



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN
ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**JEOİSTATİKSEL YÖNTEMLERLE TOPRAK
ANALİZİ: KONYA ÖRNEĞİ**
Merve ÇIRACI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Anabilim Dalı

**Nisan-2024
KONYA
Her Hakkı Saklıdır**

TEZ KABUL VE ONAYI

Merve ıracı tarafından hazırlanan “JEOİSTATİKSEL YÖNTEMLERLE TOPRAK ANALİZİ: KONYA ÖRNEĞİ” adlı tez çalışması 30/4/2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliğı / oy okluğı ile Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Jeostatistik Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS/DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Unvanı Adı SOYADI

.....

Danışman

Unvanı Adı SOYADI

.....

Üye

Unvanı Adı SOYADI

.....

Üye

Unvanı Adı SOYADI

.....

Üye

Unvanı Adı SOYADI

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun/.../20.. gün ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Şerife Yurdağül KUMCU
FBE Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Merve ÇIRACI

Tarih:30/4/2024

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

JEOİSTATİKSEL YÖNTEMLERLE TOPRAK ANALİZİ: KONYA ÖRNEĞİ

Merve ÇIRACI

Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Jeostatistik Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Hüseyin Zahit SELVİ

2024, 62

Jüri

Doç. Dr. Hüseyin Zahit SELVİ

Diğer Üyenin

Doç. Dr. Aslı BOZDAĞ

Dr. Öğr. Üyesi Abdullah VARLIK

İnsan kaynaklı ekosistem sorunları her geçen gün artmaktadır. Doğal çevrenin korunması ve sürdürülebilirliği için bir çok çalışma yapılmaktadır. Bu çalışmalar arasında en yaygın olanlardan toprağın işlenebilirliği içerisindeki elementlerin ölçümü ve analizi yer almaktadır. Uzaktan algılama verilerinden gelen doğruluk ise her geçen gün çeşitli yöntemlerle ulaşılabilir verinin kıymetini arttırmaktadır. Verinin işlendiği yöntemlerden bir tanesi de jeoistatistiksel modellerdir. Uzaktan algılama verileri ve sahadan gelen ölçülen toprak değerleri verisinin işlenmesi ile gerçekleştirilmiştir. Fiziksel ölçümlerin yanında yapılan birçok çalışmada da gözlemlenilmiştir ki uzaktan algılama verilerinden gelen parlaklık değerleri okuması ile arazi hakkında bilgi sahibi olabiliyoruz. Tarımın kalitesi toprağın korunması ile doğrudan ilişkilidir. Son dönem çalışmalarında da tarıma ve toprağa yoğun ilgi bulunmaktadır. Konya Karapınar bölgesinde gerek jeolojik gerekse toprak analizi konusunda yoğun çalışma alanıdır. Bu çalışmalar yerel ve ulusal boyuttadır. Alana yönelik koruma ve sürdürülebilirliğini arttırmak için çeşitli çalışmalar ile çözüm aranmıştır.

Araştırma konusu ve uygulanması haritacılık jeoistatistiksel tekniği analizleri ile hem konumsal hemde teknik olarak oldukça taze bir çalışma alanıdır. Bu çalışmada jeoistatistiksel yöntemler arasında yer alan kriging modellemesinin gerçek veriye yakınlığına vurgu yapılmıştır. Jeoistatistiksel yöntemlerle oluşturulan modeller sayesinde verinin çeşitli analizlerle karşılaştırılması sağlanmıştır.

Bu çalışmada USGS'den elde edilen Landsat9 verisi indeksleri ve Ulusal Toprak Veri Tabanı verileri kullanılmıştır. Landsat9 verisinden bitki örtüsü indeks haritası, kil, demir, demiroksit haritaları üretilerek jeoistatistik metodu ile analiz edilmiştir. Ulusal toprak veri tabanından 1/25000'lik büyük toprak grubu verileri yer aldı.

Veri analizi için ArcGIS 10.8 programı kullanıldı. Türkiye de Karapınar bölgesinde uzaktan algılama verisi ve saha verisinin beraber kullanıldığı jeoistatistiksel yöntemlerle toprak element veri analizi yapıldı. En iyi sonucu uzaktan algılama verileri ile kriging ordinary yönteminde $R^2 = 0.4$ sonucu ile tahminleme yapıldı. Yapılan çalışmanın Toprak bilimi ve çeşitli arazi yönetimi araştırmaları için alt çalışma olarak kılavuz niteliği taşımaktadır. Kolay ulaşılabilir veri olan uzaktan algılama verileri ile zamandan ve maliyetten kazanç sağlanarak düşük hatalı analizlerin yapılabilirliği doğrulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: coğrafi bilgi sistemleri, jeostatistik, kriging, landsat

ABSTRACT

MS

SOIL ANALYSIS WITH GEOSTATISTICAL METHODS: KONYA EXAMPLE

Merve ÇIRACI

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN GEOMATIC ENGINEERING

Advisor: Hüseyin Zahit SELVİ

2024, 62

Jury

Advisor Danışmanın Assoc. Prof.Dr. Hüseyin Zahit Selvi

Doç. Dr. Hüseyin Zahit SELVİ

Assoc. Prof.Dr. Ash BOZDAĞ

Dr. Abdullah VARLIK

Human-induced ecosystem problems are increasing day by day. Many studies are carried out for the protection and sustainability of the natural environment. The most common of these studies include the measurement and analysis of elements in the workability of soil. The accuracy of remote sensing data increases the value of data that can be accessed through various methods every day. One of the methods by which data is processed is geostatistical models. It was carried out by processing remote sensing data and measured soil values data from the field. In addition to physical measurements, it has been observed in many studies that we can obtain information about the land by reading the brightness values from remote sensing data. The quality of agriculture is directly related to the protection of the soil.

There is also intense interest in agriculture and soil in recent studies. It is an area of intense study in both geological and soil analysis in Konya Karapınar region. These studies are local and national. Solutions have been sought through various studies to increase the protection and sustainability of the area.

It is a very fresh field of study, both spatially and technically, with its research subject and application of cartography geostatistical technique analysis. In this study, the closeness of kriging modeling, which is among the geostatistical methods, to real data is emphasized. Thanks to the models created by geostatistical methods, the data was compared with various analyses. Landsat9 data indices obtained from USGS and National Soil Database data were used in this study. Vegetation index map, clay, iron and iron oxide maps were produced from Landsat9 data and analyzed with the geostatistical method. Slope map was produced from SRTM. 1/25000 large soil group data were included from the national soil database.

ArcGIS 10.8 program was used for data analysis. Soil element data analysis was performed using geostatistical methods using remote sensing data and field data together in the Karapınar region in Turkey. The best result was estimated with remote sensing data and the kriging ordinary method with $R^2 = 0.4$. The study serves as a guide as a sub-study for soil science and various land management research. The feasibility of low-error analyzes has been confirmed by saving time and cost with remote sensing data, which is easily accessible data.

Keywords: geostatistics, kriging, geographic information

ÖNSÖZ

Bu çalışma boyunca bilgi ve birikimleriyle yanımda olan danışman Hocam Sayın Doç. Dr. Hüseyin Zahit Selvi'ye teşekkür ederim. Konya Necmettin Erbakan Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü öğretim elemanlarına gerek ders dönemi gerek tez dönemi her bir katkılarından dolayı teşekkür ederim. Ayrıca kaynakçanın ve tez hazırlanmasının ilk temel bilgilerini bizde sağlamlaştıran Dr. Fatih Kaleci ve Doç. Dr. İlkey hocama teşekkür etmek istiyorum. Süreç boyunca manevi desteklerini esirgemeyen sayın Sosyal İnovasyon Ajansı Direktörüm Ali Güney'e gerek yurt dışı eğitimlerine olan destekleri gerekse süreçteki teşviklerinden dolayı teşekkür ederim. Tarım ve Orman Bakanlığı'na verileri temin aşamasında desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Son olarak her zaman yanımda olan, tez çalışmamın her noktada cömertçe yardımlarını esirgemeyen başta annem Ayten Çıracı ve aileme destek ve cesaretlerinden dolayı sonsuz teşekkür ederim

Merve ÇIRACI
KONYA-2024

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	x
1.GİRİŞ	1
1.1.Tezin Amacı.....	2
1.2 Literatür Taraması.....	3
2. JEOİSTATİSTİK.....	6
3. METODOLOJİ.....	8
3.1. Çalışma Alanı	8
3.1.1. Veri Toplama	9
3.1.2.Yararlanılan Programlar	9
3.1.3. Kullanılan Veriler	11
3.2. Veri Ön İşleme.....	14
3.2.1. Karanlık Nesne Çıkarma (The Dark Object Subtraction).....	14
3.2.2. Dijital Sayının Yansımanın Dönüştürülmesi	14
3.2.3. Landsat 9 görüntüleri için DN'nin TOA Yansımasına Dönüştürülmesi	15
3.3. NDVI (Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi).....	16
3.4. Büyük Toprak Grubu	18
3.5. Landsat İndeks Haritaları	21
3.6. Kriging	27
4. UYGULAMA	30
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	45
6. KAYNAKLAR	49
ÖZGEÇMİŞ	52

TABLÖLAR LİSTESİ

Çizelge 1Jeoistatistik iş akışı.....	7
Çizelge 2Landsat9 Band Kombinasyonu(Landsat 9, n.d.)	12
Çizelge 3Veri Kaynakları Tablosu	12



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1 Çalışma Alanı Konya Karapınar	8
Şekil 2: İşlem Şeması	9
Şekil 3 Toprak Analiz Bileşenleri	10
Şekil 4 Landsat Tools aracı kullanılarak Landsat verisi yansıma değeri hesaplaması	11
Şekil 5 Karanlık Nesne Çıkarımı	14
Şekil 6 Karapınar Bölgesi için Üretilen NDVI	16
Şekil 7 Karapınar Büyük Toprak Grubu Haritası	18
Şekil 8 Arazi Kullanım Kabiliyet Sınıflaması Haritası	19
Şekil 9 Kullanım Kabiliyet Alt Sınıfı Haritası	20
Şekil 10 Çalışma Alanı Doğru Renk Kombinasyonu	22
Şekil 11 Landsat 9 Demiroksit Haritası	23
Şekil 12 Landsat 9 Demir Haritası	24
Şekil 13 Landsat 9 Kil Haritası	25
Şekil 14 Ordinary Kriging için hata payı NDVI ve Eğim Co-Kriging	27
Şekil 15 Toprak verileri için Semivariogram NDVI ve Eğim Co-Kriging	27
Şekil 16 Kriging Histogram, Normal QQPlot tablolaştırılması	29
Şekil 17 Çalışma Alanında Rasgele Seçilen 300 nokta	32
Şekil 18 Landsat Demir Kriging Histogram, Normal QQPlot tablolaştırılması	33
Şekil 19 Demir Haritası için hata hesabı	34
Şekil 20 Landsat Demiroksit Kriging Histogram, Normal QQPlot tablolaştırılması	35
Şekil 21 Demiroksit Haritası için hata hesabı	36
Şekil 22 Landsat Kil Kriging Histogram, Normal QQPlot tablolaştırılması	37
Şekil 23 Kil Haritası için hata hesabı	38
Şekil 24 Landsat NDVI Kriging Histogram, Normal QQPlot tablolaştırılması	39
Şekil 25 NDVI Haritası için hata hesabı	40
Şekil 26 Büyük Toprak Grubu Kriging Histogram, Normal QQPlot tablolaştırılması	40
Şekil 27 BTG Haritası için hata hesabı	42
Şekil 28 Arazi Kullanım Alt Sınıfı Kriging Histogram, Normal QQPlot tablolaştırılması ..	43
Şekil 29 ATS Kriging Histogram, Normal QQPlot tablolaştırılması	44
Şekil 30 En Küçük Kareler Yöntemi ile yapılan hata hesaplaması	46

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

NIR: Yakın Kızılötesi bandın görüntülerdeki değeri

Kırmızı: Kırmızı bandın görüntülerdeki değeri

$L\lambda$: Radyans olarak hücre değeri

Kazanç: Belirli bir bant için kazanç değeri

Bias: Belirli bir bant için bias değeri

$L\lambda$: Radyans olarak hücre değeri

QCAL: Sayısal(Digital Number) değer

$L_{MIN}\lambda$: Spektral radyansın QCALMIN'e ölçeklenmiş hali

$L_{MAX}\lambda$: Spektral radyansın QCALMAX'e ölçeklenmiş hali

QCALMIN: Minimum kalibre edilmiş piksel değeri

QCALMAX: Maksimum kalibre edilmiş piksel değeri

$\rho\lambda$: Boyutsuz gezegen yansması

$L\lambda$: Spektral radyans (önceki adımdan)

d: Astronomik birim cinsinden Dünya-Güneş mesafesi

ESUN λ : Ortalama güneş ekzoatmosferik ışınım

θ_s : Güneş zenit açısı

Kısaltmalar

AKK: Arazi Kullanım Kabiliyet Sınıflaması

ARCMAP: ArcMap (ArcGIS yazılımının bir bileşeni)

ATS: Arazi Kullanım Kabiliyet Alt Sınıfı

AZT: Arazi Tipleri

BBK: Bünyeler ve Birimler

BTG: Büyük Toprak Grupları

CBS: Coğrafi Bilgi Sistemi

DBK: Drenaj – Bünye Kombinasyonu

DOS: Dark Object Subtraction (Koyu Nesne Çıkarma)

DTABK: Drenaj – Tuz – Alkali Kombinasyonu

DTO: Diğer Toprak Özellikleri

EBDK: Eğim – Bünye – Derinlik Kombinasyonu

EDK: Eğim – Derinlik Kombinasyonu

ERZ: Erozyon Dereceleri

GPS: Global Positioning System (Küresel Konumlama Sistemi)

MTL: Metadata File (Meta Veri Dosyası)

NADIR: Nadir Görüntüleme (Uzaktan Algılama için Görüntüleme Açısı)

NDVI: Normalized Difference Vegetation Index (Normalize Edilmiş Fark Bitki İndeksi)

RGB: Red Green Blue

RMSE: Root Mean Square Error of Prediction

SAK: Şimdiki Arazi Kullanım Şekli

TABK: Tuz – Alkali ve Bünye Kombinasyonu

TIFF: Tagged Image File Format (Etiketli Görüntü Dosya Biçimi)

TOA: Top of Atmosphere (Atmosferin Üstü)

TOK: Toprak Özellikleri Kombinasyonu

USGS: Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları

1.GİRİŞ

Sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin önemi her geçen gün artmaktadır. Bu hedeflerde 17 madde ile sürdürülebilir çalışma alanlarının içerisinde doğrudan 11. madde sürdürülebilir şehir ve yaşam alanları, 13. madde iklim eylemi 15. madde karasal yaşam, arazi yönetiminin önemine dikkat çekmektedir. Çevresel sorunlarda mekânsal değişimlerin değerlendirilmesinde, mevcut durum belirlenmesinde ve çözüm yaklaşımı için jeoistatistik yöntemlerden yaygın olarak faydalanılmaktadır. Özellikle arazi yönetiminde toprağın rolünün ekosistemsel rolüne ilişkin tespitlerin ve değerlendirmelerin sürecinde jeoistatistiksel yöntemler toprak çeşitliliğini mekânsal olarak kolay bilgi ve ilişkilendirilmiş bilgiyi sunmaktadır. Arazi yönetiminde jeoistatistik ve coğrafi bilgi sistemlerini kullanarak bir çok makale için çalışma konusu olagelmıştır. Jeoistatistik toprak değişkenleri için mekânsal varyasyon üzerine çalışılırken coğrafi bilgi sistemlerinden de destek alınması ile Konya Karapınar bölgesi için toprağın katekterizasyonu kriging, IDW, co- kriging gibi uygulamalarla belirlenmeye çalışılmıştır.

1.1. Tezin Amacı

Doğal çevrenin kaynaklarının sürdürülebilirliği, toprağın işlenebilirliğinde yapılan fiziksel ölçümlerin ve veri incelemelerinin yanında toprak içerisindeki elementlerin korunması ve takibi amacıyla Konya Karapınar bölgesindeki toprak bileşenlerinin veri analizi yapılmıştır. Bu kapsamda, uzaktan algılama verisinin ArcGIS programı analiz işlemleri doğrultusunda jeostatistiksel yöntemler kullanılarak çalışma bölgesine ait toprak bileşenleri haritaları üretilmiştir. Üretilen haritalar Landsat 9 uydu görüntüsü ve Tarım Orman Bakanlığı tarafından ölçümleri sahada gerçekleştirilen verilerden alınmıştır. Verilerin işleme sürecinde Landsat 9 verisi için kil, demir, demiroksit, mineral haritalarını raster formatta üretilmiştir. Saha ölçüm verileri için toprak grupları üzerinde çalışılmıştır. Üretilen haritalar sürdürülebilir arazi kullanım planlamasında çeşitli çalışmalar için altlık ve mevcut arazi kullanımında rehber bilgiler içermeyi hedeflenmiştir.

1.2 Literatür Taraması

Jeoistatistik toprak değişkenleri için mekânsal varyasyon üzerine çalışılırken coğrafi bilgi sistemlerinden de destek alınması ile Konya Karapınar bölgesi için toprağın katekterizasyonu kriging, IDW, co- kriging gibi uygulamalarla belirlenmeye çalışılmıştır. Doğal kaynakları korumak ve sürdürülebilirliğini sağlamak günümüz problemlerindedir. Bu kaynakların ana unsurlarından olan toprak içeriği ,su kalitesi , mevsimsel yağışlar vb. problemin çözümü için çalışmalar son zamanlarda farklı tekniklerle artış göstermektedir. Bu çalışmalar doğrultusunda Türkiye de gözlenmiş aylık yağış verileri ile jeoistatistiksel yöntemler birleştirilerek mevsimsel yağışların coğrafi değişimleri incelenmiş, birden fazla jeoistatistiksel model uygulanmış haritası üretilmiştir (Hatice Çıtakoğlu, 2017).

Benzer uygulama ile Eskişehir ilinde Porsuk Çay'ında çalışılmıştır. Bu çalışmaya göre, Landsat TM verilerinin sadece SS, chl_a ve TLID gibi fiziksel su kalitesi parametrelerinin değil, aynı zamanda Eskişehir'deki Porsuk Barajı rezervuarındaki NO₃-N gibi kimyasal bileşenlerinin de jeoistatistiksel olarak tahmin edilmesinde kullanılabileceği oluşturulan modeller yapılan çalışma ile gösterilmiştir. Devlet su işleri personeli fiziksel ölçümlerin yanında uzaktan algılama verilerinden ve parlaklık değerinden faydalanılarak tamamlanmış yüksek doğruluğu ispatlanmış alanında özgün çalışmalardandır (Bilge, 2003).

Su kalitesi konusunda yeraltı suları üzerinde de haritacılık teknikleri uygulandığı gözlemlenilmiştir. Su kalitesi bilgisi, uzun vadede hangi yönetim değişikliklerinin gerekli olduğunu anlamak için kritik öneme sahiptir. Bu nedenle, bu çalışma, yüksek potansiyelli kirliliğe sahip alanları yorumlamak için çeşitli mekânsal modellerin ve veri interpolasyonunun uygulanmasını araştırmak ve potansiyel riski değerlendirmeye yönelik jeoistatistiksel yöntemle mevcut izleme kuyularının etkinliğini değerlendirmek için uygulanmıştır. Çalışma sonucunda yeraltı suyu kalitesini değerlendirmiş ve su örneklerinin mekansal değişimini içme ve sulama amaçlarına uygunluk açısından haritalandırılmıştır (Bhunia, 2018). İran sınırları içerisinde uygulanan bu çalışma, Türkiye de CBS (coğrafi bilgi sistemleri) jeoistatistiksel yöntemleri Bucak havzasında

çalışılmıştır. Türkiye’de sayısız karstik arazi vardır. Bu alanlardan birisi de Burdur ili bucağ havzasıdır. Bucak Havzası’nda iç ve yüzeysel karstlaşmanın ileri düzey geliştiği, Batı Toros Karst alanı içerisindedir. Isparta Bucak ilçesi içme suyu ihtiyacı bölge içerisinde bulunan iki kaynak ile ovada açılmış olan sondaj kuyuları yardımıyla yeraltısuyundan karşılanmaktadır. Bu çalışmada Bucak havzasının suyundaki sertliği CBS ve jeostatistik yöntemleri kullanılarak haritalanmıştır(Soyaslan & Hepdeniz, 2020). Yapılan çalışmada, sertlik değerleri CBS ortamında işlenmiş, Kriging interpolasyon yöntemi ile analiz işlemi ve tematik haritalar üretilmiştir.

Yeryüzünün %29-30 kaplayan bitki örtüsü karasal iklimlerde (toprak- vejetasyon) karbonun %75-90 arasını depolanmakta olduğu bilinmektedir(Foody, 1996) 21.yy uydu teknolojileriyle coğrafi bilgi sistemleri işbirliği NBÜ (net birincil üretim) yaygın bölgede farklı arazi tipleri bitki örtüleri için belirleyici rol oynamakta olduğu bilinmektedir. Ayrıca gözlemlenmiştir ki, Konya Kapalı Havzası’nda bulunan arazi örtüleriyle ilgili NBÜ değerleri tanımlayıcı istatistik sonuçlar incelendiğinde NBÜ değerleri meralarda çok fazla seviyede sağa dönük , iğne yapraklı ormanlarda ise orta düzeyde sağa dönük ve diğer bölgelerde normale yakın bir dağılımı görülebilmektedir(Başbozkurt Hakan, n.d.).

Günümüz dünyasında, arazi kullanım uygulamalarındaki ve diğer antropojenik kaynaklardaki ani değişiklik nedeniyle, toprak büyük ölçüde etkilenmiştir (Mallik, 2022).Coğrafi bilgi sistemi (GIS) platformunda, jeostatistiksel yaklaşımların diğer yöntemlere göre üstün olduğu kanıtlanan SOC'nin (soil organic carbon) haritalanması için birçok enterpolasyon tekniği varlığı bilinmektedir. Jeostatistiksel yaklaşımlar, veri setindeki rastgele varyasyonları dikkate alır ve yüzeyi minimum hata ve daha iyi doğrulukla tahmin etmek için mekânsal oto-korelasyonu kullanılır(Liu, 2014). Uzaktan algılama ve topografik özelliklerin kolay kullanılabilirliği, toprak organik karbonun daha etkili ve pratik tahminlerini sağladığı gözlemlenmiştir(Wang, 2018)

Konya buğday ambarı yani tarım verimliliği yüksek bir bölgedir. Toprak özellikleri genellikle mekânsal bağımlılık gösterir (Webster, 1985) Birbirine yakın numuneler, birbirinden uzak numuneler ile karşılaştırıldığında benzer özelliklere sahiptir. Tarımsal ve doğal kaynakları korumak ve aşırı gübre kullanımını önlemek için, çalışma bölgesinin güney kesiminde hassas gübreleme yönetimi ve kontrolü önerilmektedir. Görünüşe göre

kırpma sistemi, toprak özelliklerinin mekansal değişkenliği üzerinde orta derecede bir etkiye sahip olduğu gözlemlenmiştir(Mousavifard, 2013).



2. JEOİSTATİSTİK

En faydalı terimsel anlamı, jeoistatistik, örneklenmiş saha verilerinin istatistiksel analizi için analitik bir araçtır (Bolstad, 2002). Günümüzde, jeoistatistik sadece nokta verilerini analiz etmek için değil, aynı zamanda çeşitli CBS veri kaynaklarıyla birlikte giderek artan bir şekilde kullanılmaktadır: örneğin uzaktan algılanan verilerdeki uzamsal çeşitliliği araştırmak, görüntülerdeki gürültüyü ölçmek ve bunların filtrelenmesi (örneğin boşlukların/eksik piksellerin doldurulması), DEM (yüksekti) üretimini iyileştirmek ve simülasyonlar için kullanıldığı bilinmektedir. Diggle ve Ribeiro Jr (2007) için jeoistatistiğin üç bilimsel amacı vardır(Hengl ,2007):

- I. Model tahmini, yani model parametreleri hakkında çıkarım;
- II. Tahmin, yani hedef değişkenin gözlemlenmeyen değerleri hakkında çıkarım;
- III. hipotez testi;

Model tahmini, temel analiz adıdır, bundan sonar hipotez testine odaklanılması planlanılmaktadır.Genellikle çalışmalarda görüşmüştür ki üç amaç da birbirini ile bağlantılıdır.

Jeoistatistik belirtildiği gibi, jeoistatistik, mekansal veya uzaysal olaylarla ilişkili değerleri analiz etmek ve tahmin etmek için kullanılan bir istatistik sınıfıdır.

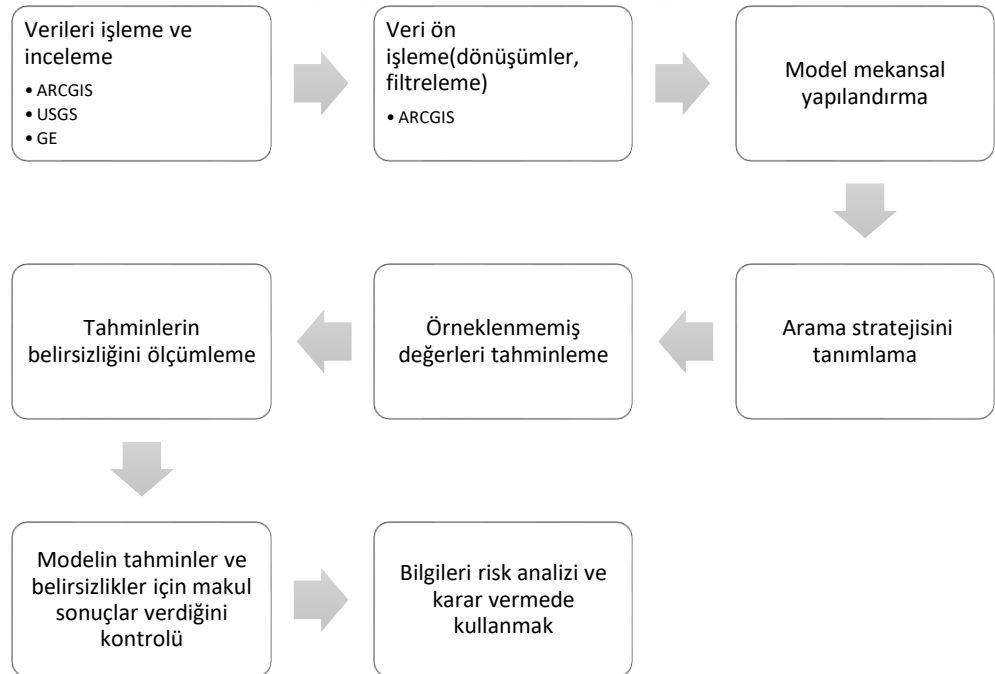
İlk adım, hemen hemen her veriye dayalı çalışmada olduğu gibi, verileri yakından incelemek olmuştur. Bu, tipik olarak, veri kümesinin sunabileceği önemli özelliklerin net bir şekilde görselleştirilmesine olanak tanıyan bir sınıflandırma ve renk şeması kullanarak veri kümesini haritalanması ile başlamıştır.

İkinci aşama, jeoistatistiksel modelin oluşturulması olmuştur. Bu süreç, çalışmanın amaçlarına (yani, modelin sağlaması gereken bilgi türlerine) ve dahil edilecek kadar önemli olduğu düşünülen veri kümesinin özelliklerine bağlı olarak birkaç adımdan oluşur. Bu aşamada, veri kümesinin titiz bir araştırması sırasında toplanan bilgiler ve olgunun ön bilgileri, modelin ne kadar karmaşık olduğunu ve enterpolasyonlu değerlerin ve belirsizlik ölçülerinin ne kadar iyi olacağını belirler. Modelin oluşturulması, ayrı ayrı modellenen ve enterpolasyon sürecinin son adımında geri eklenen uzamsal eğilimleri

kaldırmak için verilerin ön işlenmesini içerebilir. Ayrıca, bir Gauss dağılımını daha yakından takip etmesi için verilerin dönüştürülmesini de gerekmemiştir (bazı yöntemler ve model çıktıları için gereklidir). Modelleyici, tüm önemli özellikleri göstermek için yalnızca veri kümesine güvenemez; görünmeyenler, beklenen bir sonucu yansıtacak şekilde parametre değerleri ayarlanarak modele dahiledilir. İnterpolasyonlu değerlerin ve ilgili belirsizliklerin gerçek fenomenin doğru temsilleri olması için modelin mümkün olduğunca gerçekçi olması önemlidir. Verileri ön işlemeye ek olarak, veri setindeki uzamsal yapının (uzaysal korelasyon) modellenmesi gerekir. Kriging gibi bazı yöntemler, bunun semivariogram veya kovaryans fonksiyonları kullanılarak açıkça modellenmesini gerektirir Modelin son bir bileşeni arama stratejisidir. Bu, örneklenmemiş bir konum için bir değer oluşturmak üzere kaç veri noktasının kullanıldığını tanımlamaktır.

Model tatmin edici bir şekilde oluşturulduktan, ayarlandıktan ve çıktısı kontrol edildikten sonra, sonuçlar risk analizlerinde ve karar vermede kullanılabilir hale gelmiştir. Çizelge 1’de iş akışı özetlenmiştir.

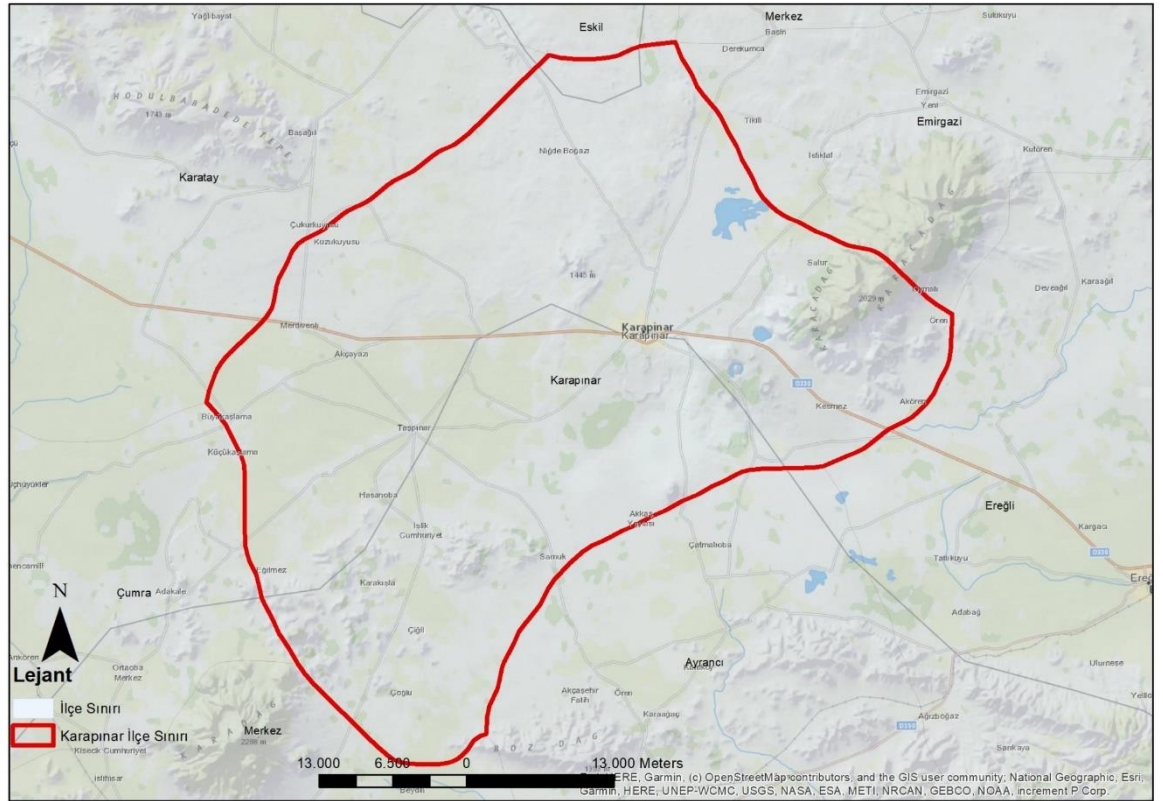
Çizelge 1: Jeostatistik iş akışı



3. METODOLOJİ

3.1. Çalışma Alanı

Konya, İç Anadolu Platosu'nda (Türkiye) enlem: 37.8667 boylam: 32.5 37° 52' 0" Kuzey, 32° 30' 0" Doğu ve yaklaşık 1.000 m yükseklikte yer almaktadır. Hollanda'dan daha büyük 5.426.480 hektarlık bir alanı (Türkiye'nin toplam alanının yaklaşık %7'si) kaplamaktadır. Konya kapalı havzasında sağlanan bir tarım geliri, tahıllardan (%9,2), fasulyeden kaynaklanmaktadır. (%6,2) ve şeker pancarı (%8,5) dahil olmak üzere endüstriyel ürünlerdir. Yetersiz drenajın bir sonucu olarak, bölge toprakları, yeraltı suyu seviyesinin yüksek olması, sulama ve karasal yarı kurak ılıman iklim koşullarının hakim olması nedeniyle genellikle alüvyonlu ve tuzlu özelliklere sahiptir. Şekil 1'de çalışma alanı sınırları gösterilmiştir.



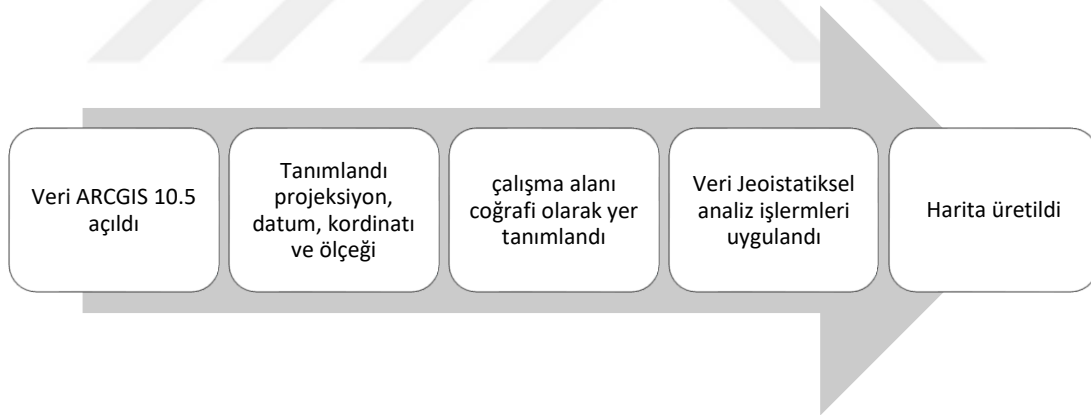
Şekil 1 Çalışma Alanı Konya Karapınar

3.1.1. Veri Toplama

Bu çalışmada konya kapalı havzasının USGS (Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları) den gelen uzaktan algılama verisini ArcGIS yazılımı analizi ve jeostatiksel metodlar kullanılarak raster harita üretmeyi amaçlamıştır. Tüm çalışma boyunca Gauss Kruger 3 derece projeksiyonları ve WGS-84 (World Geodetic System 1984) datumu kullanılmıştır (WGS_1984_UTM_Zone_36N).

Ayrıca, analizde kullanılan Konya Kapalı Havzası'nın alanını daraltmak ve uzaktan algılama verisini kesmek için OpenStreetMap verisinden faydalanılmıştır. USGS'den elde edilen verinin tarihi Ağustos 2023'tür. Bu tercih yaz aylarında Konya havzasında bulutsuz bir dönem olması nedeniyle. Bulutsuzluk indirgeme çalışmaları, bazı teknikler kullanılarak uygulanır. Bunlardan en yaygın olanlardan biri landsat tools 2.0' dur. Bu gibi harici programlara ihtiyaç duyulmaması için ağustos ayı tercih sebebidir..

Openstreetmap den edinilen veri .shp (shapefile) uzantılı olduğu için veri Arcmap'de açıldı. Bu işlem kısaca şekil 2 de gösterilmektedir.

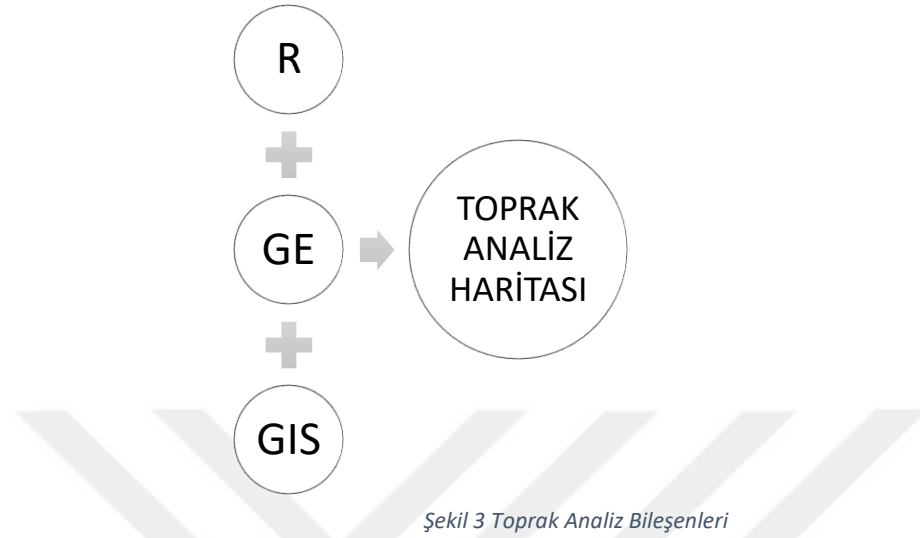


Şekil 2: İşlem Şeması

3.1.2. Yararlanılan Programlar

Yazılım tercihi projede oldukça önemlidir. Bu çalışmada öncelikle ARCMAP 10.8 yazılımını kullanımı tercih edilmiştir.. Bu platformda kullanıcılar, haritalama, veri yayınlama, analiz, veri tabanı yönetimi ve coğrafi bilgi paylaşımı gibi sınırsız işlemleri gerçekleştirebilmektedir. ArcGIS Desktop, farklı kullanıcıların ihtiyaçlarını karşılamak için ölçeklenebilir. ArcGIS Desktop yazılımı, ArcMap, ArcCatalog, ArcGlobe, ArcScene, ArcToolbox ve Model Builder gibi uygulamalara ve arayüzlere sahiptir.(Esri, 2021). Projede çoğunlukla ARCMAP uygulaması ile R+GIS+GE yani uzaktan algılama

verisi (remote sensing)+ coğrafi bilgi sistemi (global navigation system)+ google earth(.kml) üçlüsü kullanılmıştır. Şekil 3'te toprak analiz bileşenleri gösterilmiştir.



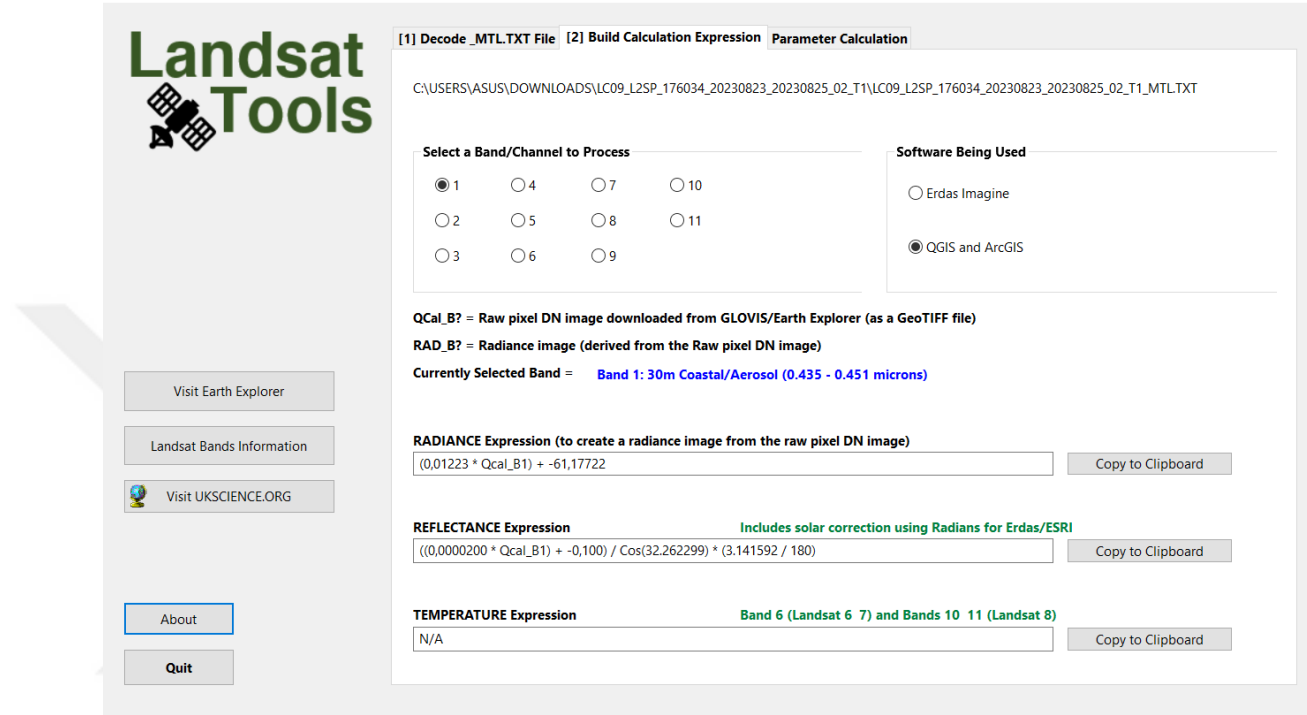
Şekil 3 Toprak Analiz Bileşenleri

Google Earth, esas olarak uydu görüntülerine dayalı olarak Dünya'nın 3B temsilini oluşturan bir bilgisayar programıdır. Program, uydu görüntülerini, hava fotoğraflarını ve CBS verilerini 3 boyutlu bir küre üzerine bindirerek Dünya'nın haritasını çıkarmakta ve kullanıcıların şehirleri ve manzaraları çeşitli açılardan görmelerini sağlamaktadır. Çalışmada bazı veriler (.kml) formatı ile buradaki platformdan alınmıştır. Örneğin ilçe sınır verisi buradan alınmıştır.

Coğrafi Bilgi Sistemi, kullanıcıların coğrafi verileri kullandığı, yönettiği ve yayınladığı birincil platformdur. Bu platformda kullanıcılar haritalama, veri yayınlama, analiz, veri tabanı yönetimi ve coğrafi veri paylaşımı gibi sınırsız işlemleri gerçekleştirebilmektedir.

Uydu görüntülerinin ilk işlenmesi CBS yazılımında gerçekleştirilmiştir. Sırasıyla özetlemek gerekirse, katman yığıcı, Landsat 9 uydu görüntüleri band 5, band 4 ve band 3 ile oluşturulmuştur. Çünkü istenen, doğru olmayan renklerle görüntülenmeleridir. Doğru olmayan renk kombinasyonu şu şekildedir: tarım ekim alanları kırmızı, ormanlar koyu kırmızı, kentsel alanlar açık mavi, yollar beyaz ve sular siyahtır. Bu işlemin amacı, alan ayrımının kolaylaştırılmasıdır. Daha sonra, TOA radyasyonuna dönüşüm ve Karanlık Nesne işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bu işlemler sırasıyla Landsat cihazıyla TOA yansımalarına dönüştürme ve ardından görüntülerin raster (.tif) olarak kaydedilmesidir. Windows için Landsat Aracı (Landsat Tools), çoklu kanallardan

parlaklık, yansımaya, sıcaklık ve diğer ürünleri üretmek için raster hesaplayıcılar için ifadeler üreten yazılımdır. Metadata (.MTL) Landsat aracı ile açılır ve değerler otomatik olarak görüntülenir. Değerler Arcmap programına girilerek yansımaya değerleri her bir band için hesaplandı. Şekil 4’de Landsat Tools aracı kullanılarak Landsat verisi yansımaya değeri hesaplaması ekranı gösterilmiştir.



Şekil 4 Landsat Tools aracı kullanılarak Landsat verisi yansımaya değeri hesaplaması

3.1.3. Kullanılan Veriler

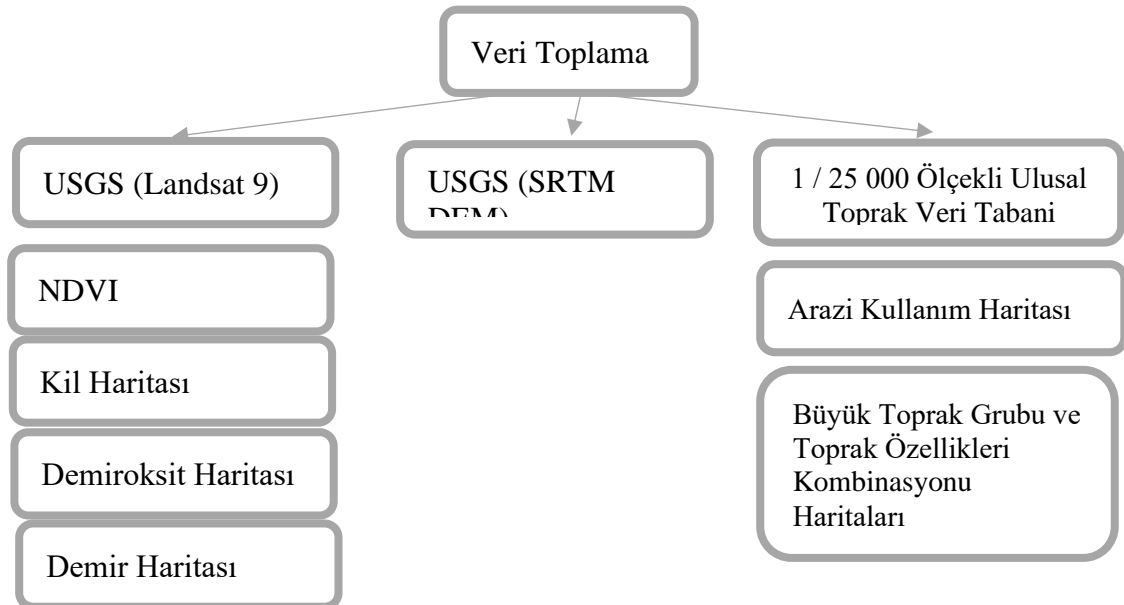
Bu çalışmada kullanılan veriler uzaktan algılanan görüntülerden, Konya Havzası için 1/25.000 ölçekli Ulusal Toprak Veritabanı ve yardımcı verilerden oluşmaktadır. Çalışma alanı üzerinde LandSat 9 uydularından elde edilen görüntüler USGS Amerika Birleşik Devletleri Jeolojik Araştırma Kurumu'ndan toplanmıştır; 2023-08-23'daki LandSat 9 görüntüleri. USGS EROS Merkezi tarafından sağlanan standart Landsat 9 ürünleri, hem Operasyonel Arazi Görüntüleyici (OLI) hem de Termal Kızılötesi Sensör (TIRS) tarafından elde edilen multispektral görüntü verilerini temsil eden nicelenmiş, kalibre edilmiş ve ölçeklendirilmiş dijital görüntülerden oluşur. Bir görüntü sahnesi, 1'den 11'e kadar olan bantlar için 30 m uzaysal çözünürlüğe sahip on bir spektral banttan oluşur. Yeni bant 1 (ultra mavi) kıyı çalışmaları içindir. Pankromatik bant 8'in çözünürlüğü 15 m'dir. Termal bantlar 10 ve 11 daha doğru yüzey sıcaklıkları sağlanmasında faydalıdır ve 100 m çözünürlükte toplanır.

Çizelge 2 Landsat9 Band Kombinasyonu(Landsat 9, n.d.)

Bant Numarası	Açıklama	Dalgaboyu	Çözünürlük
Bant 1	Kıyı / Aerosol	0,433 ila 0,453 um	30 metre
Bant 2	Görünür mavi	0,450 ila 0,515 um	30 metre
Bant 3	Görünür yeşil	0,525 ila 0,600 um	30 metre
Bant 4	Görünür kırmızı	0,630 ila 0,680 um	30 metre
Bant 5	Yakın kızılötesi	0,845 ila 0,885 um	30 metre
Bant 6	Kısa dalga boylu kızılötesi	1,56 ila 1,66 um	30 metre
Bant 7	Kısa dalga boylu kızılötesi	2,10 – 2,30 mm	60 metre
Bant 8	Pankromatik	0,50 ila 0,68 um	15 metre
Bant 9	Cirrus	1,36 ila 1,39 mm	30 metre
Bant 10	Uzun dalga boylu kızılötesi	10,3 – 11,3 mm	100 metre
Bant 11	Uzun dalga boylu kızılötesi	11,5 – 12,5 mm	100 metre

Bant kombinasyonları arasında doğal renk, renkli kızılötesi, kısa dalga kızılötesi, tarımsal, jeolojik, batimetrik, pankromatik, bitki örtüsü indeksi ve nem indeksi bulunur. Çizelge2’de gösterilmiştir. Bu kombinasyonlar jeoloji, tarım, bitki örtüsü izleme ve su kalitesi izleme gibi alanlarda bilgi sağlayan çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadır.

Çizelge 3 Veri Kaynakları Tablosu



Bu çalışmada kullanılan verilerin kaynakları ile beraber USGS Landsat verilerinin işlenmesi ile oluşan NDVI, Kil Haritası, Demiroksit haritası ve Demir haritasıdır. USGS’den elde edilen ikinci veri yükselti verisinden değerleri üretilmiştir. Tarım ve

Orman Bakanlığından elde edilen verilerden büyük toprak grubu, Toprak özellikleri alanına dair veriler edinilmiştir. Veri Kaynakları Çizelge 3'te gösterilmiştir.

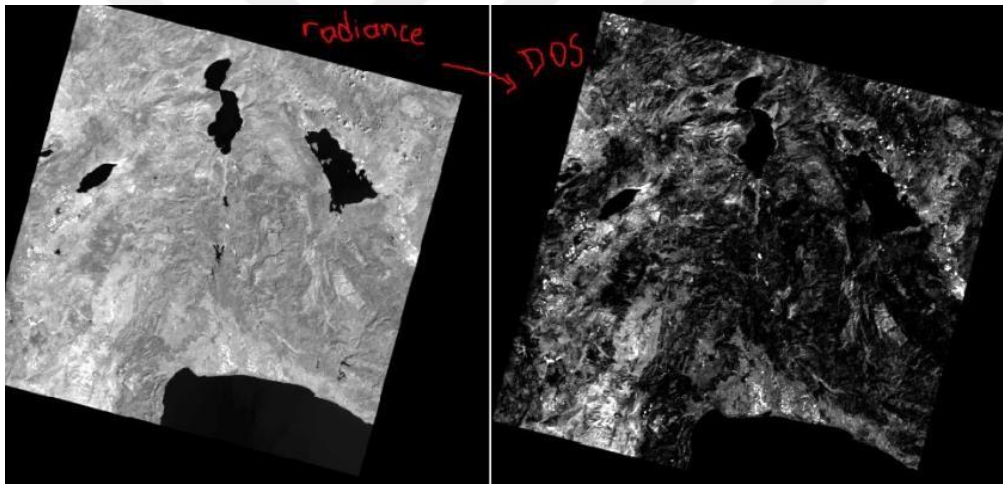


3.2. Veri Ön İşleme

3.2.1. Karanlık Nesne Çıkarma (The Dark Object Subtraction)

Koyu nesne çıkarma, her bantta en koyu piksel değerini arar. Karanlık nesnelerin hiç ışık yansıtmadığını varsayarsak, sıfırdan büyük herhangi bir değer atmosferik saçılmadan kaynaklanmalıdır. Bu değer banttaki her pikselden çıkarılarak saçılma ortadan kaldırılır. Bu basit teknik, multispektral verilerde pus düzeltmesi için etkilidir ancak hiperspektral veriler için kullanılmamalıdır.

Landsat 9'un elektromanyetik enerjisine göre bant bileşiminin önceki Landsat sensörlerinden farklı olduğu, dolayısıyla yeni Landsat 9 sensörünün saçılma düzeltmesi açısından DOS yönteminin etkinliği hakkında çok az şey bilindiği belirtilmektedir.(USGS, 2024)



Şekil 5 Karanlık Nesne Çıkarmı

3.2.2. Dijital Sayının Yansımanın Dönüştürülmesi

Landsat Tematik Haritalayıcı (TM) sensörü, yansıyan güneş enerjisini yakalar, bu verileri ışımaya dönüştürür ve ardından bu verileri, 8 bitlik bir dijital sayıya (DN) dönüştürerek yeniden ölçeklendirir.

0 ve 255 DN değerleri, manuel olarak atmosferin üst kısmı (ToA) Yansımasına dönüştürülebilir, bu için iki adımlı bir işlem kullanılabilir. Başlangıçta işlem için Band 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 sıralanır. İlk adım, DN'leri parlaklık değerlerine dönüştürmektir. İkinci adım, parlaklık verilerini ToA yansımasına dönüştürmek olmuştur.

USGS EROS Merkezi tarafından sağlanan standart Landsat 9 veri ürünleri, hem Operasyonel Arazi Görüntüleyici (OLI) hem de Termal Kızılötesi Sensör (TIRS)

tarafından elde edilen multispektral görüntü verilerini temsil eden nicelenmiş ve kalibre edilmiş ölçekli Dijital Sayılardan (DN) oluşur. Ürünler 16 bit işaretli tamsayı formatında edinilmiştir.

3.2.3. Landsat 9 görüntüleri için DN'nin TOA Yansımasına Dönüştürülmesi

OLI bant verileri ürün meta veri dosyasında (MTL dosyası) sağlanan yansıma yeniden ölçeklendirme katsayıları kullanılarak TOA gezegen yansımasına dönüştürülebilir. Aşağıdaki denklem, Landsat verileri için DN değerlerini TOA yansımasına dönüştürmek için aşağıdaki şekilde kullanılır: $\rho\lambda' + M\rho Q_{cal} = A\rho$

Burada:

$\rho\lambda'$ = TOA gezegen yansıması, güneş açısı düzeltmesi olmadan. $\rho\lambda'$ güneş açısı için bir düzeltme içermez

$M\rho$ = Meta verilerden banda özgü çarpımsal yeniden ölçeklendirme faktörü

$A\rho$ = Meta verilerden banda özgü katkı maddesi yeniden ölçeklendirme faktörü

Q_{cal} = Niceleştirilmiş ve kalibre edilmiş standart ürün piksel değerleri (DN)

Güneş açısı düzeltmesi ile TOA yansıması şu şekilde hesaplanır: $\rho\lambda = \frac{\rho\lambda'}{\cos(\theta_{SZ})} = \frac{\rho\lambda'}{\sin(\theta_{SE})}$

Burada:

$\rho\lambda$ = TOA gezegen yansıması

θ_{SE} = Yerel güneş yükselme açısı. Sahne merkezi güneş yükselme açısı derece cinsinden meta verilerde sağlanır.

θ_{SZ} = Yerel güneş başucu açısı; $\theta_{SZ} = 90^\circ - \theta_{se}$

3.3. NDVI (Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi)

NDVI (Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi), bitki örtüsünün yoğunluğunu ve sağlığını ölçmek için kullanılan bir ölçümdür(Göktaş, 2022). Landsat verileri kullanılır. Bu indeks, ışığın iki farklı dalga boyundaki soğurma özelliklerini kullanır: kırmızı ve yakın kızılötesi.

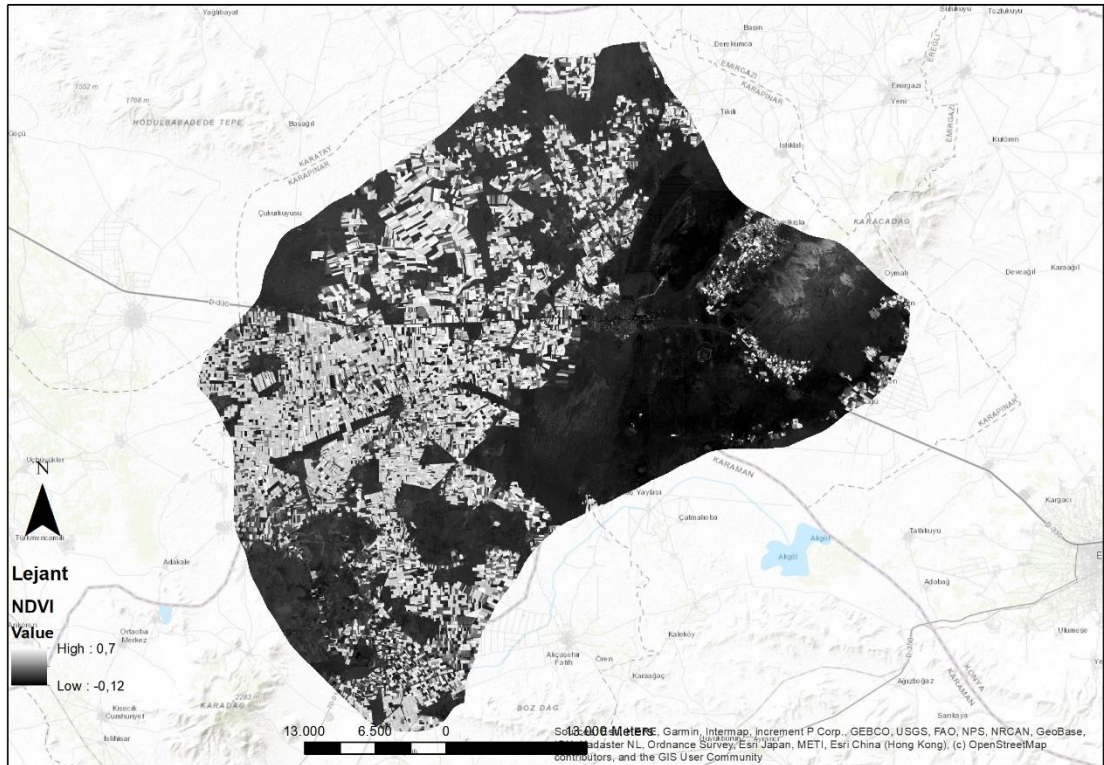
NDVI, kırmızı (R) ve yakın kızılötesi (NIR) ışık arasındaki oran kullanılarak hesaplanır. Bu hesaplama aşağıdaki formülle yapılır: $NDVI = \frac{NIR+R}{NIR-R}$

Burada:

NIR= Yakın kızılötesi bant değerini temsil eder.

R= Kırmızı bant değerini temsil eder.

NDVI değeri genellikle -1 ile +1 arasında değişir. Negatif değerler genellikle su veya kar gibi yansıtıcı olmayan yüzeylerde bulunurken, pozitif değerler genellikle bitki örtüsünün varlığını gösterir. Daha yüksek NDVI değerleri daha yoğun veya daha sağlıklı bitki örtüsünü temsil eder.



Şekil 6 Karapınar Bölgesi için Üretilen NDVI

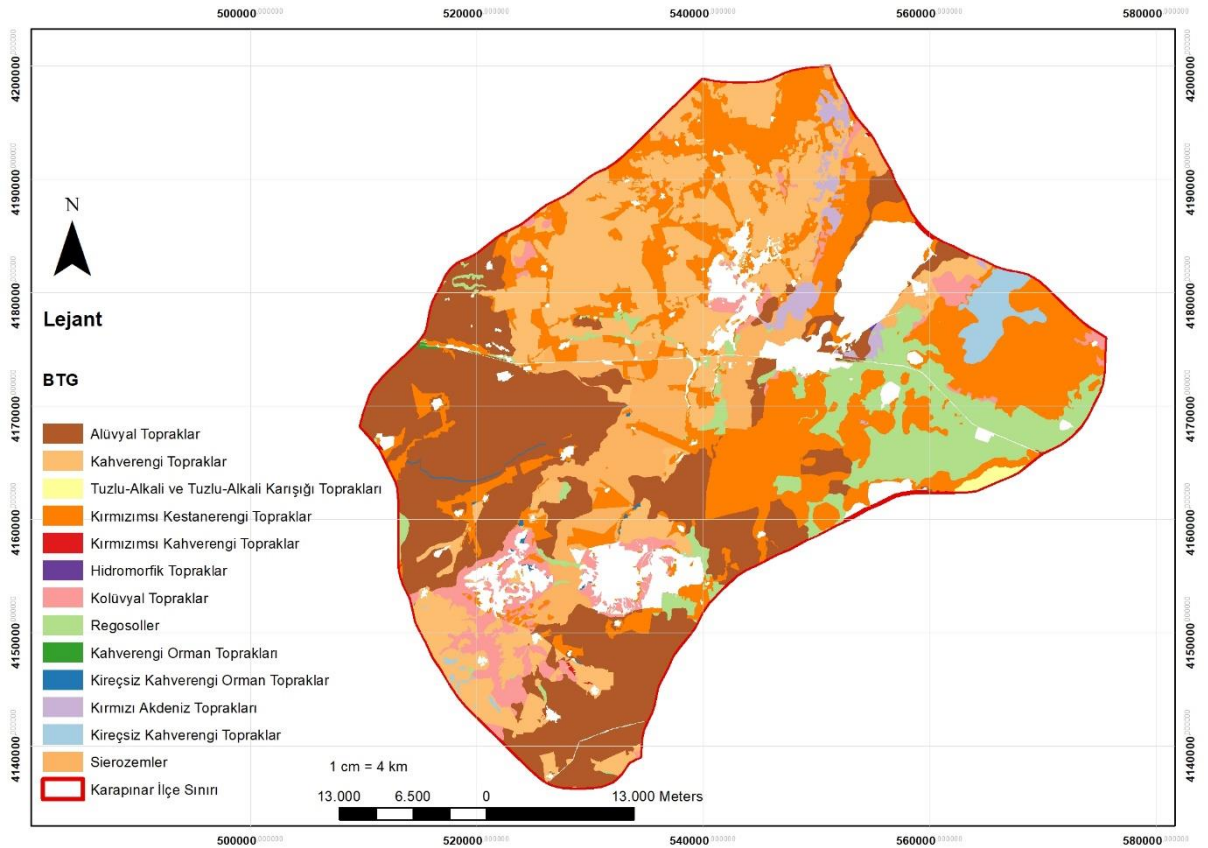
Şekil 6'da Karapınar Bölgesi için NDVI haritası gösterilmektedir. -1 ile 0 aralığındaki NDVI değerleri, su yüzeyleri, bulutlar, kar ve diğer bitki örtüsü içermeyen yüzeyleri temsil etmektedir. Bu değerler, bitki örtüsünün bulunmadığı veya çok az bulunduğu alanlarda görülür. 0 ile 0.2 aralığındaki NDVI değerleri, ekili olmayan toprak veya çok az bitki örtüsü bulunan alanları işaret eder. Bu bölgelerde bitki yoğunluğu düşüktür ve kırmızı bantta yansıtma değeri daha yüksektir.

0.2 ile 0.5 aralığındaki NDVI değerleri, orta yoğunlukta bitki örtüsüne sahip alanları gösterir. Bu değerler, sağlıklı bitki örtüsünün varlığını belirtir ancak bitki yoğunluğu tam olarak yüksek değildir. 0.5 ve üzeri aralığındaki NDVI değerleri ise, yoğun ve sağlıklı bitki örtüsüne sahip alanları temsil eder. Bu bölgeler, yüksek fotosentez aktivitesi ve bitki canlılığına işaret eder.

Çalışma alanında NDVI değerleri -0.12 ile 0.7 arasında değişmektedir. Bitki örtüsünün bulunduğu yerlerde NDVI değeri 0'dan küçük olmaz, dolayısıyla NDVI değeri 0'dan küçük olan bölgelerde bitki örtüsü hakkında yorum yapılamaz (Göktaş, 2022). Bu nedenle, çalışma alanının batısında ekili alanların bulunduğu, doğusundaki bölgeler hakkında ise net bir yorum yapılamamaktadır.

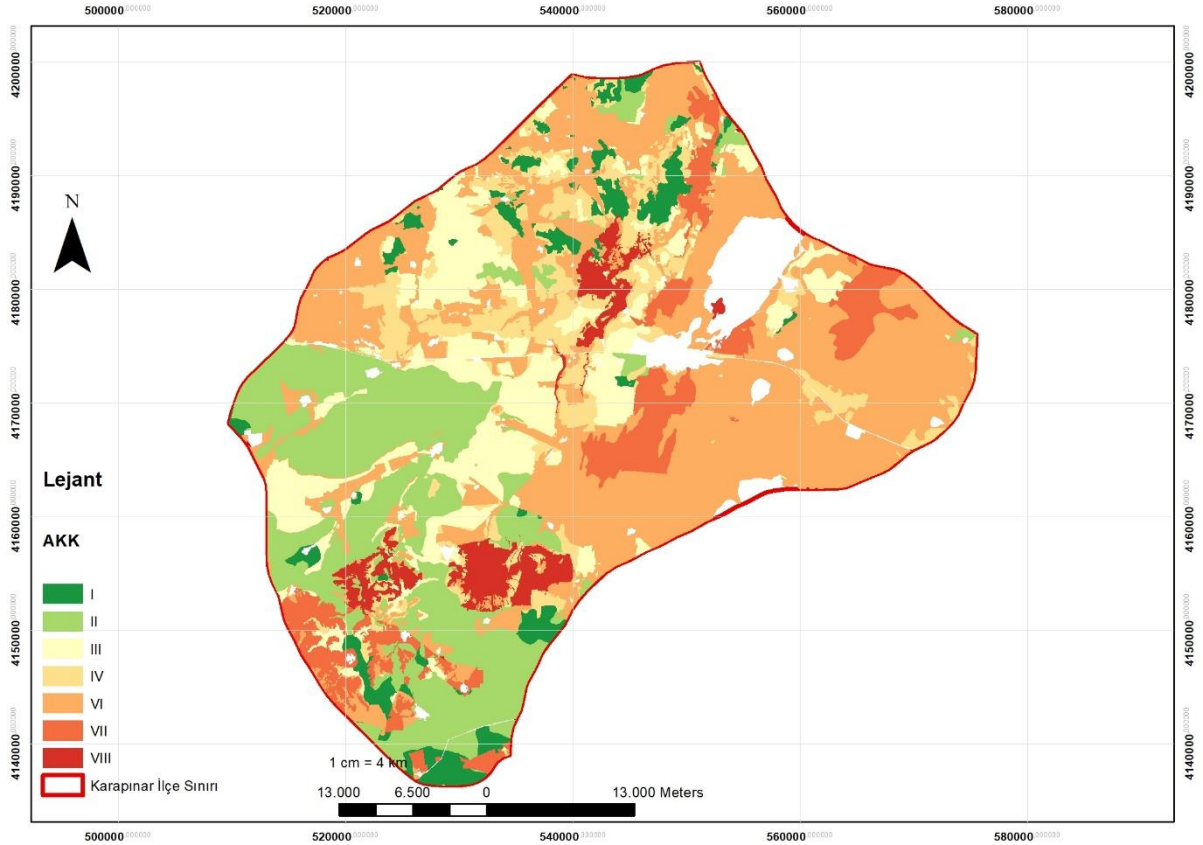
3.4. Büyük Toprak Grubu

Temel bir araştırmada toprakların oluşum koşulları ve karakterleri belirli niteliklere göre sınıflandırılır. Her toprak tipinin tarımsal üretime uygun olduğu veya uygun olmadığı durumlar vardır. Organik madde içeriği, kireç birikimi gibi faktörler tarımsal faaliyetler için önemlidir ve bu nedenle toprak analizi yaparken hakim toprak türlerinin bilinmesi gerekir. Arazi kullanım kabiliyeti sınıfı, arazinin tarım ürünleri yetiştirmeye uygunluğunu gösterir(Koca, 2021). Bu sınıflandırmada tarım ürünlerinin yetiştirilmesi için toprakların sınırlamaları, bunların kullanımında oluşabilecek riskler ve toprak yönetimi uygulamalarına verilen tepkiler dikkate alınmaktadır. Benzer şekilde arazi kullanım yeteneği alt sınıfı da bu sınıflandırmanın bir alt kategorisidir ve belirtilen özellikler, yetenek sınıfını belirleyen baskın kısıtları ifade etmektedir. Toprak derinliği bitkilerin su ve besin alabileceği alanı belirler ve toprağın özellikleriyle ilişkilidir.



Şekil 7 Karapınar Büyük Toprak Grubu Haritası

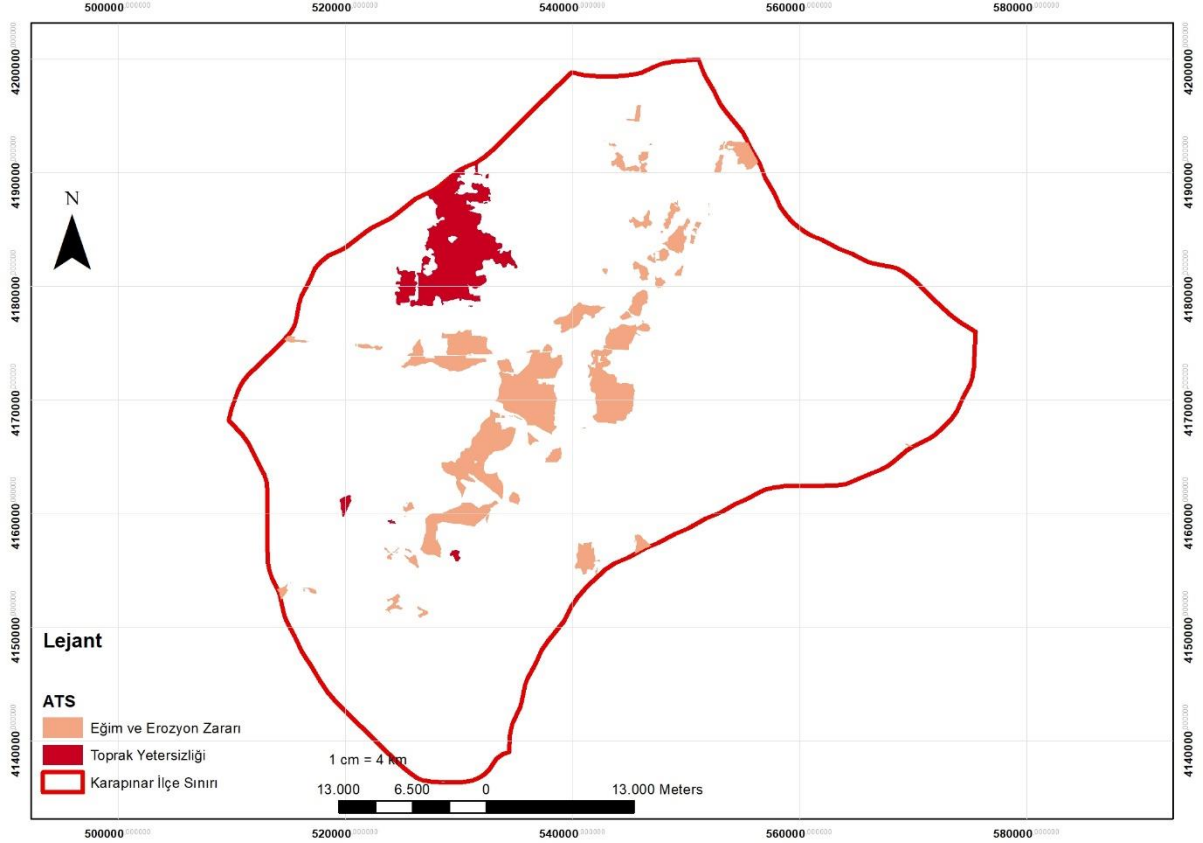
Bu çalışmada, 1/25.000 ölçekli Ulusal Toprak Veri Tabanı'ndan elde edilen veriler kullanılmıştır. Bu veriler arasında Büyük Toprak Grubu (BTG), Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Kabiliyet Alt Sınıfı ve Arazi Kullanım Kabiliyet Sınıflaması (AKK) bulunmaktadır. Çalışma alanının BTG haritası Şekil 7'de sunulmuştur. BTG haritası, toprakların büyük gruplarını göstererek, çalışma alanındaki toprak özelliklerinin genel dağılımını belirlemeye yardımcı olmaktadır.



Şekil 8 Arazi Kullanım Kabiliyet Sınıflaması Haritası

Arazi kullanım kabiliyet sınıfı (AKK), toprağın özel yetiştirme koşulları gerektiren bitki türleri dışında tüm bitkilerin yetiştirilmesine uygunluğunu ifade eder. Arazi kullanım kabiliyeti sınıflandırması yapılırken tarım ürünlerinin yetiştirilmesinde toprağın sınırlamaları, kullanıldığında oluşabilecek riskler ve toprağın yönetim uygulamalarına verdiği tepkiler dikkate alınır (Akinci, 2013). Çalışma alanında I, II, III, IV tarımsal üretime uygundur. Sınıflar tarımsal üretime uygun olmayan VI, VII ve üretime hiç uygun olmayan VIII sınıflarıdır. Şekil 8'de Arazi Kullanım Kabiliyet Sınıflaması Haritası gösterilmiştir.

Arazi Kullanım Kabiliyet Alt Sınıfı (ATS), arazi kullanım yeteneği sınıfının ikinci ve alt kategorisidir. Arazi kullanım kabiliyeti alt sınıfında belirtilen özellikler, yetenek sınıfını belirleyen baskın sınırlamaları ifade etmektedir(Akinci, 2013).



Şekil 9 Kullanım Kabiliyet Alt Sınıfı Haritası

Çalışma alanında tarımsal üretimi sınırlayan yetenek alt sınıfı özellikleri arasında eğim ve erozyon zararları ile toprak yetersizliği bulunmaktadır. Bu özellikler, tarım alanlarının verimliliğini ve kullanılabilirliğini etkileyen önemli faktörlerdir. Şekil 9'da ise Kullanım Kabiliyet Alt Sınıfı Haritası yer almaktadır. Bu harita, çalışma alanındaki arazinin tarımsal kullanım kabiliyetini göstererek, belirli bölgelerin tarımsal üretim için ne kadar uygun olduğunu veya hangi bölgelerde sınırlamaların olduğunu görsel olarak açıklamaktadır.

3.5. Landsat İndeks Haritaları

Uzaktan algılama, niteliksel verilerin elde edilmesinde önemli bir araçtır. BS) ile birlikte, uydu görüntüleri toprak bilimi için nitelikli veri analizlerine olanak sağlamaktadır. Landsat görüntüleri gibi uydu görüntüsü verileri, bitişik spektral bantlar arasında yüksek bir korelasyona sahiptir(Meng, 2009). Jeostatistikte kriging gibi yöntemler, bu yüksek korelasyonlu uydu görüntüsü verileri ile bir çok akademik çalışmaya konu olmuştur. Jeostatistik yöntemler, yüksek korelasyonlu uydu görüntüsü verilerinin analizinde değerli bir araç olarak kabul edilir(Barnsley, 1999).

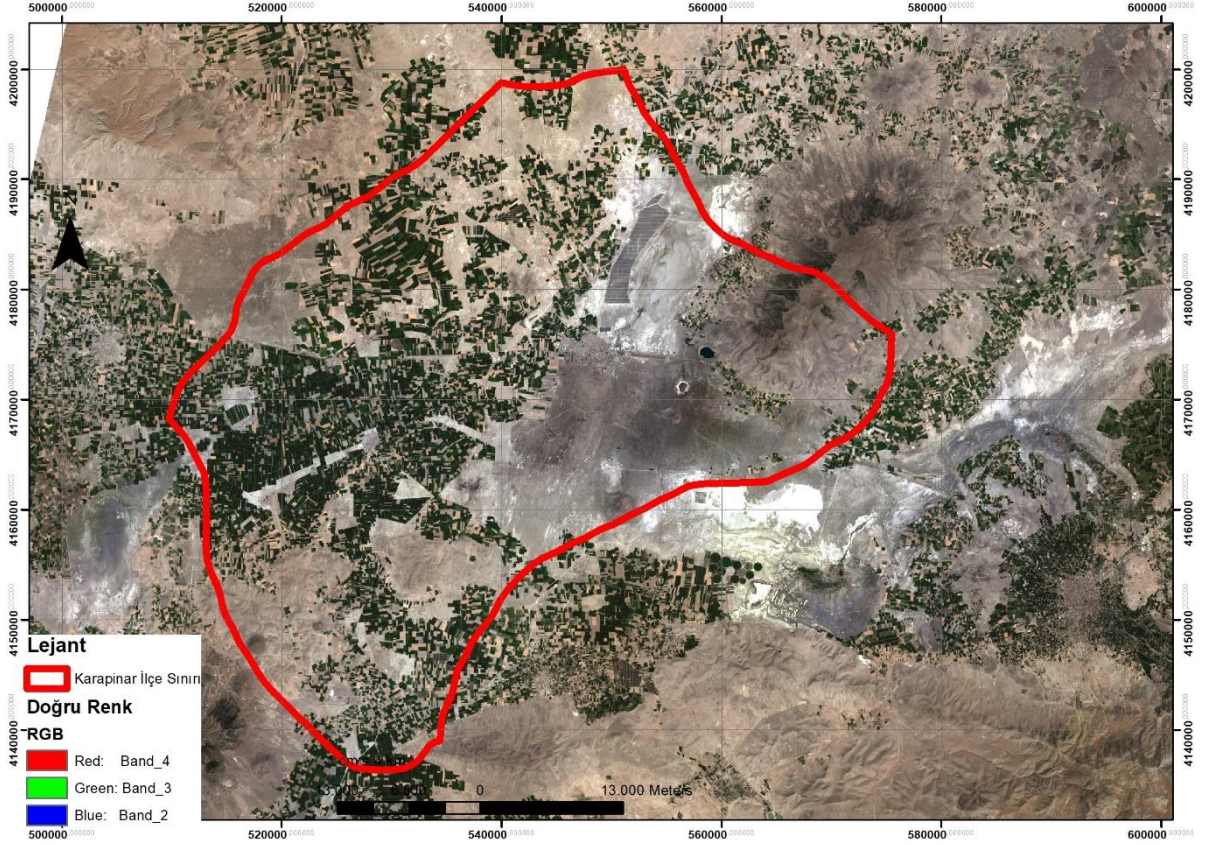
Landsat 9 uydu görüntüleri, farklı spektral bantların bir araya getirilmesiyle oluşturulan çeşitli renk kombinasyonları kullanılarak analiz edilir. Doğru renk kombinasyonu, belirli bir amacı en iyi şekilde gerçekleştirmek için seçilen bantların bir araya getirilmesiyle elde edilir. Doğru renk kombinasyonu tarım alanları yeşil arazi kahverengi renkle Şekil 10'da gösterilmiştir. Aşağıda, Landsat 9 için en yaygın kullanılan doğru renk kombinasyonlarından biri olan KYM (Kırmızı, Yeşil, Mavi) renk kombinasyonu ile oluşturulmuş uydu görüntüsü yer almaktadır.

KYM renk kombinasyonu, Landsat 9 uydu görüntülerinde Kırmızı (R), Yeşil (G) ve Mavi (B) bantlarının bir araya getirilmesiyle oluşturulur. Bu kombinasyon, doğal renk görüntülerine en yakın olanıdır gözle görülen renklerin en iyi şekilde yansıtılmasını sağlar. Kırmızı bant (Bant 4) bitki örtüsünü, yeşil bant (Bant 3) boş arazi ve bitki örtüsünü, mavi bant (Bant 2) ise su yüzeylerini ve gökyüzünü temsil eder. Bu kombinasyon, özellikle tarım, orman ve su kaynakları yönetimi gibi doğal kaynakların izlenmesi ve analizi için kullanılır.

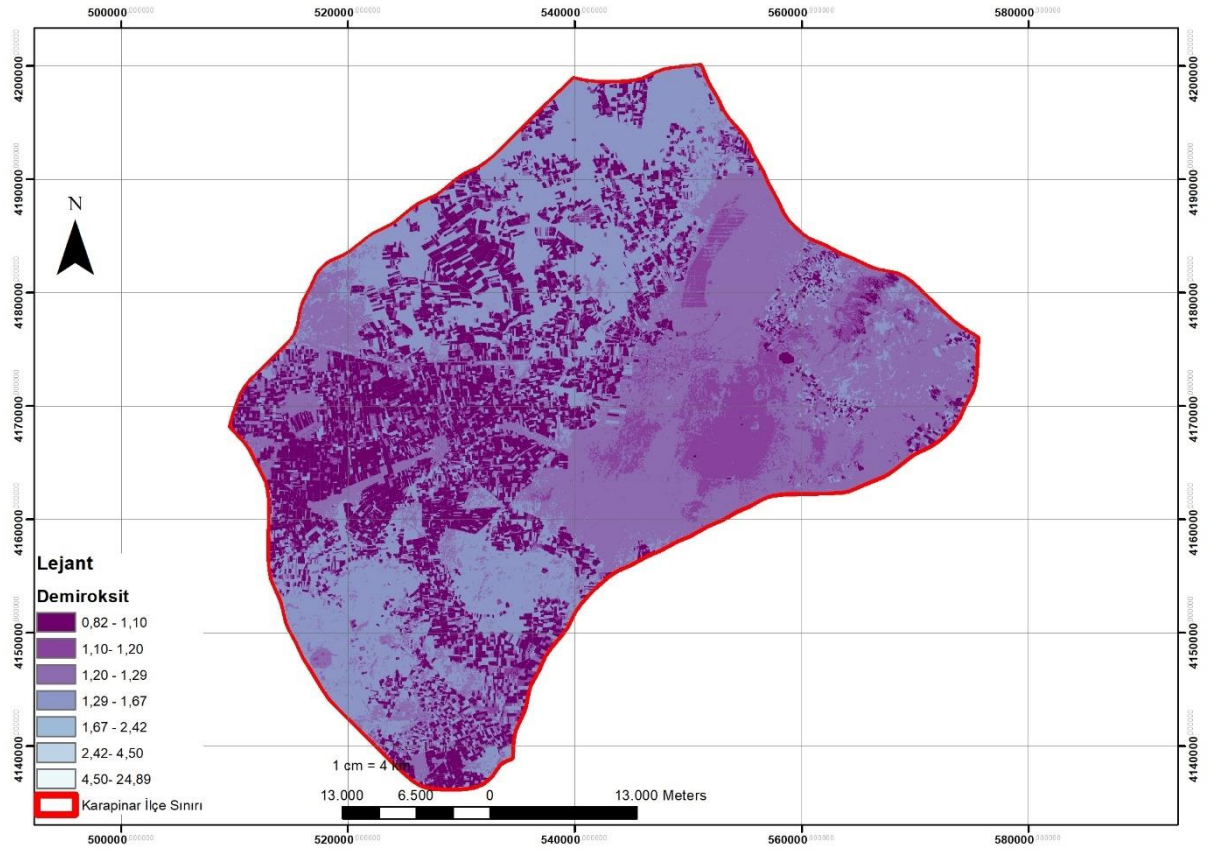
KYM renk kombinasyonu ile oluşturulan uydu görüntüsü, çeşitli yüzey özelliklerini ayırt etmek ve analiz etmek için kullanılır. Örneğin, yoğun bitki örtüsü yeşil renkte görünürken, boş toprak kahverengi veya kırmızı tonlarında, su yüzeyleri ise mavi veya

siyah renkte görünür. Bu sayede, farklı yüzey örtülerinin haritalanması ve değişikliklerin izlenmesi daha kolay hale gelir.

Landsat 9 uydu görüntülerinde KYM (RGB) renk kombinasyonu kullanarak doğru renklerin seçilmesi, yüzey özelliklerinin daha iyi anlaşılmasına ve çevresel değişimlerin izlenmesine olanak tanır(Paker, 2024).

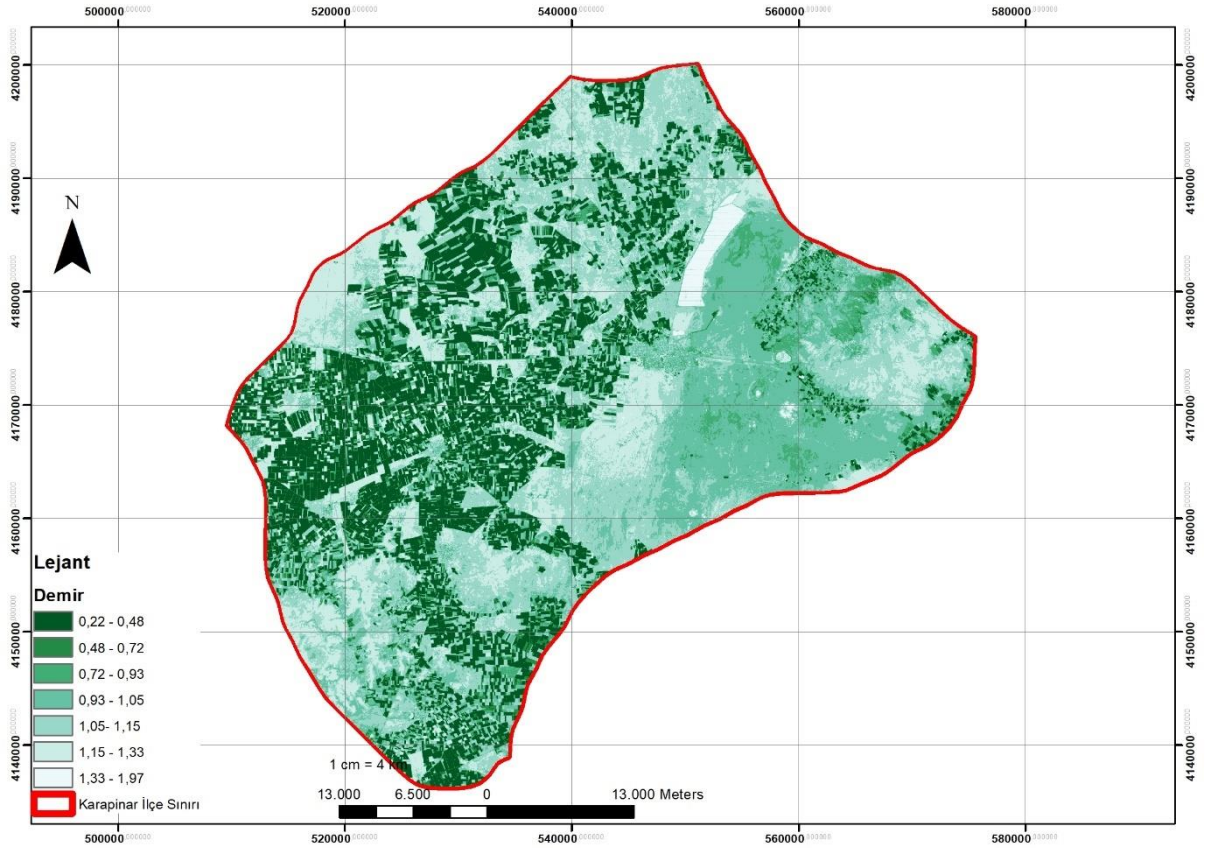


Şekil 10 Çalışma Alanı Doğru Renk Kombinasyonu



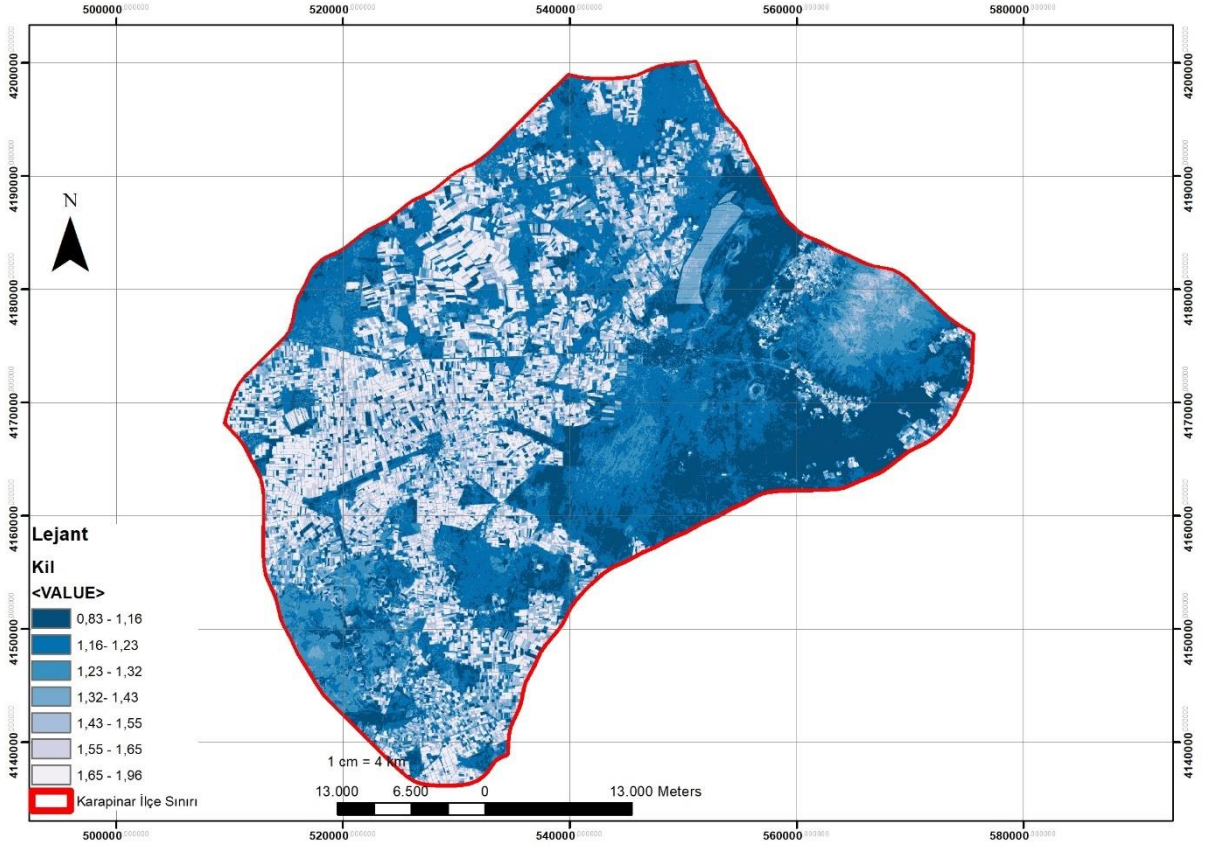
Şekil 11 Landsat 9 Demiroksit Haritası

Analizde demir oksit haritasının seçilme nedeni, demir oksit toprakta en çok bulunan metalik oksitler arasındadır(Mendes, 2022). Sahadan elde edilmesi uzun zaman ve maliyet gerektiren süreci kapsamaktadır. Toprağın oluşumu, sınıflandırılması ve dağılımında etkin rol oynamaktadır.



Şekil 12 Landsat9 Demir Haritası

Analizde demir haritasının seçilme nedeni, bitkiler için temel bir besin maddesi olmasıdır. Demir, killi ve çok killi toprakların oluşumunda önemli bir rol oynar; bu da su tutma kapasitesi ve toprağın fiziksel kalitesi gibi diğer toprak özelliklerini güçlü bir şekilde etkilemektedir (Mendes, 2022). Demir eksikliği, bitki büyümesini olumsuz etkileyerek verim kaybına neden olabilmektedir. Bu nedenle, demir haritası, toprakların demir içeriğini göstererek tarımsal uygulamalar için önemli bir gösterge olarak kullanılabilir.



Şekil 13 Landsat9 Kil Haritası

Karapınar çalışma alanında kireçtaşı, çakıltası, killi kireçtaşı, silttaşı, kumtaşı, kil ve kıltaşı gibi çeşitli litolojik birimler bulunmaktadır (Salman, 2013). Bölgede obruk oluşumunun ana nedenlerinden biri, yer altı suyunun sondaj yöntemiyle çekilmesidir ve killi kireçtaşı, toprak yapısının bu duruma önemli bir etkidir. Kil içeren birimler, Karapınar bölgesinin stratigrafik yapısında geniş bir yer kaplamakta olup, bu özellik toprak özelliklerinin, su geçirgenliğinin ve toprak verimliliğinin belirlenmesinde kritik bir rol oynamaktadır. Kil haritasının yapılması, bu parametrelerin daha iyi anlaşılmasına ve yönetilmesine olanak tanımaktadır. Bu harita, bölgedeki tarımsal faaliyetlerin planlanmasından doğal afet risklerinin yönetimine, su kaynaklarının korunmasından mühendislik projelerinin uygulanmasına kadar birçok alanda fayda sağlamaktadır. Bu nedenle, kil haritası çalışmaya dahil edilmiştir.

Landsat 9 uydu görüntülerinden elde edilen kil, demir, demiroksit haritaları Şekil 11, Şekil 12 ve Şekil 12 de sunulmuştur. Haritalarda açık yeşil renk düşük metal oranını, koyu yeşil renk ise yüksek metal oranını temsil eder. Landsat RGB verisinde, tarım

alanları koyu kahverengi renkle, dağlık bölgeler ise açık kahverengi renkle gösterilmiştir. Şekil 14'te bu görüntüler detaylı olarak sunulmuştur.

Metal haritaları, bir dizi işlem den geçerek oluşturulur. Demir tespiti için Landsat görüntülerinden kırmızı, yakın kızılötesi ve kızılötesi (NIR) bantlardan yararlanılır. Demir oksit içeriğinin tespiti için, kırmızı, yakın kızılötesi ve kızılötesi (NIR) bantları kullanılır. Bu bantlar arasındaki farklar, belirli minerallerin yansıtma ve emilme özelliklerinden kaynaklanmaktadır.

- Demir Haritası Landsat9 için: Band5/Band6
- Demir Haritası Landsat9 için: Band6/ Band7
- DemirOksir Haritası Landsat9 için: Band4/Band2

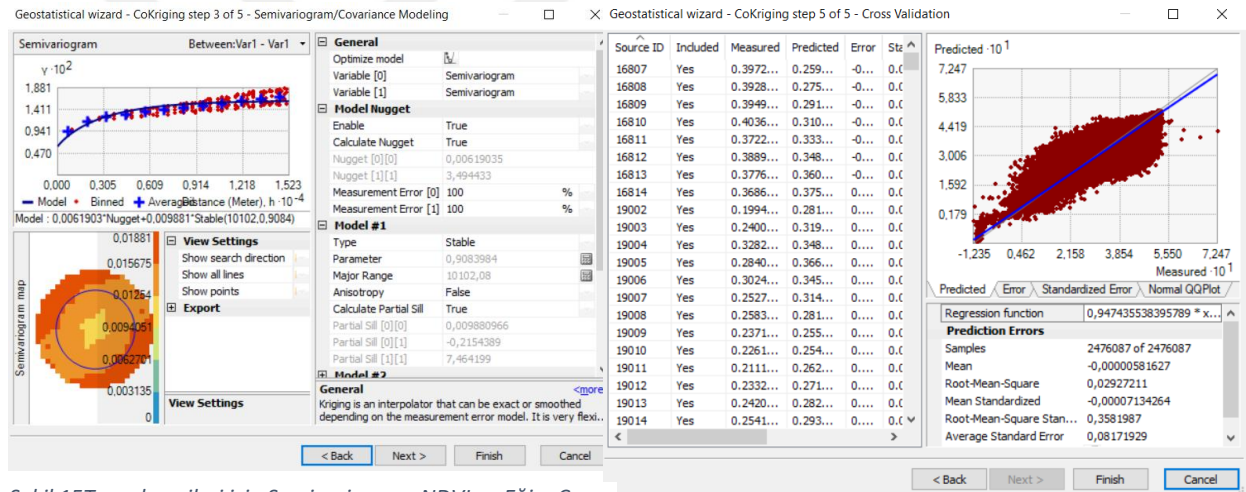
formülleri kullanılmıştır.



3.6. Kriging

Jeoistatistik, ölçülen herhangi bir özelliğin mekansal yapısını ve mekansal bağımlılığını inceleyen, ölçen ve bundan elde edilen ilişkiyi kullanarak özelliğin örneklenmemiş noktadaki değerlerini tahmin eden uygulamalı istatistik dalı olarak tanımlanır(Coşar, 2023). Kriging amacı tahmindir. Doğal kaynak kestrimi için jeoistatistiksel araçlar kullanılmaktadır(Ertunç, 2013).

Uygulamada tek değişkenli ve iki değişkenli (co-kriging) olarak analize tabi tutulabilmektedir. İki değişkenli kriging için korelasyon değerleri göz önüne alınarak uygulanmaktadır. Bu çalışmada korelasyon değerlerinde en yüksek değeri NDVI ve Yükselti değerleri vermiştir.



Şekil 15 Toprak verileri için Semivariogram NDVI ve Eğim Co-Kriging

Şekil 14 Ordinary Kriging için hata payı NDVI ve Eğim Co-Kriging

Şekil 12'de, Ordinary Kriging için NDVI ve Eğim Co-Kriging hata payı, Şekil 13'te, toprak verileri için Semivariogram, NDVI ve Eğim Co-Kriging'de ArcMap üzerinden elde edilen analiz çıktısı görülmektedir.

Variogramlar, incelenen parametre hakkında pek çok bilgi sağlar. Aynı zamanda, bunlar diğer jeoistatistik hesaplamalar için araçlardır (Bárdossy, 2020). Bunu yapan en basit jeoistatistik prosedür krigingdir. Değişken arasında korelasyon ne kadar kuvvetli ise yapılacak tahminlerin hatası o kadar az olmuştur.

Kısaca kriging, değeri bilinmeyen bir değişkene sahip bir numunenin değerini, bu numune etrafında bilinen değerlere sahip numuneler kullanarak tahmin etmek için

kullanılan bir enterpolasyon tekniğidir(Matheron, 1971). Bu yöntemle bilinmeyen örnek veya noktanın değeri, etrafındaki nokta veya örneklerin ağırlıklı doğrusal kombinasyonu olarak hesaplanır. Tüm kriging yöntemlerinde tahminler aşağıdaki ana denklem kullanılarak kriging yöntemine göre yapılır(Arslan, 2022). $\hat{Z}(x_0) - \mu =$

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i [Z(x_i) - \mu(x_0)]$$

Burada;

μ = hareketsiz ortalama,

λ_i = kriging ağırlığı,

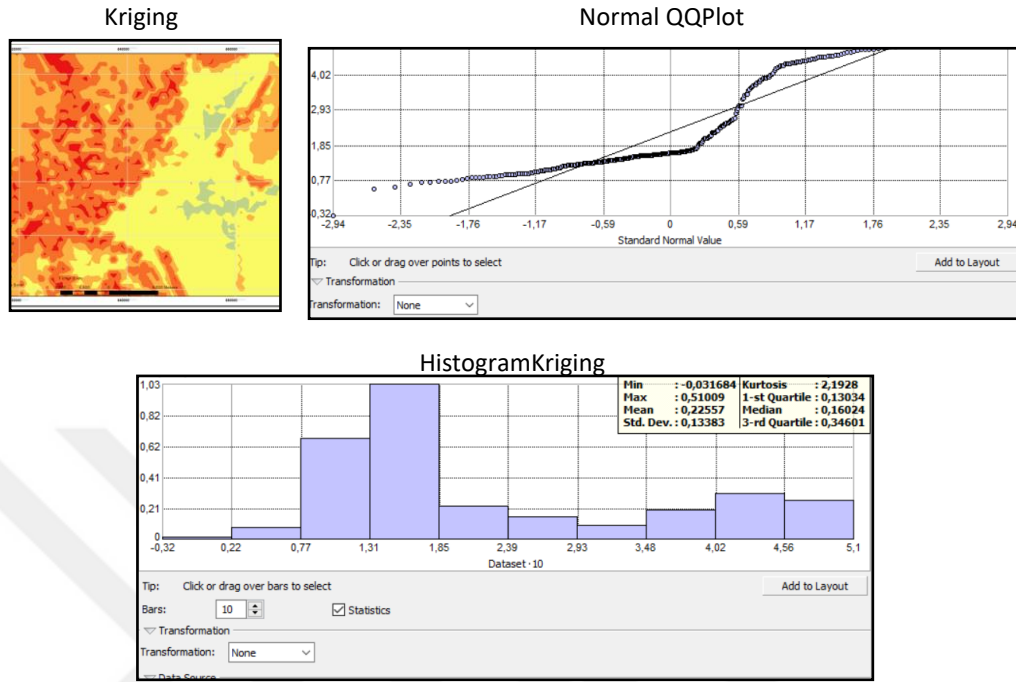
n = tahmin etmede kullanılan nokta sayısı,

$\mu(x_0)$ = araştırma alanı örnekleri ortalaması,

$Z(x_0)$ = tahmin edilen noktanın gerçek değeri ifade etmektedir.

Ordinary kriging yöntemi simple kriging yöntemine çok benzer hesaplama yapmakla birlikte sadece genel eşitliği kriging tahmin eşitliğinin modifikasyonu olarak değişmektedir(Arslan, 2022). Genel eşitliğinde bulunan μ parametresini lokal ortalama

kullanırken genel eşitlikte $\mu(x_0)$ olan değeri $[1 - \sum n\lambda_i] = 0$ yerine $\sum n\lambda_i = 1$ olarak değişmektedir. NDVI ve Eğim Co-kriging harita Çizelge 4’de aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 16 Kriging Histogram, Normal QQPlot tablolştırılması

Co-kriging yöntemi, NDVI ve yükselti verilerinin kullanıldığı bu çalışmada doğruluğu artırmıştır. Buna karşın, sıradan kriging (ordinary kriging) tekli analizlerde eğim veya yükselti verisi kullanılmamıştır. Bu durumun sebebi, histogram grafiklerinin dağılımlarının istenilen sonuçları vermemesidir. Şekil 16’da grafik dağılımları gösterilmektedir. Histogram analizleri, verilerin mekansal korelasyonunu ve variogram modellerini değerlendirmek için kritik öneme sahiptir. Eğim ve yükselti verilerinin histogram dağılımları, beklenen mekansal düzenlilik ve korelasyon seviyelerini göstermediğinden, sıradan kriging analizlerinde kullanılmamışlardır. Bunun yerine, co-kriging yöntemi, birden fazla değişkenin mekansal ilişkisinden faydalanarak daha yüksek doğruluk sağlamıştır. Co-kriging, NDVI ve yükselti verileri arasındaki ortak varyansı değerlendirerek, daha hassas ve güvenilir tahminler elde edilmesine olanak tanımıştır.

4. UYGULAMA

Gıda Tarım Örgütü(FAO)'nün raporuna göre, artan dünya nüfusunun besin gereksinimlerini karşılamak için gıda talebi hızla artmaktadır(FAO, 2023). Ancak, mevcut toprak kaynakları sınırlıdır ve bu kaynakların genişlemesi mümkün olmadığından, mevcut arazi alanlarının korunması veya tarımsal verimliliğin artırılması gerekmektedir(Bilgili, 2024). Tarımsal sürdürülebilirliğin devamı ve gıda güvenliğinin teminat altına alınması için toprak kaynaklarının yönetimi kritik öneme sahiptir. Bu bağlamda, sürdürülebilir tarım uygulamalarının benimsenmesi ve toprak sağlığının korunması, gelecekteki gıda güvenliği açısından vazgeçilmez unsurlar olarak karşımıza çıkmaktadır(FAO, 2023).

FAO'nun tahminlerine göre, dünya topraklarının üçte biri; erozyon, sıkışma, tuzlanma, organik madde ve besin maddelerinin tükenmesi, asitlenme, kirlilik ve betonlaşma gibi sürdürülemez arazi yönetimi uygulamaları nedeniyle verimsiz hale gelmiştir. Eğer bu olumsuz eğilimler durdurulmaz ve yeni, sürdürülebilir yaklaşımlar benimsenmezse, 2050 yılında kişi başına düşen ekilebilir ve verimli arazi miktarının 1960 yılındaki seviyesinin yalnızca dörtte biri kadar olacağı öngörülmektedir. Bu öngörü, toprak kaynaklarının sürdürülebilir yönetiminin küresel gıda güvenliği ve tarımsal üretkenlik açısından ne denli kritik olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Dolayısıyla, tarım arazilerinin korunması ve iyileştirilmesi amacıyla yenilikçi ve sürdürülebilir arazi yönetim stratejilerinin benimsenmesi elzemdir.(FAO, 2023).

Sürdürülebilir toprak yönetimi için toprak kalitesinin belirlenmesinin üç temel amacı vardır(Bilgili, 2024):

1. Farklı toprak yönetim sistemlerinden kaynaklanan farklılıkları karşılaştırmak.
2. Aynı lokasyondaki toprak kalitesindeki değişiklikleri ve eğilimleri izlemek.
3. Sorunlu ve sorunsuz alanları tek bir yerde karşılaştırmak.

Bu hedeflerin gerçekleştirilmesi, toprak parametrelerinin uzun ve maliyetli ölçümlerini gerektirmektedir. Bu bağlamda, jeostatistik yöntemlerinden biri olan kriging yöntemi, 2.623 km²'lik bir çalışma alanında, rastgele seçilen 300 nokta üzerinde uygulanmıştır. Sıradan kriging yöntemi kullanılarak, Landsat 9 bantlarından üretilen indeks haritaları, Büyük Toprak Grubu verileri için histogram dağılımı, normal QQ plot ve kriging haritası oluşturulmuştur. Bu yöntemler, toprak kalitesinin mekansal dağılımını ve varyasyonlarını detaylı bir şekilde analiz etmeye olanak tanımaktadır.

RMSE (Kök Ortalama Kare Hatası), bir regresyon modelinin tahmin yeteneğini ölçen bir performans ölçümüdür. Genellikle gerçek değerler ile model tarafından tahmin edilen değerler arasındaki farkların karelerinin ortalamasının karekökü olarak hesaplanır. Bu değer ne kadar düşük olursa modelin tahminleri o kadar iyi olmaktadır(Wang, 2018). RMSE'nin formülü şu şekildedir: $RMSE = \sqrt{1/n \sum_{i=1}^n (xi - xs)^2}$ (Jahandideh, 2022):

Burada:

n : Toplam veri noktası sayısını temsil eder.

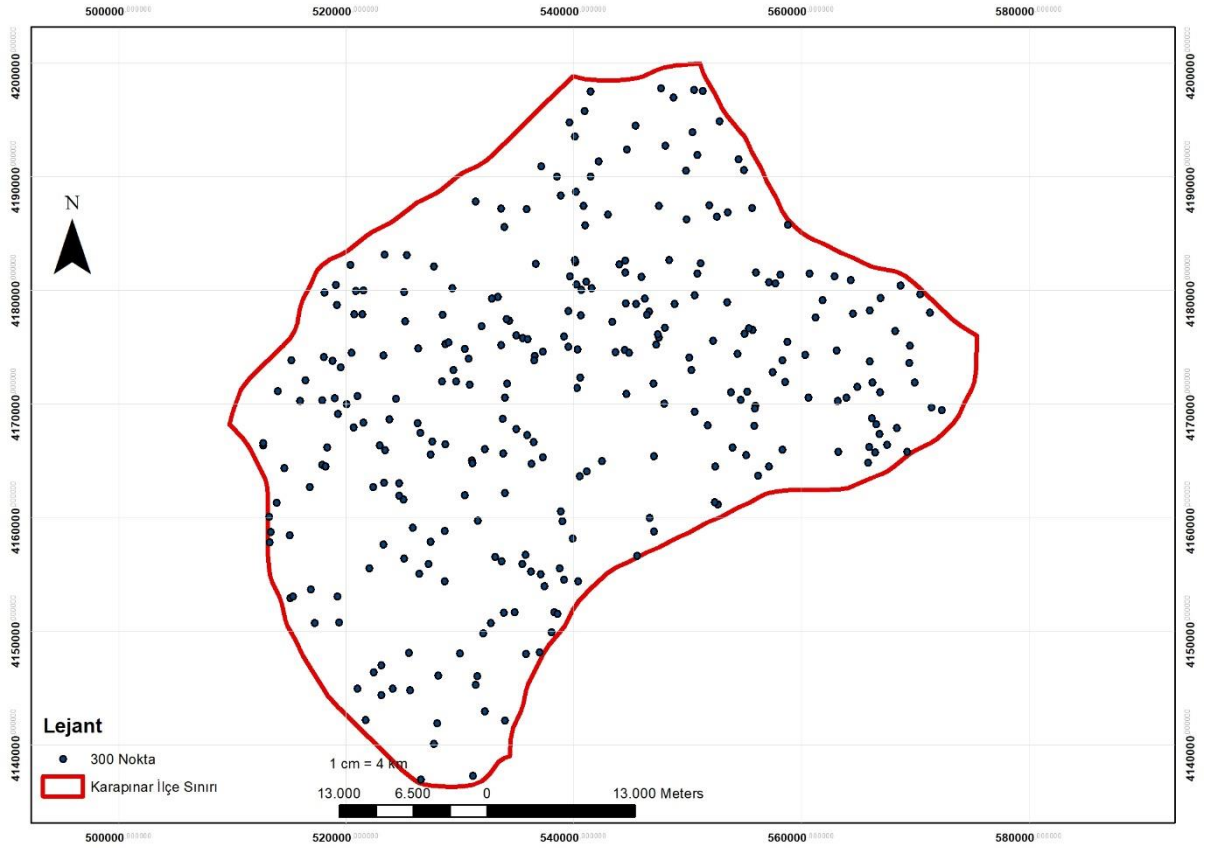
xi : Gerçek (gözlenen) değeri temsil eder.

xs : Tahmin edilen değeri temsil eder.

$(xi - xs)^2$: Her bir tahminin hatasının karesidir.

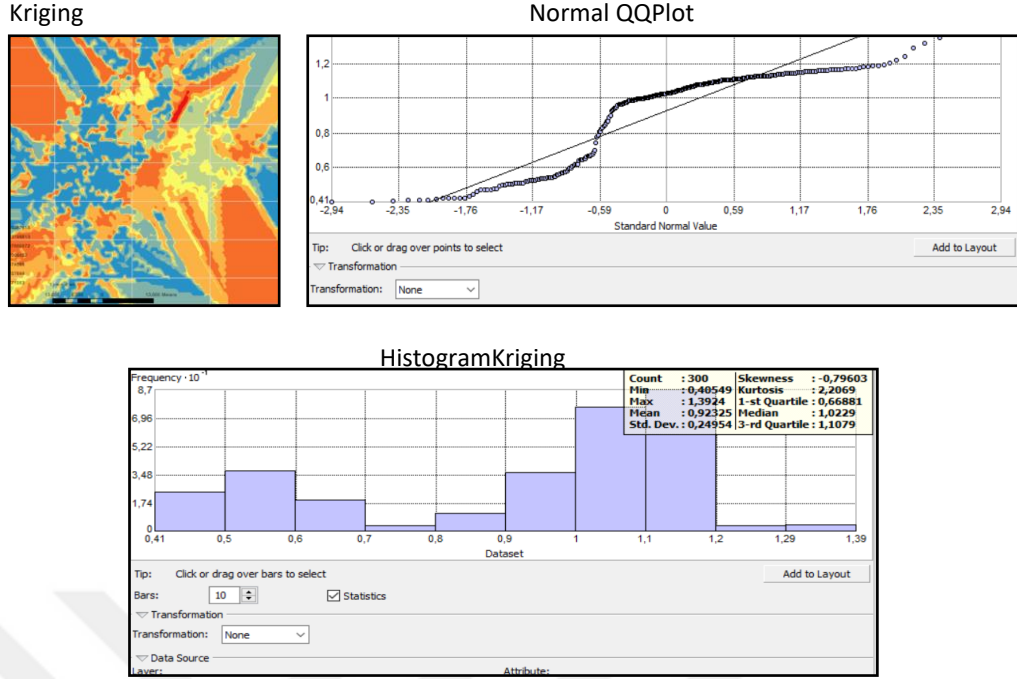
Bu çalışmada, toprak analizi amacıyla Kriging tahminleme yöntemi uygulanmıştır. Çalışma alanı üzerinde rastgele 300 nokta seçimi yapılmıştır. Bu noktalar, CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) yazılımı kullanılarak belirlenmiştir. Kriging yönteminin etkili bir şekilde uygulanabilmesi için 300 nokta sayısının iyi sonuç verdiği görülmüştür(Bilgili, 2017).

Seçilen noktalar, çalışma alanına rastgele bir şekilde dağıtılmıştır. Bu yaklaşım, tahminlerin doğruluğunu artırmak ve veri setinin temsil yeteneğini maksimize etmek amacıyla tercih edilmiştir. Aşağıdaki Çizelde 5'te, çalışma alanında rastgele olarak dağıtılmış 300 noktayı göstermektedir.



Şekil 17 Çalışma Alanında Rasgele Seçilen 300 nokta

Arazide rasgele seçilen 300 nokta CBS yazılımı üzerinden oluşturulmuştur. Şekil 17’de görseli yer almaktadır. Bu noktalar, gerçek değer ve tahmin edilen değer hata payı hesaplanılmasında kullanılmıştır. Yazılım üzerinden mekansal analiz (spatial analysis) aracı kullanılmıştır. Noktaya çoklu değerler çıkart (Extract multi values to point) aracı kullanılarak, bu noktalara ait değerler elde edilmiştir. Bu araçla, veriler nokta verilerine taşınmıştır. Bu süreç, noktaların doğruluğunun değerlendirilmesi ve tahminlerin güvenilirliğinin artırılması amacıyla gerçekleştirilmiştir.

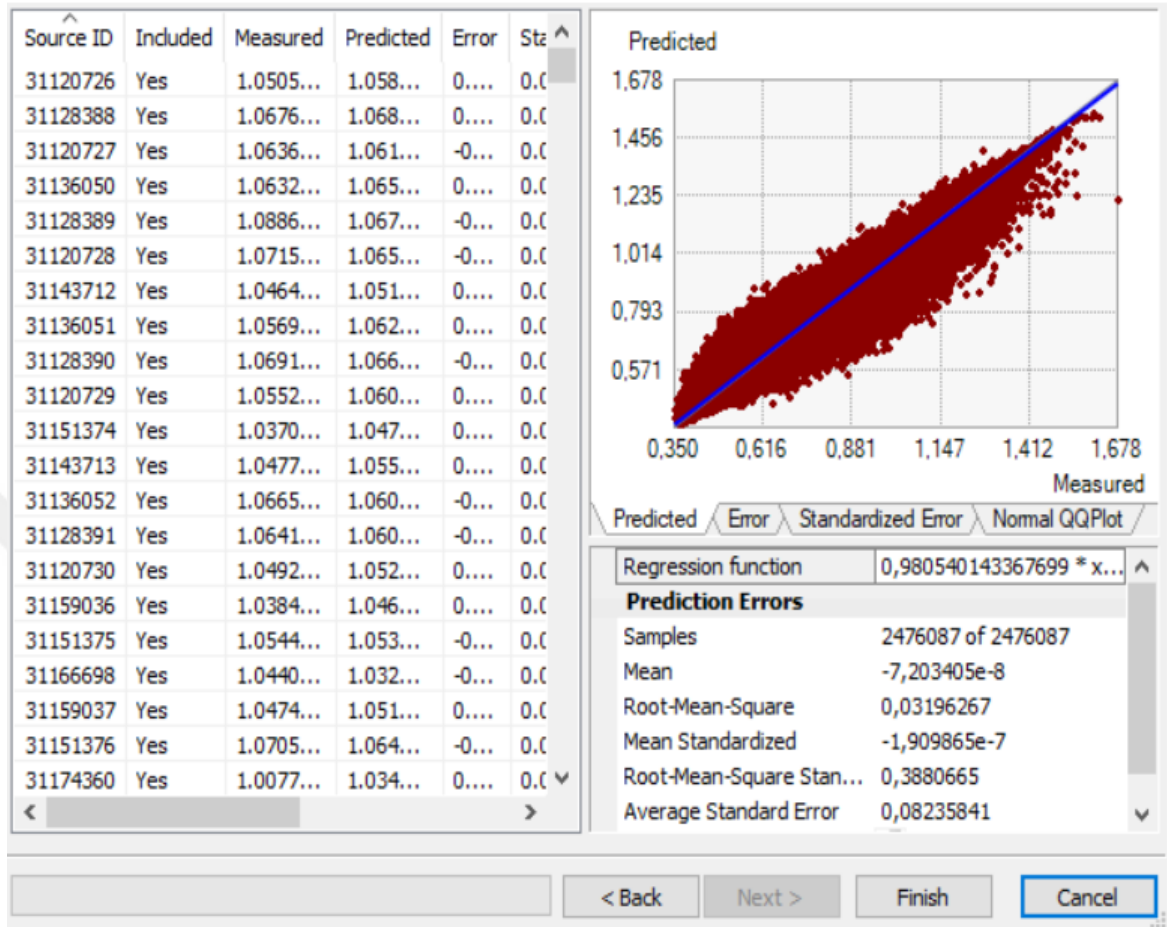


Şekil 18 Landsat Demir Kriging Histogram, Normal QQPlot tablolaştırılması

Bu analizde Landsat 9 uydu verilerinden elde edilen demir haritaların üretilmesi amacıyla jeostatistiksel kriging yöntemi uygulanmıştır. Jeostatistiksel kriging, konumsal veri analizinde yaygın olarak kullanılan ve verilerin konumsal dağılımını dikkate alarak tahminler yapan bir yöntemdir. Bu yöntem, nokta gözlemleri arasındaki mekansal ilişkileri modelleyerek tahminlerde bulunur. Şekil 18 ile CBS yazılımı üzerinden elde edilen analiz çıktısı görülmektedir.

Sonuçlar, Landsat 9 verilerinden elde edilen demir haritalarının üretilmesinde jeostatistiksel kriging yönteminin etkili olduğunu göstermektedir. RMSE değerinin düşük olması, modelin demir içeriğini başarıyla tahmin ettiğini ve üretilen haritanın güvenilirliğini artırdığını gösterir.

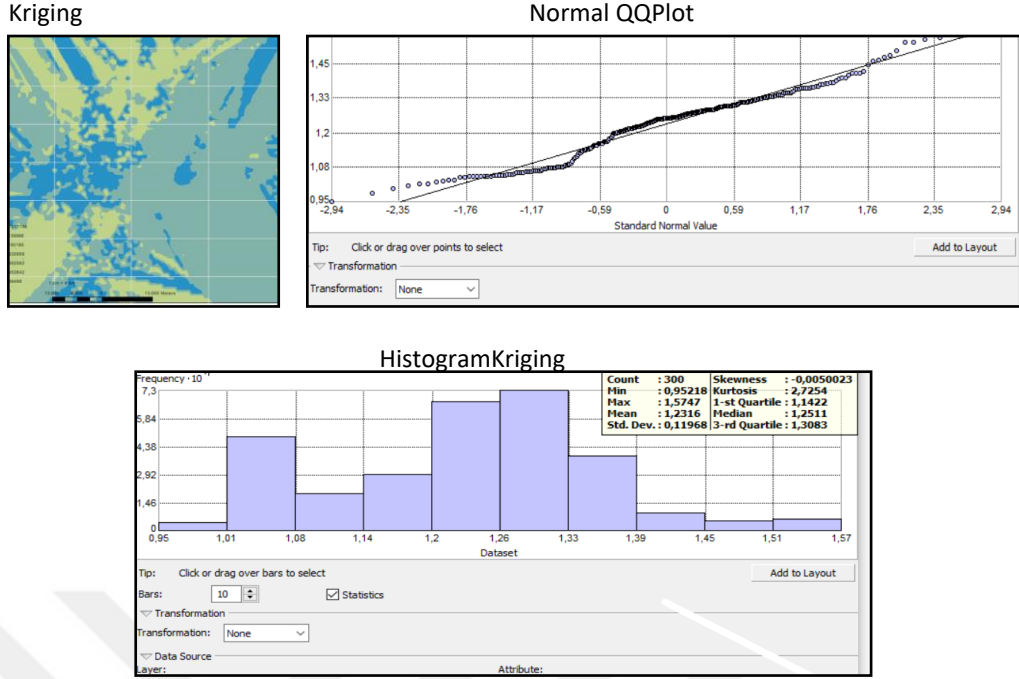
Geostatistical wizard - Kriging step 5 of 5 - Cross Validation



Şekil 19 Demir Haritası için hata hesabı

Uygulama sonucunda elde edilen demir haritasının doğruluğunu değerlendirmek için Ortalama Karekök Hata (RMSE) metriği kullanıldı. Ortaya çıkan RMSE değeri Şekil 19'da gösterildiği üzere 0,38 olarak hesaplandı. Bu değer, modelin gerçek değerleri ile tahminleri arasındaki ortalama karekök farkını temsil etmektedir.

Bu çalışma, jeostatistiksel kriging yönteminin uydu verilerinden elde edilen demir haritaların üretiminde kullanılabileceğini ve endüstriyel, çevresel ve bilimsel uygulamalarda değerli bilgiler sağlayabileceğini vurgulamaktadır.

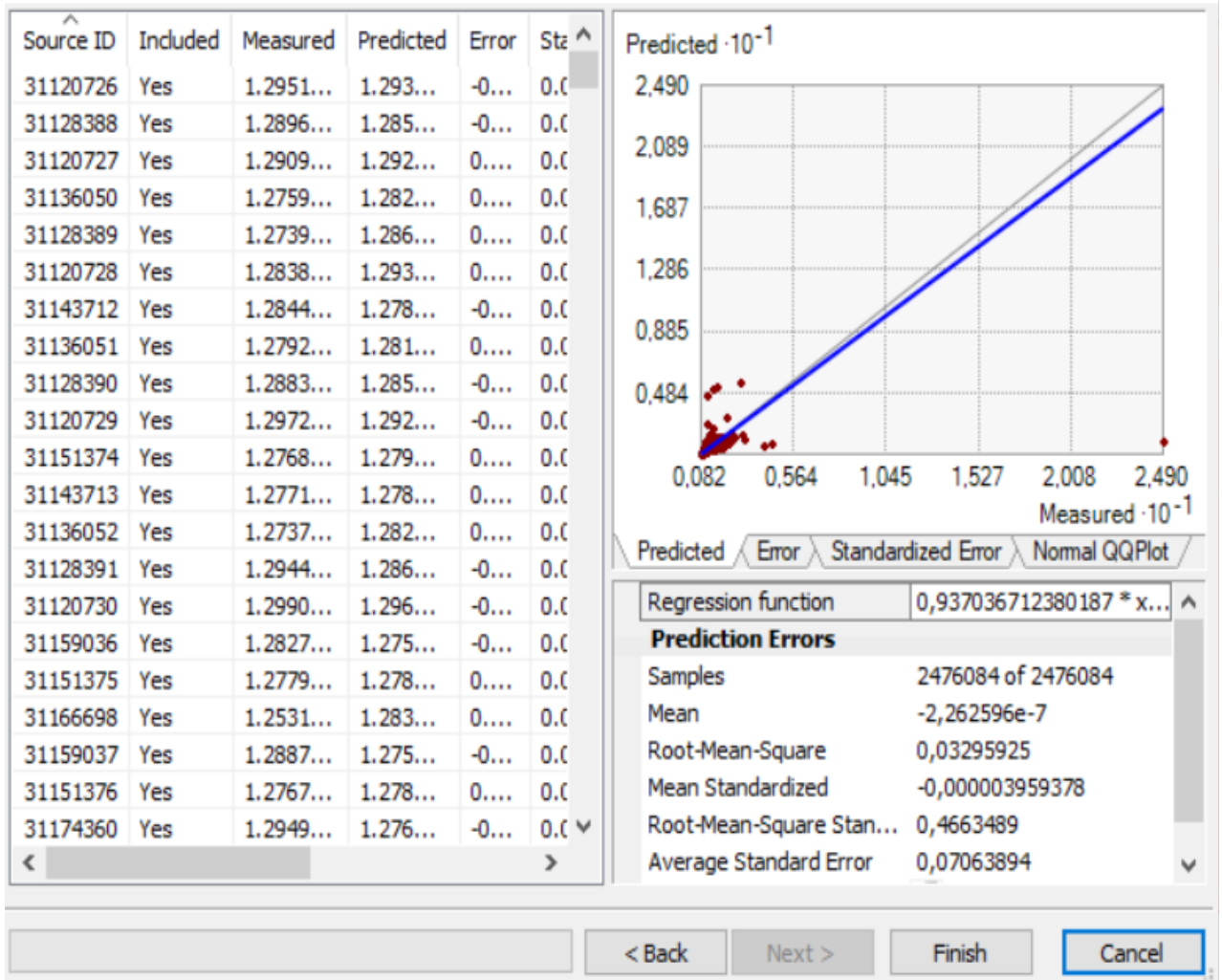


Şekil 20 Landsat Demiroksit Kriging Histogram, Normal QQPlot tablolaştırılması

Elde edilen sonuçlara göre demir oksit haritası için hesaplanan RMSE değeri 0,446 olarak Şekil 20’de gösterilmektedir. Bu değer, modelin tahminlerinin gerçek değerlerle uyumunu göstermektedir. Düşük RMSE değerleri, modelin tahminlerinin gerçek verilere yakın olduğunu ve haritanın doğruluğunun yüksek olduğunu gösterirken, yüksek RMSE değerleri, modelin tahminlerinin gerçek verilere uzak olduğunu ve haritanın doğruluğunun düşük olduğunu göstermektedir. . Şekil 21 ile ArcMap üzerinden elde edilen analiz çıktısı görülmektedir.

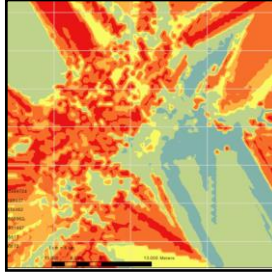
Bu çalışma, Landsat verilerinden demir oksit haritaları üretimi sonrası analiz için kullanılan kriging ordinary yönteminin etkinliğini ve ortaya çıkan haritanın doğruluğunu değerlendirmede RMSE değerinin yüksek doğruluğunu vurgulamaktadır.

Geostatistical wizard - Kriging step 5 of 5 - Cross Validation

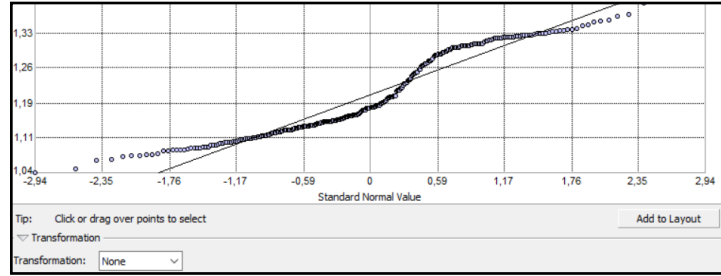


Şekil 21 Demiroksit Haritası için hata hesabı

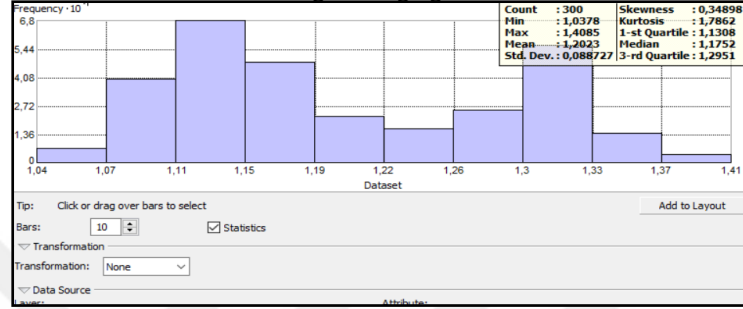
Kriging



Normal QQPlot

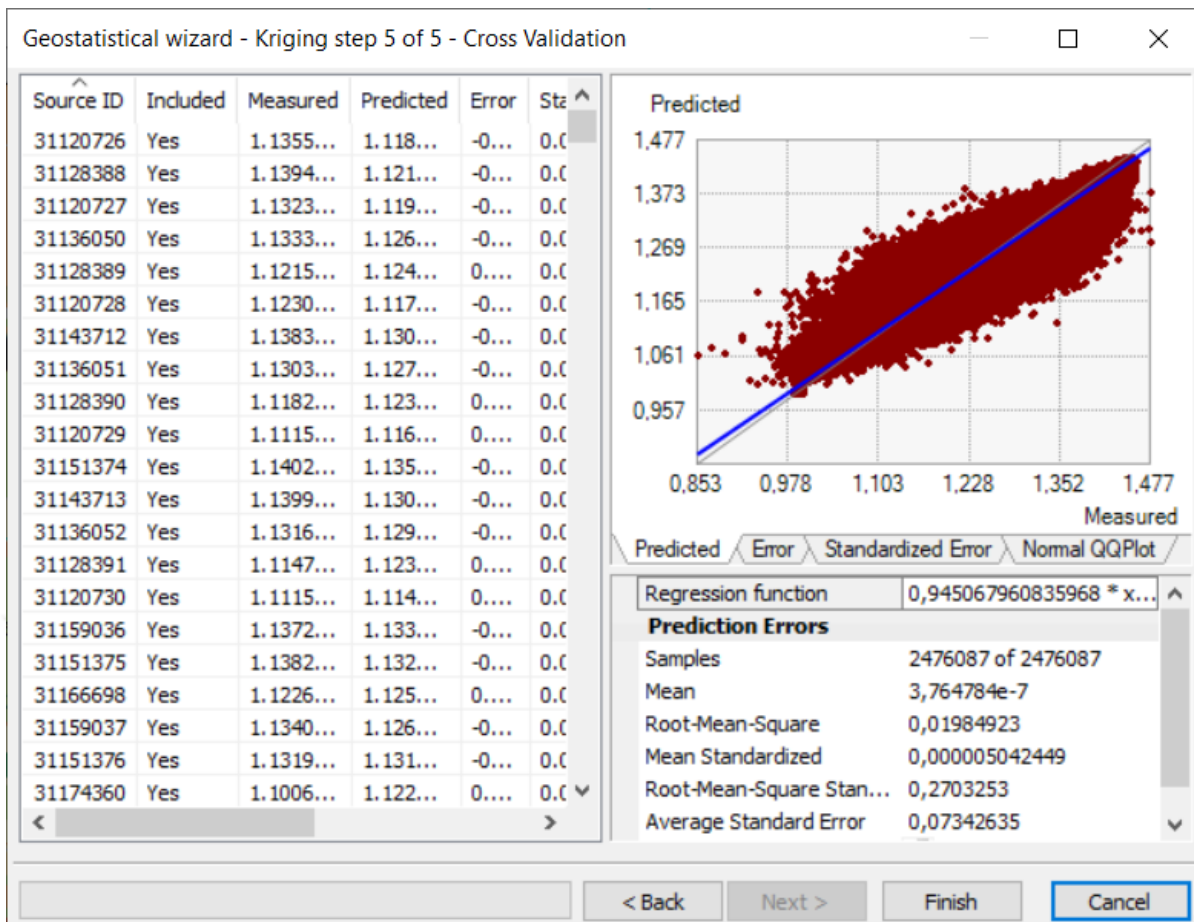


HistogramKriging



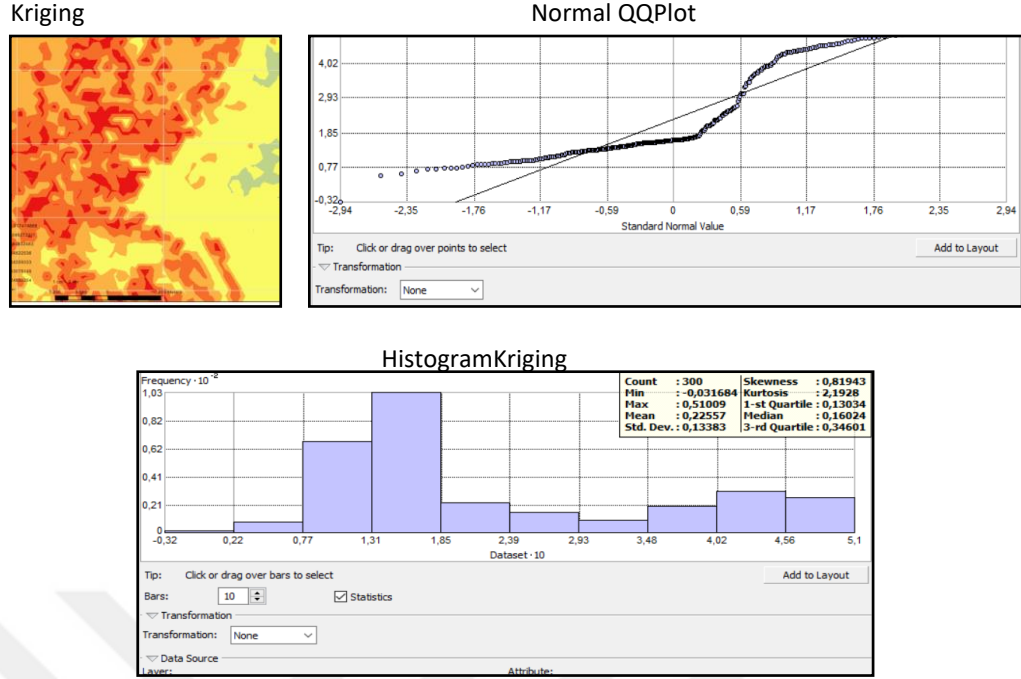
Şekil 22 Landsat Kil Kriging Histogram, Normal QQPlot tablolaştırılması

Elde edilen sonuçlara göre kil haritası için hesaplanan RMSE değeri 0,2703 olarak belirlendi. Şekil 22'da gösterilmiştir. Bu düşük RMSE değeri, Kriging Ordinary yönteminin kil içeriğini başarıyla tahmin ettiğini ve üretilen haritanın doğruluğunun yüksek olduğunu göstermektedir. Şekil 23 ile ArcMap üzerinden elde edilen analiz çıktısı görülmektedir.



Şekil 23 Kil Haritası için hata hesabı

Bu çalışma, Landsat verilerinden kil haritası üretimi için Kriging Olağan yönteminin etkinliğini vurgulamakta ve jeostatistik yöntemlerin doğal kaynak değerlerinin haritalanmasında değerli bir araç olduğunu göstermektedir.



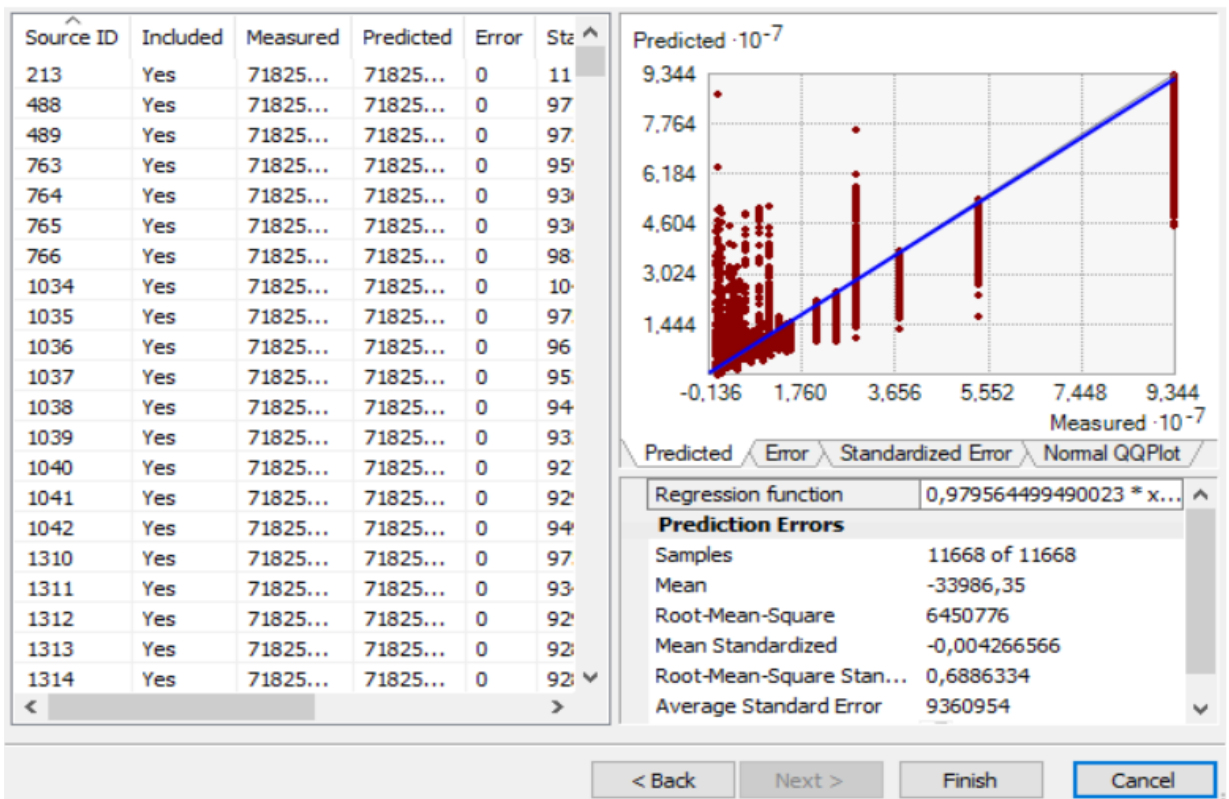
Şekil 24 Landsat NDVI Kriging Histogram, Normal QQPlot tablolaştırılması

Bu çalışma kapsamında Landsat 9 uydu verilerinden Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) haritası üretilmiştir. NDVI, bitki örtüsünün yoğunluğunu ve sağlığını değerlendirmek için kullanılan bir ölçümdür ve bitki örtüsünün fotosentetik aktivitesini yansıtır. Şekil 24 ile ArcMap üzerinden elde edilen analiz çıktısı görülmektedir.

Yapılan işlemler sonucunda elde edilen NDVI haritasının doğruluğunu değerlendirmek amacıyla Ortalama Karekök Hata (RMSE) metriği kullanıldı.

Elde edilen sonuçlara göre NDVI haritası için hesaplanan RMSE değeri 0,4 olarak belirlendi. Şekil 24'de gösterilmiştir. Bu değer NDVI tahminlerinin gerçek değerlere yakın olduğunu ve üretilen haritanın doğruluğunun makul düzeyde olduğunu göstermektedir.

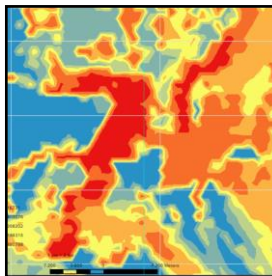
Geostatistical wizard - Kriging step 5 of 5 - Cross Validation



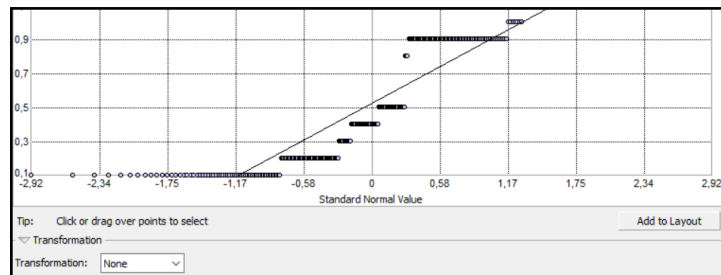
Şekil 25 NDVI Haritası için hata hesabı

NDVI haritası bitki örtüsünün durumunu ve yoğunluğunu değerlendirmek için üretilmektedir(Göktaş, 2022).

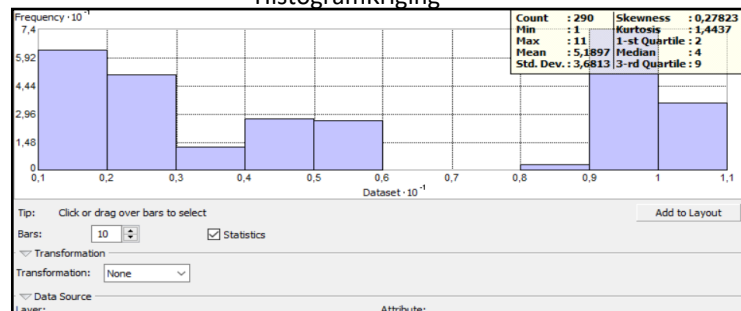
Kriging



Normal QQPlot



HistogramKriging



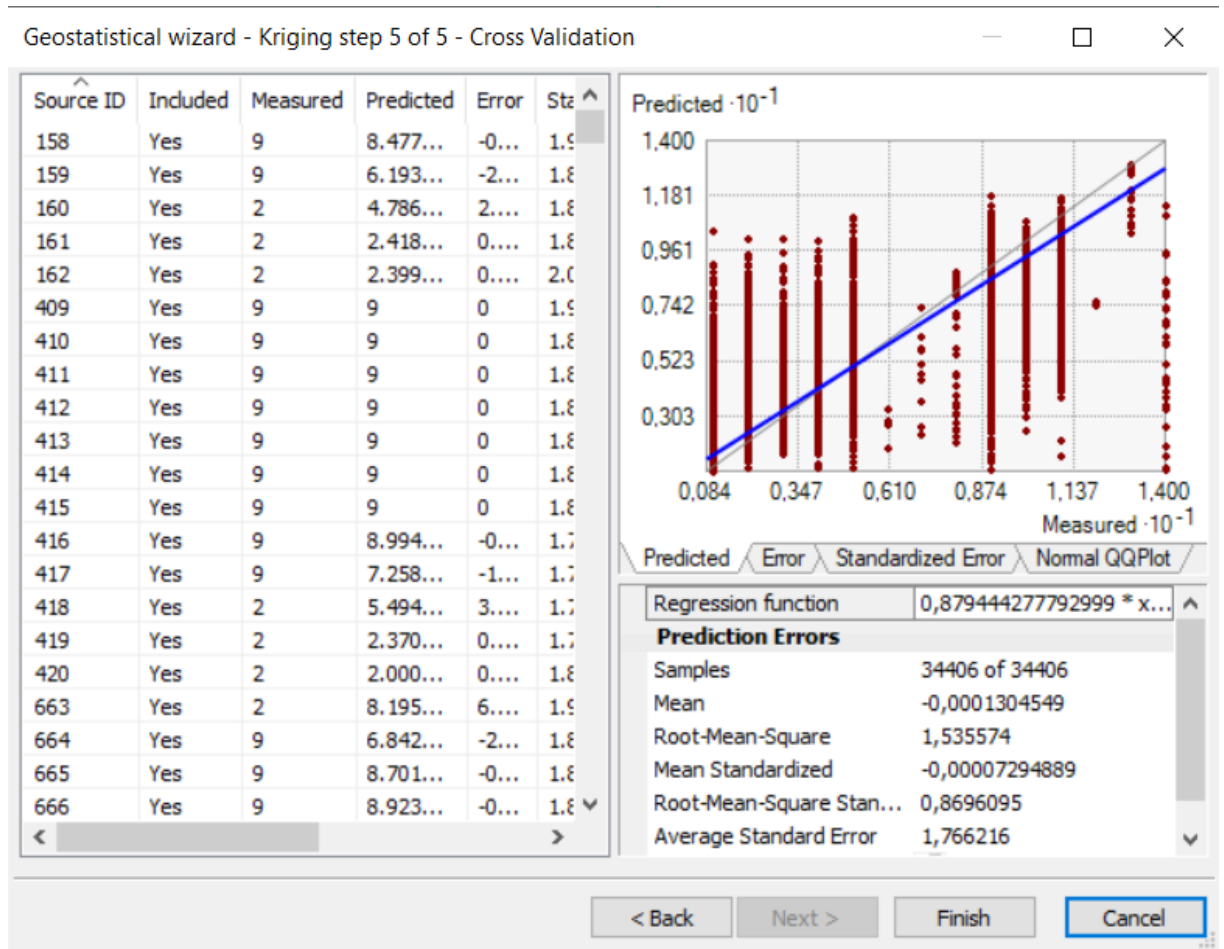
Şekil 26 Büyük Toprak Grubu Kriging Histogram, Normal QQPlot tablolaştırılması

Bu çalışma kapsamında Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından sağlanan Büyük Toprak Grubu verileri kullanılarak Kriging yöntemi uygulanmıştır. Şekil 26 ile ArcMap üzerinden elde edilen analiz çıktısı görülmektedir.

Drenaj Kriging Histogramı ve Normal QQPlot analizleri sahada rastgele seçilen 300 noktadan elde edilen veriler kullanılarak yapıldı. Bu analizler verilerin dağılımını ve Kriging tahminlerinin doğruluğunu değerlendirmek amacıyla yapılmıştır.

Analiz sonucunda elde edilen RMSE değeri 0,8696 olarak belirlendi. Bu değer, Kriging yönteminin büyük toprak grubu verileri için belirli bir doğruluk düzeyine sahip olduğunu göstermektedir.

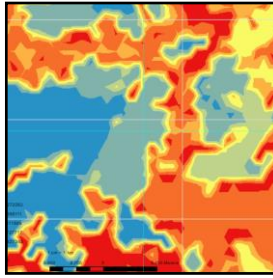
Ayrıca veri dağılımının çarpıklık değeri 0,777 olarak hesaplanmıştır. Bu değer veri dağılımının sağa çarpık dağılıma sahip olduğunu göstermektedir. Şekil 27'de gösterilmektedir.



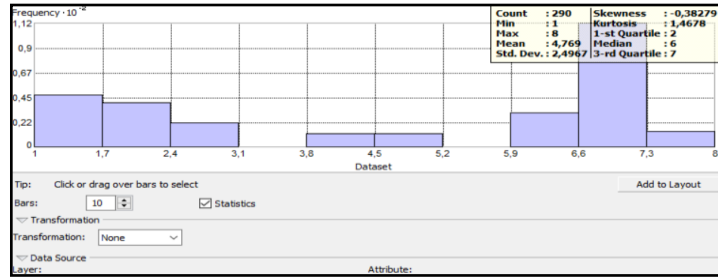
Şekil 27 BTG Haritası için hata hesabı

Bu çalışma, Tarım ve Orman Bakanlığında alınan büyük toprak grubu verileri için Kriging yönteminin uygulanabilirliğini ve verilerin analizini içermektedir. Elde edilen sonuçlar tarımsal planlama, arazi kullanımı ve doğal kaynak yönetimi gibi alanlarda kullanılabilir değerli bilgiler sunmaktadır.

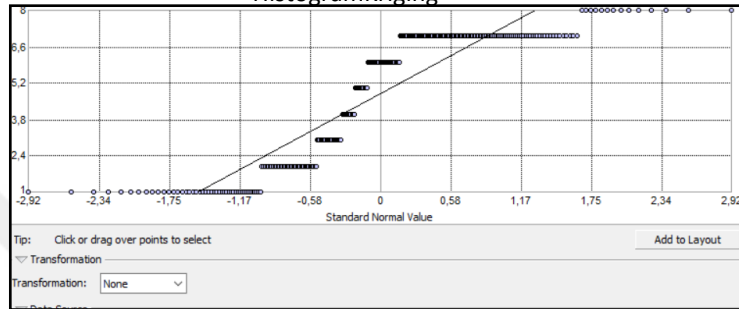
Kriging



Normal QQPlot



HistogramKriging



Şekil 28 Arazi Kullanım Alt Sınıfı Kriging Histogram, Normal QQPlot tablolaştırılması

Bu çalışmada Büyük Toprak Grubu (BTG) arazi kullanımı alt sınıfı verileri kullanılarak Kriging yöntemi uygulanmıştır. Kriging, jeoistatistiksel bir yöntemdir ve nokta veri değerlerini mekansal olarak tahmin etmek için kullanılır. Şekil 28 ile ArcMap üzerinden elde edilen analiz çıktısı görülmektedir.

Elde edilen RMSE değeri 0,7693 olarak belirlendi. Bu değer, Kriging yöntemi kullanılarak üretilen arazi kullanım alt sınıf haritasının önemli doğruluk düzeyine sahip olduğunu göstermektedir.

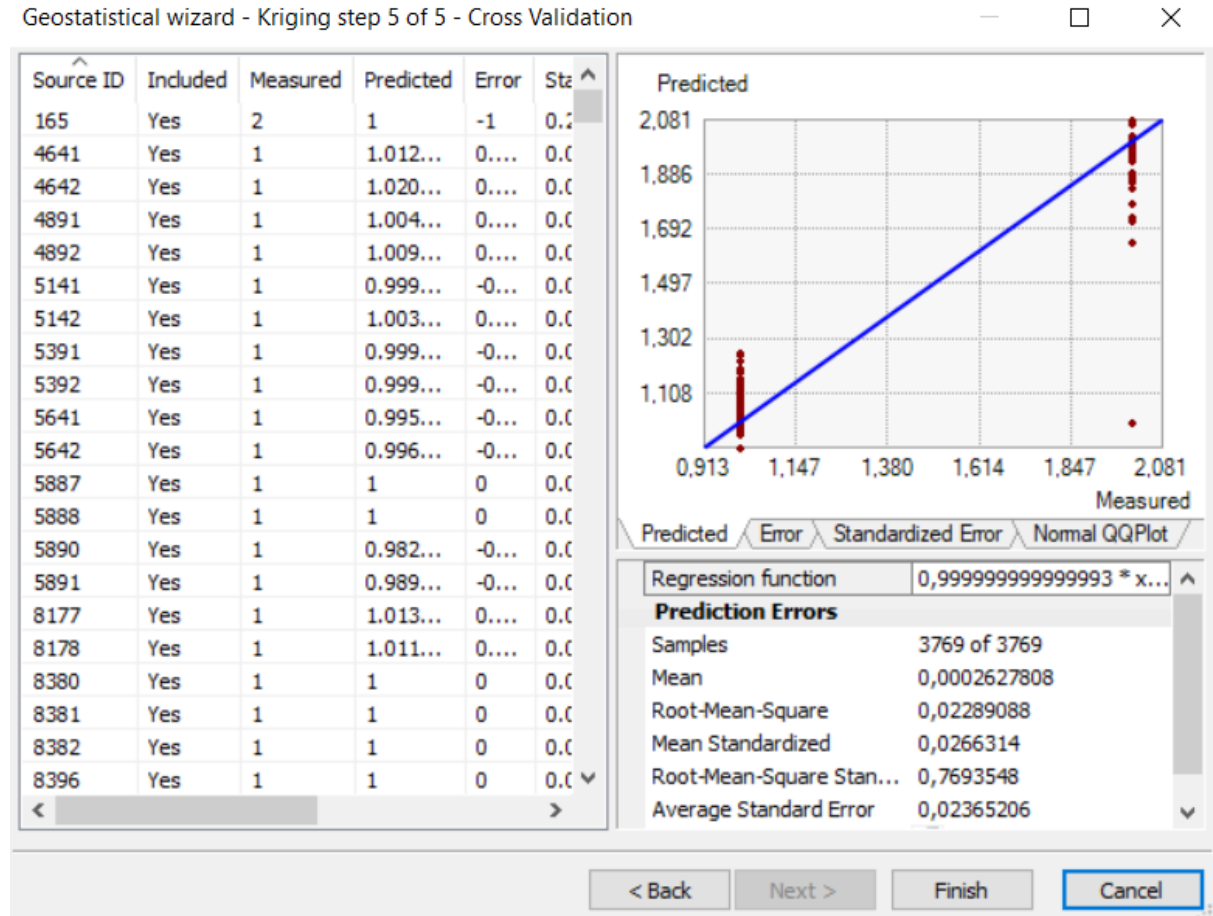
Ayrıca Kriging tahminlerinin dağılımını değerlendirmek için histogram ve Normal QQ Plot analizleri yapıldı. Bu analizler Kriging tahminlerinin veri dağılımıyla nasıl karşılaştırıldığını gösterir.

Histogram ve Normal QQ Grafiği grafikleri yukarıda sunulmuştur.

Bu grafikler Kriging tahminlerinin veri dağılımıyla uyumunu göstermektedir. Histogram, tahminlerin verilerin dağılımıyla nasıl dağıldığını gösterirken, Normal QQ

Plot grafikleri bunu normal dağılımla karşılaştırarak tahminlerin normal dağılıma ne kadar yakın olduğunu gösterir.

Bu çalışma, Kriging yönteminin BTG arazi kullanımı alt sınıf verileri için uygulanabilirliğini ve Kriging tahminlerinin doğruluğunu değerlendirmek için histogram ve Normal QQ Plot analizlerinin yüksek doğrulukla kullanılabileceğini göstermektedir. Şekil 29’da RMSE değeri sunulmuştur.



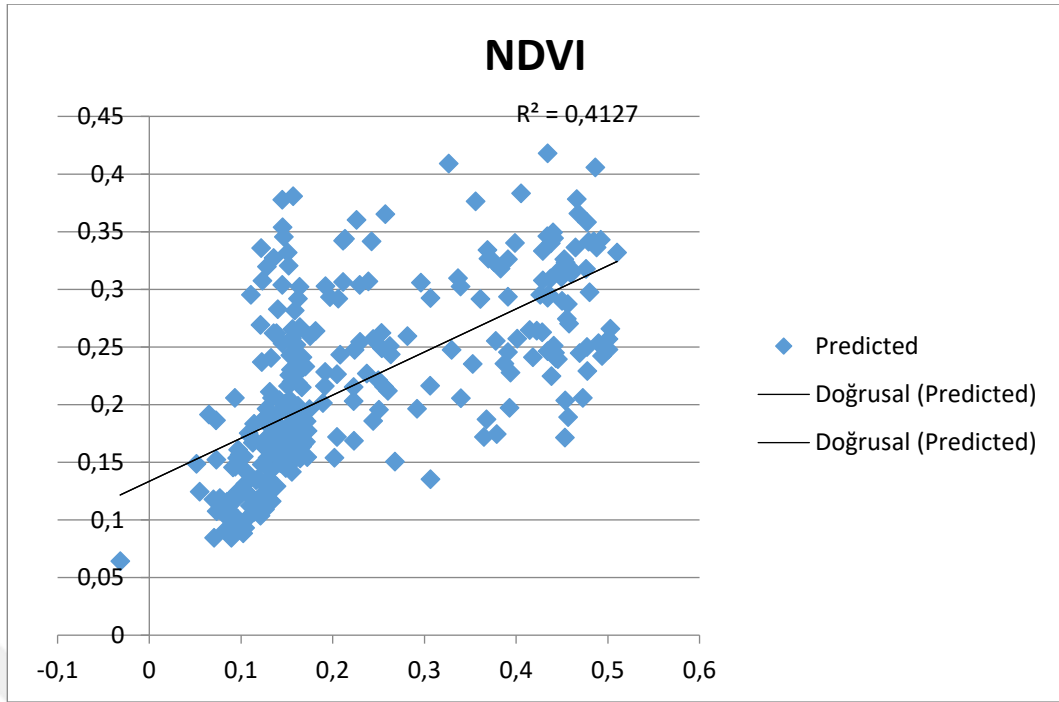
Şekil 29 ATS Kriging Histogram, Normal QQPlot tablolaştırılması

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünya nüfusu artarken doğal kaynaklar azalmakta veya sınırlı hale gelmektedir. Su ve toprak gibi parametreler, bu kaynaklar arasında büyük öneme sahiptir. Daha sürdürülebilir bir kaynak yönetimi için, toprak bilimciler uzun yıllardır toprakta meydana gelen değişiklikleri analiz etmektedirler. Bu çalışmada uzaktan algılama verileri ve araziden elde edilen Büyük Toprak Grubu verileri kullanılarak jeostatistiksel tahmin yaklaşımı kullanılmıştır. Bu yöntemle toprak kalitesini sınırlayan faktörler ve tarıma elverişli olan alanların gerçek veri referans alınarak tahmin edilen verisinin doğrulama değerleri incelenmiştir.

Landsat 9 verileri, yer envanteri ve GPS verilerinin entegre edilmesiyle geliştirilen jeostatistiksel tahmin yaklaşımı kullanılarak toprak bileşenlerinin tahmini gerçekleştirilmiştir. Tahminlerin başarısı, RMSE değeri kullanılarak değerlendirilmiştir. RMSE değeri ne kadar küçükse, model veya tahmin o kadar iyidir. Yapılan uygulamada, RMSE doğrulama değeri uzaktan algılama verileri için 0.4, arazi verilerinden elde edilen veriler için 0.7 hata payıyla kriging ordinary metodunu kullanarak tahminleri yapılmıştır.

Uzaktan algılama verileri en iyi sonuçları verirken, arazide elde edilen verilerin hata hesaplamalarına bakıldığında RMSE değerlerinin 1'in altında olduğu gözlemlenmiştir. Bu da bu verilerin kullanılabilirliğini göstermektedir. Şekil 30'da, En Küçük Kareler Yöntemi ile yapılan hata hesaplaması excel üzerinden elde edilen analiz çıktısını göstermektedir.



Şekil 30 En Küçük Kareler Yöntemi ile yapılan hata hesaplaması

Çalışma alanı olarak Konya Kapalı Havzası'nda Karapınar bölgesi seçilmesinin birçok önemli sebebi vardır. Bu bölge, sürdürülebilir tarım uygulamaları açısından kritik bir öneme sahiptir. Bölgedeki başlıca sorunlar arasında yeraltı suyunun bilinçsiz kullanımı, uygun olmayan tarım deseni seçimi ve vahşi sulama yöntemlerinin yaygın olarak uygulanması bulunmaktadır. Yeraltı suyunun bilinçsizce kullanılması, su kaynaklarının tükenmesine ve ekosistemin dengesinin bozulmasına yol açmaktadır. Bunun yanı sıra, tarım deseninin bölgenin iklim ve toprak koşullarına uygun olmaması, tarımsal verimliliği düşürmekte ve toprak erozyonunu hızlandırmaktadır. Vahşi sulama yöntemleri ise su israfına neden olmakta ve suyun verimli kullanımını engellemektedir. Bu sorunlar, Karapınar bölgesinde yaklaşık 2000 obrukun oluşmasına sebep olmuştur. Obruklar, yeraltı su seviyesinin düşmesi sonucu meydana gelen ve tarım alanları ile yerleşim yerlerine ciddi zararlar veren doğal çökme yapılarıdır. Obrukların varlığı, bölgedeki tarımsal faaliyetlerin sürdürülebilirliğini tehlikeye atmakta ve yerel halkın yaşam kalitesini olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle, Karapınar bölgesinin tarımsal sürdürülebilirlik ve yeraltı suyu yönetimi açısından incelenmesi, mevcut sorunların tespit edilmesi ve çözüm önerilerinin geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu çalışma ile bölge için, jeostatistiksel analizler yapılarak karar alıcılara uygulanabilir, maliyetsiz, hızlı zamanda veri sunulabileceği doğrulanmıştır.

Jeoistatistik tahminleme yaklaşımı, kısıtlı bölgelerin analiz edilmesine olanak sağlamıştır. CBS yazılımı ile üretilen ATS için histogram grafiği, verinin homojen dağılım gösterdiğini ortaya koymuştur. Bu sayede, ordinary kriging yöntemi uygulanarak ATS için eğim ve erozyon zararları ile toprak yetersizliği incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, alanın olumsuz tarımsal koşullarını belirlemede kullanılabilir niteliktedir. Çalışma sonucunda, bölgenin batı ve merkez kesimlerinde tarım için çeşitli kısıtlılıkların mevcut olduğu belirlenmiştir. Tahminleme doğruluğu, RMSE değeri ile ölçülmüş olup, bu değer 0.7 olarak bulunmuştur. Bu durum, yapılan jeoistatistik tahminlerin yüksek doğrulukta olduğunu göstermektedir.

Karapınar çalışma alanı için üretilen haritalar incelendiğinde, tarıma elverişli olmayan alanlar NDVI haritasında net bir şekilde görülmektedir. Bu haritada, yansıma değerleri -1 olan bölgeler, genellikle bitki örtüsünün bulunmadığı veya çok az olduğu alanları temsil eder ve bu alanlar, haritanın doğusunda yer almaktadır. NDVI değerlerinin +1 olduğu bölgeler ise yoğun ve sağlıklı bitki örtüsünü göstermekte olup, bu alanlar alüvyal toprakların varlığıyla karakterize edilen batı kısmında bulunmaktadır. Bu nedenle, haritanın batı kesimi tarıma elverişli olarak değerlendirilmektedir.

Landsat indeks haritalarında histogram grafiğinde homojen dağılım görülmektedir. Bu sayede jeoistatistiksel demir, demiroksit ve kil değerlerinin tahminlemesi gerçekleştirilmiştir. Toprağın metal bileşenlerinden olan demiroksit arazide uzun zaman alan veri edinim sürecine sahiptir. Toprağın metal bileşenlerinden olan demir ve demiroksit toprağın pH dengesini, minerallerin çözünürlüğünü ve besin maddelerinin bitkiler tarafından alınabilirliğini etkileyen bileşenler arasındadır. Kil verisi ise killi kireçtaşının obruk parametresi olarak bilinir. Bu sebepten demir demiroksit ve kil verilerinin tahminlemesi yapılmıştır. Tahminleme doğruluğu RMSE de 0.4 çıkmıştır.

Yapılan çalışmada BTG tahminlemesi için RMSE doğruluğu 0.8 olarak hesaplanmıştır. Bu değer, tahminlerin doğruluğunu değerlendirmek için kullanılan bir ölçümdür ve 1 değerinin altında olması, tahminlerin genel olarak kabul edilebilir düzeyde olduğunu göstermektedir. Histogram analizi homojen bir dağılım gösterdiği için bu veriler analize uygun bulunmuştur.

Jeoistatistiksel yaklaşım, su yönetimi, arazi yönetimi ve doğal kaynak yönetimi gibi birçok uygulamada kullanılabilir. Bu çalışmada yapılan araştırma bölgelerinde de bu yaklaşımın uygulanabilir olduğu görülmüştür. Ayrıca, yapılan çalışma kapsamında farklı kriging yöntemleri arasında en uygulanabilir olanın kriging ordinary yöntemi olduğu desteklenmiştir. Genel olarak, modelleme ile haritalar, hassas tarıma yönelik tarımsal yönetim uygulamalarındaki karar vericiler, paydaşlar ve başvuru sahipleri için yararlı olabilir.



6. KAYNAKLAR

- Akinci. (2013). Agricultural land use suitability analysis using GIS and AHP technique. *Computers and Electronics in Agriculture*, 97, 71–82. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2013.07.006>
- Arslan. (2022). *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi Farklı Arazi Kullanımları Altındaki Topraklarda Organik Karbon Formları Ve Toprak Agregasyonu Arasındaki İlişkilerin Jeostatistiksel Yöntemle Belirlenmesi.*
- Bárdossy. (2020). *Introduction to Geostatistics.*
- Barnsley. (1999). *Physical Principles 1.1 Remote Sensing: Inference And Estimation.*
- Başbozkurt. (2013). *Toprak Özelliklerinin Mekânsal Değişim Desenlerinin Jeostatistiksel Yöntemlerle Belirlenmesi.*
- Bhunja. (2018). Evaluation of groundwater quality and its suitability for drinking and irrigation using GIS and geostatistics techniques in semiarid region of Neyshabur, Iran. *Applied Water Science*, 8(6). <https://doi.org/10.1007/s13201-018-0795-6>
- Bilge. (2003). Statistical evaluation of remotely sensed data for water quality monitoring. *International Journal of Remote Sensing*, 24(24), 5317–5326. <https://doi.org/10.1080/0143116031000156828>
- Bilgili. (2017). *Konya Kapalı Havzasında Farklı Arazi Örtülerinde Net Birincil Üretimin Jeostatistiksel Analizi x* (Vol. 3, Issue 1). <https://lpdaac.usgs.gov/data>
- Bilgili. (2024, March 15). *Kriging.* <https://www.youtube.com/watch?v=rTRV9pkI6FU&t=604s> .
- Bolstad, P. V. (2002). *GIS fundamentals.* <https://www.researchgate.net/publication/200043155>
- Çıtakoğlu. (2017). *Mevsimsel Yağışların Jeostatistiksel Yöntemle Modellenmesi ve Gözlemi Olmayan Noktalarda Tahmin Edilmesi.*
- Coşar. (2023). *Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mehmet Selçuk Coşar Toprak Bilimi Ve Bitki Besleme Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi Hatay Nisan-2023 Jeostatistik Ve Coğrafi Bilgi Sistem (Cbs) Teknikleri Kullanılarak Erzin Ovası Toprak Özelliklerinin Mekânsal Değişim Desenlerinin Belirlenmesi Ve Haritalanması.*
- Ertunç. (2013). *Kovaryans Eşlemeli Krigleme Yöntemi İle Kaynak Kestirimi Resource Estimation By Using Covariance Matching Constrained Kriging.*
- Esri. (2021). *No Title.* <https://www.esri.com.tr/tr-tr/Surumler/10-5>. <https://www.esri.com.tr/tr-tr/anasayfa>
- FAO. (2023). *E Global Soil Partnership Plenary Assembly.* www.fao.org

- Foody. (1996). *Identifying Terrestrial Carbon Sinks: Classification of Successional Stages in Regenerating Tropical Forest from Landsat TM Data.*
- Göktaş. (2022). Kuraklığa NDVI ve Makine Öğrenmesi ile Bakış: Konya Kapalı Havzası. *Turkish Journal of Remote Sensing*. <https://doi.org/10.51489/tuzal.1191233>
- Hengl. (2007). *A practical guide to geostatistical mapping of environmental variables.* Publications Office.
- Jahandideh. (2022). Digital mapping of soil biological properties and wheat yield using remotely sensed, soil chemical data and machine learning approaches. *Computers and Electronics in Agriculture*, 197. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.106978>
- Koca. (2021). Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) VE Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) ile Tarıma Uygun Alanların Belirlenmesi: Eskişehir Örneği. *Ege Coğrafya Dergisi*, 30(2), 321–335. <https://doi.org/10.51800/ecd.1001333>
- Liu. (2014). Spatial variability of soil organic carbon in the forestlands of northeast China. *Journal of Forestry Research*, 25(4), 867–876. <https://doi.org/10.1007/s11676-014-0533-3>
- Mallik. (2022). Mapping and prediction of soil organic carbon by an advanced geostatistical technique using remote sensing and terrain data. *Geocarto International*, 37(8), 2198–2214. <https://doi.org/10.1080/10106049.2020.1815864>
- Matheron. (1971). *The Theory of Regionalized Variables and Its Application.*
- Mendes. (2022). Free iron oxide content in tropical soils predicted by integrative digital mapping. *Soil and Tillage Research*, 219. <https://doi.org/10.1016/j.still.2022.105346>
- Meng. (2009). Large area forest inventory using Landsat ETM+: A geostatistical approach. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 64(1), 27–36. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2008.06.006>
- Mousavifard. (2013). Determining and mapping some soil physico-chemical properties using geostatistical and GIS techniques in the Naqade region, Iran. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 59(11), 1573–1589. <https://doi.org/10.1080/03650340.2012.740556>
- Paker. (2024). *Geostatistical Analysis - Kriging using ArcGIS.* <https://www.youtube.com/watch?v=UemQvBIefDw>.
- Paker. (2024). *Landsat.*
- Salman. (2013). Ayrancı (Karaman)-Karapınar (Konya) Yöresi Linyitlerinin Jeolojik ve Kimyasal Özelliklerinin İncelenmesi. In *Çukurova University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture* (Vol. 28, Issue 2).
- Soyaslan. (2020). Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Kullanılarak Bucak Havzası Yeraltısuyu Sertlik Haritasının Hazırlanması. *European Journal of Science and Technology*, 99–108. <https://doi.org/10.31590/ejosat.670303>

USGS. (2024). *Landsat 9*. <https://doi.org/10.3133/fs20193008>

Wang. (2018). High resolution mapping of soil organic carbon stocks using remote sensing variables in the semi-arid rangelands of eastern Australia. *Science of the Total Environment*, 630, 367–378. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.02.204>

Webster R. (1985). *Quantitative Spatial Analysis of SoD in the Field*.

