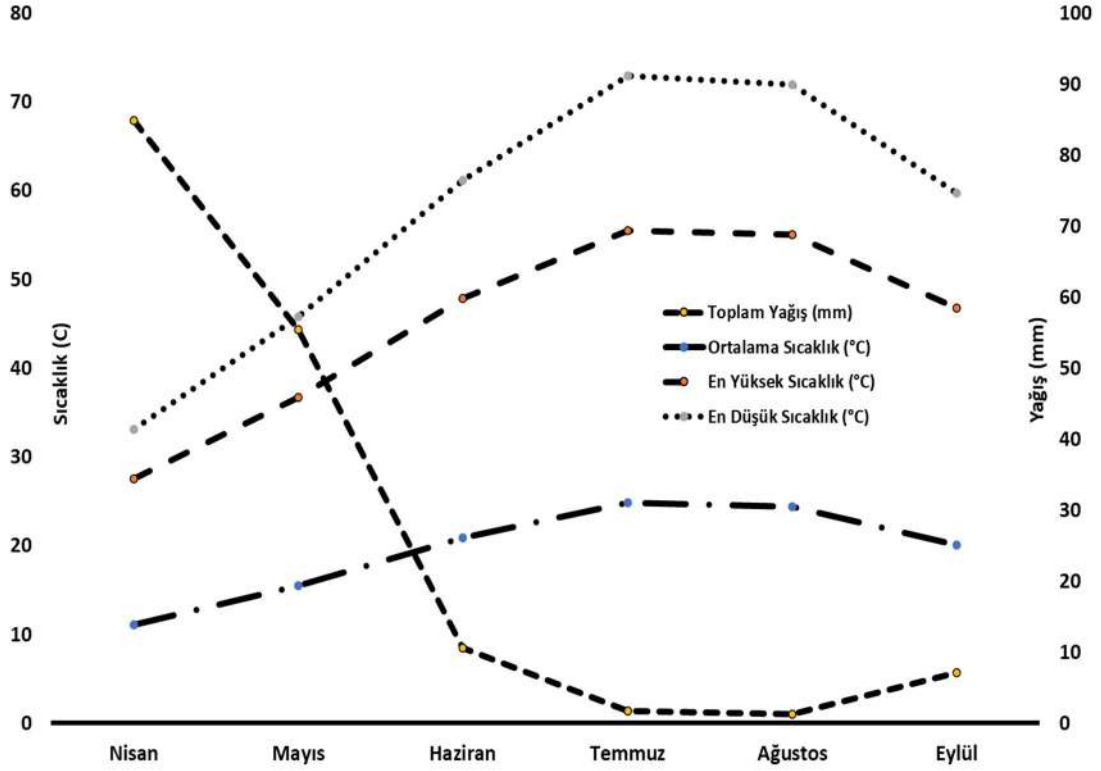
Çalışma alanlarında pamuk bitkisi, 2024 yılında ekilmiş ve tarla içi kültürel işlemler, bakım-besleme ve sulama işlemleri yapılmış, herhangi bir ek uygulamaya gidilmemiştir. Çalışmanın yürütüldüğü Haziran-Eylül dönemi boyunca bölgede herhangi bir yağış oluşmamıştır. Diyarbakır Meteoroloji Müdürlüğünden elde edilen verilere göre vejetasyon dönemi ortam sıcaklık ve yağış değerleri değişimi, Tablo 3.1 ve Şekil 3.2’de verilmiştir.

Tablo 3.1 Diyarbakır ili 2024 yılı Nisan-Eylül ayları iklim verileri (DMI, 2024)

Aylar	Ortalama Sıcaklık (°C)	En Yüksek Sıcaklık (°C)	En Düşük Sıcaklık (°C)	Toplam Yağış (mm)
Nisan	13,9	20,5	7,0	67,9
Mayıs	19,3	26,6	11,3	44,3
Haziran	26,1	33,7	16,6	8,5
Temmuz	31,0	38,4	21,7	1,4

Tablo 3.1 (Devam)

Ağustos	30,5	38,3	21,1	1,0
Eylül	25,1	33,4	16,1	5,7



Şekil 3.2 2024 Yılı Nisan – Eylül ayları deneme alanı sıcaklık ve yağış değişimi

3.2 Toprak Analizi

Denemenin kurulduğu alandan alınan toprak numuneleri alınarak, toprak yapısı ve içeriği ile ilgili analizler, GAPUTAEM, toprak analiz laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Deneme alanından 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. Deneme alanı toprak analiz sonuçları Tablo 3.2 de gösterilmektedir.

Tablo 3.2 Deneme alanı toprak analiz sonuçları

Derinlik (cm)	Bünye	pH	Kireç (CaCO ₃) (%)	Toplam Tuz	Yararlı P ₂ O ₅ Kg/da	Yararlı K ₂ O	Organik Madde (%)
0-60	Killi - Tınlı	7,9	9,50	0,090	4,1	11,22	1,48

3.3 Gözlem Alanlarına Ait Bilgiler

Gözlem yapılan parsellerde 19 adet farklı pamuk genotipi bitkisel materyal olarak kullanılmış olup, deneme tesadüf blokları deneme desenine göre 4 tekrarlamalı olarak gerçekleştirilmiştir. Deneme olağan bakım işleri zamanında gerçekleştirilmiştir. Deneme, 05.05.2024 tarihinde ekim makinası ile yapılmıştır. Hasat elle, 09.10.2024 tarihinde gerçekleştirilmiştir.

3.4 Yer Gözlemleri

Tez kapsamında belirlenen parsellerden Bitki Boyu (cm), 100 Tohum Ağırlığı (gr), Çırcır Randımanı (%), Pamuk Kütlü Verimi (kg/da) yer gözlemleri alınmıştır. Bu parsellerden elde edilen pamuk numunelerinden Lif Uzunluğu (mm), Lif İnceliği (mic.), Lif Mukavemeti (gr/tex), Lif Olgunluğu (%), İplik Olabilirlik İndeksi, Kısa Lif Oranı (%), Lif Sarılığı (+b), Lif Parlaklığı (Rd) lif teknolojik özelliklerinin analiz edilmesi ile elde edilen veriler, yer gözlemleri olarak değerlendirilmiştir.

Bitki Boyu (cm): Her parselden rastgele seçilen 10 bitkinin, uygulama zamanlarından önce, çubuk metre ile boyları santimetre (cm) olarak ölçülmüş ve ortalamaları alınmıştır.

100 Tohum Ağırlığı (g): Kütlü pamuk çırcırlanmasından elde edilen tohumlar, 100 adet tohum rastgele seçilip 0,01 g hassas terazide tartılarak elde edilmiştir.

Çırcır Randımanı (%): Birinci el hasattan sonra toplanan kütlü pamuklar, deneme tipi rollergin tipi çırcır makinesi ile çırcırlanarak, aşağıda belirtilen formül ile hesaplanmıştır.

$$\text{Çırçır Randımanı (\%)} = (\text{Pamuk (Lif)}/\text{Pamuk kütü (Lif+Çiğit)}) * 100 \quad (3.1)$$

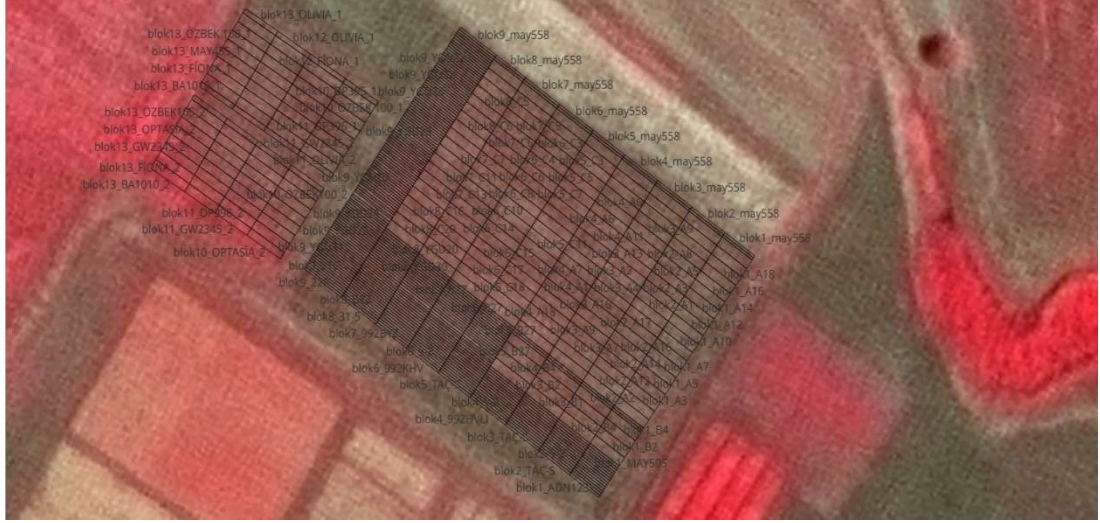
Pamuk Kütü Verimi (kg/da): Her parselden hasat alanı (parselin başından ve sonunda 1'er m hariç) içinden birinci ve ikinci elde toplanan kütü pamuklar, 0,005 kg hassasiyetinde tartılmış ve dekar bazında alınan pamuk kütü verimine dönüştürülmüştür.

Lif Uzunluğu (mm), Lif İnceliği (mic.), Lif Mukavemeti (gr/tex), Lif Olgunluğu (%), İplik Olabilirlik İndeksi, Kısa Lif Oranı (%), Lif Sarılığı (+b), Lif Parlaklığı (Rd) lif teknolojik özellikleri, GAPUTAEM lif kalite analiz laboratuvarında USTER M1000 HVI cihazı ile saptanmıştır.

3.5 Spektral Veriler

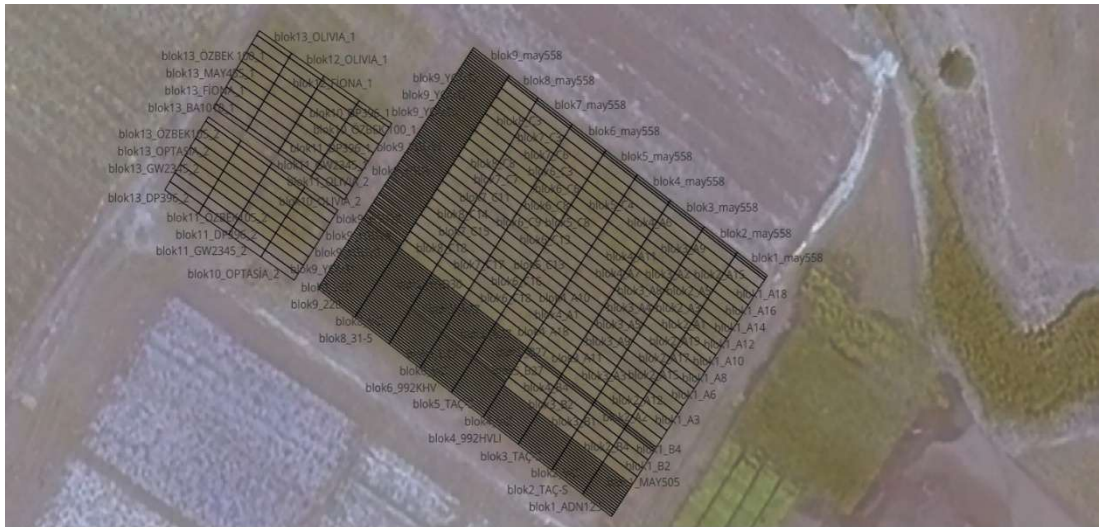
Çalışma kapsamında kullanılan görüntülerin alındığı uydulara ilişkin bilgiler aşağıda verilmiştir.

GEOSAT-2 (eski adıyla DEIMOS-2) uydusu, 2014 yılında İspanyol Elecnor Deimos firması tarafından fırlatılmıştır. 0,75 m pankromatik ve 4 m multispektral uzamsal çözünürlüğe sahip olan uydu, görünür ve yakın kızılötesi bantlarda veri toplayabilmektedir. 2015 yılında Hisdesat tarafından satın alınmasının ardından GEOSAT-2 olarak yeniden adlandırılmıştır. GEOSAT-2, tarım, orman izleme, şehirleşme takibi ve afet yönetimi gibi birçok uzaktan algılama uygulamasında kullanılmaktadır (website: <https://geosat.space>).



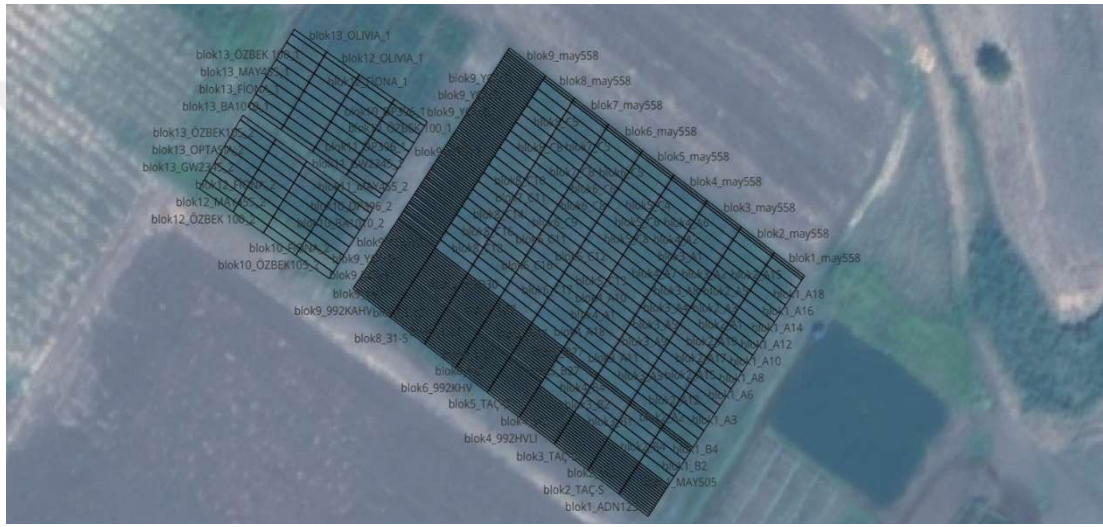
Şekil 3.3 Geosat-2 uydu görüntüsü

Jilin-1 KF-01 uydusu, Çin'in ilk ticari uzaktan algılama uydu takımı yıldızı olan Jilin-1 projesi kapsamında geliştirilmiştir. 2019 yılında fırlatılan bu uydu, 0,75 metreye kadar ulaşan pankromatik çözünürlüğü ve 3 metre civarındaki multispektral çözünürlüğü ile yüksek çözünürlüklü optik görüntüler sağlamaktadır. Uydu, tarım, ormancılık, şehir planlama, afet izleme ve savunma gibi pek çok alanda kullanılmaktadır. KF-01 serisi, Chang Guang Satellite Technology Co., Ltd. (CGSTL) tarafından işletilmekte olup, görüntü verileri hem sivil hem ticari amaçlarla sunulmaktadır (website: <http://www.jl1.cn/eweb/>).



Şekil 3.4 Jilin-1 KF-01 uydu görüntüsü

SuperView-1/NEO-3 uydusu, Çin'in SuperView uydu takımıydı projesinin bir parçası olarak geliştirilmiştir ve yüksek çözünürlüklü yer gözlemi yapmak için kullanılan bir optik uydu sistemidir. 2020 yılında fırlatılan NEO-3, 0,5 metreye kadar yüksek çözünürlüklü pankromatik ve 2 metreye kadar multispektral çözünürlükte görüntüler sağlamaktadır. SuperView-1 takımıydı, tarım, çevre izleme, şehir planlama ve afet yönetimi gibi alanlarda kullanılmakta olup, China Siwei Surveying and Mapping Technology Co., Ltd. tarafından işletilmektedir (website: http://www.spaceview.com/english/Satellite/SuperView_1/).



Şekil 3.5 Superview-1/NEO-3 uydu görüntüsü

Kullanılan Uydulara Ait Bant Verileri tablosu Tablo 3.3’de ve Çalışmada Kullanılan İndisler ve Hesaplama Yöntemi Tablo 3.4’de verilmiştir.

Tablo 3.3 Kullanılan uydulara ait bant verileri

Uydu Adı	Görüntü Tarihi	Bant Adları	Spektral Aralık (nm)
GEOSAT-2	20 Haziran 2024	Blue, Green, Red, NIR	Blue: 466–525Green: 532–599Red: 640–697NIR: 770–892
Jilin-1 KF-01	19 Temmuz 2024	Blue, Green, Red, NIR	Blue: 450–520Green: 520–590Red: 630–690NIR: 770–890
SuperView-1	09 Eylül 2024	Blue, Green, Red, NIR	Blue: 450–520Green: 520–590Red: 630–690NIR: 770–890

Tablo 3.4 Çalışmada kullanılan indisler ve hesaplama yöntemi

Kısaltma	İndis Adı	Formül	Kaynak
ARVI	Atmosfere Dirençli Bitki Örtüsü İndeksi	$(\text{NIR} - \text{Red} - 1 * (\text{Red} - \text{Blue})) / (\text{NIR} + \text{Red} - 1 * (\text{Red} - \text{Blue}))$	Kaufman ve Tanré, 1992
ARVI2	Atmosfere Dirençli Bitki Örtüsü İndeksi 2	$(-0,18) + 1,17 * (\text{NIR} - \text{Red}) / (\text{NIR} + \text{Red})$	Kaufman ve Tanré, 1992
BI	Parlaklık İndeksi	$(\text{Sqrt}(((\text{Red} * \text{Red}) / \text{Green} * \text{Green}))) / 2)$	Escadafal vd., 1989
BNDVI	Normalleştirilmiş Fark NIR/Mavi Vejetasyon İndeksi	$(\text{NIR} - \text{Blue}) / (\text{NIR} + \text{Blue})$	Yang vd., 2004
CI	Renk İndeksi	$(\text{B} * \text{Red} - \text{A} * \text{Green}) / (\text{B} * \text{Red} + \text{A} * \text{Green})$	Escadafal vd., 1989
DVI	Fark Bitki Örtüsü İndeksi	NIR-Red	Birth ve McVey, 1968
EVI	Zenginleştirilmiş Bitki Örtüsü İndeksi	$2,5 * ((\text{NIR} - \text{Red}) / ((\text{NIR} + 6 * \text{Red} - 7,5 * \text{Blue}) + 1))$	Huete vd., 2002
EVI 2	Zenginleştirilmiş Bitki Örtüsü İndeksi 2	$2,4 * ((\text{NIR} - \text{Red}) / (\text{NIR} + \text{Red} + 1))$	Miura vd., 2008
GARI	Atmosfere Dayanıklı Yeşil Bitki Örtüsü İndeksi	$(\text{NIR} - (\text{Green} - (\text{Blue} - \text{Red}))) / (\text{NIR} - (\text{Green} + (\text{Blue} - \text{Red})))$	Gitelson vd., 1996
GBNDVI	Yeşil-Mavi NDVI	$(\text{NIR} - (\text{Green} + \text{Blue})) / (\text{NIR} + (\text{Green} + \text{Blue}))$	Wang ve Qu, 2007
GCI	Yeşil Klorofil İndeksi	$(\text{NIR} / \text{Green}) - 1$	Gitelson vd., 2003
GDVI	Yeşil Fark Bitki Örtüsü İndeksi	NIR-Green	Spirada, 2005
GLI	Yeşil Yaprak İndeksi	$(2 * \text{Green} - \text{Red} - \text{Blue}) / (2 * \text{Green} + \text{Red} + \text{Blue})$	Louhaichi vd., 2001
GNDVI	Yeşil Normalize Fark Bitki Örtüsü İndeksi	$(\text{NIR} - \text{Green}) / (\text{NIR} + \text{Green})$	Gitelson ve Merzlyak., 1998
GOSAVI	Yeşil Optimize Toprak Düzeltilmiş Bitki Örtüsü İndeksi	$(\text{NIR} - \text{Green}) / (\text{NIR} + \text{Green} + 0,16)$	Sripada., 2005
GRNDVI	Yeşil-Kırmızı NDVI	$(\text{NIR} - (\text{Green} + \text{Red})) / (\text{NIR} + (\text{Green} + \text{Red}))$	Wang ve Qu., 2007
GRVI	Yeşil Oran Bitki Örtüsü İndeksi	NIR/ Green	Sripada vd., 2006
GSAVI	Yeşil Toprak Düzeltilmiş Bitki Örtüsü İndeksi	$1,5 * ((\text{NIR} - \text{Green}) / (\text{NIR} + \text{Green} + 0,5))$	Sripada vd., 2005
IPVI	Kızılötesi Yüzde Bitki Örtüsü İndeksi	$(\text{NIR} / (\text{NIR} + \text{Red}) / 2) * (((\text{Red} - \text{Green}) / (\text{Red} + \text{Green})) + 1)$	Crippen, 1990
LAI	Yaprak Alan İndeksi	$(3,618 * (2,5 * ((\text{NIR} - \text{Red}) / ((\text{NIR} + 6 * \text{Red} - 7,5 * \text{Blue}) + 1)))) - 0,118$	Boegh vd., 2002

Tablo 3.4 (Devam)

MCARI1	Yansıtma İndeksinde Değiştirilmiş Klorofil Absorpsiyonu 1	$1,2 * (2,5 * (NIR - Red) - 1,3 * (NIR - Green))$	Haboudane vd., 2004
MNLI	Modifiye Doğrusal Olmayan İndeks	$((NIR^{**2} - Red) * (1 + L)) / (NIR^{**2} + Red + L)$	Pu vd., 2005
MSR	Modifiye Basit Oran	$((NIR / Red) - 1) / (Sqrt (NIR / Red) + 1))$	Chen, 1996
MTVI	Değiştirilmiş Üçgen Bitki Örtüsü İndeksi	$1,2 * (1,2 * (NIR - Green) - (Red - Green))$	Haboudane vd., 2004
NDVI	Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi	$(NIR - Red) / (NIR + Red)$	Rouse vd., 1973
NDWI	Normalleştirilmiş Fark Su İndeksi	$(G - NIR) / (G + NIR)$	Gao, 1996
NLI	Doğrusal Olmayan İndeks	$(NIR^{**2} - Red) / (NIR^{**2} + Red)$	Goel ve Qin., 1994
OSAVI	Optimize Toprak Ayarlı Bitki Örtüsü İndeksi	$(1 + 0,16) * ((NIR - Red) / (NIR + Red + 0,16))$	Rondeaux vd., 1996
RDVI	Re normalize Fark Bitki Örtüsü İndeksi	$(NIR - Red) / Sqrt (NIR + Red)$	Roujean ve Breon, 1995
RI	Kırmızılık İndeksi	$(Red - Green) / (Red + Green)$	Escadafal ve Huete , 1991
RVI	Oran Bitki Örtüsü İndeksi	NIR / Red	Birth ve McVey, 1968
SAVI	Toprak Ayarlı Bitki Örtüsü İndeksi	$((NIR - Red) / (NIR + Red + L)) * (1 + L)$	Huete, 1988
SIPI	Yoğun Yapı Pigment İndeksi	$(NIR - Blue) / (NIR - Red)$	Penuelas vd., 1993
TDVI	Dönüştürülmüş Fark Bitki Örtüsü İndeksi	$1,5 * ((NIR - Red) / Sqrt (NIR + Red + 0,5))$	Bannari vd., 2002
TSAVI	Dönüştürülmüş Toprak Ayarlı Bitki Örtüsü İndeksi	$(B * (NIR - B * Red - A)) / (Red + B * (NIR - A) + X * (1 + B^{**2}))$	Baret vd., 1989
VARI	Görünür Atmosferik Dayanıklılık İndeksi	$(Green - Red) / (Green + Red - Blue)$	Gitelson vd., 2001
WDRVI	Geniş Dinamik Aralıklı Bitki Örtüsü İndeksi	$(0,1 * (NIR - Red)) / (0,1 * (NIR + Red))$	Gitelson, 2004
WDVI	Ağırlıklandırılmış Fark Bitki Örtüsü İndeksi	$NIR - X * Red$	Clevers, 1991

A = 1 B = 1 X = 1,5 L = 0,5 Q = 45 (Bu çalışmada A, B, X ve L sabit katsayıları bazı indeks formüllerinde hesaplamaları sadeleştirmek amacıyla kullanılmıştır. Bu sabitler, ilgili indekslerin literatürde en yaygın kullanılan değerlerine göre belirlenmiştir.)

3.6 Uydular

Tez çalışması kapsamında tablo 3.3’ de özellikleri verilen uydular ve bu uydulardan elde edilen rasterler (uydu görüntüleri) kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan uydu görüntüleri üzerinde temel olarak aşağıdaki işlemler gerçekleştirilmiştir.

Görüntü ön işleme: Top of Atmosphere (ToA) seviyeli görüntülerde, kalibrasyon yapılmış, Radyometrik ve geometrik düzeltmeler uygulanmış, görüntüler keskinleştirme (Pan-Sharpen) işlemi ile yeniden örneklenmiştir.

Koordinat sistemleri düzenlemesi: Tüm görüntüler ortorektifiye edilerek EPSG:32637 (WGS 84 / UTM zone 37N) koordinat sistemine hizalanmıştır.

Bant kombinasyonları ve ortalamaları: Görüntülerde kırmızı, yeşil, mavi ve yakın kızılötesi (NIR) bantlarının parsel alan ortalamaları zonal istatistik işlemi ile hesaplanmıştır. Microsoft Excel Uygulamasında alınan parsel ortalama band değerleri işlenerek, indeksler hesaplanmıştır.

Alan belirleme ve maskeleme: Pamuk ekili alanlar, vektör maske yardımıyla ayrılmıştır.

Veri formatı standardizasyonu: Çıktılar SHP ve GPKG formatlarında alınmıştır.

Zaman serisi analizleri: Haziran, Temmuz ve Eylül tarihli görüntüler üzerinden değişim analizi yapılmıştır.

3.7 Veri İşleme Ve İstatistiksel Analiz Süreci

Her bir uydu görüntüsü, yapılan yer gözlemleriyle eşleştirilmiştir. Bu eşleştirme sayesinde, raster (uydu görüntüsü) indeks verileri ile gözlemsel parametreler arasında istatistiksel korelasyon kurulmuştur. Bu çalışmada kullanılan Geosat-2 (20 Haziran 2024), Jilin-1 KF-01 (19 Temmuz 2024) ve SuperView-1/NEO-3 (09 Eylül 2024) uydu görüntüleri, QGIS 3.42.1 yazılımı ile işlenmiştir. Her bir uyduya ait multispektral bantlar kullanılarak, toplamda 42 adet bitki örtüsü indeksi hesaplanmıştır (Tablo 3.4). Bu indeksler arasında BLUE, GREEN, RED, NIR temel bantları ile ARVI, ARVI2,

BI, BNDVI, CI, DVI, EVI, EVI2, GARI, GBNDVI, GCI, GDVI, GLI, GNDVI, GOSAVI, GRNDVI, GRVI, GSAVI, IPVI, LAI, MCARI1, MNLI, MSR, MTVI, NDVI, NDWI, NLI, OSAVI, RDVI, RI, RVI, SAVI, SIPI, TDVI, TSAVI, VARI, WDRVI ve WDVİ gibi gelişim, klorofil yoğunluğu, toprak etkisi ve su stresini yansıtan göstergeler yer almaktadır.

Tüm görüntüler, çalışma alanına uygun olarak EPSG:32637 projeksiyon sistemine dönüştürülmüş ve raster (uydu görüntüsü) analiz için hazır hale getirilmiştir. Ardından çalışma alanını kapsayacak şekilde clip (raster (uydu görüntüsü) verilerin çalışma alanı sınırlarına göre kırılması) işlemine tabi tutulmuş ve raster (uydu görüntüsü) formatında indeks haritaları (her bir indekse ait sayısal uzamsal veri setleri) oluşturulmuştur. Bu raster (uydu görüntüsü) veriler, çalışma alanındaki gözlem noktalarını temsil eden poligonlarla örtüştürülerek Zonal Statistics (belirli bir alan (poligon) içinde kalan raster (uydu görüntüsü) değerlerinin istatistiksel olarak özetlenmesi işlemi) yöntemiyle ortalama değerler elde edilmiştir.

Pamuk ekili alanlarında yaptıkları çalışmada, Minimum Mesafe, Maksimum Olabilirlik ve Paralel Kenar gibi yöntemler kullanılarak sınıflandırma doğrulukları sonuçlandırılmıştır. Sonuçlar, özellikle büyük tarım alanlarında Paralel Kenar-Maksimum Olabilirlik ve Paralel Kenar-Minimum Mesafe yöntemlerinin en düşük hata oranına sahip olmaktadır (Esetlili ve Kurucu, 2003).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

İncelenen bitki boyu (cm), 100 tohum ağırlığı (g), çırçır randımanı (%), pamuk kütlü verimi (kg/da) gözlem değerlerine ilişkin tanımlayıcı istatistiki sonuçları, Tablo 4.1’de, iplik olabilirlik indeksi (SCI), lif inceliği (mic), lif olgunluğu (mat) (%), lif uzunluğu (Len) (mm) gözlem değerlerine ilişkin tanımlayıcı istatistiki sonuçları, Tablo 4.2’de; kısa lif oranı (SFI)(%), lif mukavemeti (STR) (gr/tex), lif parlaklığı (Rd) ve lif sarılığı (+b) gözlem değerlerine ilişkin tanımlayıcı istatistiki sonuçları, Tablo 4.3’de verilmiştir.

Tablo 4.1 Bitki boyu (cm), Çırçır randımanı (%), 100 tohum ağırlığı (g), Kütlü pamuk verimi (kg/da) gözlem değerlerine ilişkin tanımlayıcı istatistiki sonuçlar

Tanımlayıcı istatistik Özelliği	Bitki Boyu (cm)	Çırçır Randımanı (%)	100 Tohum Ağırlığı (g)	Kütlü Pamuk Verimi (kg/da)
Örnek Sayısı (n)	76	76	76	76
Minimum (min)	66,60	39,13	6,67	179,29
Maksimum (max)	295,80	50,49	10,47	467,86
Ortalama ($\bar{x}$)	98,07	44,42	8,80	334,13
Std Sapma (s)	25,44	2,19	0,79	57,45
Varyans (s^2)	647,41	4,78	0,62	3300,94

Tablo 4.2 İplik olabilirlik indeksi (Sci), Lif inceliği (Mic), Lif olgunluğu (Mat)(%), Lif uzunluğu (Len)(mm) gözlem değerlerine ilişkin tanımlayıcı istatistiki sonuçlar

Tanımlayıcı istatistik Özelliği	SCI	MIC (mic.)	Mat (%)	Len (mm)
Örnek Sayısı (n)	76	76	76	76
Minimum (min)	89,00	2,87	0,83	25,57
Maksimum (max)	175,00	5,36	0,90	33,59
Ortalama ($\bar{x}$)	142,31	4,58	0,87	29,78
Std Sapma (s)	13,91	0,45	0,01	1,52
Varyans (s^2)	193,51	0,20	0,00	2,31

Tablo 4.3 Kısa lif oranı (SFI)(%), Lif mukavemeti (STR)(gr/tex), Lif parlaklığı (Rd) ve Lif sarılığı (+b) gözlem değerlerine ilişkin tanımlayıcı istatistiki sonuçlar

Tanımlayıcı istatistik Özelliği	SFI (%)	Str (g/tex)	Rd	+b
Örnek Sayısı (n)	76	76	76	76
Minimum (min)	3,80	26,40	72,60	6,90
Maksimum (max)	14,30	38,60	81,40	9,20
Ortalama ($\bar{x}$)	7,49	32,60	77,18	8,13
Std Sapma (s)	1,87	2,25	2,01	0,49
Varyans (s^2)	3,50	5,08	4,04	0,24

4.1 100 Tohum Ağırlığı (g)

100 tohum ağırlığı verileri, 6,67-10,47 g arasında değişim gösterirken, ortalama değer 8,80 g, Std Sapma 0,79, varyans 0,62 olarak elde edilmiştir (Tablo 4.1). 100 tohum ağırlığı (g) gözlem değerleri ile incelenen band / indisler arası ikili ilişkiler (korelasyon analiz sonuçları) ve lineer regresyon katsayıları, Tablo 4.4’de verilmiştir.

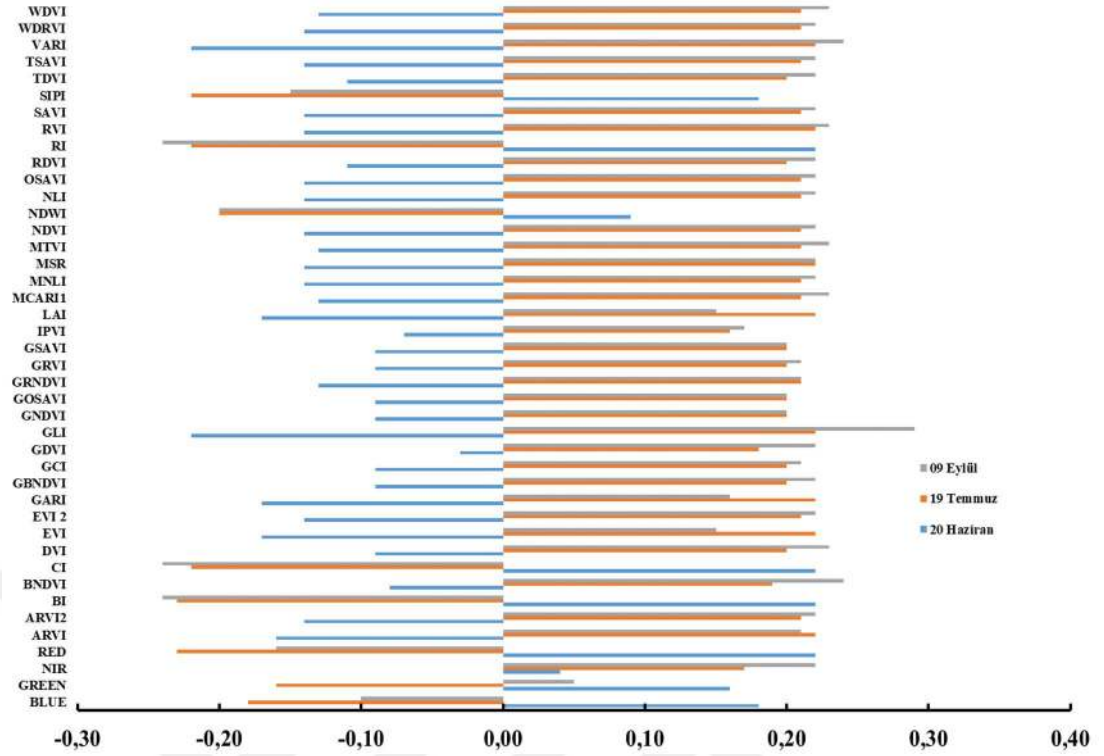
Tablo 4.4 100 tohum ağırlığı (g) gözlem değerleri ile incelenen band / indisler arası ikili ilişkiler ve lineer regresyon katsayıları

Band / İndisler	20 Haziran 2024			19 Temmuz 2024			09 Eylül 2024		
	r	Olasılık	R ²	r	Olasılık	R ²	r	Olasılık	R ²
BLUE	0,18	0,11	0,04	-0,18	0,11	0,04	-0,10	0,42	0,01
GREEN	0,16	0,15	0,03	-0,16	0,16	0,03	0,05	0,69	0,01
NIR	0,04	0,78	0,01	0,17	0,14	0,03	0,22	0,05*	0,05
RED	0,22	0,06*	0,05	-0,23	0,04*	0,06	-0,16	0,16	0,03
ARVI	-0,16	0,17	0,03	0,22	0,05*	0,05	0,21	0,06	0,05
ARVI2	-0,14	0,21	0,02	0,21	0,06	0,05	0,22	0,05*	0,05
BI	0,22	0,05*	0,05	-0,23	0,04*	0,05	-0,24	0,03*	0,06
BNDVI	-0,08	0,50	0,01	0,19	0,09	0,04	0,24	0,04*	0,06
CI	0,22	0,06	0,05	-0,22	0,05*	0,05	-0,24	0,03*	0,06
DVI	-0,09	0,46	0,01	0,20	0,08	0,04	0,23	0,04*	0,05
EVI	-0,17	0,13	0,03	0,22	0,05*	0,05	0,15	0,21	0,03
EVI 2	-0,14	0,21	0,02	0,21	0,06	0,05	0,22	0,05*	0,05
GARI	-0,17	0,14	0,03	0,22	0,05*	0,05	0,16	0,17	0,03
GBNDVI	-0,09	0,46	0,01	0,20	0,09	0,04	0,22	0,05*	0,05
GCI	-0,09	0,43	0,01	0,20	0,07	0,04	0,21	0,06	0,05
GDVI	-0,03	0,81	0,01	0,18	0,11	0,04	0,22	0,05*	0,05
GLI	-0,22	0,05*	0,05	0,22	0,05*	0,05	0,29	0,01**	0,09
GNDVI	-0,09	0,43	0,01	0,20	0,08	0,04	0,20	0,07	0,04
GOSAVI	-0,09	0,43	0,01	0,20	0,08	0,04	0,20	0,07	0,04
GRNDVI	-0,13	0,28	0,02	0,21	0,06	0,05	0,21	0,06	0,05
GRVI	-0,09	0,43	0,01	0,20	0,07	0,04	0,21	0,06	0,05
GSAVI	-0,09	0,43	0,01	0,20	0,08	0,04	0,20	0,07	0,04
IPVI	-0,07	0,55	0,01	0,16	0,17	0,03	0,17	0,13	0,03
LAI	-0,17	0,13	0,03	0,22	0,05*	0,05	0,15	0,21	0,03
MCARI1	-0,13	0,28	0,02	0,21	0,07	0,05	0,23	0,04*	0,06
MNLI	-0,14	0,21	0,02	0,21	0,06	0,05	0,22	0,06	0,05
MSR	-0,14	0,21	0,02	0,22	0,06	0,05	0,22	0,05*	0,05
MTVI	-0,13	0,28	0,02	0,21	0,07	0,05	0,23	0,04*	0,06
NDVI	-0,14	0,21	0,02	0,21	0,06	0,05	0,22	0,05*	0,05
NDWI	0,09	0,43	0,01	-0,20	0,08	0,04	-0,20	0,07	0,04
NLI	-0,14	0,21	0,02	0,21	0,06	0,05	0,22	0,06	0,05
OSAVI	-0,14	0,21	0,02	0,21	0,06	0,05	0,22	0,05*	0,05
RDVI	-0,11	0,33	0,02	0,20	0,07	0,04	0,22	0,05*	0,05
RI	0,22	0,06	0,05	-0,22	0,05*	0,05	-0,24	0,03*	0,06
RVI	-0,14	0,22	0,02	0,22	0,05*	0,05	0,23	0,04*	0,05
SAVI	-0,14	0,21	0,02	0,21	0,06	0,05	0,22	0,05*	0,05
SIPI	0,18	0,12	0,04	-0,22	0,05*	0,05	-0,15	0,18	0,03
TDVI	-0,11	0,33	0,02	0,20	0,07	0,04	0,22	0,05*	0,05
TSAVI	-0,14	0,21	0,02	0,21	0,06	0,05	0,22	0,05*	0,05
VARI	-0,22	0,06	0,05	0,22	0,05*	0,05	0,24	0,03*	0,06
WDRVI	-0,14	0,21	0,02	0,21	0,06	0,05	0,22	0,05*	0,05
WDVI	-0,13	0,25	0,02	0,21	0,07	0,05	0,23	0,04*	0,05

r= Korelasyon katsayısı; R²: Lineer regresyon katsayısı; *: %5 düzeyinde istatistiksel olarak önemli; **: %1 düzeyinde istatistiksel olarak önemli

100 tohum ağırlığı ile incelenen bandlar arasında yapılan ikili ilişkiler (korelasyon) analizi sonucunda RGB ve NIR bantları ile 100 tohum ağırlığı arasında genel olarak

istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmamıştır. Ancak 20 Haziran tarihli kırmızı bant (Red) ile pozitif yönlü ve %10 anlamlılık düzeyine yakın bir ilişki ($r = 0,22$; $P = 0,06$) gözlenmiştir. 19 Temmuz tarihli kırmızı bant ile negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki ($r = -0,23$; $P = 0,04$) belirlenmiştir. 9 Eylül tarihli NIR bandı ile de pozitif ve %5 düzeyinde anlamlı bir ilişki saptanmıştır ($r = 0,22$; $P = 0,05$). Diğer bantlarla anlamlı ilişki belirlenmemiştir. 20 Haziran verileri dikkate alınarak 100 tohum ağırlığı ile incelenen indisler arasında yapılan ikili ilişkiler (korelasyon) analizi sonucunda BI ($r=+0,22$; $P:0,05^*$), CI ($r=+0,22$; $P:0,06$), GLI ($r=-0,22$; $P:0,05^*$), RI ($r=+0,22$; $P:0,06$), VARI ($r=-0,22$; $P:0,06$); 19 Temmuz verileri dikkate alındığında ARVI ($r=+0,22$; $P:0,05^*$), ARVI2 ($r=+0,21$; $P:0,06$), BI ($r=-0,23$; $P:0,04^*$), BNDVI ($r=+0,19$; $P:0,09$), CI ($r=-0,22$; $P:0,05^*$), DVI ($r=+0,2$; $P:0,08$), EVI ($r=+0,22$; $P:0,05^*$), EVI 2 ($r=+0,21$; $P:0,06$), GARI ($r=+0,22$; $P:0,05^*$), GBNDVI ($r=+0,2$; $P:0,09$), GCI ($r=+0,2$; $P:0,07$), GLI ($r=+0,22$; $P:0,05^*$), GNDVI ($r=+0,2$; $P:0,08$), GOSAVI ($r=+0,2$; $P:0,08$), GRNDVI ($r=+0,21$; $P:0,06$), GRVI ($r=+0,2$; $P:0,07$), GSAVI ($r=+0,2$; $P:0,08$), LAI ($r=+0,22$; $P:0,05^*$), MCARI1 ($r=+0,21$; $P:0,07$), MNLI ($r=+0,21$; $P:0,06$), MSR ($r=+0,22$; $P:0,06$), MTVI ($r=+0,21$; $P:0,07$), NDVI ($r=+0,21$; $P:0,06$), NDWI ($r=-0,2$; $P:0,08$), NLI ($r=+0,21$; $P:0,06$), OSAVI ($r=+0,21$; $P:0,06$), RDVI ($r=+0,2$; $P:0,07$), RI ($r=-0,22$; $P:0,05^*$), RVI ($r=+0,22$; $P:0,05^*$), SAVI ($r=+0,21$; $P:0,06$), SIPI ($r=-0,22$; $P:0,05^*$), TDVI ($r=+0,2$; $P:0,07$), TSAVI ($r=+0,21$; $P:0,06$), VARI ($r=+0,22$; $P:0,05^*$), WDRVI ($r=+0,21$; $P:0,06$), WDVİ ($r=+0,21$; $P:0,07$); 09 Eylül verileri dikkate alındığında ARVI ($r=+0,21$; $P:0,06$), ARVI2 ($r=+0,22$; $P:0,05^*$), BI ($r=-0,24$; $P:0,03^*$), BNDVI ($r=+0,24$; $P:0,04^*$), CI ($r=-0,24$; $P:0,03^*$), DVI ($r=+0,23$; $P:0,04^*$), EVI 2 ($r=+0,22$; $P:0,05^*$), GBNDVI ($r=+0,22$; $P:0,05^*$), GCI ($r=+0,21$; $P:0,06$), GDVI ($r=+0,22$; $P:0,05^*$), GLI ($r=+0,29$; $P:0,01^{**}$), GNDVI ($r=+0,2$; $P:0,07$), GOSAVI ($r=+0,2$; $P:0,07$), GRNDVI ($r=+0,21$; $P:0,06$), GRVI ($r=+0,21$; $P:0,06$), GSAVI ($r=+0,2$; $P:0,07$), MCARI1 ($r=+0,23$; $P:0,04^*$), MNLI ($r=+0,22$; $P:0,06$), MSR ($r=+0,22$; $P:0,05^*$), MTVI ($r=+0,23$; $P:0,04^*$), NDVI ($r=+0,22$; $P:0,05^*$), NDWI ($r=-0,2$; $P:0,07$), NLI ($r=+0,22$; $P:0,06$), OSAVI ($r=+0,22$; $P:0,05^*$), RDVI ($r=+0,22$; $P:0,05^*$), RI ($r=-0,24$; $P:0,03^*$), RVI ($r=0,23$; $P:0,04^*$), SAVI ($r=+0,22$; $P:0,05^*$), TDVI ($r=+0,22$; $P:0,05^*$), TSAVI ($r=+0,22$; $P:0,05^*$), VARI ($r=+0,24$; $P:0,03^*$), WDRVI ($r=+0,22$; $P:0,05^*$), WDVİ ($r=+0,23$; $P:0,04^*$) ilişkiler saptanmıştır (Tablo 4.4; Şekil 4.1).



Şekil 4.1 100 tohum ağırlığı ile incelenen band / indisler arasında yapılan ikili ilişkiler (korelasyon) analizi sonucu

Elde edilen korelasyon analizlere ilişkin yapılan doğrusal (lineer) regresyon analizleri sonuçları incelendiğinde 20 Haziran verileri için $R^2=0,05$; 19 Temmuz verileri için $R^2=0,06$ ve 09 Eylül verileri için $R^2=0,09$ en yüksek regresyon katsayıları elde edilmiştir (Tablo 4.4). Elde edilen ilişkiler lineer ilişki olsa dahi çok düşük doğruluk paylarına (R^2) sahiptir. Bu durum, elde edilen ilişkinin var olması yönünden önemli ancak ilişkinin açıklanmasına yönelik yeterli olmadığı düşünülmektedir. Gerek korelasyon analizi ve gerekse Regresyon analiz sonuçlarının zamansal (tarihsel) değişimi dikkat edildiğinde daha geç zamanlarda (tarih) daha yüksek ilişki değerleri (r) ve daha yüksek regresyon doğruluk paylarının (R^2) elde edildiği saptanmıştır. Bu durum, benzer çalışmaların geç dönem uydu görüntüleri ile yapılmasının daha doğru ve faydalı olacağını ortaya koymaktadır. Gerek incelenen band ve indislere yönelik daha fazla ve detaylı çalışmaların yapılması faydalı olacağından, benzer çalışmaların yapılması önerilmektedir.

İlgili literatürde, 100 tohum ağırlığı ile spektral bantlar veya indeksler arasında ilişki kurmaya yönelik bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu özellik, daha çok genetik ve çevresel faktörlere bağlı olarak şekillendiğinden, uzaktan algılama temelli verilerle

doğrudan açıklanması güçtür. Bu nedenle elde edilen düşük regresyon katsayıları beklenen bir durum olup, gelecekte yapılacak çalışmalarda bu tür içsel kalite özelliklerinin yer ölçümleriyle desteklenmesi önerilmektedir.

4.2 Bitki Boyu (cm)

Bitki boyu özelliği verileri, 66,60-295,80 cm arasında değişim gösterirken, ortalama değer 98,07 cm, Std Sapma 25,44, varyans 647,41 olarak elde edilmiştir (Tablo 4.1).

Bitki Boyu (gr) gözlem değerleri ile incelenen Band / İndisler arası ikili ilişkiler (korelasyon analiz sonuçları) ve lineer regresyon katsayıları, Tablo 4.5’de verilmiştir.

Tablo 4.5 Bitki boyu (cm) gözlem değerleri ile incelenen band / indisler arası ikili ilişkiler ve lineer regresyon katsayıları

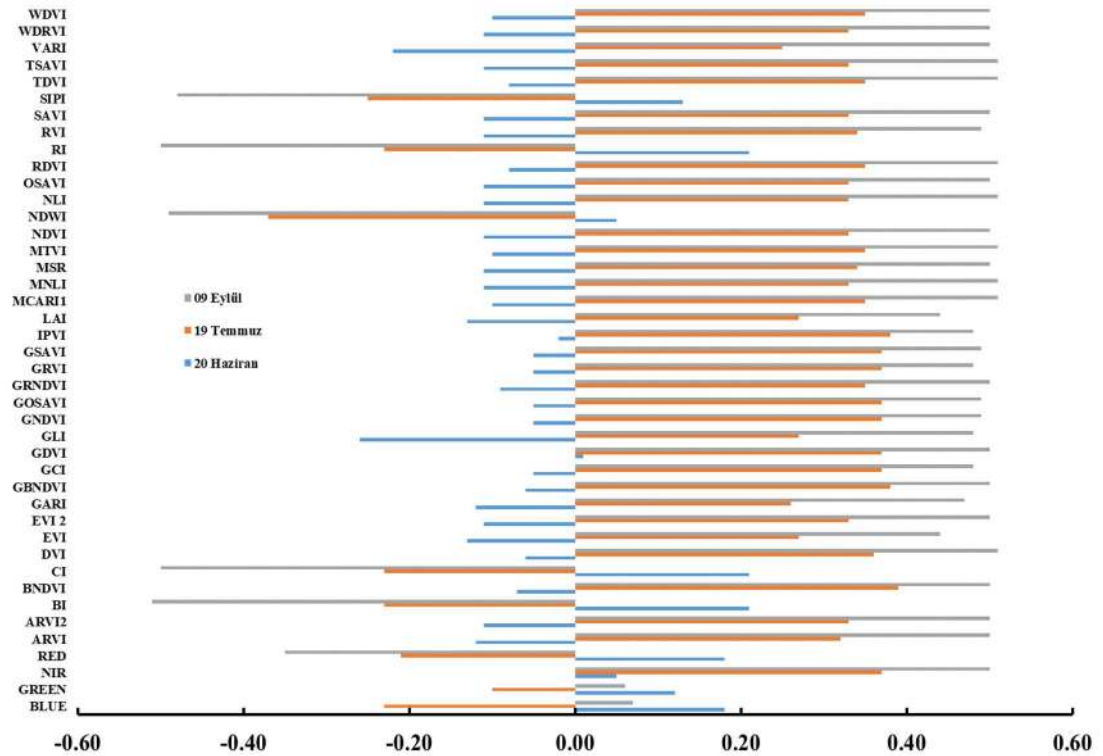
Band / İndisler	20 Haziran 2024			19 Temmuz 2024			09 Eylül 2024		
	r	Olasılık	R ²	r	Olasılık	R ²	r	Olasılık	R ²
BLUE	0,18	0,12	0,03	-0,23	0,04*	0,05	0,07	<,0001**	0,01
GREEN	0,12	0,30	0,02	-0,10	0,38	0,01	0,06	0,61	0,01
NIR	0,05	0,71	0,01	0,37	0,00**	0,14	0,50	<,0001**	0,25
RED	0,18	0,11	0,04	-0,21	0,07	0,05	-0,35	0,00**	0,13
ARVI	-0,12	0,30	0,02	0,32	0,00**	0,10	0,50	<,0001**	0,25
ARVI2	-0,11	0,34	0,02	0,33	0,00**	0,11	0,50	<,0001**	0,25
BI	0,21	0,06	0,05	-0,23	0,04*	0,05	-0,51	<,0001**	0,26
BNDVI	-0,07	0,55	0,01	0,39	0,00**	0,15	0,50	<,0001**	0,25
CI	0,21	0,07	0,05	-0,23	0,04*	0,06	-0,50	<,0001**	0,25
DVI	-0,06	0,64	0,01	0,36	0,00**	0,13	0,51	<,0001**	0,26
EVI	-0,13	0,25	0,02	0,27	0,01*	0,07	0,44	<,0001**	0,19
EVI 2	-0,11	0,34	0,02	0,33	0,00**	0,11	0,50	<,0001**	0,25
GARI	-0,12	0,31	0,02	0,26	0,02*	0,07	0,47	<,0001**	0,22
GBNDVI	-0,06	0,62	0,01	0,38	0,00**	0,14	0,50	<,0001**	0,25
GCI	-0,05	0,68	0,01	0,37	0,00**	0,14	0,48	<,0001**	0,23
GDVI	0,01	0,97	0,01	0,37	0,00**	0,14	0,50	<,0001**	0,25
GLI	-0,26	0,02*	0,07	0,27	0,01*	0,07	0,48	<,0001**	0,24
GNDVI	-0,05	0,67	0,01	0,37	0,00**	0,13	0,49	<,0001**	0,24
GOSAVI	-0,05	0,67	0,01	0,37	0,00**	0,13	0,49	<,0001**	0,24
GRNDVI	-0,09	0,45	0,01	0,35	0,00**	0,12	0,50	<,0001**	0,25
GRVI	-0,05	0,68	0,01	0,37	0,00**	0,14	0,48	<,0001**	0,23
GSAVI	-0,05	0,67	0,01	0,37	0,00**	0,13	0,49	<,0001**	0,24
IPVI	-0,02	0,86	0,01	0,38	0,00**	0,14	0,48	<,0001**	0,23
LAI	-0,13	0,25	0,02	0,27	0,01*	0,07	0,44	<,0001**	0,19
MCARI1	-0,10	0,41	0,01	0,35	0,00**	0,12	0,51	<,0001**	0,26
MNLI	-0,11	0,34	0,02	0,33	0,00**	0,11	0,51	<,0001**	0,26
MSR	-0,11	0,34	0,02	0,34	0,00**	0,11	0,50	<,0001**	0,25
MTVI	-0,10	0,41	0,01	0,35	0,00**	0,12	0,51	<,0001**	0,26
NDVI	-0,11	0,34	0,02	0,33	0,00**	0,11	0,50	<,0001**	0,25
NDWI	0,05	0,67	0,01	-0,37	0,00**	0,13	-0,49	<,0001**	0,24
NLI	-0,11	0,34	0,02	0,33	0,00**	0,11	0,51	<,0001**	0,26
OSAVI	-0,11	0,34	0,02	0,33	0,00**	0,11	0,50	<,0001**	0,25
RDVI	-0,08	0,48	0,01	0,35	0,00**	0,12	0,51	<,0001**	0,26
RI	0,21	0,07	0,05	-0,23	0,04*	0,06	-0,50	<,0001**	0,25
RVI	-0,11	0,34	0,02	0,34	0,00**	0,12	0,49	<,0001**	0,24
SAVI	-0,11	0,34	0,02	0,33	0,00**	0,11	0,50	<,0001**	0,25
SIPI	0,13	0,27	0,02	-0,25	0,03*	0,06	-0,48	<,0001**	0,23
TDVI	-0,08	0,48	0,01	0,35	0,00**	0,12	0,51	<,0001**	0,26
TSAVI	-0,11	0,34	0,02	0,33	0,00**	0,11	0,51	<,0001**	0,26
VARI	-0,22	0,06	0,05	0,25	0,03*	0,06	0,50	<,0001**	0,25
WDRVI	-0,11	0,34	0,02	0,33	0,00**	0,11	0,50	<,0001**	0,25
WDVI	-0,10	0,41	0,01	0,35	0,00**	0,13	0,50	<,0001**	0,25

r= Korelasyon katsayısı; R²: Lineer regresyon katsayısı; *: %5 düzeyinde istatistiksel olarak önemli; **: %1 düzeyinde istatistiksel olarak önemli

Bitki boyu ile incelenen bandlar arasında yapılan ikili ilişkiler (korelasyon) analizi sonucunda 20 Haziran verileri dikkate alındığında RGB ve NIR bantları ile bitki boyu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmamıştır. 19 Temmuz verileri dikkate alındığında BLUE bandı ile negatif ($r=-0,23$; $P=0,04^*$), RED bandı ile negatif ($r=-0,21$; $P=0,07$) ve NIR bandı ile pozitif ($r=+0,37$; $P=0,00^{**}$) yönde ilişkiler saptanmıştır. Bu ilişkilerden BLUE ve NIR bantları ile olan ilişkiler istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. 09 Eylül verilerinde ise BLUE ($r=+0,07$; $P<0,0001^{**}$), NIR ($r=+0,50$; $P<0,0001^{**}$) pozitif; RED ($r=-0,35$; $P<0,00^{**}$) bantları ile negatif yönde, %1 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı ilişkiler saptanmıştır. GREEN bandı ile anlamlı bir ilişki gözlenmemiştir.

20 Haziran verileri dikkate alındığında bitki boyu ile incelenen indeksler arasında yapılan korelasyon analizinde BI ($r=+0,21$; $P=0,06$), CI ($r=+0,21$; $P=0,07$), GLI ($r=-0,26$; $P=0,02^*$), RI ($r=+0,21$; $P=0,07$) ve VARI ($r=-0,22$; $P=0,06$) indeksleri ile önemli ilişkiler saptanmıştır. 19 Temmuz verileri dikkate alındığında ARVI ($r=+0,32$; $P=0,00^{**}$), ARVI2 ($r=+0,33$; $P=0,00^{**}$), BI ($r=-0,23$; $P=0,04^*$), BNDVI ($r=+0,39$; $P=0,00^{**}$), CI ($r=-0,23$; $P=0,04^*$), DVI ($r=+0,36$; $P=0,00^{**}$), EVI ($r=+0,27$; $P=0,01^*$), EVI2 ($r=+0,33$; $P=0,00^{**}$), GARI ($r=+0,26$; $P=0,02^*$), GBNDVI ($r=+0,38$; $P=0,00^{**}$), GCI ($r=+0,37$; $P=0,00^{**}$), GDVI ($r=+0,37$; $P=0,00^{**}$), GLI ($r=+0,27$; $P=0,01^*$), GNDVI ($r=+0,37$; $P=0,00^{**}$), GOSAVI ($r=+0,37$; $P=0,00^{**}$), GRNDVI ($r=+0,35$; $P=0,00^{**}$), GRVI ($r=+0,37$; $P=0,00^{**}$), GSAVI ($r=+0,37$; $P=0,00^{**}$), IPVI ($r=+0,37$; $P=0,00^{**}$), LAI ($r=+0,27$; $P=0,01^*$), MCARI1 ($r=+0,33$; $P=0,00^{**}$), MNLI ($r=+0,33$; $P=0,00^{**}$), MSR ($r=+0,33$; $P=0,00^{**}$), MTVI ($r=+0,34$; $P=0,00^{**}$), NDVI ($r=+0,35$; $P=0,00^{**}$), NDWI ($r=+0,33$; $P=0,00^{**}$), NLI ($r=-0,37$; $P=0,00^{**}$), OSAVI ($r=+0,33$; $P=0,00^{**}$), RDVI ($r=+0,35$; $P=0,00^{**}$), RI ($r=+0,34$; $P=0,00^{**}$), RVI ($r=-0,23$; $P=0,04^*$), SAVI ($r=+0,34$; $P=0,00^{**}$), SIPI ($r=-0,25$; $P=0,03^*$), TDVI ($r=+0,35$; $P=0,00^{**}$), TSAVI ($r=+0,33$; $P=0,00^{**}$), VARI ($r=+0,33$; $P=0,00^{**}$), WDRVI ($r=+0,33$; $P=0,00^{**}$), WDVİ ($r=+0,35$; $P=0,00^{**}$) indeksleri ile %5 ve %1 düzeylerinde istatistiksel olarak anlamlı ilişkiler saptanmıştır. 09 Eylül verileri dikkate alındığında ise ARVI ($r=+0,50$; $P<0,0001^{**}$), ARVI2 ($r=+0,50$; $P<0,0001^{**}$), BI ($r=-0,51$; $P<0,0001^{**}$), BNDVI ($r=+0,50$; $P<0,0001^{**}$), CI ($r=-0,50$; $P<0,0001^{**}$), DVI

($r=+0,51$; $P<0,0001^{**}$), EVI ($r=+0,44$; $P<0,0001^{**}$), EVI2 ($r=+0,50$; $P<0,0001^{**}$), GARI ($r=+0,47$; $P<0,0001^{**}$), GBNDVI ($r=+0,50$; $P<0,0001^{**}$), GCI ($r=+0,50$; $P<0,0001^{**}$), GDVI ($r=+0,50$; $P<0,0001^{**}$), GLI ($r=+0,50$; $P<0,0001^{**}$), GNDVI ($r=+0,49$; $P<0,0001^{**}$), GOSAVI ($r=+0,49$; $P<0,0001^{**}$), GRNDVI ($r=+0,50$; $P<0,0001^{**}$), GRVI ($r=+0,48$; $P<0,0001^{**}$), GSAVI ($r=+0,50$; $P<0,0001^{**}$), IPVI ($r=+0,48$; $P<0,0001^{**}$), LAI ($r=+0,51$; $P<0,0001^{**}$), MCARI1 ($r=+0,51$; $P<0,0001^{**}$), MNLI ($r=+0,51$; $P<0,0001^{**}$), MSR ($r=+0,50$; $P<0,0001^{**}$), MTVI ($r=+0,51$; $P<0,0001^{**}$), NDVI ($r=+0,50$; $P<0,0001^{**}$), NDWI ($r=-0,49$; $P<0,0001^{**}$), NLI ($r=+0,50$; $P<0,0001^{**}$), OSAVI ($r=+0,50$; $P<0,0001^{**}$), RDVI ($r=+0,50$; $P<0,0001^{**}$), RI ($r=-0,50$; $P<0,0001^{**}$), RVI ($r=+0,50$; $P<0,0001^{**}$), SAVI ($r=+0,50$; $P<0,0001^{**}$), SIPI ($r=-0,48$; $P<0,0001^{**}$), TDVI ($r=+0,51$; $P<0,0001^{**}$), TSAVI ($r=+0,50$; $P<0,0001^{**}$), VARI ($r=+0,50$; $P<0,0001^{**}$), WDRVI ($r=+0,50$; $P<0,0001^{**}$), WDV ($r=+0,50$; $P<0,0001^{**}$) indeksleri ile %1 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı ilişkiler saptanmıştır (Tablo 4.5; Şekil 4.2).



Şekil 4.2 Bitki boyu ile incelenen band / indisler arasında yapılan ikili ilişkiler (korelasyon) analizi sonucu

Elde edilen korelasyon analizlerine ilişkin yapılan doğrusal (lineer) regresyon analizleri sonuçları incelendiğinde 20 Haziran verileri için $R^2 = 0,07$, 19 Temmuz

verileri için $R^2 = 0,15$ ve 09 Eylül verileri için $R^2 = 0,26$ olarak en yüksek gözlemlenmiştir (Tablo 4.5). Bu değerler, her üç tarihte de bitki boyu ile bazı spektral bant ve indeksler arasında istatistiksel olarak anlamlı ($P < 0,05$) doğrusal ilişkiler olduğunu ortaya koymaktadır. Ancak, ilişki katsayısı (r) yüksek olsa dahi doğruluk düzeyi (R^2) açısından değerlendirildiğinde elde edilen R^2 değerlerinin düşük seviyelerde kaldığı görülmektedir. Bu durum, kurulan modellerin ilişkinin yönünü göstermekle birlikte, açıklayıcılık bakımından sınırlı düzeyde olduğunu göstermektedir.

Özellikle 19 Temmuz verilerinde bitki boyu ile BNDVI arasında pozitif yönde güçlü ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki ($r = +0,39$; $P = 0,00^*$) saptanmış olup, bu tarihe ait veriler arasında en yüksek determinasyon katsayısı ($R^2 = 0,15$) elde edilmiştir. 09 Eylül verilerinde ise, GLI, GRVI, GDVI, GCI gibi yeşil tonlarına duyarlı indekslerde anlamlı ve yüksek ilişki katsayıları belirlenmiştir ($r \approx 0,50$; $P < 0,0001$), ancak her birinin R^2 değeri sınırlı düzeyde kalmıştır ($R^2 \approx 0,25$). 20 Haziran tarihli verilerde ise ilişkiler daha zayıf düzeyde kalmış, bu tarihteki en yüksek R^2 değeri sadece 0,07 ile GLI indeksinde gözlenmiştir.

Elde edilen analizler incelendiğinde; 09 Eylül verilerinin ilişki katsayıları açısından daha kuvvetli değerler ortaya koyduğu, ancak orta dönem verisi olan 19 Temmuz tarihli görüntülerin regresyon açıklayıcılığı (R^2) bakımından daha güçlü olduğu anlaşılmaktadır. Bu bulgular, bitki boyu gibi morfolojik özelliklerin izlenmesinde farklı tarihlerde alınan görüntülerin spektral performanslarının değiştiğini ve özellikle bazı indekslerin (BNDVI, GLI, GDVI vb.) daha yüksek açıklayıcılığa sahip olabileceğini göstermektedir. Bu nedenle, benzer çalışmaların zamansal olarak geç (Ağustos-Eylül-Ekim) ve farklı dönemlerde ve indeks çeşitliliği gözetilerek yapılması önerilmektedir.

Benzer şekilde Xu vd. (2019) pamuk bitkisinin fenotipik özelliklerini İHA ile alınan multispektral veriler aracılığıyla tahmin ettikleri çalışmada, bitki boyu ile spektral indeksler arasında anlamlı ama sınırlı düzeyde korelasyonlar ($r = +0,30-0,50$ aralığı) bildirmişlerdir. Xu'nun çalışmasında çok zamanlı ve tek sistematik kaynaktan gelen veriler kullanılmıştır. Çalışmamızda ise farklı tarihlerde ve farklı uydulara (Geosat-2,

Jilin-1, SuperView-1) ait görüntülerle çalışılmıştır. Bu durum hem zamansal hem de spektral tutarlılıkta sapmalara neden olmuş, bitki boyu gibi hassas fenotipik değişkenlerin yakalanmasını güçleştirmiştir.

4.3 Çırçır Randımanı (%)

Çırçır randımanı özelliği verileri, % 39,13- % 50,49 arasında değişim gösterirken, ortalama değer % 44,42, Std Sapma 2,19; varyans 4,78 olarak elde edilmiştir (Tablo 4.1). Çırçır randımanı (%) gözlem değerleri ile incelenen band / indisler arası ikili ilişkiler (korelasyon analiz sonuçları) ve lineer regresyon katsayıları, Tablo 4.6'de verilmiştir.

Tablo 4.6 Çırçır randımanı (%) gözlem değerleri ile incelenen band / indisler arası ikili ilişkiler ve lineer regresyon katsayıları

Band / İndisler	20 Haziran 2024			19 Temmuz 2024			09 Eylül 2024		
	r	Olasılık	R ²	r	Olasılık	R ²	r	Olasılık	R ²
BLUE	-0,14	0,23	0,02	0,08	0,53	0,01	0,03	0,83	0,01
GREEN	-0,12	0,31	0,02	0,07	0,55	0,01	-0,06	0,61	0,01
NIR	-0,02	0,89	0,01	0,06	0,64	0,01	-0,06	0,64	0,01
RED	-0,14	0,23	0,02	0,04	0,75	0,01	0,05	0,70	0,01
ARVI	0,10	0,39	0,01	0,03	0,81	0,01	-0,05	0,66	0,01
ARVI2	0,10	0,41	0,01	0,03	0,80	0,01	-0,06	0,65	0,01
BI	-0,11	0,33	0,02	0,01	0,96	0,01	0,10	0,39	0,01
BNDVI	0,07	0,53	0,01	0,05	0,68	0,01	-0,06	0,63	0,01
CI	-0,11	0,34	0,02	0,01	0,95	0,01	0,10	0,39	0,01
DVI	0,06	0,61	0,01	0,04	0,75	0,01	-0,06	0,63	0,01
EVI	0,09	0,44	0,01	0,02	0,92	0,01	-0,04	0,76	0,01
EVI 2	0,10	0,41	0,01	0,03	0,80	0,01	-0,06	0,65	0,01
GARI	0,10	0,39	0,01	0,02	0,86	0,01	-0,04	0,76	0,01
GBNDVI	0,08	0,51	0,01	0,05	0,71	0,01	-0,05	0,70	0,01
GCI	0,08	0,51	0,01	0,03	0,80	0,01	-0,04	0,75	0,01
GDVI	0,03	0,80	0,01	0,05	0,69	0,01	-0,05	0,68	0,01
GLI	0,12	0,32	0,02	-0,01	0,99	0,01	-0,14	0,22	0,02
GNDVI	0,08	0,50	0,01	0,05	0,71	0,01	-0,04	0,78	0,01
GOSAVI	0,08	0,50	0,01	0,05	0,71	0,01	-0,04	0,78	0,01
GRNDVI	0,09	0,45	0,01	0,04	0,78	0,01	-0,05	0,70	0,01
GRVI	0,08	0,51	0,01	0,03	0,80	0,01	-0,04	0,75	0,01
GSAVI	0,08	0,50	0,01	0,05	0,71	0,01	-0,04	0,78	0,01
IPVI	0,07	0,54	0,01	0,07	0,55	0,01	-0,01	0,97	0,01
LAI	0,09	0,44	0,01	0,02	0,92	0,01	-0,04	0,76	0,01
MCARI	0,08	0,50	0,01	0,03	0,80	0,01	-0,07	0,58	0,01
MNLI	0,10	0,41	0,01	0,03	0,79	0,01	-0,06	0,65	0,01
MSR	0,09	0,42	0,01	0,02	0,86	0,01	-0,06	0,64	0,01
MTVI	0,08	0,50	0,01	0,03	0,80	0,01	-0,07	0,58	0,01
NDVI	0,10	0,41	0,01	0,03	0,80	0,01	-0,06	0,65	0,01
NDWI	-0,08	0,50	0,01	-0,05	0,71	0,01	0,04	0,78	0,01
NLI	0,10	0,41	0,01	0,03	0,79	0,01	-0,06	0,65	0,01
OSAVI	0,10	0,41	0,01	0,03	0,80	0,01	-0,06	0,65	0,01
RDVI	0,08	0,51	0,01	0,04	0,76	0,01	-0,06	0,63	0,01
RI	-0,11	0,34	0,02	0,01	0,95	0,01	0,10	0,39	0,01
RVI	0,09	0,43	0,01	0,02	0,90	0,01	-0,06	0,63	0,01
SAVI	0,10	0,41	0,01	0,03	0,80	0,01	-0,06	0,65	0,01
SIPI	-0,11	0,33	0,02	-0,03	0,85	0,01	0,04	0,73	0,01
TDVI	0,08	0,51	0,01	0,04	0,76	0,01	-0,06	0,63	0,01
TSAVI	0,10	0,42	0,01	0,03	0,79	0,01	-0,06	0,65	0,01

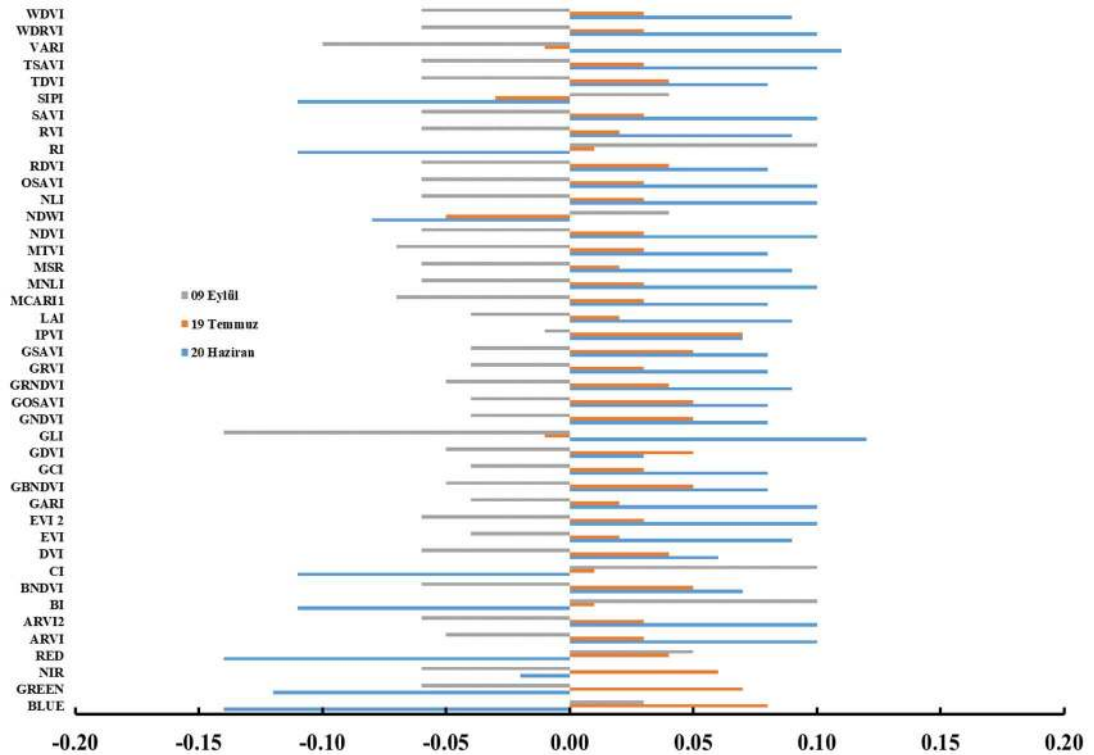
Tablo 4.6 (Devam)

VARI	0,11	0,35	0,02	-0,01	0,96	0,01	-0,10	0,40	0,01
WDRVI	0,10	0,41	0,01	0,03	0,80	0,01	-0,06	0,65	0,01
WDVI	0,09	0,45	0,01	0,03	0,79	0,01	-0,06	0,62	0,01

r= Korelasyon katsayısı; R²: Lineer regresyon katsayısı; *: %5 düzeyinde istatistiksel olarak önemli; **: %1 düzeyinde istatistiksel olarak önemli

Çırçır randımanı ile incelenen bandlar arasında yapılan ikili ilişkiler (korelasyon) analizi sonucunda her üç tarih itibariyle RGB ve NIR bantlarında %10 düzeyinde veya altında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmamıştır.

20 Haziran verileri dikkate alınarak çırçır randımanı ile incelenen indeksler arasında yapılan ikili ilişkiler (korelasyon) analizi sonucunda istatistiksel olarak anlamlı ($P < 0,10$) bir ilişki belirlenmemiştir. 19 Temmuz verileri dikkate alındığında benzer şekilde hiçbir indeks ile istatistiksel olarak anlamlı düzeyde ilişki saptanmamıştır. 09 Eylül verileri dikkate alındığında RGB ve NIR bantları ile birlikte tüm indeksler arasında çırçır randımanı ile istatistiksel olarak anlamlı olmayan ($P > 0,10$) ilişkiler gözlenmiştir (Tablo 4.6; Şekil 4.3).



Şekil 4.3 Çırçır randımanı ile incelenen band / indisler arasında yapılan ikili ilişkiler (korelasyon) analizi sonucu

Elde edilen korelasyon analizlerine ilişkin yapılan doğrusal (lineer) regresyon analizleri sonuçları incelendiğinde ırır randımanı değışkeni ile gerek 20 Haziran gerek 19 Temmuz ve gerekse 09 Eylül tarihli uydu verileri üzerinden elde edilen RGB ve NIR bantları ile spektral indeksler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki belirlenememiştir (Tablo 4.6). İncelenen tüm bant ve indekslerde korelasyon katsayısı (r) oldukça düşük düzeyde kalırken, anlamlılık düzeyi (P) istatistiksel sınır olan 0,10'un üzerinde seyretmiş ve belirlenen R² değerleri de çoğunlukla 0,01 – 0,02 gibi düşük seviyelerde gerçekleşmiştir. Bu durum, ırır randımanı ile spektral veriler arasında anlamlı ve güçlü bir ilişki kurulamamış olduğunu göstermektedir (Tablo 4.6; Şekil 4.3).

İlgili literatürde ırır randımanı ile uydu temelli spektral bantlar veya indeksler arasında ilişki kurmaya yönelik bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu durum, ırır randımanının daha çok pamuk lifi ile tohum arasındaki fiziksel ayrışma oranını yansıtan, doğrudan gözlenebilir morfolojik bir özellik olmayıp, genetik yapı ve ırırlama teknolojisine bağılı olarak şekillenen bir değışken olduğunu göstermektedir. Bu nedenle çalışmada elde edilen düşük korelasyon ve regresyon değerleri, bu tür kalite parametrelerinin uzaktan algılama temelli modellerle tahmin edilmesinde yetersiz kalabileceğini ortaya koymaktadır.

4.4 Kütlü Pamuk Verimi (kg/da)

Kütlü Pamuk Verimi özelliğı verileri, 179,29 – 467,86 kg/da arasında değışim gösterirken, ortalama değeri 334,13 kg/da, Std Sapma 57,45, varyans 3300,94 olarak elde edilmiştir (Tablo 4.1). Kütlü pamuk verimi (kg/da) gözlem değeri ile incelenen band /indisler arası ikili ilişkiler (korelasyon analiz sonuçları) ve lineer regresyon katsayıları, Tablo 4.7'de verilmiştir.

Tablo 4.7 Kütlü pamuk verimi (kg/da) gözlem değeri ile incelenen band / indisler arası ikili ilişkiler ve lineer regresyon katsayıları

Band / İndisler	20 Haziran 2024			19 Temmuz 2024			09 Eylül 2024		
	r	Olasılık	R ²	r	Olasılık	R ²	r	Olasılık	R ²
BLUE	0.08	0.51	0.01	-0.44	<.0001**	0.19	-0.13	0.26	0.02
GREEN	0.04	0.72	0.01	-0.34	0.00**	0.12	-0.17	0.14	0.03
NIR	0.11	0.35	0.02	0.52	<.0001**	0.27	0.45	<.0001**	0.20
RED	0.05	0.69	0.01	-0.49	<.0001**	0.24	-0.46	<.0001**	0.21
ARVI	0.06	0.63	0.01	0.57	<.0001**	0.32	0.51	<.0001**	0.26
ARVI2	0.07	0.58	0.01	0.57	<.0001**	0.33	0.51	<.0001**	0.26
BI	0.04	0.75	0.01	-0.48	<.0001**	0.23	-0.48	<.0001**	0.23

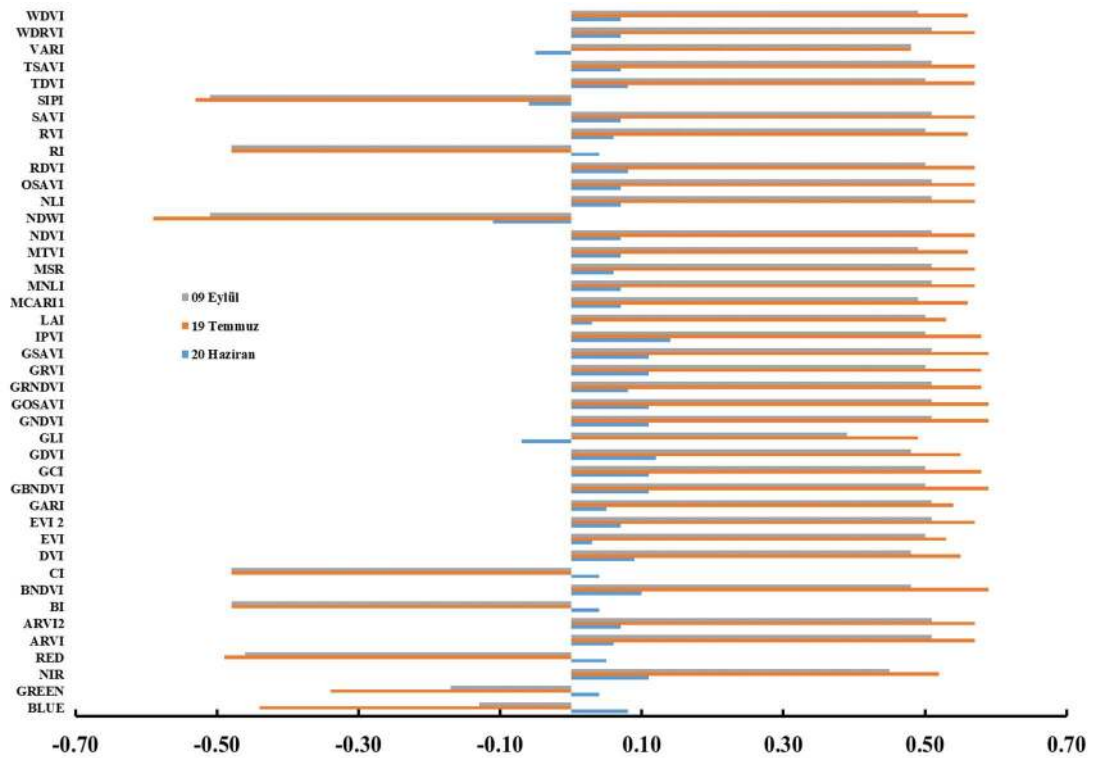
Tablo 4.7 (Devam)

BNDVI	0,10	0,41	0,01	0,59	<.0001**	0,35	0,48	<.0001**	0,23
CI	0,04	0,74	0,01	-0,48	<.0001**	0,23	-0,48	<.0001**	0,23
DVI	0,09	0,45	0,01	0,55	<.0001**	0,31	0,48	<.0001**	0,23
EVI	0,03	0,84	0,01	0,53	<.0001**	0,28	0,50	<.0001**	0,25
EVI2	0,07	0,58	0,01	0,57	<.0001**	0,33	0,51	<.0001**	0,26
GARI	0,05	0,66	0,01	0,54	<.0001**	0,29	0,51	<.0001**	0,26
GBNDVI	0,11	0,37	0,02	0,59	<.0001**	0,35	0,50	<.0001**	0,25
GCI	0,11	0,35	0,02	0,58	<.0001**	0,33	0,50	<.0001**	0,25
GDVI	0,12	0,32	0,02	0,55	<.0001**	0,30	0,48	<.0001**	0,23
GLI	-0,07	0,55	0,01	0,49	<.0001**	0,24	0,39	<.0001**	0,15
GNDVI	0,11	0,33	0,02	0,59	<.0001**	0,34	0,51	<.0001**	0,26
GOSAVI	0,11	0,33	0,02	0,59	<.0001**	0,34	0,51	<.0001**	0,26
GRNDVI	0,08	0,48	0,01	0,58	<.0001**	0,33	0,51	<.0001**	0,26
GRVI	0,11	0,35	0,02	0,58	<.0001**	0,33	0,50	<.0001**	0,25
GSAVI	0,11	0,33	0,02	0,59	<.0001**	0,34	0,51	<.0001**	0,26
IPVI	0,14	0,24	0,02	0,58	<.0001**	0,33	0,50	<.0001**	0,25
LAI	0,03	0,84	0,01	0,53	<.0001**	0,28	0,50	<.0001**	0,25
MCARI1	0,07	0,58	0,01	0,56	<.0001**	0,31	0,49	<.0001**	0,24
MNLI	0,07	0,57	0,01	0,57	<.0001**	0,33	0,51	<.0001**	0,26
MSR	0,06	0,60	0,01	0,57	<.0001**	0,32	0,51	<.0001**	0,26
MTVI	0,07	0,58	0,01	0,56	<.0001**	0,31	0,49	<.0001**	0,24
NDVI	0,07	0,58	0,01	0,57	<.0001**	0,33	0,51	<.0001**	0,26
NDWI	-0,11	0,33	0,02	-0,59	<.0001**	0,34	-0,51	<.0001**	0,26
NLI	0,07	0,57	0,01	0,57	<.0001**	0,33	0,51	<.0001**	0,26
OSAVI	0,07	0,58	0,01	0,57	<.0001**	0,33	0,51	<.0001**	0,26
RDVI	0,08	0,50	0,01	0,57	<.0001**	0,32	0,50	<.0001**	0,25
RI	0,04	0,74	0,01	-0,48	<.0001**	0,23	-0,48	<.0001**	0,23
RVI	0,06	0,62	0,01	0,56	<.0001**	0,31	0,50	<.0001**	0,25
SAVI	0,07	0,58	0,01	0,57	<.0001**	0,33	0,51	<.0001**	0,26
SIPI	-0,06	0,62	0,01	-0,53	<.0001**	0,28	-0,51	<.0001**	0,26
TDVI	0,08	0,50	0,01	0,57	<.0001**	0,32	0,50	<.0001**	0,25
TSAVI	0,07	0,58	0,01	0,57	<.0001**	0,33	0,51	<.0001**	0,26
VARI	-0,05	0,71	0,01	0,48	<.0001**	0,23	0,48	<.0001**	0,23
WDRVI	0,07	0,58	0,01	0,57	<.0001**	0,33	0,51	<.0001**	0,26
WDVI	0,07	0,55	0,01	0,56	<.0001**	0,31	0,49	<.0001**	0,25

r= Korelasyon katsayısı; R²: Lineer regresyon katsayısı; *: %5 düzeyinde istatistiksel olarak önemli; **: %1 düzeyinde istatistiksel olarak önemli

Kütlü pamuk verimi ile incelenen bandlar arasında yapılan ikili ilişkiler (korelasyon) analizi sonucunda 20 Haziran verileri dikkate alındığında RGB ve NIR bantları ile istatistiksel olarak anlamlı ($P<0,10$) bir ilişki saptanmamıştır. Aynı şekilde, bu tarihte incelenen hiçbir spektral indeks ile kütlü pamuk verimi arasında da istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki belirlenememiştir. 19 Temmuz verileri dikkate alındığında BLUE bandı ile negatif ($r=-0,44$; $P<0,0001^{**}$), GREEN bandı ile negatif ($r=-0,34$; $P=0,00^{**}$), RED bandı ile negatif ($r=-0,49$; $P<0,0001^{**}$) ve NIR bandı ile pozitif ($r=+0,52$; $P<0,0001^{**}$) yönde %1 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı ilişkiler belirlenmiştir. Aynı tarihe ait analizde ARVI, ARVI2, BI, BNDVI, CI, DVI, EVI, EVI2, GARI, GBNDVI, GCI, GDVI, GLI, GNDVI, GOSAVI, GRNDVI, GRVI, GSAVI, IPVI, LAI, MCARI1, MNLI, MSR, MTVI, NDVI, NDWI, NLI, OSAVI, RDVI, RI, RVI, SAVI, SIPI, TDVI, TSAVI, VARI, WDRVI ve WDVI indeksleri ile %1 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı ilişkiler saptanmıştır. 09 Eylül verileri dikkate alındığında NIR bandı ile pozitif ($r=+0,45$; $P<0,0001^{**}$) ve RED bandı ile negatif ($r=-0,46$; $P<0,0001^{**}$) yönde %1 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı

ilişkiler saptanırken, BLUE ve GREEN bantları ile istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki belirlenememiştir. Aynı tarihte ARVI, ARVI2, BI, BNDVI, CI, DVI, EVI, EVI2, GARI, GBNDVI, GCI, GDVI, GLI, GNDVI, GOSAVI, GRNDVI, GRVI, GSAVI, IPVI, LAI, MCARI1, MNLI, MSR, MTVI, NDVI, NDWI, NLI, OSAVI, RDVI, RI, RVI, SAVI, SIPI, TDVI, TSAVI, VARI, WDRVI ve WDVİ indeksleri ile %1 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı korelasyonlar belirlenmiştir (Tablo 4.7; Şekil 4.4).



Şekil 4.4 Kütlü pamuk verimi ile incelenen band / indisler arasında yapılan ikili ilişkiler (korelasyon) analizi sonucu

Elde edilen korelasyon analizlerine ilişkin yapılan doğrusal (lineer) regresyon analizleri sonuçları incelendiğinde 20 Haziran verileri için $R^2 = 0,02$; 19 Temmuz verileri için $R^2 = 0,35$ ve 09 Eylül verileri için $R^2 = 0,26$ düzeyinde regresyon katsayıları elde edilmiştir (Tablo 4.7). Bu kapsamda en yüksek regresyon katsayısı (açıklayıcı) düzeyinin, bitki gelişiminin orta dönemine karşılık gelen 19 Temmuz tarihli uydu görüntülerinden elde edildiği belirlenmiştir. Elde edilen ilişkiler her ne kadar istatistiksel olarak anlamlı olsa da, R^2 değerlerinin genel olarak düşük seviyelerde kalması, kütlü pamuk verimi ile spektral veriler arasında kurulan modellerin açıklayıcılığının sınırlı olduğunu göstermektedir. Gerek korelasyon analizi

gerekse regresyon analiz sonuçlarının zamansal değişimi dikkate alındığında, vejetasyon sürecinin orta döneminde (Temmuz-Ağustos) alınan veriler ile daha yüksek korelasyon katsayıları (r) ve daha yüksek açıklayıcılığa sahip regresyon değerlerinin (R^2) elde edildiği görülmektedir. Bu durum, pamuk bitkisinin aktif büyüme dönemlerinde alınan uydu görüntülerinin, verim ile spektral özellikler arasındaki ilişkiyi daha güçlü yansıttığını göstermektedir. Bu bağlamda, ilerleyen çalışmalarda özellikle bitkinin gelişiminin aktif olduğu döneme ait spektral verilerin kullanılması önerilmekte olup, incelenen bant ve indekslere yönelik daha detaylı ve çoklu zamansal analizlerin yapılması faydalı olacaktır (Tablo 4.7; Şekil 4.4).

Benzer şekilde Dalezios vd. (2001), NOAA/AVHRR uydu görüntüleri ile NDVI kullanarak pamuk verimini tahmin etmeye yönelik bir çalışma yürütmüş; NDVI'nin, pamuk ekili alanların yıllık değişimlerini izlemek için önemli bir gösterge olabileceğini ifade etmiştir. Iqbal vd. (2013) ise pamuk lif veriminin mekânsal dağılımının tahmini amacıyla yaptıkları çalışmada, 1500 gün-derece sonrası elde edilen verimler ile NDVI arasında zayıf bir korelasyon tespit ettiklerini; tek bir görüntü kullanılarak ekonomik ve uygulanabilir sonuçlara ulaşılabileceğini ve bu yöntemin diğer tarım ürünleri için de kullanılabileceğini belirtmiştir. Huang vd. (2013) ise hava tabanlı multispektral görüntüleme kullanarak gerçekleştirdikleri çalışmada, vejetasyon indeksi oranının (RVI) pamuk verimi ile orta düzeyde bir korelasyona sahip olduğunu ve bu yöntemin pamuk verimi tahmininde etkili olabileceğini ifade etmiştir.

4.5 İplik Olabilirlik İndeksi (SCI)

İplik olabilirlik indeksi özelliği verileri, 89 - 175 arasında değişim gösterirken, ortalama değer 142,31, Std Sapma 13,91, varyans 193,51 olarak elde edilmiştir (Tablo 4.2). İplik olabilirlik indeksi özelliği gözlem değerleri ile incelenen band / indisler arası ikili ilişkiler (korelasyon analiz sonuçları) ve lineer regresyon katsayıları, Tablo 4.8'de verilmiştir.

Tablo 4.8 İplik olabilirlik indeksi özelliği (SCI) gözlem değerleri ile incelenen band / indisler arası ikili ilişkiler ve lineer regresyon katsayıları

Band / İndisler	20 Haziran 2024			19 Temmuz 2024			09 Eylül 2024		
	r	Olasılık	R^2	r	Olasılık	R^2	r	Olasılık	R^2
BLUE	-0,01	0,93	0,01	-0,10	0,37	0,01	0,15	0,18	0,03
GREEN	-0,06	0,63	0,01	-0,13	0,26	0,02	0,13	0,26	0,02

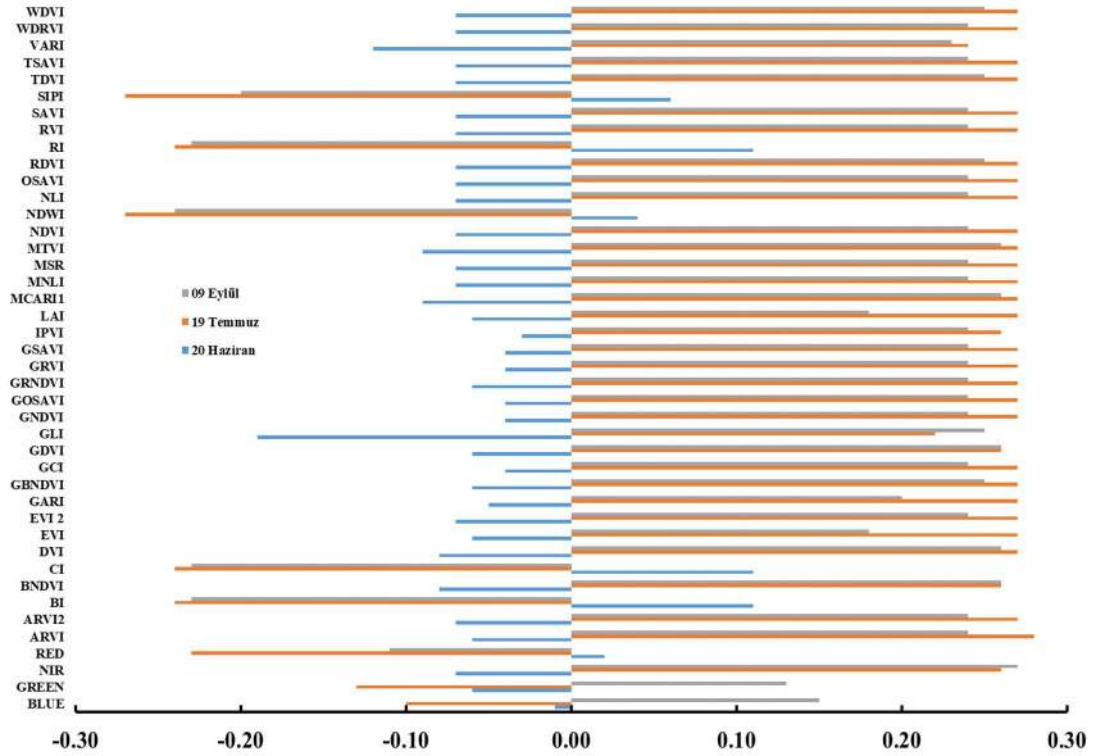
Tablo 4.8 (Devam)

NIR	-0,07	0,58	0,01	0,26	0,02*	0,07	0,27	0,01*	0,08
RED	0,02	0,92	0,01	-0,23	0,04*	0,06	-0,11	0,36	0,02
ARVI	-0,06	0,59	0,01	0,28	0,01*	0,08	0,24	0,03*	0,06
ARVI2	-0,07	0,56	0,01	0,27	0,01*	0,08	0,24	0,03*	0,06
BI	0,11	0,33	0,02	-0,24	0,03*	0,06	-0,23	0,04*	0,06
BNDVI	-0,08	0,51	0,01	0,26	0,02*	0,07	0,26	0,02*	0,07
CI	0,11	0,33	0,02	-0,24	0,03*	0,06	-0,23	0,04*	0,06
DVI	-0,08	0,53	0,01	0,27	0,01*	0,08	0,26	0,02*	0,07
EVI	-0,06	0,65	0,01	0,27	0,01*	0,08	0,18	0,12*	0,03
EVI 2	-0,07	0,56	0,01	0,27	0,01*	0,08	0,24	0,03*	0,06
GARI	-0,05	0,70	0,01	0,27	0,01*	0,08	0,20	0,07	0,04
GBNDVI	-0,06	0,63	0,01	0,27	0,01*	0,07	0,25	0,02*	0,06
GCI	-0,04	0,74	0,01	0,27	0,01*	0,08	0,24	0,03*	0,06
GDVI	-0,06	0,63	0,01	0,26	0,02*	0,07	0,26	0,02*	0,07
GLI	-0,19	0,10	0,04	0,22	0,05*	0,05	0,25	0,03*	0,06
GNDVI	-0,04	0,75	0,01	0,27	0,01*	0,08	0,24	0,03*	0,06
GOSAVI	-0,04	0,75	0,01	0,27	0,01*	0,08	0,24	0,03*	0,06
GRNDVI	-0,06	0,63	0,01	0,27	0,01*	0,08	0,24	0,03*	0,06
GRVI	-0,04	0,74	0,01	0,27	0,01*	0,08	0,24	0,03*	0,06
GSVI	-0,04	0,75	0,01	0,27	0,01*	0,08	0,24	0,03*	0,06
IPVI	-0,03	0,84	0,01	0,26	0,02*	0,07	0,24	0,03*	0,06
LAI	-0,06	0,65	0,01	0,27	0,01*	0,08	0,18	0,12	0,03
MCARI	-0,09	0,47	0,01	0,27	0,01*	0,08	0,26	0,02*	0,07
MNLI	-0,07	0,57	0,01	0,27	0,01*	0,08	0,24	0,03*	0,06
MSR	-0,07	0,56	0,01	0,27	0,01*	0,08	0,24	0,03*	0,06
MTVI	-0,09	0,47	0,01	0,27	0,01*	0,08	0,26	0,02*	0,07
NDVI	-0,07	0,56	0,01	0,27	0,01*	0,08	0,24	0,03*	0,06
NDWI	0,04	0,75	0,01	-0,27	0,01*	0,08	-0,24	0,03*	0,06
NLI	-0,07	0,57	0,01	0,27	0,01*	0,08	0,24	0,03*	0,06
OSAVI	-0,07	0,56	0,01	0,27	0,01*	0,08	0,24	0,03*	0,06
RDVI	-0,07	0,54	0,01	0,27	0,01*	0,08	0,25	0,02*	0,07
RI	0,11	0,33	0,02	-0,24	0,03*	0,06	-0,23	0,04*	0,06
RVI	-0,07	0,56	0,01	0,27	0,01*	0,08	0,24	0,03*	0,06
SAVI	-0,07	0,56	0,01	0,27	0,01*	0,08	0,24	0,03*	0,06
SIPI	0,06	0,64	0,01	-0,27	0,01*	0,08	-0,20	0,07	0,04
TDVI	-0,07	0,54	0,01	0,27	0,01*	0,08	0,25	0,02*	0,07
TSVI	-0,07	0,56	0,01	0,27	0,01*	0,08	0,24	0,03*	0,06
VARI	-0,12	0,30	0,02	0,24	0,03*	0,06	0,23	0,04*	0,06
WDRVI	-0,07	0,56	0,01	0,27	0,01*	0,08	0,24	0,03*	0,06
WDVI	-0,07	0,55	0,01	0,27	0,01*	0,08	0,25	0,02*	0,07

r= Korelasyon katsayısı; R²: Lineer regresyon katsayısı; *: %5 düzeyinde istatistiksel olarak önemli; **: %1 düzeyinde istatistiksel olarak önemli

İplik olabilirlik indeksi (SCI) ile incelenen bandlar arasında yapılan ikili ilişkiler (korelasyon) analizi sonucunda; 20 Haziran verileri dikkate alındığında RGB ve NIR bantları ile SCI arasında istatistiksel olarak anlamlı ($P < 0,10$) bir ilişki saptanmamıştır. Aynı tarihte incelenen hiçbir spektral indeks ile SCI arasında da %10 düzeyinde anlamlı bir ilişki belirlenememiştir. 19 Temmuz verileri dikkate alındığında NIR bandı ile pozitif ($r = +0,26$; $P = 0,02^*$) ve RED bandı ile negatif ($r = -0,23$; $P = 0,04^*$) yönlü, %5 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı ilişkiler saptanmıştır. BLUE ve GREEN bantları ile SCI arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki gözlenmemiştir. Aynı tarihte yapılan analizde SCI ile ARVI ($r = +0,28$; $P = 0,01^*$), ARVI2 ($r = +0,27$; $P = 0,01^*$), BI ($r = -0,24$; $P = 0,03^*$), BNDVI ($r = +0,26$; $P = 0,02^*$), CI ($r = -0,24$; $P = 0,03^*$),

DVI ($r = +0,27$; $P = 0,01^*$), EVI ($r = +0,27$; $P = 0,01^*$), EVI2 ($r = +0,27$; $P = 0,01^*$), GARI ($r = +0,27$; $P = 0,01^*$), GBNDVI ($r = +0,27$; $P = 0,01^*$), GCI ($r = +0,27$; $P = 0,01^*$), GDVI ($r = +0,26$; $P = 0,02^*$), GLI ($r = +0,22$; $P = 0,05^*$), GNDVI ($r = +0,27$; $P = 0,01^*$), GOSAVI ($r = +0,27$; $P = 0,01^*$), GRNDVI ($r = +0,27$; $P = 0,01^*$), GRVI ($r = +0,27$; $P = 0,01^*$), GSAVI ($r = +0,27$; $P = 0,01^*$), IPVI ($r = +0,26$; $P = 0,02^*$), LAI ($r = +0,27$; $P = 0,01^*$), MCARI1 ($r = +0,27$; $P = 0,01^*$), MNLI ($r = +0,27$; $P = 0,01^*$), MSR ($r = +0,27$; $P = 0,01^*$), MTVI ($r = +0,27$; $P = 0,01^*$), NDVI ($r = +0,27$; $P = 0,01^*$), NDWI ($r = -0,27$; $P = 0,01^*$), NLI ($r = +0,27$; $P = 0,01^*$), OSAVI ($r = +0,27$; $P = 0,01^*$), RDVI ($r = +0,27$; $P = 0,01^*$), RI ($r = -0,24$; $P = 0,03^*$), RVI ($r = +0,27$; $P = 0,01^*$), SAVI ($r = +0,27$; $P = 0,01^*$), SIPI ($r = -0,27$; $P = 0,01^*$), TDVI ($r = +0,27$; $P = 0,01^*$), TSAVI ($r = +0,27$; $P = 0,01^*$), VARI ($r = +0,24$; $P = 0,03^*$), WDRVI ($r = +0,27$; $P = 0,01^*$) ve WDVİ ($r = +0,27$; $P = 0,01^*$) indeksleri arasında da istatistiksel olarak anlamlı ($P < 0,05$) korelasyonlar belirlenmiştir. 09 Eylül verileri dikkate alındığında NIR bandı ile pozitif yönlü ($r=+0,27$; $P=0,01^*$) istatistiksel olarak anlamlı ilişki belirlenmiştir. BLUE, GREEN ve RED bantları ile SCI arasında anlamlı ilişki saptanmamıştır. Aynı tarihli korelasyon analizine göre; ARVI ($r=+0,24$; $P=0,03^*$), ARVI2 ($r=+0,24$; $P=0,03^*$), BI ($r=-0,23$; $P=0,04^*$), BNDVI ($r=+0,26$; $P=0,02^*$), CI ($r=-0,23$; $P=0,04^*$), DVI ($r=+0,26$; $P=0,02^*$), EVI2 ($r=+0,24$; $P=0,03^*$), GBNDVI ($r=+0,25$; $P=0,02^*$), GCI ($r=+0,24$; $P=0,03^*$), GDVI ($r=+0,26$; $P=0,02^*$), GLI ($r=+0,25$; $P=0,03^*$), GNDVI ($r=+0,24$; $P=0,03^*$), GOSAVI ($r=+0,24$; $P=0,03^*$), GRNDVI ($r=+0,24$; $P=0,03^*$), GRVI ($r=+0,24$; $P=0,03^*$), GSAVI ($r=+0,24$; $P=0,03^*$), IPVI ($r=+0,24$; $P=0,03^*$), MCARI1 ($r=+0,26$; $P=0,02^*$), MNLI ($r=+0,24$; $P=0,03^*$), MSR ($r=+0,24$; $P=0,03^*$), MTVI ($r=+0,26$; $P=0,02^*$), NDVI ($r=+0,24$; $P=0,03^*$), NDWI ($r=-0,24$; $P=0,03^*$), NLI ($r=+0,24$; $P=0,03^*$), OSAVI ($r=+0,24$; $P=0,03^*$), RDVI ($r=+0,25$; $P=0,02^*$), RI ($r=-0,23$; $P=0,04^*$), RVI ($r=+0,24$; $P=0,03^*$), SAVI ($r=+0,24$; $P=0,03^*$), TDVI ($r=+0,25$; $P=0,02^*$), TSAVI ($r=+0,24$; $P=0,03^*$), VARI ($r=+0,23$; $P=0,04^*$), WDRVI ($r=+0,24$; $P=0,03^*$) ve WDVİ ($r=+0,25$; $P=0,02^*$) indeksleri ile istatistiksel olarak anlamlı ($P<0,05$) korelasyonlar belirlenmiştir. Ayrıca, bu tarihte GARI ($r=+0,20$; $P=0,07$) ve SIPI ($r=-0,20$; $P=0,07$) indeksleri ile iplik olabilirlik indeksi arasında %10 düzeyine yakın anlamlı ilişkiler gözlenmiştir (Tablo 4.8; Şekil 4.5).



Şekil 4.5 İplik olabilirlik indeksi ile incelenen band / indisler arasında yapılan ikili ilişkiler (korelasyon) analizi sonucu

Elde edilen korelasyon analizlerine ilişkin yapılan doğrusal (lineer) regresyon analizleri sonuçları incelendiğinde 20 Haziran verileri için $R^2=0,04$, 19 Temmuz verileri için $R^2=0,08$ ve 09 Eylül verileri için $R^2=0,08$ ile en yüksek regresyon katsayıları elde edilmiştir (Tablo 4.8). Elde edilen ilişkiler lineer ilişki olsa dahi çok düşük doğruluk paylarına (R^2) sahiptir. Bu durum, elde edilen ilişkinin var olması yönünden önemli ancak ilişkinin açıklanmasına yönelik yeterli olmadığı düşünülmektedir. Gerek korelasyon analizi ve gerekse regresyon analiz sonuçlarının zamansal (tarihsel) değişimi dikkat alındığında, Temmuz ve Eylül 2024 tarihli uydu görüntülerinde daha yüksek ilişki katsayıları ve R^2 değerleri gözlenmiştir. Bu durum, benzer çalışmaların Temmuz ve Eylül tarihli uydu verileri gibi daha yüksek korelasyon ve açıklayıcılık sağlayan tarihlerle yürütülmesinin daha doğru ve faydalı olacağını ortaya koymaktadır. Gerek incelenen band ve indislere yönelik daha fazla ve detaylı çalışmaların yapılması faydalı olacağından, bu çalışmaların yapılması önerilmektedir (Tablo 4.8; Şekil 4.5).

Benzer şekilde, Xu vd. (2023) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, zaman serili İHA tabanlı multispektral görüntüler kullanılarak pamukta lif uzunluğu ve lif inceliği

gibi özellikler, rastgele orman (random forest) ve destek vektör makineleri gibi algoritmalarla yüksek doğrulukla tahmin edilmiştir ($R^2 > 0.77$). Bu özellikler, SCI indeksinin hesaplanmasında doğrudan rol oynadığından, uzaktan algılama ile SCI'nin de dolaylı olarak modellenebileceği düşünülmektedir. Mevcut çalışmada elde edilen düşük R^2 değerlerine rağmen bu yaklaşımın potansiyeli bulunduğu ve özellikle zaman serili spektral veri kullanımıyla model başarısının artırılacağı değerlendirilmektedir.

4.6 Lif İnceliği (mic.)

Lif inceliği özelliği verileri, 2,87 – 5,36 mic. arasında değişim gösterirken, ortalama değer 4,58 mic., Std Sapma 0,45, varyans 0,20 olarak elde edilmiştir (Tablo 4.2). Lif inceliği özelliği gözlem değerleri ile incelenen band / indisler arası ikili ilişkiler (korelasyon analiz sonuçları) ve lineer regresyon katsayıları, Tablo 4.9'de verilmiştir.

Tablo 4.9 Lif inceliği özelliği (mic.) gözlem değerleri ile incelenen band / indisler arası ikili ilişkiler ve lineer regresyon katsayıları

Band / İndisler	20 Haziran 2024			19 Temmuz 2024			09 Eylül 2024		
	r	Olasılık	R^2	r	Olasılık	R^2	r	Olasılık	R^2
BLUE	0,11	0,35	0,02	0,14	0,22	0,02	0,12	0,30	0,02
GREEN	0,15	0,19	0,03	0,21	0,07	0,05	0,13	0,26	0,02
NIR	0,01	0,94	0,01	-0,01	0,95	0,01	0,01	0,96	0,01
RED	0,13	0,27	0,02	0,13	0,28	0,02	0,07	0,54	0,01
ARVI	-0,10	0,40	0,01	-0,07	0,53	0,01	-0,02	0,89	0,01
ARVI2	-0,09	0,43	0,01	-0,07	0,56	0,01	-0,02	0,89	0,01
BI	0,04	0,74	0,01	0,05	0,72	0,01	-0,01	0,93	0,01
BNDVI	-0,06	0,61	0,01	-0,05	0,70	0,01	-0,01	0,95	0,01
CI	0,04	0,74	0,01	0,04	0,73	0,01	-0,01	0,96	0,01
DVI	-0,06	0,60	0,01	-0,04	0,77	0,01	-0,01	0,93	0,01
EVI	-0,11	0,37	0,02	-0,08	0,49	0,01	-0,02	0,87	0,01
EVI 2	-0,09	0,43	0,01	-0,07	0,56	0,01	-0,02	0,89	0,01
GARI	-0,11	0,33	0,02	-0,09	0,44	0,01	-0,02	0,89	0,01
GBNDVI	-0,09	0,44	0,01	-0,06	0,61	0,01	-0,02	0,86	0,01
GCI	-0,12	0,32	0,02	-0,07	0,55	0,01	-0,04	0,77	0,01
GDVI	-0,06	0,65	0,01	-0,03	0,82	0,01	-0,02	0,91	0,01
GLI	0,05	0,70	0,01	0,01	0,96	0,01	0,05	0,69	0,01
GNDVI	-0,11	0,33	0,02	-0,08	0,52	0,01	-0,03	0,81	0,01
GOSAVI	-0,11	0,33	0,02	-0,08	0,52	0,01	-0,03	0,81	0,01
GRNDVI	-0,10	0,38	0,01	-0,07	0,55	0,01	-0,03	0,84	0,01
GRVI	-0,12	0,32	0,02	-0,07	0,55	0,01	-0,04	0,77	0,01
GSAVI	-0,11	0,33	0,02	-0,08	0,52	0,01	-0,03	0,81	0,01
IPVI	-0,12	0,30	0,02	-0,09	0,42	0,01	-0,03	0,80	0,01
LAI	-0,11	0,37	0,02	-0,08	0,49	0,01	-0,02	0,87	0,01
MCARI1	-0,07	0,57	0,01	-0,04	0,73	0,01	-0,01	0,95	0,01
MNLI	-0,09	0,43	0,01	-0,07	0,56	0,01	-0,02	0,91	0,01
MSR	-0,10	0,42	0,01	-0,06	0,60	0,01	-0,03	0,84	0,01
MTVI	-0,07	0,57	0,01	-0,04	0,73	0,01	-0,01	0,95	0,01
NDVI	-0,09	0,43	0,01	-0,07	0,56	0,01	-0,02	0,89	0,01
NDWI	0,11	0,33	0,02	0,08	0,52	0,01	0,03	0,81	0,01
NLI	-0,09	0,43	0,01	-0,07	0,56	0,01	-0,02	0,91	0,01
OSAVI	-0,09	0,43	0,01	-0,07	0,56	0,01	-0,02	0,89	0,01

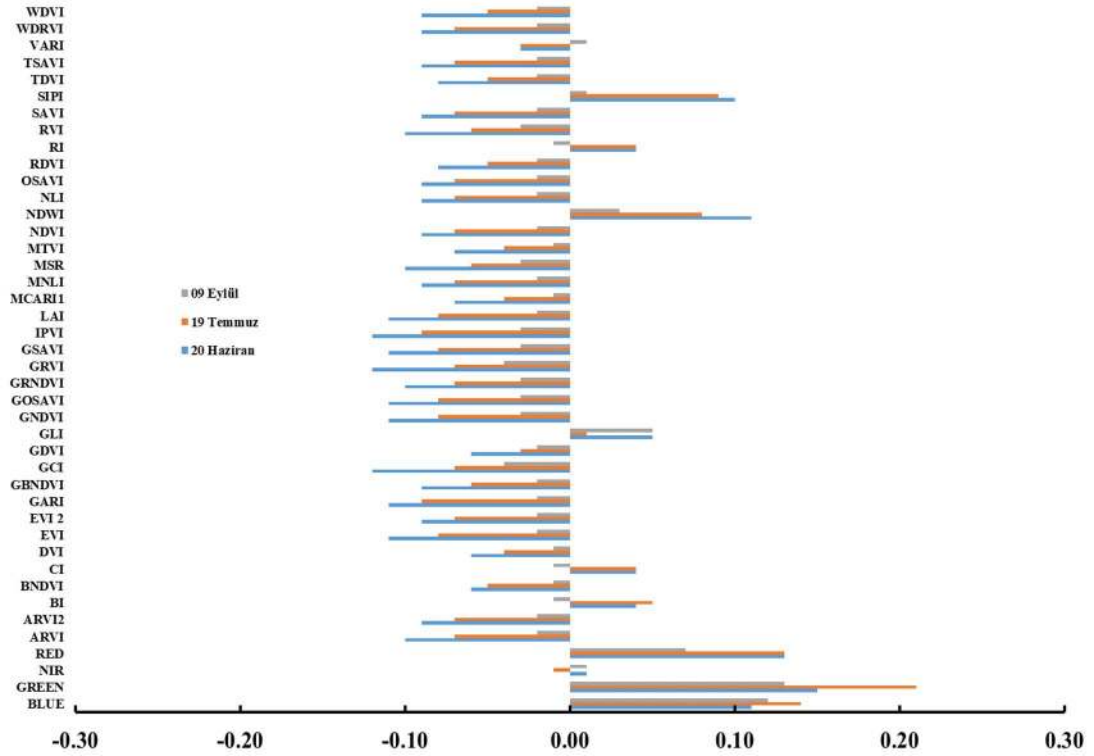
Tablo 4.9 (Devam)

RDVI	-0,08	0,51	0,01	-0,05	0,68	0,01	-0,02	0,92	0,01
RI	0,04	0,74	0,01	0,04	0,73	0,01	-0,01	0,96	0,01
RVI	-0,10	0,42	0,01	-0,06	0,62	0,01	-0,03	0,81	0,01
SAVI	-0,09	0,43	0,01	-0,07	0,56	0,01	-0,02	0,89	0,01
SIPI	0,10	0,38	0,01	0,09	0,44	0,01	0,01	0,96	0,01
TDVI	-0,08	0,51	0,01	-0,05	0,68	0,01	-0,02	0,92	0,01
TSAVI	-0,09	0,43	0,01	-0,07	0,58	0,01	-0,02	0,90	0,01
VARI	-0,03	0,79	0,01	-0,03	0,80	0,01	0,01	0,97	0,01
WDRVI	-0,09	0,43	0,01	-0,07	0,56	0,01	-0,02	0,89	0,01
WDVI	-0,09	0,45	0,01	-0,05	0,70	0,01	-0,02	0,89	0,01

r= Korelasyon katsayısı; R²: Lineer regresyon katsayısı; *: %5 düzeyinde istatistiksel olarak önemli; **: %1 düzeyinde istatistiksel olarak önemli

Lif inceliği özelliği ile incelenen bandlar arasında yapılan ikili ilişkiler (korelasyon) analizi sonucunda 20 Haziran ve 09 Eylül tarihli veriler dikkate alındığında lif inceliği ile RGB ve NIR bantları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmamıştır ($P>0,10$). Ancak 19 Temmuz verileri dikkate alındığında GREEN bandı ile pozitif yönde ve %10 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki belirlenmiştir ($r=+0,21$; $P=0,07$).

20 Haziran tarihli verilerine göre, lif inceliği ile spektral indeksler arasında yapılan korelasyon analizlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki belirlenmemiştir ($P>0,10$). 19 Temmuz tarihli verileri dikkate alındığında yalnızca GREEN bandı ile lif inceliği arasında pozitif yönde ve %10 düzeyinde anlamlı bir ilişki saptanmıştır ($r=+0,21$; $P=0,07$). Bunun dışında kalan tüm spektral indekslerle olan ilişkiler istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($P>0,10$). 09 Eylül tarihli verileri değerlendirildiğinde, hem RGB ve NIR bantları hem de tüm spektral indeksler ile lif inceliği arasında pozitif ya da negatif yönde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmamıştır ($P>0,10$) (Tablo 4.9; Şekil 4.7).



Şekil 4.6 Lif inceliği ile incelenen band / indislere arasında yapılan ikili ilişkiler (korelasyon) analizi sonucu

Elde edilen korelasyon analizlerine ilişkin yapılan doğrusal (lineer) regresyon analizleri sonuçları incelendiğinde 20 Haziran verileri için $R^2=0,03$, 19 Temmuz verileri için $R^2=0,05$ ve 09 Eylül verileri için $R^2=0,02$ ile en yüksek regresyon katsayıları elde edilmiştir (Tablo 4.9). Elde edilen ilişkiler lineer ilişki olsa dahi çok düşük doğruluk paylarına (R^2) sahiptir. Bu durum, elde edilen ilişkinin var olması yönünden önemli ancak ilişkinin açıklanmasına yönelik yeterli olmadığı düşünülmektedir. Gerek korelasyon analizi ve gerekse regresyon analiz sonuçlarının zamansal (tarihsel) değişimi dikkat alındığında, benzer çalışmaların daha yüksek korelasyon ve açıklayıcılık sağlayan orta dönem (Temmuz - Ağustos) uydu görüntüleri ile yürütülmesinin daha doğru ve faydalı olacağını ortaya koymaktadır. Gerek incelenen band ve indislere yönelik daha fazla ve detaylı çalışmaların yapılması faydalı olacağından, bu çalışmaların yapılması önerilmektedir. (Tablo 4.9; Şekil 4.6)

Benzer şekilde, Xu vd. (2023), İHA tabanlı zaman serili multispektral ve RGB görüntüler ile pamukta lif uzunluğu ve lif inceliği gibi kalite parametrelerini, makine öğrenmesi algoritmaları (örneğin random forest ve destek vektör makineleri) ile yüksek doğrulukla tahmin etmişlerdir ($R^2 = 0.8250, 0.8014$ ve 0.7722). Bu bulgular,

lif kalitesi özelliklerinin uzaktan algılama verileriyle başarılı biçimde modellenebileceğini ortaya koymaktadır. Ancak, Tilse vd. (2024) tarafından gerçekleştirilen çalışmada ise uzaktan algılama ile pamuk lif kalitesi tahmininde çeşitli sınırlılıklar olduğu belirtilmiştir. Bu durum, özellikle spektral veri çeşitliliği, zamansal çözünürlük ve algoritma seçimi gibi faktörlerin model başarısında kritik rol oynadığını göstermektedir. Mevcut çalışmada elde edilen düşük R^2 değerleri, söz konusu parametrenin (lif inceliği) spektral yansımalarla zayıf ilişkisinden veya sınırlı bant-temsilinden kaynaklanmış olabilir. Bu nedenle, gelecekte zaman serili ve spektral olarak daha zengin veri setlerinin yanı sıra gelişmiş modelleme yaklaşımlarının kullanılması önerilmektedir.

4.7 Lif Olgunluğu (%)

Lif olgunluğu özelliği verileri, % 83- % 90 arasında değişim gösterirken, ortalama değer % 87, Std Sapma 0,01, varyans 0,0001 olarak elde edilmiştir (Tablo 4.2). Lif olgunluğu özelliği gözlem değerleri ile incelenen band / indisler arası ikili ilişkiler (korelasyon analiz sonuçları) ve lineer regresyon katsayıları, Tablo 4.10'da verilmiştir.

Tablo 4.10 Lif olgunluğu (%) gözlem değerleri ile incelenen band / indisler arası ikili ilişkiler ve lineer regresyon katsayıları

Band / İndisler	20 Haziran 2024			19 Temmuz 2024			09 Eylül 2024		
	r	Olasılık	R^2	r	Olasılık	R^2	r	Olasılık	R^2
BLUE	0,01	0,97	0,01	0,18	0,12	0,04	0,16	0,17	0,03
GREEN	0,06	0,62	0,01	0,25	0,02*	0,07	0,16	0,17	0,03
NIR	-0,06	0,62	0,01	-0,02	0,91	0,01	-0,01	0,96	0,01
RED	0,06	0,63	0,01	0,19	0,09	0,04	0,11	0,35	0,02
ARVI	-0,10	0,40	0,01	-0,12	0,33	0,02	-0,04	0,72	0,01
ARVI2	-0,10	0,41	0,01	-0,11	0,37	0,02	-0,04	0,73	0,01
BI	0,03	0,79	0,01	0,11	0,35	0,02	0,02	0,86	0,01
BNDVI	-0,08	0,51	0,01	-0,06	0,60	0,01	-0,03	0,81	0,01
CI	0,04	0,78	0,01	0,11	0,37	0,02	0,03	0,84	0,01
DVI	-0,09	0,44	0,01	-0,06	0,63	0,01	-0,03	0,81	0,01
EVI	-0,10	0,40	0,01	-0,14	0,24	0,02	-0,06	0,65	0,01
EVI 2	-0,10	0,41	0,01	-0,11	0,37	0,02	-0,04	0,73	0,01
GARI	-0,11	0,37	0,02	-0,14	0,21	0,02	-0,05	0,69	0,01
GBNDVI	-0,10	0,38	0,01	-0,08	0,50	0,01	-0,04	0,73	0,01
GCI	-0,12	0,29	0,02	-0,09	0,44	0,01	-0,06	0,63	0,01
GDVI	-0,10	0,42	0,01	-0,04	0,74	0,01	-0,03	0,81	0,01
GLI	0,04	0,74	0,01	-0,06	0,64	0,01	0,03	0,84	0,01
GNDVI	-0,12	0,29	0,02	-0,10	0,41	0,01	-0,05	0,67	0,01
GOSAVI	-0,12	0,29	0,02	-0,10	0,41	0,01	-0,05	0,67	0,01
GRNDVI	-0,11	0,36	0,02	-0,10	0,39	0,01	-0,05	0,69	0,01
GRVI	-0,12	0,29	0,02	-0,09	0,44	0,01	-0,06	0,63	0,01
GSAVI	-0,12	0,29	0,02	-0,10	0,41	0,01	-0,05	0,67	0,01
IPVI	-0,13	0,26	0,02	-0,09	0,44	0,01	-0,05	0,68	0,01
LAI	-0,10	0,40	0,01	-0,14	0,24	0,02	-0,06	0,65	0,01
MCARI	-0,09	0,47	0,01	-0,07	0,55	0,01	-0,03	0,82	0,01
MNLI	-0,10	0,41	0,01	-0,11	0,36	0,02	-0,04	0,74	0,01
MSR	-0,10	0,41	0,01	-0,10	0,40	0,01	-0,05	0,69	0,01

Tablo 4.10 (Devam)

MTVI	-0,09	0,47	0,01	-0,07	0,55	0,01	-0,03	0,82	0,01
NDVI	-0,10	0,41	0,01	-0,11	0,37	0,02	-0,04	0,73	0,01
NDWI	0,12	0,29	0,02	0,10	0,41	0,01	0,05	0,67	0,01
NLI	-0,10	0,41	0,01	-0,11	0,36	0,02	-0,04	0,74	0,01
OSAVI	-0,10	0,41	0,01	-0,11	0,37	0,02	-0,04	0,73	0,01
RDVI	-0,10	0,42	0,01	-0,08	0,51	0,01	-0,04	0,78	0,01
RI	0,04	0,78	0,01	0,11	0,37	0,02	0,03	0,84	0,01
RVI	-0,10	0,40	0,01	-0,09	0,42	0,01	-0,05	0,66	0,01
SAVI	-0,10	0,41	0,01	-0,11	0,37	0,02	-0,04	0,73	0,01
SIPI	0,10	0,42	0,01	0,15	0,21	0,02	0,04	0,75	0,01
TDVI	-0,10	0,42	0,01	-0,08	0,51	0,01	-0,04	0,78	0,01
TSAVI	-0,10	0,41	0,01	-0,10	0,38	0,01	-0,04	0,73	0,01
VARI	-0,03	0,83	0,01	-0,09	0,43	0,01	-0,03	0,83	0,01
WDRVI	-0,10	0,41	0,01	-0,11	0,37	0,02	-0,04	0,73	0,01
WDVI	-0,10	0,41	0,01	-0,07	0,54	0,01	-0,04	0,76	0,01

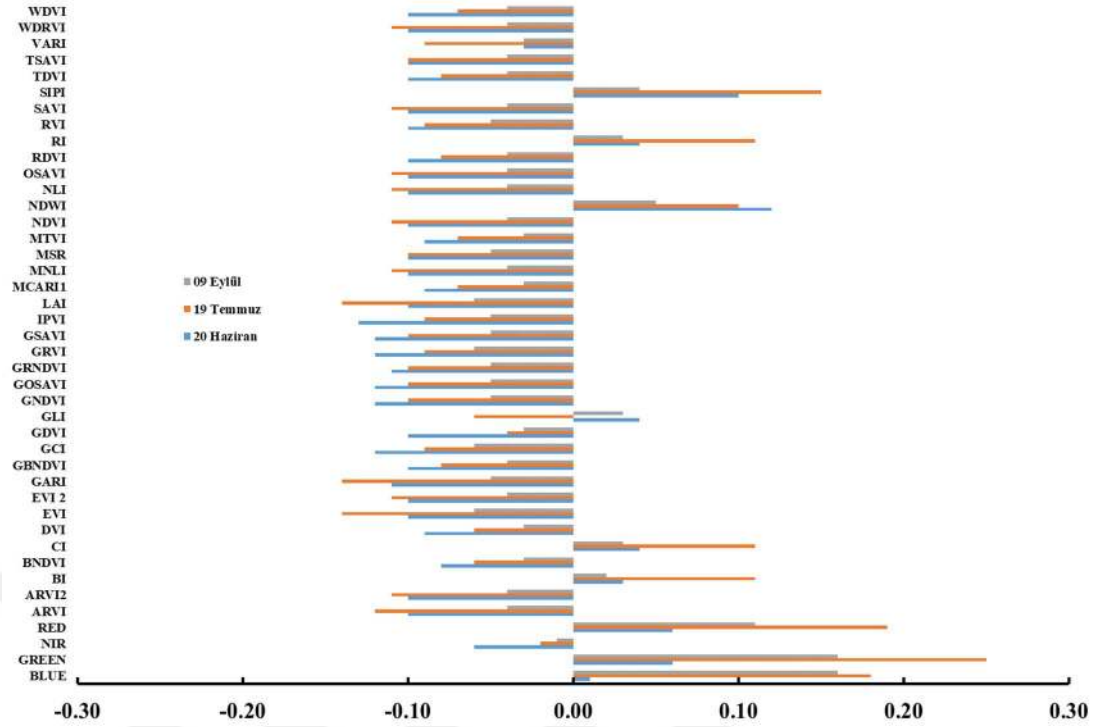
r= Korelasyon katsayısı; R²: Lineer regresyon katsayısı; *: %5 düzeyinde istatistiksel olarak önemli; **: %1 düzeyinde istatistiksel olarak önemli

Lif olgunluğu ile incelenen bantlar arasında yapılan ikili ilişkiler (korelasyon) analizi sonucunda 20 Haziran tarihinde yapılan değerlendirmede, RGB ve NIR bantları ile bu özellik arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmamıştır. Tüm bantlar ve indekslerin olasılık değerleri %10 anlamlılık düzeyinin üzerinde kalmış ve korelasyon katsayıları zayıf düzeyde gerçekleşmiştir.

19 Temmuz tarihli verilere göre, yalnızca GREEN bandı ile lif olgunluğu arasında pozitif yönde ve %5 düzeyinde anlamlı bir ilişki belirlenmiştir ($r=+0,25$; $P=0,02^*$). Bunun dışında RED bandı ile de pozitif ve %10 düzeyinde anlamlı bir ilişki gözlenmiştir ($r=+0,19$; $P=0,09$). Diğer bant ve indeksler ile lif olgunluğu arasında anlamlı ilişki gözlenmemiştir.

09 Eylül tarihli verilere göre ise RGB ve NIR bantları dahil olmak üzere tüm bant ve indekslerde lif olgunluğu ile pozitif ya da negatif yönlü, ancak istatistiksel olarak anlamlı olmayan ilişkiler saptanmıştır. Olasılık değerlerinin tümü %10 anlamlılık düzeyinin üzerinde kalmış, ilişkiler zayıf düzeyde olmuştur.

Sonuç olarak, lif olgunluğu ile yapılan korelasyon analizinde sadece 19 Temmuz tarihinde GREEN bandı ile %5 düzeyinde anlamlı pozitif bir ilişki tespit edilmiş, diğer tarihlerde ve bant/indekslerde anlamlı bir bulguya rastlanmamıştır.



Şekil 4.7 Lif olgunluğu ile incelenen band / indisler arasında yapılan ikili ilişkiler (korelasyon) analizi sonucu

Elde edilen korelasyon analizlerine ilişkin yapılan doğrusal (lineer) regresyon analizleri sonuçları incelendiğinde 20 Haziran verileri için $R^2=0,02$, 19 Temmuz verileri için $R^2=0,07$ ve 09 Eylül verileri için $R^2=0,03$ olmak üzere en yüksek regresyon katsayıları elde edilmiştir (Tablo 4.10). Her üç uydu verisinde de ilişki yönü doğrusal olmakla birlikte, R^2 değerleri genel olarak oldukça düşük seviyededir. Bu durum, istatistiksel olarak anlamlı korelasyonlar bulunsa dahi, lif olgunluğu değişkeninin spektral bant ve indeksler aracılığıyla yeterince temsil edilemediğini göstermektedir. Gerek korelasyon analizi gerekse regresyon analiz sonuçlarının zamana bağlı değişimi incelendiğinde benzer çalışmaların geç dönem uydu verileri gibi daha yüksek korelasyon ve açıklayıcılık sağlayan tarihlerle yürütülmesinin daha doğru ve faydalı olacağını ortaya koymaktadır (Tablo 4.10; Şekil 4.7).

Benzer çalışmalarda, lif olgunluğunun pamuk kalitesini belirleyen önemli bir özellik olduğu ve son yıllarda bu parametrenin uzaktan algılama yoluyla tahminine yönelik çalışmaların arttığı görülmektedir. NDRE (Normalized Difference Red Edge – Bitki sağlığı ve klorofil durumu için kullanılan indeks) gibi spektral indeksler kullanılarak geliştirilen bitki gelişim eğrileri, genotipler arası olgunluk farklarını yansıtmakta ve lif

olgunluğu hakkında dolaylı bilgi sağlamaktadır (Thompson vd., 2020). Laboratuvar koşullarında yürütülen çalışmalarda ise kısa dalga kızılötesi (SWIR) hiperspektral görüntüleme ile lifin selüloz yapısına ilişkin veriler yüksek doğrulukla elde edilmiştir (Liu vd., 2023). Bu yaklaşımın sahada taşınabilir sistemlerle uygulanabilirliği de vurgulanmaktadır. Ayrıca Xu vd. (2023), İHA tabanlı verilerle lif inceliği ve olgunlukla ilişkili parametreleri başarıyla tahmin etmiş; makine öğrenimi algoritmaları ile %77'nin üzerinde doğruluk seviyeleri elde edilmiştir. Bu durum, lif kalitesinin uzaktan algılama yoluyla dolaylı olarak modellenebileceğini göstermektedir. Ancak, lif olgunluğu doğrudan spektral yansıma ile izlenemediğinden, bu tahminlerin çoğunlukla dolaylı ölçümler ve gelişmiş modelleme tekniklerine dayandığı unutulmamalıdır. Sonuç olarak, zaman serili spektral veriler, hiperspektral görüntüleme ve yapay zekâ tabanlı yöntemler, lif olgunluğu gibi karmaşık özelliklerin uzaktan izlenmesinde önemli katkılar sunmaktadır.

4.8 Lif Uzunluğu (mm)

Lif uzunluğu özelliği verileri, 25,57 mm. – 33,59 mm. arasında değişim gösterirken, ortalama değer 29,78 mm, Std Sapma 1,52, varyans 2,31 olarak elde edilmiştir (Tablo 4.2). Lif uzunluğu özelliği gözlem değerleri ile incelenen band / indisler arası ikili ilişkiler (korelasyon analiz sonuçları) ve lineer regresyon katsayıları, Tablo 4.11'da verilmiştir.

Tablo 4.11 Lif uzunluğu (mm) gözlem değerleri ile incelenen band / indisler arası ikili ilişkiler ve lineer regresyon katsayıları

Band / İndisler	20 Haziran 2024			19 Temmuz 2024			09 Eylül 2024		
	r	Olasılık	R ²	r	Olasılık	R ²	r	Olasılık	R ²
BLUE	0,06	0,63	0,01	-0,13	0,27	0,02	0,07	0,58	0,01
GREEN	0,03	0,80	0,01	-0,09	0,45	0,01	0,13	0,25	0,02
NIR	-0,04	0,75	0,01	0,21	0,07	0,05	0,37	0,00**	0,14
RED	0,10	0,42	0,01	-0,18	0,12	0,03	-0,17	0,13	0,03
ARVI	-0,11	0,33	0,02	0,22	0,06	0,05	0,32	0,00**	0,11
ARVI2	-0,11	0,35	0,02	0,22	0,06	0,05	0,33	0,00**	0,11
BI	0,16	0,17	0,03	-0,19	0,09	0,04	-0,32	0,00**	0,10
BNDVI	-0,09	0,46	0,01	0,22	0,05*	0,05	0,36	0,00**	0,13
CI	0,16	0,17	0,03	-0,19	0,09	0,04	-0,32	0,00**	0,11
DVI	-0,09	0,44	0,01	0,22	0,06	0,05	0,36	0,00**	0,13
EVI	-0,11	0,34	0,02	0,20	0,09	0,04	0,22	0,05*	0,05
EVI 2	-0,11	0,35	0,02	0,22	0,06	0,05	0,33	0,00**	0,11
GARI	-0,11	0,36	0,02	0,20	0,07	0,04	0,24	0,03*	0,06
GBNDVI	-0,08	0,49	0,01	0,22	0,05	0,05	0,35	0,00**	0,12
GCI	-0,07	0,53	0,01	0,22	0,06	0,05	0,34	0,00**	0,11
GDVI	-0,06	0,63	0,01	0,21	0,06	0,05	0,36	0,00**	0,13
GLI	-0,20	0,09	0,04	0,20	0,08	0,04	0,36	0,00**	0,13
GNDVI	-0,08	0,53	0,01	0,22	0,06	0,05	0,33	0,00**	0,11

Tablo 4.11 (Devam)

GOSAVI	-0,08	0,53	0,01	0,22	0,06	0,05	0,33	0,00**	0,11
GRNDVI	-0,10	0,41	0,01	0,22	0,05*	0,05	0,33	0,00**	0,11
GRVI	-0,07	0,53	0,01	0,22	0,06	0,05	0,34	0,00**	0,11
GSAVI	-0,08	0,53	0,01	0,22	0,06	0,05	0,33	0,00**	0,11
IPVI	-0,06	0,63	0,01	0,21	0,07	0,05	0,32	0,00**	0,10
LAI	-0,11	0,34	0,02	0,20	0,09	0,04	0,22	0,05*	0,05
MCARI1	-0,11	0,34	0,02	0,22	0,05	0,05	0,36	0,00**	0,13
MNLI	-0,11	0,35	0,02	0,22	0,05	0,05	0,33	0,00**	0,11
MSR	-0,11	0,35	0,02	0,21	0,06	0,05	0,34	0,00**	0,11
MTVI	-0,11	0,34	0,02	0,22	0,05*	0,05	0,36	0,00**	0,13
NDVI	-0,11	0,35	0,02	0,22	0,06	0,05	0,33	0,00**	0,11
NDWI	0,08	0,53	0,01	-0,22	0,06	0,05	-0,33	0,00**	0,11
NLI	-0,11	0,35	0,02	0,22	0,05*	0,05	0,33	0,00**	0,11
OSAVI	-0,11	0,35	0,02	0,22	0,06	0,05	0,33	0,00**	0,11
RDVI	-0,10	0,39	0,01	0,22	0,05*	0,05	0,35	0,00**	0,12
RI	0,16	0,17	0,03	-0,19	0,09	0,04	-0,32	0,00**	0,11
RVI	-0,11	0,35	0,02	0,21	0,06	0,05	0,34	0,00**	0,12
SAVI	-0,11	0,35	0,02	0,22	0,06	0,05	0,33	0,00**	0,11
SIP1	0,12	0,31	0,02	-0,21	0,07	0,05	-0,24	0,03*	0,06
TDVI	-0,10	0,39	0,01	0,22	0,05*	0,05	0,35	0,00**	0,12
TSAVI	-0,11	0,35	0,02	0,22	0,05*	0,05	0,34	0,00**	0,11
VARI	-0,16	0,16	0,03	0,19	0,09	0,04	0,32	0,00**	0,11
WDRVI	-0,11	0,35	0,02	0,22	0,06	0,05	0,33	0,00**	0,11
WDVI	-0,11	0,37	0,02	0,22	0,05*	0,05	0,35	0,00**	0,13

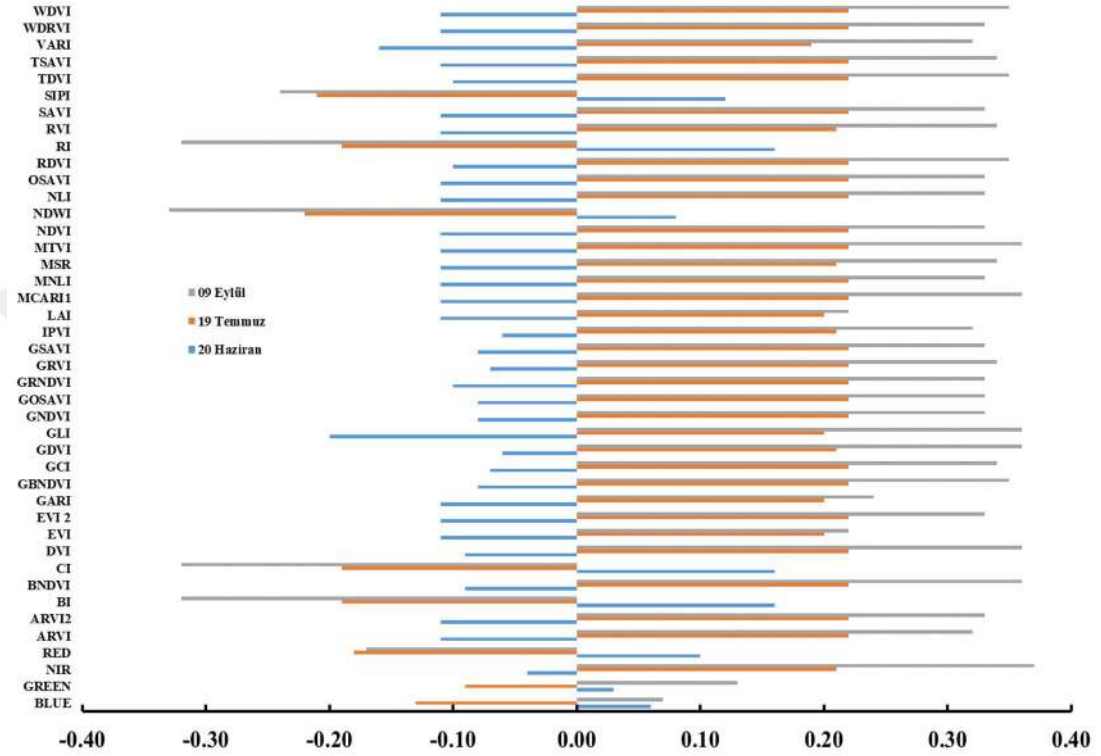
r= Korelasyon katsayısı; R²: Lineer regresyon katsayısı; *: %5 düzeyinde istatistiksel olarak önemli; **: %1 düzeyinde istatistiksel olarak önemli

Lif uzunluğu ile incelenen bandlar arasında yapılan ikili ilişkiler (korelasyon) analizi sonucunda 20 Haziran tarihli verilerine göre, RGB ve NIR bantları ile lif uzunluğu arasında pozitif ya da negatif yönde olmakla birlikte istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmamıştır. Ancak spektral indekslerden yalnızca GLI ile negatif yönlü ve %10 anlamlılık düzeyine oldukça yakın bir ilişki belirlenmiştir ($r = -0,20$; $P = 0,09$). Diğer tüm indeksler ile anlamlı korelasyon saptanmamıştır. 19 Temmuz tarihli verilerine göre RGB ve NIR bantlarından yalnızca NIR ile lif uzunluğu arasında pozitif yönlü ve %10 düzeyine yakın bir ilişki saptanmıştır ($r = +0,21$; $P = 0,07$). Bunun yanı sıra çalışmada kullanılan tüm spektral indekslerle lif uzunluğu arasında %5 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı pozitif ilişkiler tespit edilmiştir. Bu kapsamda ARVI ($r = +0,22$; $P = 0,06$), ARVI2 ($r = +0,22$; $P = 0,06$), BI ($r = -0,19$; $P = 0,09$), BNDVI ($r = +0,22$; $P = 0,05*$), CI ($r = -0,19$; $P = 0,09$), DVI ($r = +0,22$; $P = 0,06$), EVI ($r = +0,20$; $P = 0,09$), EVI2 ($r = +0,22$; $P = 0,06$), GARI ($r = +0,20$; $P = 0,07$), GBNDVI ($r = +0,22$; $P = 0,05$), GCI ($r = +0,22$; $P = 0,06$), GDVI ($r = +0,21$; $P = 0,06$), GLI ($r = +0,20$; $P = 0,08$), GNDVI ($r = +0,22$; $P = 0,06$), GOSAVI ($r = +0,22$; $P = 0,06$), GRNDVI ($r = +0,22$; $P = 0,05$), GRVI ($r = +0,22$; $P = 0,06$), GSAVI ($r = +0,22$; $P = 0,06$), IPVI ($r = +0,21$; $P = 0,07$), LAI ($r = +0,20$; $P = 0,09$), MCARI1 ($r = +0,22$; $P = 0,05*$), MNLI ($r = +0,22$; $P = 0,05*$), MSR ($r = +0,21$; $P = 0,06$), MTVI ($r = +0,22$; $P = 0,05*$), NDVI ($r = +0,22$; $P = 0,06$), NDWI

($r=-0,22$; $P=0,06$), NLI ($r=+0,22$; $P=0,05^*$), OSAVI ($r=+0,22$; $P=0,06$), RDVI ($r=+0,22$; $P=0,05^*$), RI ($r=-0,19$; $P=0,09$), RVI ($r=+0,21$; $P=0,06$), SAVI ($r=+0,22$; $P=0,06$), SIPI ($r=-0,21$; $P=0,07$), TDVI ($r=+0,22$; $P=0,05^*$), TSAVI ($r=+0,22$; $P=0,05^*$), VARI ($r=+0,19$; $P=0,09$), WDRVI ($r=+0,22$; $P=0,06$) ve WDVİ ($r=+0,22$; $P=0,05^*$) indeksleri istatistiksel olarak anlamlı düzeyde korelasyon göstermiştir. 9 Eylül tarihli verileri dikkate alındığında lif uzunluğu ile yapılan korelasyon analizinde, RGB bantları ile istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki belirlenmemiştir. Ancak NIR bandı ile lif uzunluğu arasında pozitif yönlü ve %1 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmıştır ($r=+0,37$; $P=0,00^{**}$). Aynı tarihli veriler ışığında yapılan analizlerde, tüm spektral indeksler ile lif uzunluğu arasında %5 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı pozitif veya negatif korelasyonlar elde edilmiştir. Bu kapsamda sırasıyla ARVI ($r=+0,32$; $P=0,00^{**}$), ARVI2 ($r=+0,33$; $P=0,00^{**}$), BI ($r=-0,32$; $P=0,00^{**}$), BNDVI ($r=+0,36$; $P=0,00^{**}$), CI ($r=-0,32$; $P=0,00^{**}$), DVI ($r=+0,36$; $P=0,00^{**}$), EVI ($r=+0,22$; $P=0,05^*$), EVI2 ($r=+0,33$; $P=0,00^{**}$), GARI ($r=+0,24$; $P=0,03^*$), GBNDVI ($r=+0,35$; $P=0,00^{**}$), GCI ($r=+0,34$; $P=0,00^{**}$), GDVI ($r=+0,36$; $P=0,00^{**}$), GLI ($r=+0,36$; $P=0,00^{**}$), GNDVI ($r=+0,33$; $P=0,00^{**}$), GOSAVI ($r=+0,33$; $P=0,00^{**}$), GRNDVI ($r=+0,33$; $P=0,00^{**}$), GRVI ($r=+0,34$; $P=0,00^{**}$), GSAVI ($r=+0,33$; $P=0,00^{**}$), IPVI ($r=+0,32$; $P=0,00^{**}$), LAI ($r=+0,22$; $P=0,05^*$), MCARI1 ($r=+0,36$; $P=0,00^{**}$), MNLI ($r=+0,33$; $P=0,00^{**}$), MSR ($r=+0,34$; $P=0,00^{**}$), MTVI ($r=+0,36$; $P=0,00^{**}$), NDVI ($r=+0,33$; $P=0,00^{**}$), NDWI ($r=-0,33$; $P=0,00^{**}$), NLI ($r=+0,33$; $P=0,00^{**}$), OSAVI ($r=+0,33$; $P=0,00^{**}$), RDVI ($r=+0,35$; $P=0,00^{**}$), RI ($r=-0,32$; $P=0,00^{**}$), RVI ($r=+0,34$; $P=0,00^{**}$), SAVI ($r=+0,33$; $P=0,00^{**}$), SIPI ($r=-0,24$; $P=0,03^*$), TDVI ($r=+0,35$; $P=0,00^{**}$), TSAVI ($r=+0,34$; $P=0,00^{**}$), VARI ($r=+0,32$; $P=0,00^{**}$), WDRVI ($r=+0,33$; $P=0,00^{**}$) ve WDVİ ($r=+0,35$; $P=0,00^{**}$) indeksleri anlamlı ilişki göstermiştir. Lif uzunluğu ile en güçlü ilişkiler GDVI, GLI, MTVI, MCARI1 ve RDVI gibi indekslerde gözlemlenmiştir (Tablo 4.11; Şekil 4.1).

Xu vd. (2023), İHA tabanlı veri setleriyle yürüttükleri analizlerde, lif uzunluğu tahmini için %82'ye varan doğruluk oranı bildirmiştir. Bu başarı, görüntüleme zamanlaması ve fenolojik hassasiyetin ne kadar önemli olduğunu göstermektedir. Öte yandan, Tilse vd. (2024), lif uzunluğunun uzaktan algılamayla tahmininin özellikle saha koşullarında sınırlı doğrulukla yapılabileceğini vurgulamıştır. Lif uzunluğu gibi fizyolojik

nitelikler, tekil spektral veriden çok, gelişim dinamiği, çevresel etkileşim ve zamansal değişimle modellenenbildiğinde daha anlamlı sonuçlar vermektedir. Bu nedenle ileri düzey öğrenme algoritmaları ve zamansal analizler bu alandaki başarının temel anahtarlarıdır.



Şekil 4.8 Lif uzunluğu ile incelenen band / indisler arasında yapılan ikili ilişkiler (korelasyon) analizi sonucu

Elde edilen korelasyon analizlerine ilişkin yapılan doğrusal (lineer) regresyon analizleri sonuçları incelendiğinde 20 Haziran verileri için $R^2=0,04$, 19 Temmuz verileri için $R^2=0,05$ ve 09 Eylül verileri için $R^2=0,14$ olmak üzere en yüksek regresyon katsayıları elde edilmiştir (Tablo 4.11). Elde edilen ilişkiler doğrusal bir yapı göstermekte olup, özellikle Eylül ayına ait uydu verilerinde açıklayıcılık düzeyi belirgin şekilde artmıştır. 09 Eylül 2024 tarihli görüntüsünde, özellikle NIR bandı ile lif uzunluğu arasında güçlü ve anlamlı bir ilişki saptanmış ($r=0,37$; $P=0,00^{**}$) ve bu ilişki 0,14 gibi görece yüksek bir R^2 değeri ile desteklenmiştir. Temmuz verilerinde ise birçok spektral indeksle istatistiksel olarak anlamlı ilişkiler elde edilmiş olsa da, bu ilişkilerin açıklayıcılık düzeyleri 0,05 seviyesini geçmemiştir. 20 Haziran tarihli verilerinde ise ilişkiler zayıf olup, en yüksek R^2 değeri yalnızca GLI indeksinde 0,04

olarak tespit edilmiştir. Bu nedenle, uzaktan algılama temelli analizlerde istatistiksel olarak daha yüksek korelasyon ve açıklayıcılık sağlayan tarihlere ait görüntülerin tercih edilmesi önerilmektedir (Tablo 4.11; Şekil 4.8).

Benzer şekilde, Lacerda vd. (2025) tarafından yapılan bir çalışmada insansız hava aracı (İHA) tabanlı yüksek çözünürlüklü multispektral görüntüler kullanılarak pamuk bitkisinin fotosentezle alınan aktif ışınımı (IPAR – Intercepted Photosynthetically Active Radiation), bitki boyu ve verim gibi büyüme parametreleri başarıyla tahmin edilmiştir. Ancak aynı çalışmada, lif kalite parametrelerinden özellikle lif uzunluğu için erken dönem multispektral verilerle yapılan tahminlerde düşük bir duyarlılık elde edildiği ve bu parametrenin $R^2 \leq 0,34$ düzeyinde açıklandığı bildirilmiştir. Bu durum, mevcut çalışmamızda lif uzunluğu değişkeni için elde edilen düşük R^2 değerleri ile paralellik göstermekte olup, lif uzunluğunun multispektral verilerle doğrudan izlenebilmesinin sınırlı olduğunu ortaya koymaktadır. Bu nedenle, ileride yapılacak çalışmalarda zaman serili verilerin yanı sıra kırmızı kenar, kısa dalga kızılötesi (SWIR) bantlar ve makine öğrenmesi tabanlı modelleme yaklaşımlarının kullanılması, lif uzunluğunun tahmin edilebilirliğini artırmak adına önemli katkılar sağlayabilir.

4.9 Kısa Lif İndeksi (%)

Kısa Lif İndeksi özelliği verileri, % 3,80- %14,30 arasında değişim gösterirken, ortalama değer %7,49, Std Sapma 1,87, varyans 3,50 olarak elde edilmiştir (Tablo 4.3). Kısa Lif İndeksi özelliği gözlem değerleri ile incelenen band / indisler arası ikili ilişkiler (korelasyon analiz sonuçları) ve lineer regresyon katsayıları, Tablo 4.12’de verilmiştir.

Tablo 4.12 Kısa lif indeksi (%) gözlem değerleri ile incelenen band / indisler arası ikili ilişkiler ve lineer regresyon katsayıları

Band / İndisler	20 Haziran 2024			19 Temmuz 2024			09 Eylül 2024		
	r	Olasılık	R ²	r	Olasılık	R ²	r	Olasılık	R ²
BLUE	-0,04	0,74	0,01	0,05	0,66	0,01	-0,15	0,19	0,03
GREEN	-0,02	0,90	0,01	0,06	0,60	0,01	-0,19	0,10	0,04
NIR	0,06	0,63	0,01	-0,21	0,06	0,05	-0,30	0,00**	0,09
RED	-0,08	0,49	0,01	0,15	0,20	0,03	0,08	0,48	0,01
ARVI	0,11	0,33	0,02	-0,20	0,07	0,04	-0,25	0,02*	0,06
ARVI2	0,11	0,34	0,02	-0,21	0,07	0,05	-0,26	0,02*	0,07
BI	-0,15	0,19	0,03	0,17	0,14	0,03	0,25	0,02*	0,07
BNDVI	0,10	0,41	0,01	-0,20	0,07	0,04	-0,29	0,01**	0,09
CI	-0,15	0,19	0,03	0,17	0,14	0,03	0,25	0,02*	0,07
DVI	0,10	0,38	0,01	-0,21	0,06	0,05	-0,28	0,01**	0,08

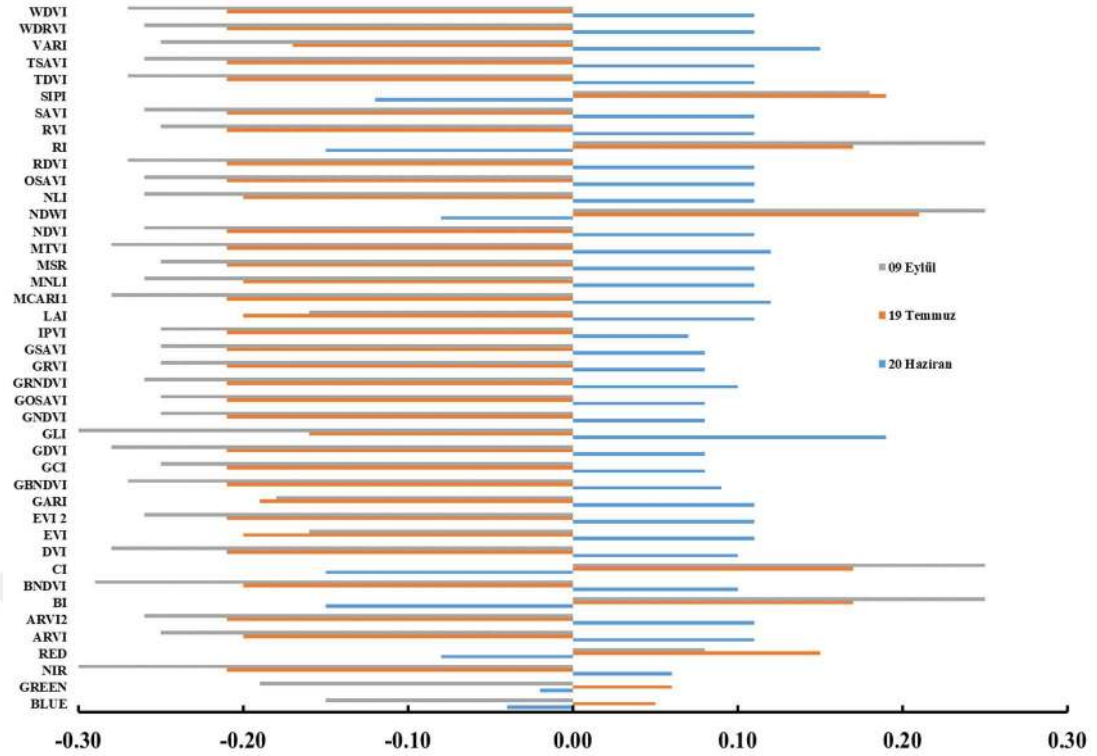
Tablo 4.12 (Devam)

EVI	0,11	0,36	0,02	-0,20	0,08	0,04	-0,16	0,16	0,03
EVI 2	0,11	0,34	0,02	-0,21	0,07	0,05	-0,26	0,02*	0,07
GARI	0,11	0,37	0,02	-0,19	0,09	0,04	-0,18	0,11	0,04
GBNDVI	0,09	0,45	0,01	-0,21	0,06	0,05	-0,27	0,01**	0,08
GCI	0,08	0,48	0,01	-0,21	0,06	0,05	-0,25	0,02*	0,06
GDVI	0,08	0,53	0,01	-0,21	0,06	0,05	-0,28	0,01**	0,08
GLI	0,19	0,09	0,04	-0,16	0,16	0,03	-0,30	0,00**	0,09
GNDVI	0,08	0,49	0,01	-0,21	0,06	0,05	-0,25	0,02*	0,07
GOSAVI	0,08	0,49	0,01	-0,21	0,06	0,05	-0,25	0,02	0,07
GRNDVI	0,10	0,39	0,01	-0,21	0,06	0,05	-0,26	0,02*	0,07
GRVI	0,08	0,48	0,01	-0,21	0,06	0,05	-0,25	0,02*	0,06
GSAVI	0,08	0,49	0,01	-0,21	0,06	0,05	-0,25	0,02*	0,07
IPVI	0,07	0,57	0,01	-0,21	0,07	0,05	-0,25	0,03*	0,06
LAI	0,11	0,36	0,02	-0,20	0,08	0,04	-0,16	0,16	0,03
MCARI1	0,12	0,31	0,02	-0,21	0,06	0,05	-0,28	0,01**	0,08
MNLI	0,11	0,34	0,02	-0,20	0,07	0,04	-0,26	0,02*	0,07
MSR	0,11	0,34	0,02	-0,21	0,07	0,05	-0,25	0,02*	0,07
MTVI	0,12	0,31	0,02	-0,21	0,06	0,05	-0,28	0,01**	0,08
NDVI	0,11	0,34	0,02	-0,21	0,07	0,05	-0,26	0,02*	0,07
NDWI	-0,08	0,49	0,01	0,21	0,06	0,05	0,25	0,02*	0,07
NLI	0,11	0,34	0,02	-0,20	0,07	0,04	-0,26	0,02*	0,07
OSAVI	0,11	0,34	0,02	-0,21	0,07	0,05	-0,26	0,02*	0,07
RDVI	0,11	0,36	0,02	-0,21	0,06	0,05	-0,27	0,01**	0,08
RI	-0,15	0,19	0,03	0,17	0,14	0,03	0,25	0,02*	0,07
RVI	0,11	0,34	0,02	-0,21	0,07	0,05	-0,25	0,02*	0,07
SAVI	0,11	0,34	0,02	-0,21	0,07	0,05	-0,26	0,02*	0,07
SIPI	-0,12	0,33	0,02	0,19	0,10	0,04	0,18	0,11	0,04
TDVI	0,11	0,36	0,02	-0,21	0,06	0,05	-0,27	0,01**	0,08
TSAVI	0,11	0,34	0,02	-0,21	0,07	0,05	-0,26	0,02*	0,07
VARI	0,15	0,18	0,03	-0,17	0,14	0,03	-0,25	0,02*	0,07
WDRVI	0,11	0,34	0,02	-0,21	0,07	0,05	-0,26	0,02*	0,07
WDVI	0,11	0,33	0,02	-0,21	0,06	0,05	-0,27	0,01**	0,08

r= Korelasyon katsayısı; R²: Lineer regresyon katsayısı; *: %5 düzeyinde istatistiksel olarak önemli; **: %1 düzeyinde istatistiksel olarak önemli

Kısa lif indeksi ile incelenen bandlar arasında yapılan ikili ilişkiler (korelasyon) analizi sonucunda 20 Haziran tarihli verileri için kısa lif özelliği ile bant/indeksler arasındaki korelasyon analizinde RGB ve NIR bantlarının hiçbirinde lif inceliği ile istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki tespit edilmemiştir ($P>0,05$). İndeksler açısından değerlendirildiğinde, yapılan analiz sonucunda yalnızca GLI indeksi ile kısa lif indeksi arasında pozitif yönlü ve %10 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmıştır ($r=+0,19$; $P=0,09$). Diğer tüm indekslerde ilişki katsayısı (r) düşük bulunmuş ve olasılık (P) değerleri %10 anlamlılık eşiğinin üzerinde kalmıştır. 19 Temmuz tarihli verilerine göre kısa lif indeksi ile yapılan korelasyon analizinde yalnızca NIR bandı ile negatif yönlü ve %10 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmıştır ($r=-0,21$; $P=0,06$). RGB bantlarında ise istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmamıştır. İlgili tarihli görüntüden elde edilen spektral indekslerin tamamında kısa lif indeksi ile anlamlı korelasyonlar gözlenmiştir. Bu indekslerin tamamı negatif yönlüdür ve %10 düzeyinde istatistiksel olarak olasılık değerlerine

sahiptir. Bu kapsamda bulunan indeksler ve korelasyon değerleri ise ARVI ($r = -0,20$; $P = 0,07$), ARVI2 ($r = -0,21$; $P = 0,07$), BNDVI ($r = -0,20$; $P = 0,07$), DVI ($r = -0,21$; $P = 0,06$), EVI ($r = -0,20$; $P = 0,08$), EVI2 ($r = -0,21$; $P = 0,07$), GARI ($r = -0,19$; $P = 0,09$), GBNDVI ($r = -0,21$; $P = 0,06$), GCI ($r = -0,21$; $P = 0,06$), GDVI ($r = -0,21$; $P = 0,06$), GNDVI ($r = -0,21$; $P = 0,06$), GOSAVI ($r = -0,21$; $P = 0,06$), GRNDVI ($r = -0,21$; $P = 0,06$), GRVI ($r = -0,21$; $P = 0,06$), GSAVI ($r = -0,21$; $P = 0,06$), IPVI ($r = -0,21$; $P = 0,07$), LAI ($r = -0,20$; $P = 0,08$), MCARI1 ($r = -0,21$; $P = 0,06$), MNLI ($r = -0,20$; $P = 0,07$), MSR ($r = -0,21$; $P = 0,07$), MTVI ($r = -0,21$; $P = 0,06$), NDVI ($r = -0,21$; $P = 0,07$), NLI ($r = -0,20$; $P = 0,07$), OSAVI ($r = -0,21$; $P = 0,07$), RDVI ($r = -0,21$; $P = 0,06$), RVI ($r = -0,21$; $P = 0,07$), SAVI ($r = -0,21$; $P = 0,07$), TDVI ($r = -0,21$; $P = 0,06$), TSAVI ($r = -0,21$; $P = 0,07$), WDRVI ($r = -0,21$; $P = 0,07$), WDVİ ($r = -0,21$; $P = 0,06$) olarak bulunmuştur. 09 Eylül tarihli verilerine göre kısa lif değeri ile yapılan korelasyon analizinde yalnızca NIR bandı ile istatistiksel olarak anlamlı ve negatif yönlü bir ilişki belirlenmiştir ($r = -0,30$; $P = 0,00^{**}$). RGB bantlarıyla ise anlamlı bir ilişki saptanmamıştır. Spektral indeksler açısından değerlendirildiğinde, kısa lif indeksi değeri ile spektral indeksler arasında istatistiksel olarak anlamlı ($P < 0,05$ veya $P < 0,10$) korelasyonlar belirlenmiştir. Bu kapsamda ARVI ($r = -0,25$; $P = 0,02^{*}$), ARVI2 ($r = -0,26$; $P = 0,02^{*}$), BI ($r = +0,25$; $P = 0,02^{*}$), BNDVI ($r = -0,29$; $P = 0,01^{**}$), CI ($r = +0,25$; $P = 0,02^{*}$), DVI ($r = -0,28$; $P = 0,01^{**}$), EVI2 ($r = -0,26$; $P = 0,02^{*}$), GBNDVI ($r = -0,27$; $P = 0,01^{**}$), GCI ($r = -0,25$; $P = 0,02^{*}$), GDVI ($r = -0,28$; $P = 0,01^{**}$), GLI ($r = -0,30$; $P = 0,00^{**}$), GNDVI ($r = -0,25$; $P = 0,02^{*}$), GOSAVI ($r = -0,25$; $P = 0,02^{*}$), GRNDVI ($r = -0,26$; $P = 0,02^{*}$), GRVI ($r = -0,25$; $P = 0,02^{*}$), GSAVI ($r = -0,25$; $P = 0,02^{*}$), IPVI ($r = -0,25$; $P = 0,03^{*}$), MCARI1 ($r = -0,28$; $P = 0,01^{*}$), MNLI ($r = -0,26$; $P = 0,02^{*}$), MSR ($r = -0,25$; $P = 0,02^{*}$), MTVI ($r = -0,28$; $P = 0,01^{**}$), NDVI ($r = -0,26$; $P = 0,02^{*}$), NLI ($r = -0,26$; $P = 0,02^{*}$), OSAVI ($r = -0,26$; $P = 0,02^{*}$), RDVI ($r = -0,27$; $P = 0,01^{**}$), RVI ($r = -0,25$; $P = 0,02^{*}$), SAVI ($r = -0,26$; $P = 0,02^{*}$), TDVI ($r = -0,27$; $P = 0,01^{**}$), TSAVI ($r = -0,26$; $P = 0,02^{*}$), VARI ($r = -0,25$; $P = 0,02^{*}$), WDRVI ($r = -0,26$; $P = 0,02^{*}$), WDVİ ($r = -0,27$; $P = 0,01^{**}$) indeksleri ile kısa lif indeksi arasında negatif yönde ve istatistiksel olarak anlamlı ilişkiler saptanmıştır. Bunlara ek olarak NDWI ($r = +0,25$; $P = 0,02^{*}$), RI ($r = +0,25$; $P = 0,02^{*}$) ve indeksleri ile pozitif yönlü ilişki gözlenmiştir.



Şekil 4.9 Kısa lif indeksi ile incelenen band / indisler arasında yapılan ikili ilişkiler (korelasyon) analizi sonucu

Elde edilen korelasyon analizlerine ilişkin yapılan doğrusal (lineer) regresyon analizleri sonuçları incelendiğinde 20 Haziran verileri için $R^2 = 0,04$, 19 Temmuz verileri için $R^2 = 0,05$ ve 09 Eylül verileri için $R^2 = 0,09$ düzeyinde açıklanabilir bulunmuştur (Tablo 4.12). Bu değerler, özellikle 09 Eylül tarihli görüntünün bazı spektral indekslerle kısa lif indeksi özelliği arasında daha yüksek düzeyde istatistiksel olarak anlamlı ilişkiler kurabildiğini göstermektedir. Nitekim bu tarihte, NIR bandı ile kısa lif indeksi arasında negatif yönlü anlamlı bir ilişki ($r = -0.30$; $P = 0.00^{**}$) belirlenmiş ve bu ilişkinin açıklayıcılığı $R^2 = 0.09$ düzeyinde gerçekleşmiştir. Ayrıca CI, DVI, MCARI1, RDVI gibi indekslerde de benzer şekilde anlamlı ilişkiler saptanmış olup, bu indekslerdeki R^2 değerleri 0.08 seviyesine kadar ulaşmıştır. 19 Temmuz verilerinde de pek çok indeks ile anlamlı ilişki gözlenmiş ancak açıklayıcılık düzeyleri genellikle $R^2 = 0,05$ seviyesinde kalmıştır. 20 Haziran verileri ise düşük ilişki katsayıları ve sınırlı R^2 düzeyleri ile diğer iki tarihe kıyasla daha zayıf performans sergilemiştir. Bu nedenle, uzaktan algılama temelli analizlerde istatistiksel olarak daha yüksek korelasyon ve açıklayıcılık sağlayan tarihlere ait görüntülerin tercih edilmesi önerilmektedir (Tablo 4.12; Şekil 4.9).

İlgili literatürde, kısa lif indeksi (Kısa Lif İndeksi – Short Fiber Index, SFI) ile spektral bantlar veya indeksler arasında ilişki kurmaya yönelik bir çalışmaya rastlanmamıştır. Mevcut çalışmada, kısa lif indeksi ile bazı spektral indeksler arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişkiler elde edilmesine rağmen, açıklayıcılık düzeylerinin sınırlı kalması (en yüksek $R^2 = 0.09$), bu parametrenin yalnızca multispektral verilerle izlenmesinin yetersiz olabileceğini göstermektedir. Bu nedenle, kısa lif gibi dokuya bağlı özelliklerin uzaktan algılama ile daha sağlıklı tahmini için zaman serili veriler, hiperspektral görüntüler ve makine öğrenmesi tabanlı yaklaşımların kullanılması önerilmektedir.

4. 10 Lif Mukavemeti (g/tex)

Lif mukavemeti özelliği verileri, 26,40 g/tex - 38,60 g/tex arasında değişim gösterirken, ortalama değer 32,60 g/tex, Std Sapma 2,25, varyans 5,08 olarak elde edilmiştir (Tablo 4.3). Lif Mukavemeti özelliği gözlem değerleri ile incelenen band / indisler arası ikili ilişkiler (korelasyon analiz sonuçları) ve lineer regresyon katsayıları, Tablo 4.13’de verilmiştir.

Tablo 4.13 Lif mukavemeti (g/tex) gözlem değerleri ile incelenen band / indisler arası ikili ilişkiler ve lineer regresyon katsayıları

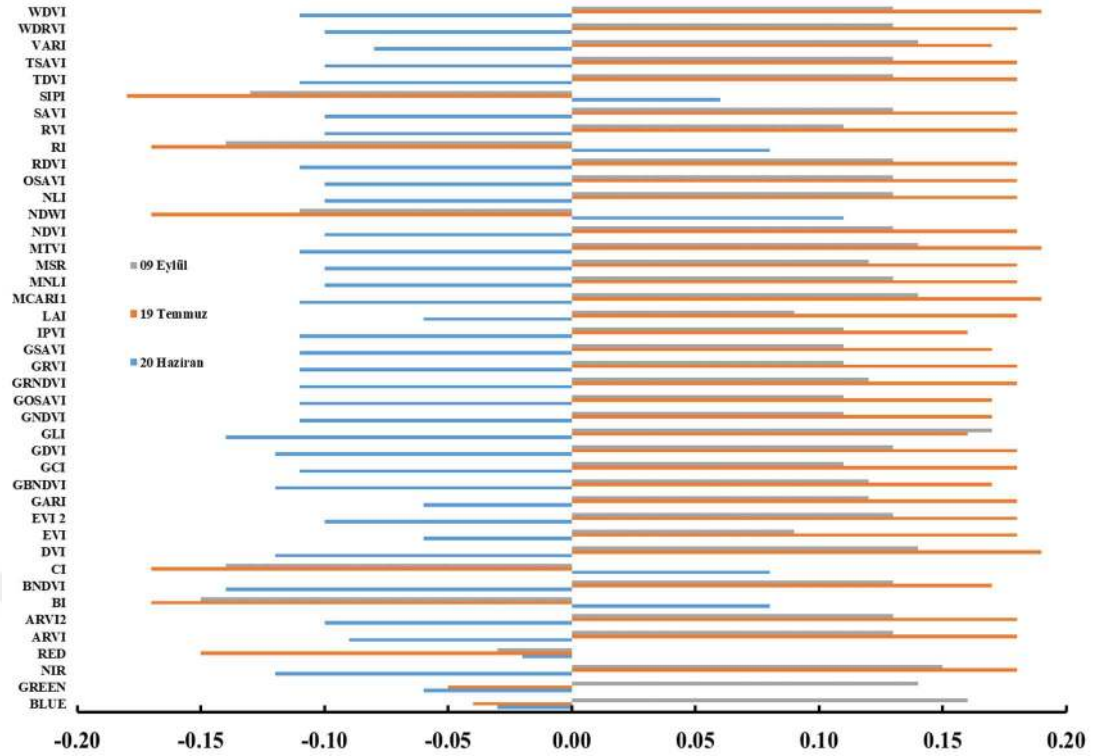
Band / İndisler	20 Haziran 2024			19 Temmuz 2024			09 Eylül 2024		
	r	Olasılık	R ²	r	Olasılık	R ²	r	Olasılık	R ²
BLUE	-0,03	0,82	0,01	-0,04	0,77	0,01	0,16	0,16	0,03
GREEN	-0,06	0,59	0,01	-0,05	0,66	0,01	0,14	0,21	0,02
NIR	-0,12	0,29	0,02	0,18	0,12	0,04	0,15	0,19	0,03
RED	-0,02	0,92	0,01	-0,15	0,20	0,03	-0,03	0,81	0,01
ARVI	-0,09	0,46	0,01	0,18	0,11	0,04	0,13	0,28	0,02
ARVI2	-0,10	0,39	0,01	0,18	0,11	0,04	0,13	0,28	0,02
BI	0,08	0,53	0,01	-0,17	0,13	0,03	-0,15	0,21	0,02
BNDVI	-0,14	0,22	0,02	0,17	0,15	0,03	0,13	0,26	0,02
CI	0,08	0,52	0,01	-0,17	0,13	0,03	-0,14	0,22	0,02
DVI	-0,12	0,30	0,02	0,19	0,10	0,04	0,14	0,24	0,02
EVI	-0,06	0,59	0,01	0,18	0,11	0,04	0,09	0,44	0,01
EVI 2	-0,10	0,39	0,01	0,18	0,11	0,04	0,13	0,28	0,02
GARI	-0,06	0,60	0,01	0,18	0,11	0,04	0,12	0,32	0,02
GBNDVI	-0,12	0,29	0,02	0,17	0,13	0,03	0,12	0,30	0,02
GCI	-0,11	0,35	0,02	0,18	0,12	0,04	0,11	0,36	0,02
GDVI	-0,12	0,29	0,02	0,18	0,11	0,04	0,13	0,25	0,02
GLI	-0,14	0,24	0,02	0,16	0,16	0,03	0,17	0,14	0,03
GNDVI	-0,11	0,36	0,02	0,17	0,13	0,03	0,11	0,33	0,02
GOSAVI	-0,11	0,36	0,02	0,17	0,13	0,03	0,11	0,33	0,02
GRNDVI	-0,11	0,37	0,02	0,18	0,12	0,04	0,12	0,31	0,02
GRVI	-0,11	0,35	0,02	0,18	0,12	0,04	0,11	0,36	0,02
GSAVI	-0,11	0,36	0,02	0,17	0,13	0,03	0,11	0,33	0,02
IPVI	-0,11	0,36	0,02	0,16	0,18	0,03	0,11	0,37	0,02
LAI	-0,06	0,59	0,01	0,18	0,11	0,04	0,09	0,44	0,01
MCARI	-0,11	0,33	0,02	0,19	0,10	0,04	0,14	0,23	0,02
MNLI	-0,10	0,39	0,01	0,18	0,12	0,04	0,13	0,27	0,02
MSR	-0,10	0,38	0,01	0,18	0,11	0,04	0,12	0,31	0,02

Tablo 4.13 (Devam)

MTVI	-0,11	0,33	0,02	0,19	0,10	0,04	0,14	0,23	0,02
NDVI	-0,10	0,39	0,01	0,18	0,11	0,04	0,13	0,28	0,02
NDWI	0,11	0,36	0,02	-0,17	0,13	0,03	-0,11	0,33	0,02
NLI	-0,10	0,39	0,01	0,18	0,12	0,04	0,13	0,27	0,02
OSAVI	-0,10	0,39	0,01	0,18	0,11	0,04	0,13	0,28	0,02
RDVI	-0,11	0,33	0,02	0,18	0,11	0,04	0,13	0,25	0,02
RI	0,08	0,52	0,01	-0,17	0,13	0,03	-0,14	0,22	0,02
RVI	-0,10	0,38	0,01	0,18	0,11	0,04	0,11	0,33	0,02
SAVI	-0,10	0,39	0,01	0,18	0,11	0,04	0,13	0,28	0,02
SIPI	0,06	0,60	0,01	-0,18	0,12	0,04	-0,13	0,28	0,02
TDVI	-0,11	0,33	0,02	0,18	0,11	0,04	0,13	0,25	0,02
TSAVI	-0,10	0,38	0,01	0,18	0,11	0,04	0,13	0,28	0,02
VARI	-0,08	0,49	0,01	0,17	0,14	0,03	0,14	0,23	0,02
WDRVI	-0,10	0,39	0,01	0,18	0,11	0,04	0,13	0,28	0,02
WDVI	-0,11	0,35	0,02	0,19	0,10	0,04	0,13	0,26	0,02

r= Korelasyon katsayısı; R²: Lineer regresyon katsayısı; *: %5 düzeyinde istatistiksel olarak önemli; **: %1 düzeyinde istatistiksel olarak önemli

Lif mukavemeti ile incelenen bandlar arasında yapılan ikili ilişkiler (korelasyon) analizi sonucunda 20 Haziran, 19 Temmuz ve 09 Eylül tarihleri itibarıyla RGB ve NIR bantlarında istatistiksel olarak anlamlı ($P < 0,10$) herhangi bir ilişki saptanmamıştır. 20 Haziran verileri dikkate alınarak lif mukavemeti ile değerlendirilen spektral indeksler arasında yapılan ikili ilişkiler (korelasyon) analizinde istatistiksel olarak anlamlı ($P < 0,10$) herhangi bir ilişki belirlenmemiştir. 19 Temmuz verileri dikkate alındığında benzer şekilde, lif mukavemeti ile hiçbir indeks arasında istatistiksel olarak anlamlı ($P < 0,10$) bir korelasyon gözlenmemiştir. 09 Eylül verileri dikkate alındığında da RGB ve NIR bantları ile birlikte incelenen tüm spektral indekslerin olasılık değerleri $P < 0,10$ düzeyinin üzerinde bulunmuş, dolayısıyla lif mukavemeti ile istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki tespit edilememiştir.



Şekil 4.10 Lif mukavemeti ile incelenen band / indisler arasında yapılan ikili ilişkiler (korelasyon) analizi sonucu

Elde edilen korelasyon analizlerine ilişkin yapılan doğrusal (lineer) regresyon analizleri sonuçları incelendiğinde 20 Haziran verileri için $R^2 = 0,02$; 19 Temmuz verileri için $R^2 = 0,04$ ve 09 Eylül verileri için $R^2 = 0,03$ düzeyinde en yüksek regresyon katsayıları elde edilmiştir (Tablo 4.13). Elde edilen ilişkiler lineer ilişki olsa dahi çok düşük doğruluk paylarına (R^2) sahiptir. Bu durum, elde edilen ilişkinin var olması yönünden önemli ancak ilişkinin açıklanmasına yönelik yeterli olmadığı düşünülmektedir. Gerek korelasyon analizi ve gerekse regresyon analiz sonuçlarının zamansal (tarihsel) değişimine dikkat edildiğinde, vejetasyon sürecinin sonuna doğru alınan uydu verilerinde daha yüksek ilişki değerleri (r) ve daha yüksek regresyon doğruluk paylarının (R^2) elde edildiği saptanmıştır. Bu durum, benzer çalışmaların bitki gelişiminin ilerleyen evrelerine ait uydu görüntüleri ile yapılmasının daha doğru ve faydalı olacağını ortaya koymaktadır. Gerek incelenen band ve indislere yönelik daha fazla ve detaylı çalışmaların yapılması faydalı olacağından, bu çalışmaların yapılması önerilmektedir (Tablo 4.13; Şekil 4.10).

İlgili literatürde, lif mukavemeti ile spektral bantlar veya indeksler arasında ilişki kurmaya yönelik bir çalışmaya rastlanmamıştır. Mevcut çalışmamızda da lif

mukavemeti ile spektral veriler arasındaki ilişki düşük olup, bu parametrenin multispektral verilerle doğrudan izlenebilmesinin zayıf olduğunu göstermektedir. Bu durum, lif mukavemeti gibi mekanik kalite özelliklerinin uzaktan algılanan yansılarda sınırlılıklar taşıyabileceğini ortaya koymaktadır. Bu nedenle, ileride yapılacak çalışmalarda zaman serili multispektral ya da hiperspektral görüntüler, kısa dalga kızılötesi ve kırmızı kenar bantları ile birlikte makine öğrenmesine dayalı modelleme yaklaşımlarının kullanılması önerilmektedir.

4.11. Lif Parlaklığı (Rd)

Lif parlaklığı özelliği verileri, 72,60 – 81,40 arasında değişim gösterirken, ortalama değer 77,18, Std Sapma 2,01, varyans 4,04 olarak elde edilmiştir (Tablo 4.3). Lif Parlaklığı özelliği gözlem değerleri ile incelenen Band / İndisler arası ikili ilişkiler (korelasyon analiz sonuçları) ve lineer regresyon katsayıları, Tablo 4.14’de verilmiştir.

Tablo 4.14 Lif parlaklığı (Rd) gözlem değerleri ile incelenen band / indisler arası ikili ilişkiler ve lineer regresyon katsayıları

Band / İndisler	20 Haziran 2024			19 Temmuz 2024			09 Eylül 2024		
	r	Olasılık	R ²	r	Olasılık	R ²	r	Olasılık	R ²
BLUE	0,15	0,20	0,03	0,27	0,01**	0,08	0,18	0,12	0,04
GREEN	0,15	0,20	0,03	0,33	0,00**	0,11	0,21	0,06	0,05
NIR	-0,02	0,87	0,01	0,03	0,79	0,01	0,06	0,63	0,01
RED	0,16	0,16	0,03	0,18	0,11	0,04	0,15	0,20	0,03
ARVI	-0,15	0,19	0,03	-0,08	0,52	0,01	-0,04	0,76	0,01
ARVI2	-0,15	0,20	0,03	-0,07	0,54	0,01	-0,03	0,83	0,01
BI	0,12	0,30	0,02	0,06	0,64	0,01	0,04	0,73	0,01
BNDVI	-0,13	0,27	0,02	-0,04	0,73	0,01	0,02	0,88	0,01
CI	0,12	0,30	0,02	0,06	0,62	0,01	0,04	0,73	0,01
DVI	-0,11	0,36	0,02	-0,02	0,88	0,01	0,02	0,87	0,01
EVI	-0,15	0,20	0,03	-0,11	0,37	0,02	-0,13	0,26	0,02
EVI 2	-0,15	0,20	0,03	-0,07	0,54	0,01	-0,03	0,83	0,01
GARI	-0,15	0,18	0,03	-0,10	0,41	0,01	-0,09	0,42	0,01
GBNDVI	-0,14	0,23	0,02	-0,06	0,61	0,01	0,01	0,99	0,01
GCI	-0,15	0,20	0,03	-0,08	0,52	0,01	-0,02	0,90	0,01
GDVI	-0,08	0,48	0,01	-0,01	0,98	0,01	0,03	0,81	0,01
GLI	-0,10	0,41	0,01	-0,01	0,99	0,01	0,04	0,75	0,01
GNDVI	-0,15	0,19	0,03	-0,08	0,51	0,01	-0,02	0,88	0,01
GOSAVI	-0,15	0,19	0,03	-0,08	0,51	0,01	-0,02	0,88	0,01
GRNDVI	-0,15	0,19	0,03	-0,08	0,53	0,01	-0,03	0,85	0,01
GRVI	-0,15	0,20	0,03	-0,08	0,52	0,01	-0,02	0,90	0,01
GSAVI	-0,15	0,19	0,03	-0,08	0,51	0,01	-0,02	0,88	0,01
IPVI	-0,15	0,20	0,03	-0,07	0,54	0,01	-0,01	0,94	0,01
LAI	-0,15	0,20	0,03	-0,11	0,37	0,02	-0,13	0,26	0,02
MCARI1	-0,12	0,30	0,02	-0,03	0,81	0,01	0,01	0,93	0,01
MNLI	-0,15	0,20	0,03	-0,07	0,54	0,01	-0,03	0,83	0,01
MSR	-0,15	0,20	0,03	-0,07	0,53	0,01	-0,03	0,84	0,01
MTVI	-0,12	0,30	0,02	-0,03	0,81	0,01	0,01	0,93	0,01
NDVI	-0,15	0,20	0,03	-0,07	0,54	0,01	-0,03	0,83	0,01
NDWI	0,15	0,19	0,03	0,08	0,51	0,01	0,02	0,88	0,01
NLI	-0,15	0,20	0,03	-0,07	0,54	0,01	-0,03	0,83	0,01
OSAVI	-0,15	0,20	0,03	-0,07	0,54	0,01	-0,03	0,83	0,01
RDVI	-0,13	0,27	0,02	-0,04	0,73	0,01	0,00	0,99	0,00

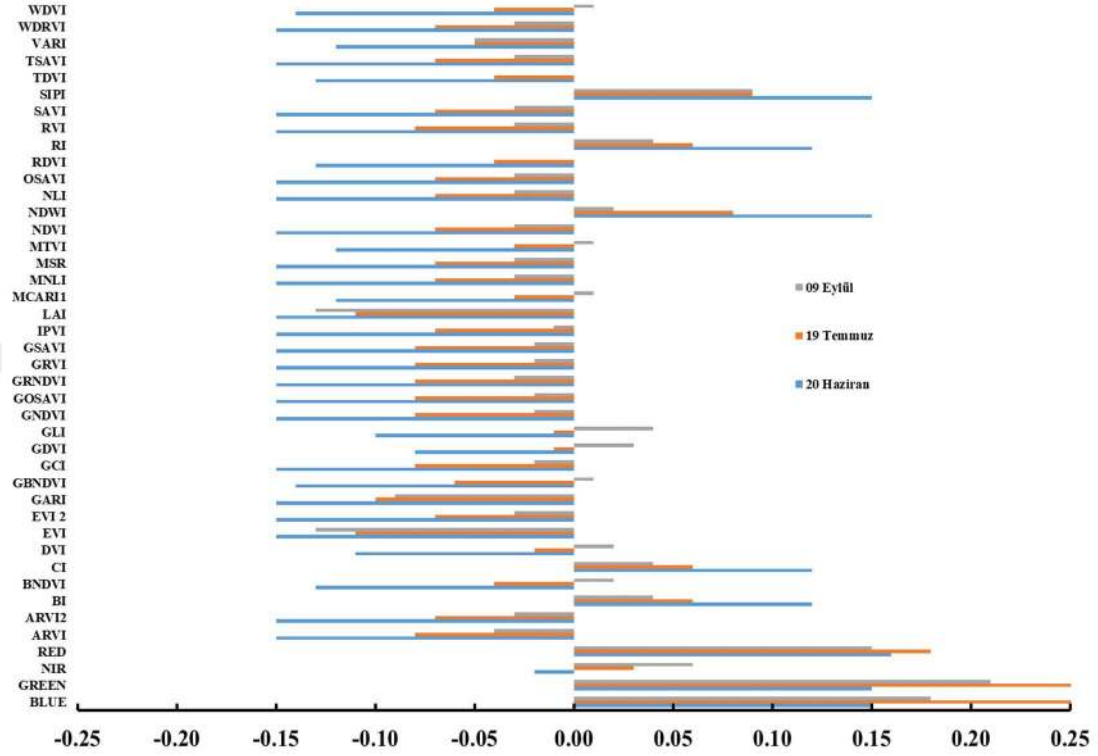
Tablo 4.14 (Devam)

RI	0,12	0,30	0,02	0,06	0,62	0,01	0,04	0,73	0,01
RVI	-0,15	0,21	0,03	-0,08	0,53	0,01	-0,03	0,85	0,01
SAVI	-0,15	0,20	0,03	-0,07	0,54	0,01	-0,03	0,83	0,01
SIPI	0,15	0,18	0,03	0,09	0,46	0,01	0,09	0,45	0,01
TDVI	-0,13	0,27	0,02	-0,04	0,73	0,01	0,00	0,99	0,00
TSAVI	-0,15	0,20	0,03	-0,07	0,57	0,01	-0,03	0,85	0,01
VARI	-0,12	0,31	0,02	-0,05	0,67	0,01	-0,05	0,72	0,01
WDRVI	-0,15	0,20	0,03	-0,07	0,54	0,01	-0,03	0,83	0,01
WDVI	-0,14	0,23	0,02	-0,04	0,76	0,01	0,01	0,98	0,01

r= Korelasyon katsayısı; R²: Lineer regresyon katsayısı; *: %5 düzeyinde istatistiksel olarak önemli; **: %1 düzeyinde istatistiksel olarak önemli

Lif parlaklığı ile incelenen bantlar arasında yapılan ikili ilişkiler (korelasyon) analizi sonucunda 20 Haziran tarihli verileri dikkate alınarak lif parlaklığı (Rd) ile yapılan korelasyon analizinde, RGB ve NIR bantlarının tamamı için istatistiksel olarak anlamlı ($P<0,10$) bir ilişki saptanmamıştır. Lif parlaklığı ile incelenen spektral indeksler açısından da benzer bir durum söz konusudur. Analize dahil edilen hiçbir spektral indeks ile istatistiksel olarak anlamlı ($P<0,10$) bir korelasyon belirlenememiştir. İndeksler ile Rd arasındaki ilişkiler genellikle zayıf düzeyde kalmış ve elde edilen olasılık (P) değerleri anlamlılık sınırı olan 0,10'un üzerinde gerçekleşmiştir. 19 Temmuz tarihli verileri dikkate alınarak lif parlaklığı (Rd) ile yapılan korelasyon analizinde, RGB ve NIR bantları arasında yalnızca BLUE ($r=+0,27$; $P=0,01^{**}$) ve GREEN ($r=+0,33$; $P=0,00^{**}$) bantları ile istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif korelasyonlar belirlenmiştir. NIR ve RED bantlarında ise korelasyon katsayıları düşük düzeyde kalmış ve istatistiksel açıdan anlamlılık düzeyine ulaşmamıştır. Spektral indeksler açısından değerlendirildiğinde, lif parlaklığı ile hiçbir indeks arasında istatistiksel olarak anlamlı ($P<0,10$) bir ilişki saptanmamıştır. Analize dâhil edilen tüm indekslerde elde edilen P değerleri 0,10'un üzerinde gerçekleşmiştir ve ilişki katsayıları genellikle düşük düzeydedir, 19 Temmuz 2024 tarihli JILIN görüntüsünde lif parlaklığı ile BLUE ve GREEN bantları arasında anlamlı korelasyonlar saptanmış olmakla birlikte, diğer bantlar ve tüm spektral indekslerde anlamlı bir ilişki gözlenmemiştir. 09 Eylül tarihli verileri dikkate alınarak lif parlaklığı (Rd) ile yapılan korelasyon analizinde, RGB ve NIR bantları açısından yalnızca GREEN bandı ile pozitif yönlü ve ($r=+0,21$; $P=0,06$) bir ilişki saptanmıştır. BLUE, RED ve NIR bantlarında ise ilişki katsayıları istatistiksel olarak anlamlı kabul edilen düzeyin üzerinde kalmıştır ($P>0,10$). Spektral indeksler açısından değerlendirildiğinde, lif parlaklığı ile bu tarihte hesaplanan herhangi bir indeks arasında istatistiksel olarak

anlamlı ($P < 0,10$) bir ilişki gözlenmemiştir. Tüm indekslerin P değerleri 0,10'un üzerinde kalmış, bu nedenle bu değişkenlerle lif parlaklığı arasında güçlü ya da anlamlı bir korelasyon olduğu söylenememektedir.



Şekil 4.11 Lif parlaklığı ile incelenen band / indisler arasında yapılan ikili ilişkiler (korelasyon) analizi sonucu

Elde edilen korelasyon analizlerine ilişkin yapılan doğrusal (lineer) regresyon analizleri sonuçları incelendiğinde 20 Haziran verileri için $R^2 = 0,03$; 19 Temmuz verileri için $R^2 = 0,11$ ve 09 Eylül verileri için $R^2 = 0,05$ düzeyinde en yüksek regresyon katsayıları elde edilmiştir (Tablo 4.14). Elde edilen ilişkiler lineer ilişki olsa dahi çok düşük doğruluk paylarına (R^2) sahiptir. Bu durum, elde edilen ilişkinin var olması yönünden önemli ancak ilişkinin açıklanmasına yönelik yeterli olmadığı düşünülmektedir. Gerek korelasyon analizi ve gerekse regresyon analiz sonuçlarının zamansal (tarihsel) değişimi dikkat edildiğinde, vejetasyon sürecinin sonuna doğru alınan uydu verilerinde daha yüksek ilişki değerleri (r) ve daha yüksek regresyon doğruluk paylarının (R^2) elde edildiği saptanmıştır. Bu durum, benzer çalışmaların bitki gelişiminin ilerleyen evrelerine ait uydu görüntüleri ile yapılmasının daha doğru ve faydalı olacağını ortaya koymaktadır. Gerek incelenen band ve indislere yönelik

daha fazla ve detaylı çalışmaların yapılması faydalı olacağından, bu çalışmaların yapılması önerilmektedir (Tablo 4.14; Şekil 4.11).

İlgili literatürde pamuk lif parlaklığı (Rd) ile spektral bantlar veya indeksler arasında ilişki kurmaya yönelik bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak lif parlaklığı, spektral yansıma gücünü etkileyen faktörlerin (örneğin yaprak kapanımı, koza yoğunluğu, klorofil içeriği) dolaylı etkileriyle ilişkili olabileceğinden, bu parametrenin uzaktan algılama ile izlenebilirliği teorik olarak mümkündür. Lif parlaklığını temsil eden tahmin modellerinin doğruluğunu artırmak için zaman serili spektral veriler, hiperspektral bantlar ve yapay zekâ tabanlı modelleme yaklaşımlarının entegrasyonu önerilmektedir

4.12. Lif Sarılığı (+b)

Lif sarılığı özelliği verileri, 6,90 - 9,20 arasında değişim gösterirken, ortalama değer 8,13, Std Sapma 0,49, varyans 0,24 olarak elde edilmiştir (Tablo 4.3). Lif sarılığı özelliği gözlem değerleri ile incelenen band / indisler arası ikili ilişkiler (korelasyon analiz sonuçları) ve lineer regresyon katsayıları, Tablo 4.13’de verilmiştir.

Tablo 4.15 Lif sarılığı (+b) gözlem değerleri ile incelenen band / indisler arası ikili ilişkiler ve lineer regresyon katsayıları

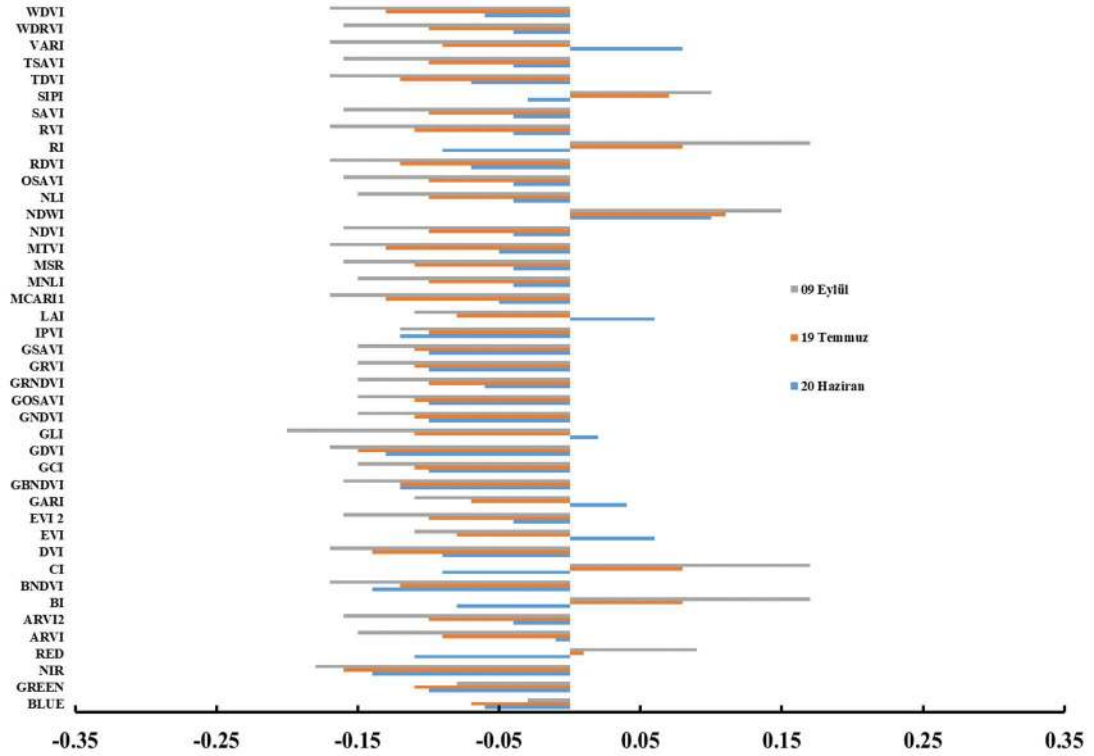
Band / İndisler	20 Haziran 2024			19 Temmuz 2024			09 Eylül 2024		
	r	Olasılık	R ²	r	Olasılık	R ²	r	Olasılık	R ²
BLUE	-0,06	0,64	0,01	-0,07	0,58	0,01	-0,03	0,80	0,01
GREEN	-0,10	0,38	0,01	-0,11	0,35	0,02	-0,08	0,51	0,01
NIR	-0,14	0,22	0,02	-0,16	0,17	0,03	-0,18	0,12	0,03
RED	-0,11	0,35	0,02	0,01	0,95	0,01	0,09	0,46	0,01
ARVI	-0,01	0,95	0,01	-0,09	0,43	0,01	-0,15	0,20	0,03
ARVI2	-0,04	0,76	0,01	-0,10	0,39	0,01	-0,16	0,18	0,03
BI	-0,08	0,48	0,01	0,08	0,51	0,01	0,17	0,14	0,03
BNDVI	-0,14	0,21	0,02	-0,12	0,29	0,02	-0,17	0,15	0,03
CI	-0,09	0,47	0,01	0,08	0,49	0,01	0,17	0,13	0,03
DVI	-0,09	0,46	0,01	-0,14	0,24	0,02	-0,17	0,13	0,03
EVI	0,06	0,61	0,01	-0,08	0,52	0,01	-0,11	0,33	0,02
EVI 2	-0,04	0,76	0,01	-0,10	0,39	0,01	-0,16	0,18	0,03
GARI	0,04	0,76	0,01	-0,07	0,55	0,01	-0,11	0,34	0,02
GBNDVI	-0,12	0,31	0,02	-0,12	0,32	0,02	-0,16	0,17	0,03
GCI	-0,10	0,42	0,01	-0,11	0,33	0,02	-0,15	0,18	0,03
GDVI	-0,13	0,26	0,02	-0,15	0,20	0,03	-0,17	0,14	0,03
GLI	0,02	0,91	0,01	-0,11	0,36	0,02	-0,20	0,08	0,04
GNDVI	-0,10	0,42	0,01	-0,11	0,37	0,02	-0,15	0,21	0,03
GOSAVI	-0,10	0,42	0,01	-0,11	0,37	0,02	-0,15	0,21	0,03
GRNDVI	-0,06	0,62	0,01	-0,10	0,37	0,01	-0,15	0,18	0,03
GRVI	-0,10	0,42	0,01	-0,11	0,33	0,02	-0,15	0,18	0,03
GSAVI	-0,10	0,42	0,01	-0,11	0,36	0,02	-0,15	0,21	0,03
IPVI	-0,12	0,29	0,02	-0,10	0,39	0,01	-0,12	0,29	0,02
LAI	0,06	0,61	0,01	-0,08	0,52	0,01	-0,11	0,33	0,02
MCARI1	-0,05	0,66	0,01	-0,13	0,27	0,02	-0,17	0,13	0,03

Tablo 4.15 (Devam)

MNLI	-0,04	0,76	0,01	-0,10	0,40	0,01	-0,15	0,18	0,03
MSR	-0,04	0,77	0,01	-0,11	0,37	0,02	-0,16	0,16	0,03
MTVI	-0,05	0,66	0,01	-0,13	0,27	0,02	-0,17	0,13	0,03
NDVI	-0,04	0,76	0,01	-0,10	0,39	0,01	-0,16	0,18	0,03
NDWI	0,10	0,42	0,01	0,11	0,37	0,02	0,15	0,21	0,03
NLI	-0,04	0,76	0,01	-0,10	0,40	0,01	-0,15	0,18	0,03
OSAVI	-0,04	0,76	0,01	-0,10	0,39	0,01	-0,16	0,18	0,03
RDVI	-0,07	0,58	0,01	-0,12	0,29	0,02	-0,17	0,15	0,03
RI	-0,09	0,47	0,01	0,08	0,49	0,01	0,17	0,13	0,03
RVI	-0,04	0,78	0,01	-0,11	0,35	0,02	-0,17	0,15	0,03
SAVI	-0,04	0,76	0,01	-0,10	0,39	0,01	-0,16	0,18	0,03
SIPI	-0,03	0,82	0,01	0,07	0,59	0,01	0,10	0,38	0,01
TDVI	-0,07	0,58	0,01	-0,12	0,29	0,02	-0,17	0,15	0,03
TSAVI	-0,04	0,76	0,01	-0,10	0,38	0,01	-0,16	0,18	0,03
VARI	0,08	0,50	0,01	-0,09	0,45	0,01	-0,17	0,13	0,03
WDRVI	-0,04	0,76	0,01	-0,10	0,39	0,01	-0,16	0,18	0,03
WDVI	-0,06	0,65	0,01	-0,13	0,27	0,02	-0,17	0,14	0,03

r= Korelasyon katsayısı; R²: Lineer regresyon katsayısı; *: %5 düzeyinde istatistiksel olarak önemli; **: %1 düzeyinde istatistiksel olarak önemli

Lif sarılığı ile incelenen bantlar arasında yapılan ikili ilişkiler (korelasyon) analizi sonucunda 20 Haziran, 19 Temmuz ve 09 Eylül tarihli veriler dikkate alındığında, lif sarılığı ile yapılan korelasyon analizleri sonucunda, RGB ve NIR bantlarının hiçbirinde istatistiksel olarak anlamlı ($P < 0,10$) bir ilişki belirlenememiştir. Benzer şekilde, bu tarihte hesaplanan spektral indekslerin tamamı incelendiğinde de lif sarılığı ile anlamlı düzeyde bir korelasyon tespit edilememiştir. Ancak, spektral indeksler arasında 09 Eylül tarihli veriler ile yalnızca GLI ile lif sarılığı arasında bir ilişki gözlenmiştir ($r = -0,20$; $P = 0,08$). Bu sonuç, GLI indeksinin lif sarılığı ile zayıf düzeyde ters yönlü bir ilişki gösterdiğini ortaya koymaktadır. Lif sarılığı özelliğinin uzaktan algılama verileri ile izlenebilirliğinin bu tarih özelinde yalnızca sınırlı düzeyde olduğu söylenebilir. Bu bulgular, incelenen dönemde lif sarılığı ile spektral veriler arasında güçlü bir bağlantının bulunmadığını göstermektedir.



Şekil 4.12 Lif sarılığı ile incelenen band / indisler arasında yapılan ikili ilişkiler (korelasyon) analizi sonucu

Elde edilen korelasyon analizlerine ilişkin yapılan doğrusal (lineer) regresyon analizleri sonuçları incelendiğinde 20 Haziran verileri için $R^2 = 0,02$; 19 Temmuz verileri için $R^2 = 0,03$ ve 09 Eylül verileri için $R^2 = 0,04$ düzeyinde en yüksek regresyon katsayıları elde edilmiştir (Tablo 4.15). Elde edilen ilişkiler lineer ilişki olsa dahi çok düşük doğruluk paylarına (R^2) sahiptir. Bu durum, elde edilen ilişkinin var olması yönünden önemli ancak ilişkinin açıklanmasına yönelik yeterli olmadığı düşünülmektedir. Gerek korelasyon analizi ve gerekse regresyon analiz sonuçlarının zamansal (tarihsel) değişimi dikkat edildiğinde, vejetasyon sürecinin sonuna doğru alınan uydu verilerinde daha yüksek ilişki değerleri (r) ve daha yüksek regresyon doğruluk paylarının (R^2) elde edildiği saptanmıştır. Bu durum, benzer çalışmaların bitki gelişiminin ilerleyen evrelerine ait uydu görüntüleri ile yapılmasının daha doğru ve faydalı olacağını ortaya koymaktadır. Gerek incelenen band ve indislere yönelik daha fazla ve detaylı çalışmaların yapılması faydalı olacağından, bu çalışmaların yapılması önerilmektedir (Tablo 4.15; Şekil 4.12).

İlgili literatürde pamuk lif sarılığı parametresi ile spektral bantlar veya indeksler arasında ilişki kurmaya yönelik bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu durum, lif sarılığı

değerinin spektral yansılardan çok, lifin kimyasal ve pigment yapısına bağlı olarak şekillenmesiyle açıklanabilir. Ancak sarılıkla ilişkili olabilecek düzensiz koza gelişimi, su stresi, fizyolojik bozulmalar gibi etkiler, bazı spektral indekslerde dolaylı olarak yansıyabilmektedir. Bu nedenle, lif sarılığı tahmininin doğrudan yansıma değerlerinden ziyade, bu tür fizyolojik süreçleri temsil eden spektral desenlerin yorumlanmasıyla mümkün olabileceği değerlendirilmektedir. Bu yorumların doğruluğu ise detaylı zamansal veriler, kırmızı kenar ve kısa dalga kızılötesi bantları gibi hassas spektral bilgiler ve güçlü yapay zekâ tabanlı modelleme tekniklerinin entegrasyonuna bağlıdır. Mevcut çalışmada da lif sarılığı değeri ile spektral veriler arasındaki ilişkiler oldukça sınırlı bulunmuş olup, bu parametrenin doğrudan izlenebilirliğinin kısıtlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Bu araştırma, pamuk bitkisi üretim alanlarında, sensör ve ölçüm cihazlarıyla incelenecek yer gözlem değerleri ile spektral band / indisler arasındaki ilişkileri ve bu spektral bantların bu gözlem değerlerini tahmin etmede kullanılabilirliğini belirlemek, gözlem değerlerini tahmin etmede band ve indisler açısından tavsiyede bulunmak, uzaktan algılama sistemlerinin getirdiği avantajlar ve tarım arazilerinde kullanılabilme olanaklarını araştırmak amacı ile yürütülmüştür. Çalışma, 2024 yılı tarımsal üretim sezonunda GAP Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü (GAPUTAEM) deneme arazisinde gerçekleştirilmiş; Geosat-2 (20 Haziran 2024), Jilin-1 KF-01 (19 Temmuz 2024) ve SuperView-1/NEO-3 (9 Eylül 2024) uydularına ait multispektral görüntüler kullanılmıştır. Görüntüler üzerinden hesaplanan 4 adet spektral band (Blue, Green, Red, NIR) ve bu bandlardan elde edilen 38 adet indis olmak üzere toplam 42 adet farklı indeksler, yer gözlemleri ile ikili ilişkiler (korelasyon) incelenmiştir.

Çalışmada; 100 tohum ağırlığı, bitki boyu, kütlü pamuk verimi, iplik olabilirlik indeksi, lif inceliği, lif olgunluğu, lif uzunluğu, kısa lif, lif parlaklığı özellikleri ile bazı spektral band / indeksler arasında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde ilişkiler tespit edilmiş ancak çirçir randımanı, lif mukavemeti ve lif sarılığı özellikleriyle istatistiksel olarak anlamlı ilişkiler tespit edilememiştir.

Lif kalite özellikler ile incelenen spektral band / indeksler arasında genellikle düşük düzeyde korelasyonlar saptanmış olup, bu özelliklerin multispektral bantlardan doğrudan tahmin edilmesinin sınırlı olduğu sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte, lif uzunluğu (Len) özelliğinde bir adet zayıf ilişki gözlenmiştir.

Bu bağlamda, araştırmanın genel sonuçları şu şekilde özetlenebilir: Multispektral görüntülerden elde edilen indeksler, pamuk bitkisinin morfolojik gelişim süreci hakkında değerli bilgiler sunabilmektedir. Haziran, Temmuz ve Eylül aylarına ait üç farklı tarihte alınan görüntüler üzerinden yapılan zamansal analizler, dönemsel spektral değişimlerin izlenebilirliğini ortaya koymuş, bu da uzaktan algılama tekniklerinin pamukta fenolojik izleme açısından kullanılabilirliğini desteklemiştir.

5.2 Öneriler

Çalışmada; 100 tohum ağırlığı, bitki boyu, kütlü pamuk verimi, iplik olabilirlik indeksi, lif inceliği, lif olgunluğu, lif uzunluğu, kısa lif indeksi, lif parlaklığı özellikleri ile bazı spektral band / indeksler arasında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde ilişkiler tespit edilmesi verim ve lif kalite özelliklerinin tahminine yönelik çalışmalarda yardımcı parametre olarak değerlendirilebilir. Lif kalite özelliklerinin mevcut bandlarla zayıf ilişki göstermesi, bu parametrelerin izlenebilmesi için daha fazla band içeren sensörlerin veya yüksek çözünürlükte farklı görüntüleme teknikleri kullanılabilir. Farklı tarihlerde elde edilen görüntülerle yapılan analizler, dönemsel gelişim izleme açısından önemlidir. Bu tür verilerin zaman serisi yaklaşımıyla değerlendirilmesi önerilmektedir. Erken dönemden çok daha geç dönem (Ağustos - Eylül) uydu görüntüleri ile çalışma yapılmasının daha faydalı olacağından daha geç dönem çalışmaların yapılması tavsiye edilmektedir. Çalışmanın farklı bölgelerde ve çeşitlerle tekrarlanması, sonuçların genelleme bilirliliğini artıracaktır.

Sonuç olarak, bu tez çalışması pamuk bitkisi özelinde multispektral verilerinin tarımsal üretimde karar destek mekanizmalarında kullanılabilirliğini bilimsel olarak ortaya koymuş; özellikle gelişim süreciyle ilişkili morfolojik değişkenlerin uzaktan algılama yoluyla tahmin edilebildiğini göstermiştir. Ancak, lif kalite özellikleri gibi daha kompleks parametrelerin tahmini için daha yüksek spektral çözünürlükte verilerin gerektiği anlaşılmıştır. Bu kapsamda, uzaktan algılama teknolojilerinin pamuk tarımı başta olmak üzere geniş tarımsal uygulamalarda daha etkin ve yaygın kullanımına yönelik yeni araştırmaların yapılması büyük önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR

- Algancı, U. (2014). Uydu görüntüleri, meteorolojik veriler ve kamera fotoğrafları ile pamuk ve mısır bitkileri için rekolte tahmin modeli tasarımı: Şanlıurfa örneği. (Doktora tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi: İstanbul.
- Algancı, U., Ozdoğan, M., Sertel, E., and Ormeci, C. (2014). Estimating maize and cotton yield in southeastern Turkey with integrated use of satellite images, meteorological data and digital photographs. *Field Crops Research*, 157, 8–19. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.12.006>
- Aydoğdu, M., Akçar, H.T. ve Çullu, M.A. (2011). Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ve uzaktan algılama (UA) kullanılarak Çiftçi Kayıt Sistemi (ÇKS) verilerinin analizi ile pamuk ve mısır primlerinin ödenmesi: Şanlıurfa-Harran örneği. *Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi*, 104(ÖS 1), 47–52. website: <https://dergipark.org.tr/en/pub/hkmojjd/issue/53172/705368>
- Aydoğdu, M., Aydoğdu, M. H., ve Çullu, M. A. (2014). Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) ile tuzluluğun etkisi altında pamukta verim kaybının belirlenmesi (GAP Bölgesi, Akçakale örneği). *International Journal of Social Science*, (24), 617–630. <http://dx.doi.org/10.9761/JASSS2167>
- Bannari, A., Asalhi, H., and Teillet, P. M. (2002). Transformed Difference Vegetation Index (TDVI) for vegetation cover mapping. *Proceedings of the IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*, 5, 3053-3055. doi:10.1109/IGARSS.2002.1026867
- Baret, F., Guyot, G., and Major, D. J. (1989). TSAVI: A vegetation index which minimizes soil brightness effects on LAI and APAR estimation. *Proceedings of the 1989 International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS '89)*, 3, 1355-1358. doi:10.1109/IGARSS.1989.576128
- Baret, F., Jacquemoud, S., and Hanocq, J. F. (1989). The soil line concept in remote sensing. *Remote Sensing Reviews*, 3(1), 45–82. <https://doi.org/10.1080/02757259309532166>
- 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. <https://doi.org/10.2134/agronj1968.00021962006000060016x>
- Boegh, E., Soegaard, H., Broge, N., Hasager, C. B., Jensen, N. O., Schelde, K., and Thomsen, A. (2002). Airborne multi-spectral data for quantifying leaf area index, nitrogen concentration and photosynthetic efficiency in agriculture. *Remote Sensing of Environment*, 81(2–3), 179–193. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(01\)00342-X](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(01)00342-X)
- Brandão, Z. N., Grego, C. R., Inamasu, R. Y., and Jorge, L. A. C. (2014). Spectral reflectance of satellite images using geostatistics methods to estimate growth and cotton yield. *Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems, and Hydrology XVI*, September 22–25, 2014 (pp. 923920). Amsterdam, Netherlands: SPIE. doi: 10.1117/12.2067257
- Chen, J. M. (1996). Evaluation of Vegetation Indices and a Modified Simple Ratio for Boreal Applications. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 22, 229-242. <https://doi.org/10.1080/07038992.1996.10855178>

- Clevers, J. G. P. W. (1991). Application of the WdVI in estimating LAI at the generative stage of barley. *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing*, 46(1), 37-47. [https://doi.org/10.1016/0924-2716\(91\)90005-G](https://doi.org/10.1016/0924-2716(91)90005-G)
- Crippen, R.E. (1990). Calculating the vegetation index faster. *Remote Sensing of Environment*, 34(1), 71-73. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(90\)90085-Z](https://doi.org/10.1016/0034-4257(90)90085-Z)
- Cruz-Grimaldo, C., Nieves, M., Vera, E., Durán, M., Morales, A., Salazar, W., and Arbizu, C.I. (2024). Yield predictions of 'Del Cerro' cotton (*Gossypium hirsutum* L.) germplasm by multispectral monitoring in the north coast of Peru. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 85(1), 15-26. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392025000100015>
- Çatal Reis, H., ve Yılcı, G. (2020). Destek vektör makineleri ve NDVI kullanarak pamuk ekili alanların tespiti: Harran ovası örneği. *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi*, 2(1), 29-41. website: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tuzal/issue/52699/653286>
- Çelik, M.A. ve Sönmez, M.E. (2013). Kızıltepe ilçesinin tarımsal yapısındaki değişimlerin MODIS NDVI verileri kullanılarak izlenmesi ve incelenmesi. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 27, 262-281. website: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/marucog/issue/474/3903>
- Dalezios, N. R., Domenikiotis, C., Loukas, A., Tzortzios, S. T., and Kalaitzidis, C. (2001). Cotton yield estimation based on NOAA/AVHRR produced NDVI. *Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere*, 26(3), 247-251. [https://doi.org/10.1016/S1464-1909\(00\)00247-1](https://doi.org/10.1016/S1464-1909(00)00247-1)
- Daughtry, C. S. T., Walthall, C. L., Kim, M. S., de Colstoun, E. B., and McMurtrey, J. E. (2000). Estimating corn leaf chlorophyll concentration from leaf and canopy reflectance. *Remote Sensing of Environment*, 74(2), 229-239. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(00\)00113-9](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(00)00113-9)
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.05.025>
- 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. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(89\)90035-7](https://doi.org/10.1016/0034-4257(89)90035-7)
- 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'Académie des Sciences. Série II, Mécanique, Physique, Chimie, Sciences de l'Univers, Sciences de la Terre*, 312.
- Esetlili, M. T., Özen, F., Kandemir, B. N., Kurucu, Y., ve Bolca, M. (2015). Uzaktan Algılama Tekniği ile Pamuk Tarla Verimi Tahmin Doğruluğunun Arttırılmasında Kırmızı Kenar (Rededge) Band Kullanımının Katkısı. *Journal of Agriculture Faculty of Ege University*, 52(2), 161-168. <https://doi.org/10.20289/euzfd.81991>

- Fan, W., Wang, Z., and Liu, G. (2009). Estimating leaf area index (LAI) using NDVI and ground-measured LAI data in Inner Mongolia. *International Journal of Remote Sensing*, 30(22), 6003–6018.
- Feng, A., Zhou, J., Vories, E. D., Sudduth, K. E., and Zhang, M. (2020). Yield estimation in cotton using UAV-based multi-sensor imagery. *Biosystems Engineering*, 193, 101–114. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2020.02.014>
- Feyisa, G. L., Meilby, H., Fensholt, R., and Proud, S.R. (2014). Automated Water Extraction Index: a new technique for surface water mapping using Landsat imagery. *Remote Sensing of Environment*, 140, 23–35. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2013.08.029>
- Gamon, J. A., Peñuelas, J., and Field, C. B. (1992). A narrow-waveband spectral index that tracks diurnal changes in photosynthetic efficiency. *Remote Sensing of Environment*, 41(1), 35–44.
- 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. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(96\)00067-3](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(96)00067-3)
- Genç, L., Turhan, H., Demirel, K., Çamoğlu, G., Aşar, B., ve Saçan, M. (2008). Bitki örtme oranının spektral filtreler yardımıyla belirlenmesi. *Journal of Agriculture Faculty of Ege University*, 45(1), 57–63. website: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/zfdergi/issue/5090/69547>
- 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. [https://doi.org/10.1016/S0273-1177\(97\)01133-2](https://doi.org/10.1016/S0273-1177(97)01133-2)
- 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. *Proceedings of the 3rd European Conference on Precision Agriculture*, June 18–20, 2001 (pp. 403–410). Montpellier, France: Wageningen Academic Publishers.
- Gitelson, A. A., Kaufman, Y. J., Stark, R., and Rundquist, D. (2002). Novel algorithms for remote estimation of vegetation fraction. *Remote Sensing of Environment*, 80(1), 76–87. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(01\)00289-9](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(01)00289-9)
- 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. <https://doi.org/10.1078/0176-1617-00887>
- 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. <https://doi.org/10.1078/0176-1617-01176>
- 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. <https://doi.org/10.1080/02757259409532252>
- Günlü, A., Özgün, M., ve Ercanlı, İ. (2015). Landsat TM uydu görüntüsü yardımıyla bazı meşçere parametrelerinin tahmin edilmesi (Yapraklı Orman İşletme Şefliği

- Örneği). Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 1(1-2), 41–49. website: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ajfr/issue/15874/167267>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2003.12.013>
- Huang, Y. B., Sui, R. X., Thomson, S. J., and Fisher, D. K. (2013). Estimation of cotton yield with varied irrigation and nitrogen treatments using aerial multispectral imagery. International Journal of Agricultural and Biological Engineering, 6(2), 37–41. <https://doi.org/10.3965/j.ijabe.20130602.005>
- Huete, A. R. (1988). A soil-adjusted vegetation index (SAVI). Remote Sensing of Environment, 25(3), 295–309. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(88\)90106-X](https://doi.org/10.1016/0034-4257(88)90106-X)
- Huete, A. R., 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. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(02\)00096-2](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00096-2)
- Iqbal, J., Read, J. J., and Whisler, F. D. (2013). Using remote sensing and soil physical properties for predicting the spatial distribution of cotton lint yield. Turkish Journal of Field Crops, 18(2), 158–165. website: <https://dergipark.org.tr/en/pub/tjfc/issue/17121/179020>
- Kaufman, Y. J., and Tanré, D. (1992). Atmospherically resistant vegetation index (ARVI) for EOS-MODIS. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 30(2), 261–270. <https://doi.org/10.1109/36.134076>
- Kılıçaslan, S. (2023). Pamukta (*G. hirsutum* L.) Bitki-Su İlişkisinin Saptanmasında Uydu Görüntülerinin Kullanma Olanaklarının Araştırılması. (Doktora Tezi). Dicle Üniversitesi: Diyarbakır.
- Kılıçaslan, S., Ekinci, R., ve Başbağ, S. (2019). Pamuk yetiştiriciliğinde azot yönetim sistemi için bazı fizyomorfolojik özelliklerden faydalanma olanaklarının araştırılması. 1. Uluslararası Malatya Uygulamalı Bilimler Kongresi, 20–22 Aralık 2019 (s. 1–7). Yer: Malatya: İKSAD. website: https://www.researchgate.net/publication/338655921_...
- Kılıçaslan, S., Ekinci, R., ve Arslanoğlu, M. C. (2023). Pamuk bitkisi üretim alanı ortam nem ve sıcaklık değerlerinin, SAR ve optik uydu görüntüleri ile tahmin edebilirliğinin araştırılması. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 13(3), 2217–2228. <https://doi.org/10.21597/jist.1265099>
- Kılıçaslan, S., Ekinci, R. ve Başbağ, S. (2020). RapidEye ve PlanetScope uydu bantları ile pamuk bitkisi yaprak azot içeriğinin belirlenmesi. Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 25(2), 169–180. <https://doi.org/10.37908/mkutbd.654258>
- Lacerda, L.N., Ardigueri, M.C., Barboza, T.O., Snider, J., Chalise, D.P., Gobbo, S. and Vellidis, G. (2025). Using high-resolution multispectral data to evaluate in-season cotton growth parameters and end-of-the-season cotton fiber yield and quality. Agronomy, 15(3), 1–16. <https://doi.org/10.3390/agronomy15030692>

- Liu, Y., Tao, F., Yao, H. and Kincaid, R. (2023). Short-wave infrared hyperspectral imaging for laboratory evaluation of cotton fiber maturity. *Journal of Cotton Research*, 6(1), 21. <https://doi.org/10.1186/s42397-023-00158-7>
- 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. <https://doi.org/10.1080/10106040108542184>
- Meng, L., Liu, H., Zhang, X., Ren, C., Ustin, S., Qiu, Z., Xu, M. and Guo, D. (2019). Assessment of the effectiveness of spatiotemporal fusion of multi-source satellite images for cotton yield estimation. *Computers and Electronics in Agriculture*, 162, 44–52. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.04.001>
- 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. <https://doi.org/10.3390/s8042480>
- Penuelas, J., Filella, I., Biel, C., Serrano, L. and Save, R. (1993). The reflectance at the 950–970 nm region as an indicator of plant water status. *International Journal of Remote Sensing*, 14(10), 1887–1905. <https://doi.org/10.1080/01431169308954010>
- Pu, R., Gong, P. and Yu, Q. (2008). Comparative analysis of EO-1 ALI and Hyperion, and Landsat ETM+ data for mapping forest crown closure and leaf area index. *Sensors*, 8(6), 3744–3766. <https://doi.org/10.3390/s8063744>
- Rondeaux, G., Steven, M. and Baret, F. (1996). Optimization of soil-adjusted vegetation indices. *Remote Sensing of Environment*, 55(2), 95–107. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(95\)00186-7](https://doi.org/10.1016/0034-4257(95)00186-7)
- 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. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(94\)00114-3](https://doi.org/10.1016/0034-4257(94)00114-3)
- Rouse, J.W. Jr., Haas, R.H., Schell, J.A. and Deering, D.W. (1973). *Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation* (NASA-CR-132982). website: <https://ntrs.nasa.gov/citations/19730017588>
- Sakarya, U., Gürbüz, S.Z., Demirkesen, C., Deveci, H.S., Tankız, S., Öztoprak, A.F., Yılmaz, Ö., Atıl, İ., Arabacı, M.A., Akbaba, N., Mişe, Ö. ve Teke, M. (2014). Afet yönetiminde görüntü işleme uygulamalarının kısa bir incelemesi ve RASAT ile örnek uygulamalar. V. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu (UZAL-CBS 2014), 14–17 Ekim 2014, İstanbul. website: https://uzalcbs.org/wp-content/uploads/2016/11/2014_087.pdf
- Shi, G., Du, X., Du, M., Li, Q., Tian, X., Ren, Y., Zhang, Y. and Wang, H. (2022). Cotton yield estimation using the remotely sensed cotton boll index from UAV images. *Drones*, 6(9), 254. <https://doi.org/10.3390/drones6090254>
- Siegfried, J., Adams, C.B., Rajan, N., Hague, S., Schnell, R. and Hardin, R. (2022). Combining a cotton ‘boll area index’ with in-season unmanned aerial multispectral and thermal imagery for yield estimation. *Field Crops Research*, 291, 108765. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2022.108765>

- Sripada, R.P. (2005). Determining in-season nitrogen requirements for corn using aerial color-infrared photography (Doctoral dissertation). North Carolina State University: Raleigh, NC. website: <https://repository.lib.ncsu.edu/items/69abed43-4eb9-44c5-86a1-08b8692147aa>
- 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. <https://doi.org/10.2134/agronj2005.0200>
- Thompson, C.N. (2020). Remote sensing-based growth inflection point for characterizing cotton maturity using NDRE curves. Plant Health Exchange. website: <https://www.planthealthexchange.org/cotton/Pages/GROW-COT-02-20-222.aspx>
- Tilse, M.J., Filippi, P., Whelan, B. and Bishop, T.F.A. (2024). Downscaling crop production data to fine scale estimates with geostatistics and remote sensing: A case study in mapping cotton fibre quality. *Precision Agriculture*, 25, 2921–2957. <https://doi.org/10.1007/s11119-024-10161-w>
- 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), L20405. <https://doi.org/10.1029/2007GL031021>
- Xu, R., Li, C. and Paterson, A.H. (2019). Multispectral imaging and unmanned aerial systems for cotton plant phenotyping. *PLOS ONE*, 14(2), e0205083. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205083>
- Xu, W., Yang, W., Chen, P., Zhan, Y., Zhang, L. and Lan, Y. (2023). Cotton fiber quality estimation based on machine learning using time series UAV remote sensing data. *Remote Sensing*, 15(3), 586. <https://doi.org/10.3390/rs15030586>
- 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. <https://doi.org/10.1007/s11119-004-5319-8>
- Yıldız, V. (2024). Pamuk Gelişimi ve Veriminin İnsansız Hava Aracı Verileri ile Analiz Edilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa,: Türkiye. website: <https://acikerisim.harran.edu.tr:8080/xmlui/handle/11513/3847>
- Yılmaz, O.S. (2023). Uzaktan algılama teknikleri ile su yüzeylerinin tespit edilmesinde kullanılan su çıkarma indekslerinin performans analizi. *Türk J Remote Sens GIS*, 4(2), 242–261. <https://doi.org/10.48123/rsgis.1256092>

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyad, Ad

KOÇ, Ferdi

Web sayfası

(Research Gate, Academia, vs.)

Eğitim Bilgileri

Derece	Kurum	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Dicle Üniversitesi Ziraat	
Lisans	Fakültesi Tarla Bitkileri	2014
	Programı	
Lise	Fatih Lisesi	2002

İş Deneyimi

Dönem (Yıl)	Şirket, Kurum	Görev
2	Kafkas Üniversitesi	Memur
	Rektörlüğü	
3	Kayapınar İlçe Tarım	Memur
	ve Orman Müdürlüğü	
3	Kayapınar İlçe Tarım	Tekniker
	ve Orman Müdürlüğü	
10	Kayapınar İlçe Tarım	Mühendis
	ve Orman Müdürlüğü	

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

1.

2.

3.

4.

Özel İlgiler

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEZ BENZERLİK BİLDİRİMİ FORMU

Öğrencinin Adı, Soyadı	Ferdi KOÇ
Öğrenci No	22811009
Ana Bilim Dalı	Tarla Bitkileri
Program Türü	Proje ☐ Yüksek Lisans ☒ Doktora ☐
Tez Danışmanı (Ünvanı, Adı, Soyadı)	Doç. Dr. Remzi EKİNCİ
(Varsa) II. Tez Danışmanı (Ünvanı, Adı, Soyadı)	
Tez Başlığı	Multispektral Kamera Kullanılarak Pamuk Bitkisinin Gelişim Sürecindeki Değişimlerinin İzlenmesi ve Değerlendirilmesinin Araştırılması
RAPOR BİLGİLERİ	
Raporlama Aşaması	Tez Savunma Sınavı Sonrası
Sayfa Sayısı	87
Raporlama Tarihi	12/06/2025
Benzerlik Oranı (%)	21

Yukarıda bilgileri verilen tez çalışmamın toplam 87 sayfalık kısmına ilişkin, 12/06/2025 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin isimli intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan intihal raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 21 olarak tespit edilmiştir.

Uygulanan filtrelemeler:

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

Tezimin benzerlik oranı, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İntihal Raporu Uygulama Esaslarında belirtilen üst sınır benzerlik oranını aşmamaktadır. Tez benzerlik oranı 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: Ferdi KOÇ

Tarih: 12.06.2025

İmza:

Danışman Adı, Soyadı: Doç. Dr. Remzi EKİNCİ

İmza:

Tarih:

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

İmza:

Tarih: