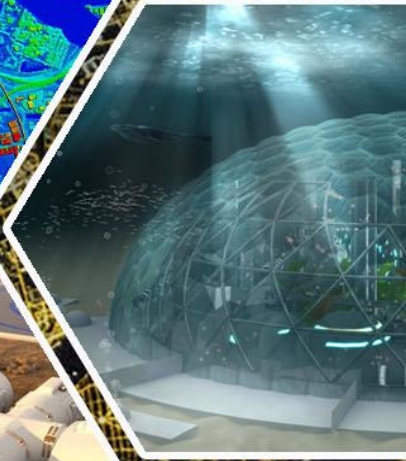
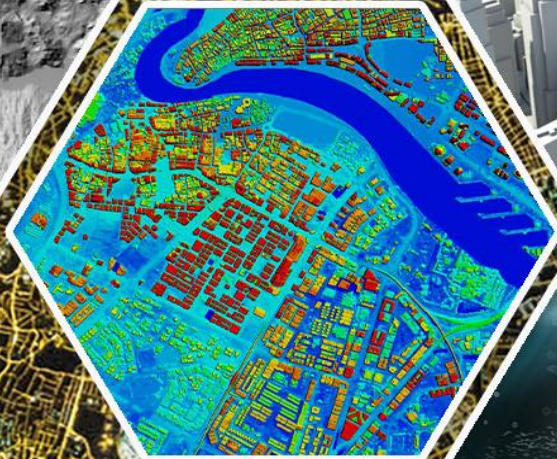
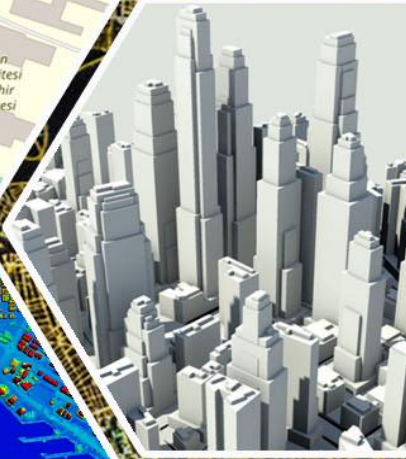
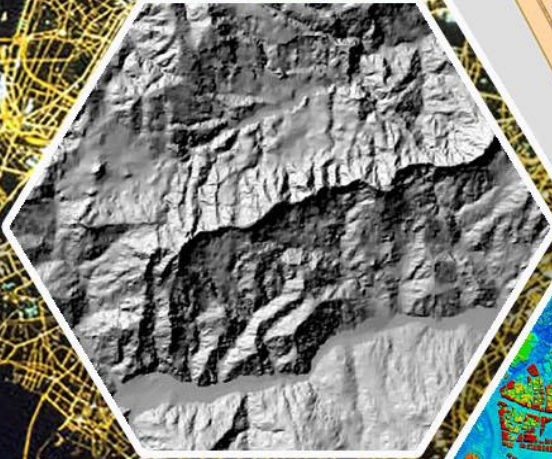


TÜRKİYE coğrafi bilgi sistemleri dergisi



◆ HAZİRAN 2025
◆ CİLT: 7 ◆ SAYI: 1
◆ e-ISSN: 2687-5179

TÜRKİYE coğrafi bilgi sistemleri dergisi



◆ JUNE 2025

◆ VOLUME: 7 ◆ ISSUE: 1

◆ e-ISSN: 2687-5179



Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi

TÜRKİYE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ DERGİSİ

(TURKISH JOURNAL OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS)

e-ISSN: 2687-5179

**CİLT 7, SAYI 1
(VOL 7, ISSUE 1)**

**HAZİRAN, 2025
(JUNE, 2025)**



Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi

DERGİ HAKKINDA

Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi bilim ve teknolojiadaki gelişmelere paralel olarak Coğrafi Bilgi Sistemleri alanında yeni gelişmelerle ilgili yapılan çalışmaları yayınlayan bir dergidir.

AMAÇ

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) mekânsal verinin ve mekânsal bilginin kayıt altına alınması, işlenmesi, analizi, yönetilmesi ve sunumu için geliştirilen bir sistemdir. Günümüzde CBS tarım, arkeoloji, kutup çalışmaları, havacılık, ulaşım, iklim değişikliği, suç, savunma, afet, ekoloji, eğitim, çevre, orman, jeoloji uygulamalarını da kapsayacak şekilde 1000'den fazla alanda etkin olarak kullanılmaktadır. Modern dünyada pek çok disiplinin parçası haline gelmiş olan CBS ülkemizde de gerek özel gerekse kamu kurumları tarafından yaygın kullanım alanına sahiptir. Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi yükselen bir trend olan CBS'nin teknolojiadaki gelişmeleri dikkate alarak gerek akademik gerekse özel sektör arasındaki bilgi paylaşımlarını desteklemeyi, ayrıca genç araştırmacılara da çalışmalarını sunabilecekleri bir platform oluşturmayı amaçlamaktadır.

KAPSAM

Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisinin kapsamı;

- Sorgulama İşlemleri, Optimizasyon
- Kartografya ve Jeodezi
- 3 Boyutlu Modelleme, Simülasyon
- Mekânsal Bilgi
- Veri Paylaşımı, Güvenlik
- Standartlar, İnteroperabilite
- Konumsal Veri Altyapısı
- Topoloji
- Mekânsal Verilerin Saklanması, İndekslenmesi
- Karar Destek Sistemleri
- Web Uygulamaları
- Mobil Servisler
- Mekânsal Veri Tabanı Yönetim Sistemleri
- Mekânsal Veri Kalitesi
- Büyük Veri (Big Data)
- Mekânsal Analiz
- Mekânsal Bilgi Yönetimi
- Ekolojik ve Çevresel Uygulamalar
- Şehir Ve Bölge Planlama Uygulamaları
- Tarım ve Toprak Uygulamaları
- Kent Bilgi Sistemleri
- Enerji Bilgi Sistemleri
- Kıyı Yönetimi
- Doğal Kaynakların Yönetimi
- Endüstriyel Uygulamalar
- Afet Yönetimi
- İklim Çalışmaları
- Lojistik Uygulamaları
- Mekânsal Veri Madenciliği
- Kadastro Uygulamaları.....



Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi

POLİTİKA

Coğrafi Bilgi Sistemlerine ait kuramsal ve uygulamalı araştırma, tarama-inceleme-derleme, bildiri, vaka çalışması, kısa rapor ve editöre mektup niteliklerinden birine uygun eserler hakem değerlendirmesinden yayınlanabilir olduğuna dair karar verildikten sonra yayımlanır. Yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan eser, dergi editörlüğünce değerlendirme için hakemlere gönderilir. Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi'nde **KÖR HAKEMLİK** uygulaması mevcuttur.

Yayımlanmasına, hakemlerin görüşü doğrultusunda Dergi Danışma ve Editör Kurulu karar verir. Gönderilen makaleler yayımlansın veya yayınlanmasın iade edilmez.

Dergimizde yayınlanan yazıların her türlü sorumluluğu (bilimsel, mesleki, hukuki, etik vb.) yazarlara aittir. Yayımlanan yazıların telif hakkı dergiye aittir ve referans gösterilmeden aktarılamaz. Araştırmacılar arasındaki bilimsel iletişimi oluşturmak amacıyla aşağıda nitelikleri açıklanan, başka bir yerde yayımlanmamış makaleler Türkçe ve İngilizce olarak kabul edilmektedir. Türkçe yazılan makalelerde özetinin İngilizce de basılması zorunluluğu vardır.

PERİYOT	Yılda 2 sayı (Haziran-Aralık)
E-ISSN	2687-5179
WEB	https://dergipark.org.tr/tr/pub/tucbis
İLETİŞİM	lutfiyekusak@mersin.edu.tr



Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi

ABOUT JOURNAL

Turkish Journal of Geographic Information Systems in the field of Geographic Information Systems in parallel to the developments in science and technology magazine is a magazine published studies on new developments.

AIM

Geographic Information Systems (GIS) is a system developed for the recording, processing, analysis, management and presentation of spatial data and spatial information. Today, GIS is used effectively in more than 1000 areas including agriculture, archeology, polar studies, aviation, transportation, climate change, crime, defense, disaster, ecology, education, environment, forest, geology applications. GIS, which has become a part of many disciplines in the modern world, has widespread use by both private and public institutions in our country. **Turkish Journal of Geographic Information Systems** academic requirements, taking into account developments in technology as well as support the sharing of information between the private sector, also aims to create a platform to present their work to the young researchers.

SCOPE

- | | |
|--|---|
| • Query Operations, Optimization | • Spatial Information Management |
| • Cartography and Geodesy | • Ecological and Environmental Applications |
| • 3D Modeling, Simulation | • City and Regional Planning Applications |
| • Spatial Information | • Agriculture and Soil Applications |
| • Data Sharing, Security | • City Information Systems |
| Standards, Interoperability | • Energy Information Systems |
| • Spatial Data Infrastructure | • Coastal Management |
| • Topology | • Natural Resources Management |
| • Storage and Indexing of Spatial Data | • Industrial Applications |
| • Decision Support Systems | • Disaster Management |
| • Web Applications | • Climate Studies |
| • Mobile Services | • Logistics Applications |
| • Spatial Database Management Systems | • Spatial Data Mining |
| • Spatial Data Quality | • Cadastral Applications ... |
| • Big Data | |
| • Spatial Analysis | |



Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi

PUBLICATION FREQUENCY	Biannual (June-December)
E-ISSN	2687-5179
WEB	https://dergipark.org.tr/en/pub/tucbis
CONTACT	lutfiyekusak@mersin.edu.tr

EDİTÖR KURULU

BAŞ EDİTÖR

Prof. Dr. Murat YAKAR

Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 33 343, Yenişehir/Mersin

EDİTÖR

Dr. Öğr. Üyesi. Lütfiye KUŞAK

Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 33 343, Yenişehir/Mersin

EDİTÖR YARDIMCISI

Doç. Dr. Ümit IŞIKDAĞ

Mimar Sinan Üniversitesi, Enformatik Bölümü, 34 360, Şişli/İstanbul

Dr. Öğr. Üyesi Fatma BÜNYAN ÜNEL

Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 33 343, Yenişehir/Mersin

DANIŞMA KURULU

Murat YAKAR, Mersin Üniversitesi

Hacı Murat YILMAZ, Aksaray Üniversitesi

İbrahim YILMAZ, Afyon Kocatepe Üniversitesi

Tahsin YOMRALIOĞLU, Beykent Üniversitesi

Ömer MUTLUOĞLU, Konya Teknik Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Konya

EDİTÖR KURULU

Burak BEYHAN, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi

Cevdet Coşkun AYDIN, Hacettepe Üniversitesi

İsmail Ercüment AYAZLI, Cumhuriyet Üniversitesi

Mehmet ALKAN, Yıldız Teknik Üniversitesi

Muzaffer Can İBAN, Mersin Üniversitesi

Mohamad M. AWAD, Research Director at National Council for Scientific Research (CNRS-L)

Mizanpaj

Arş. Gör. Mehmet Özgür Çelik

mozgurcelik@mersin.edu.tr

Mersin Üniversitesi, Harita Mühendisliği. Bölümü / Mersin



Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi

İÇİNDEKİLER

ARAŞTIRMA MAKALELERİ

Samsun uzun dönem toplam yağış verilerinin IDW ve Kriging interpolasyon teknikleri kullanılarak tahmin edilmesi

01-10

Aziz Uğur Tona & Vahdettin Demir

Determination of surface area change with remote sensing: The case of Salt Lake

11-22

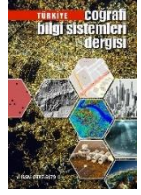
Nezih Furkan Erbas & Abdullah Varlik



Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/tucbis>

e-ISSN:2687-5179



Samsun uzun dönem toplam yağış verilerinin IDW ve Kriging interpolasyon teknikleri kullanılarak tahmin edilmesi

Aziz Uğur Tona^{*1} , Vahdettin Demir²

¹Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane, Türkiye

²KTO Karatay Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Kriging,
Samsun,
Ters Uzaklık Ağırlıklı Ortalama,
Yağış,
Tahmin

Araştırma Makalesi

Geliş: 18/12/2024

Reviz: 30/12/2024

Kabul: 30/12/2024

Yayın: 19/06/2025

Öz

Uzun dönem yağış tahmini, tarım, su yönetimi ve iklim değişikliğiyle mücadele gibi stratejik alanlarda önemli bir rol oynamaktadır. Bu tahminler, kuraklık ve taşkınlarla karşı hazırlık yapmayı, su kaynaklarının sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesini ve ekosistemlerin korunmasını sağlamaktadır. Bu çalışmada, Samsun ili uzun dönem toplam yağış verileri (mm) çevre illere ait 81 istasyonun yağış verileri kullanılarak literatürde sıklıkla kullanılan Ters Uzaklık Ağırlıklı Ortalama (IDW) ve Kriging yöntemleri kullanılarak tahmin edilmiştir. Veriler, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden (MGM) temin edilmiş olup 1927-2022 yıllarını kapsamaktadır. Yöntemlerin performans karşılaştırması, Karekök Ortalama Karesel Hata (KOKH), Ortalama Mutlak Hata (OMH), determinasyon katsayısı (R^2) ve Nash-Sutcliffe Etkinlik Katsayısı (NSE) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın sonucunda, farklı interpolasyon yöntemlerinin performansı karşılaştırılmış ve Kriging (Universal-Linear) yöntemi, düşük hata değerleri (OMH: 6.988, KOKH: 8.200 ve NSE: 0.734) ve yüksek determinasyon değeri (R^2 : 0.933) ile en başarılı yöntem olarak belirlenmiştir. Bu sonuç, söz konusu yöntemin yağış tahmininde etkin bir araç olduğunu göstermektedir. Ordinary Kriging - Circular ve Spherical yöntemleri de düşük hata ve yüksek R^2 değerleriyle kabul edilebilir sonuçlar vermiştir. Buna karşın Quadratic ve IDW ($p=3$) yöntemleri, en yüksek hata ve en düşük R^2 değerlerine sahip olup en kötü performansı göstermiştir. Genel bir değerlendirme ile, Universal Kriging-Linear yöntemi, gözlenen değerlere en yakın tahminleri sunarak diğer yöntemlere göre üstünlük sağlamıştır. Çalışma, yağış tahmininde Kriging yönteminin gücünü vurgulamakta ve bu yöntemin özellikle taşkın risk analizi, tarımsal planlama ve su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi gibi alanlarda etkili bir araç olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Estimation of Samsun long-term total precipitation data using IDW and Kriging interpolation techniques

Keywords

Kriging,
Samsun,
Inverse Distance Weighting,
Precipitation,
Forecast



Research Article

Received: 18/12/2024

Revised: 30/12/2024

Accepted: 30/12/2024

Published: 19/06/2025

Abstract

Long-term precipitation forecasting plays a crucial role in strategic areas such as agriculture, water resource management, and combating climate change. These forecasts enable preparedness for droughts and floods, ensure the sustainable management of water resources, and protect ecosystems. In this study, long-term total precipitation data (mm) for Samsun province were estimated using the Inverse Distance Weighted (IDW) method and Kriging methods, which are frequently used in the literature, based on precipitation data from 81 stations in neighboring provinces. The data, obtained from the Turkish State Meteorological Service (MGM), cover the years 1927-2022. The performance comparison of the methods was conducted using Root Mean Square Error (RMSE), Mean Absolute Error (MAE), the coefficient of determination (R^2), and the Nash-Sutcliffe Efficiency Coefficient (NSE). The results of the study revealed that among the different interpolation methods, the Kriging (Universal - Linear) method was identified as the most effective, with low error values (MAE: 6.988, RMSE: 8.200, and NSE: 0.734) and a high coefficient of determination (R^2 : 0.933). These findings demonstrate that this method is an effective tool for precipitation estimation. The Ordinary Kriging - Circular and Spherical methods also provided acceptable results with low error and high R^2 values. In contrast, the Quadratic and IDW ($p=3$) methods showed the poorest performance, with the highest error values and the lowest R^2 . Overall, the Universal Kriging - Linear method outperformed the other approaches by providing the closest estimates to observed values. This study highlights the strength of the Kriging method in precipitation forecasting and demonstrates its effectiveness as a tool for flood risk analysis, agricultural planning, and sustainable water resource management.

*Sorumlu Yazar

^{*}(azizugurtona@gumushane.edu.tr) ORCID 0000-0001-7367-7731
(vahdettin.demir@karatay.edu.tr) ORCID 0000-0002-6590-5658

Kaynak göster

Tuna, A. U., & Demir, V. (2025). Samsun uzun dönem toplam yağış verilerinin IDW ve Kriging interpolasyon teknikleri kullanılarak tahmin edilmesi. *Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi*, 7(1), 01-10. <https://doi.org/10.56130/tucbis.1603664>

1. Giriş

Su, yaşamın sürdürülebilirliğinde hayati bir kaynak durumunda olmasının yanı sıra, ekosistemlerin dengesi ve toplumsal refah açısından da kritik bir öneme sahiptir (Taylan & Damçayırı, 2016). Hızla artmakta olan dünya nüfusu, kişi başına düşen su miktarını azaltmakta ve su kirliliği oranını da yükseltmektedir. Canlılar için yaşam kaynağı olan su, artan nüfus, bilinçsiz şekilde yapılan tüketimler ve küresel ısınmanın da etkisiyle daha fazla tüketilmektedir. Dünya üzerindeki tatlı su kaynakları oldukça sınırlıdır ve ne yazık ki bu kaynaklar yeryüzünde eşit şekilde dağılmamıştır. Bu durum, bazı bölgelerin bol suya sahip olmasına karşın, diğer bölgelerin ciddi su sıkıntılarıyla karşılaşmasına neden olmaktadır (Aktaş vd., 2018). Bu nedenden dolayı bazı bölgeler ihtiyaçtan fazla suya sahip olurken bazı bölgeler de büyük oranda su eksikliği yaşamaktadır. Sonuç olarak, temiz su kaynakları her geçen gün azalmaktadır. Bu durum, suyun sürdürülebilir yönetimi ve korunması açısından acil önlemler alınmasını gerektirmektedir (Ercan & Yüce, 2018).

Yağış, su döngüsünün en temel bileşenlerinden biri olup hidrolojik verilerin de önemli bir kısmını oluşturur (Chen & Liu, 2012). Aynı zamanda su kaynaklarının yenilenmesi ve korunması açısından kritik bir role sahiptir. Akışın oluşumunda başlıca etken olan yağış; tarım, enerji üretimi ve içme suyu temini gibi birçok alanda hayatın sürdürülebilirliği için gereklidir. Ancak, yağış miktarının ve dağılımının aşırı değişkenliği hem sel hem de kuraklık gibi önemli çevresel sorunlara yol açabilmektedir (Şan et al., 2021). Kısa süreli yoğun yağışlar ani taşkınlara sebep olurken, uzun süreli yağış eksikliği kuraklık riskini arttırmaktadır. Yağışın tahmin edilmesi ise oldukça zorlu bir süreçtir. Bu zorluğun nedeni yağışın karmaşık fiziksel süreçlerle oluşması ve özellikle bölgesel iklim ve topografik özelliklerden yoğun şekilde etkilenmesidir (Partal vd., 2011).

Su kaynaklarının yönetimi açısından yağışların önemi büyüktür; çünkü yağışlar, yüzey ve yer altı su kaynaklarının oluşumunda anahtar bir rol oynamaktadır. Tarımsal üretimden içme suyu teminine kadar pek çok alanda belirleyici bir rol oynayan yağış, iklim değişikliği ve insan faaliyetleri gibi faktörlerden etkilenerek, su kaynaklarının dengesini doğrudan etkileyebilir. Türkiye, geçmişte su zengini bir ülke olarak tanınırken, günümüzde çeşitli nedenlerden ötürü bu durum değişmiştir. Bu bağlamda, uzun dönem toplam yağış verilerinin doğru bir şekilde tahmin edilmesi, su kaynaklarının yönetimi ve iklim değişikliği ile mücadele için büyük bir önem taşımaktadır (Aydın, 2014).

Türkiye de coğrafi olarak sınırlı su kaynaklarına sahip bir bölgede yer almasına ve tarihsel olarak su zengini bir ülke olarak değerlendirilmesine rağmen günümüzde giderek artan su sıkıntıları ile karşı karşıya kalmaktadır. Özellikle Samsun gibi tarımsal faaliyetlerin yoğun olduğu ve gelişmiş sanayiye sahip bölgelerde su yönetimindeki eksiklikler ve iklim değişikliğinin, etkisi su talebinin normalden fazla artmasına neden olabilmektedir. Bu durum bölgedeki ekosistem üzerinde ciddi baskılar yaratabilmektedir. Sonuç olarak, su kaynaklarının korunması ve yönetimi hem Türkiye'nin

hem de dünya genelinin karşılaştığı en acil sorunlardan biri haline gelmiştir (Aküzüm vd., 2010).

Yağış, önemli bir meteorolojik parametre olarak mekânsal ve zamansal dağılımı nedeniyle çevresel ve hidrolojik modelleme çalışmalarında büyük bir öneme sahiptir. Bu çalışmalarda kullanılan temel girdilerden biri olan mekânsal yağış katmanının doğruluğu, modelleme ve analizlerle elde edilen coğrafi bilgilerin güvenilirliğini de önemli ölçüde etkiler (Khorrami & Gündüz, 2019). Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), sosyal, ekonomik ve fiziksel verilerin analizinde sunduğu entegrasyon yeteneğiyle su kaynakları yönetiminde etkili bir araç olarak öne çıkmaktadır (Tona vd., 2022).

Yapılan çalışmalar incelendiğinde; Jalili Pirani & Modarres (2020), İran'daki Zayandeh Rud Havzası'nda yağış verilerinin mekânsal interpolasyonu için jeostatistiksel (Sıradan Kriging, Evrensel Kriging) ve deterministik (Thiessen Poligonu, Ters Uzaklık Ağırlıklı) yöntemleri karşılaştırmıştır. Jeostatistiksel yöntemler (özellikle Gaussian modeli ile Sıradan Kriging), genellikle daha doğru sonuçlar verdiğini gözlemlemişlerdir. Bunun yanı sıra Thiessen Poligonu yönteminin az sayıda yağmur istasyonu olan bölgelerde daha etkili olduğu sonucuna varmışlardır Caloiero et al. (2021), Yeni Zelanda'daki aylık yağış verilerinin mekânsal dağılımını analiz etmek için IDW ve Kriging (Sıradan Kriging, Dış Eğilimli Kriging, Ortak Kriging) enterpolasyon yöntemlerini kullanmışlardır. Çalışmanın sonucunda Ortak Kriging in 11 ay boyunca en doğru interpolasyon yöntemi olarak ortaya çıktığını bulmuş, Ayrıca IDW ve Sıradan Kriging yöntemlerinin mekânsal bağımlılığı dikkate almadığından diğer yöntemlere göre daha düşük doğruluk gösterdiği sonucuna varmışlardır. Yenipınar vd. (2021), Türkiye geneli çalışmasında, 81 istasyondan alınan verilerle tüm ülkenin uzun dönem (1927-2018) yağışlarını analiz etmiş ve IDW ($p=2$) ile Kriging (Ordinary) yöntemlerinin geniş ölçekli uygulanabilirliğini (81 istasyonun %75'i eğitim istasyonu, %25'i ise test istasyonu) değerlendirmiştir. Çalışma makro düzeyde genel yağış trendlerine ışık tutmaktadır ve çalışma sonucunda, IDW yönteminin test istasyonlarında hata kriterleri açısından Kriging yönteminden daha başarılı olduğu, fakat Kriging yönteminin de yağış rejiminin ani değiştiği bölgelerde daha başarılı sonuçlar verdiğini ifade etmişlerdir. Katipoğlu (2022), Türkiye'nin Fırat Havzası'nda 1966-2017 yıllarını kapsayan uzun dönem mevsimsel yağış ortalamalarını mekânsal olarak analiz etmek için 13 farklı interpolasyon yöntemini karşılaştırmıştır. 21 meteoroloji istasyonundan uzun dönem mevsimsel yağış verilerini almış, mevsimlere göre en iyi interpolasyon yöntemini belirlemiş ve yağış dağılımı haritalarını oluşturmuştur. İlkbahar ve kış için en uygun yöntem Ordinary CoKriging, yaz için Local Polynomial Interpolation, sonbahar için ise Ordinary Kriging yönteminin en uygun olduğu sonucuna varmıştır. Amelia & Julianti (2023), Bangka Adaları'nda hava durumu değişikliklerini analiz etmek için Inverse Distance Weighting (IDW) ve Kriging yöntemlerini kullanmıştır. 2019-2021 arasındaki verilerle yapılan çalışmada, sıcaklık ve nem dağılımındaki değişiklikleri incelemişlerdir. Çalışmanın sonucu, güney Bangka'da

sıcaklık artışı ve kuzeydoğudan güneybatıya doğru nem değişiklikleri olduğunu göstermiştir. Her iki yöntemde önemli farklılıklar görülmesi de Kriging yöntemi daha düşük tahmin hatasıyla daha doğru sonuçlar sunduğunu tespit etmişlerdir. Tiyawarman et al. (2024), Yeraltı suyu seviyelerinin haritalanması için iki farklı mekansal interpolasyon yöntemi olan IDW ve Kriging yöntemlerini karşılaştırmıştır. Kriging yöntemi daha düşük hata oranı sunmasına rağmen, her iki yöntemde de validasyon oranlarının düşük (%50'nin altında) olması, toplanan verilerin düzensiz dağılımından kaynaklandığı sonucuna varmışlardır. Zhao et al. (2024), Pearl River Deltası'nda toprak verimliliği parametrelerinin mekânsal dağılımını daha doğru bir şekilde tahmin etmek için Radial Basis Function (RBF) sinir ağı ve IDW yöntemlerini birleştiren IDW-RBFNN adlı yeni bir interpolasyon yöntemi geliştirilmiştir. Ayrıca IDW-RBFNN yönteminin doğruluğunu, Kök Ortalama Kare Hata (RMSE) ve Ortalama Göreceli Hata (MRE) gibi istatistiksel ölçütler kullanarak değerlendirmişler ve Ordinary Kriging (OK) ve RBF yöntemleri ile karşılaştırmışlar. IDW-RBFNN yöntemi, düşük örnekleme yoğunluklarında bile nispeten düşük hata oranlarını koruduğu sonucuna varmışlardır.

Bu çalışma da ise daha özel bir alana odaklanılmış ve Samsun için tahminler meteoroloji istasyonlarından elde edilen uzun dönem (1927-2022) yağış verilerini kullanarak IDW ve Kriging yöntemleri ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmada noktasal bir yaklaşımla, Samsun'un stratejik önemi ve iklim özelliklerine odaklanılmış, haritalandırma sonuçlarıyla yerel su kaynakları yönetimi ve tarımsal planlaması için katkılar sunulmuştur. Bu çalışmada yöntemlerin uygulanmasında detaylı çıkarımlara odaklanılmıştır. Örneğin IDW yönteminde farklı kuvvet parametrelerinin ($p=1$, $p=2$ ve $p=3$) etkisi araştırılmış, Kriging yönteminde ise Ordinary (spherical, circular, exponential ve gaussian semivariogram) ve Universal (linear ve quadratic semivariogram) olmak üzere iki farklı yöntem farklı semivariogram modelleri ile araştırılmıştır. Çalışma sonucunda özellikle Universal Kriging-Linear modelinin üstün performansı tespit edilmiştir. 1927-2022 yılları arasındaki uzun dönem yağış verileri analiz edilerek, Samsun ilindeki yağış miktarlarının daha iyi anlaşılması hedeflenmiştir. Bu tür uzun dönem tahminler, iklim değişikliği, su yönetimi ve taşkın/kuraklık riski gibi stratejik konular için kritik öneme sahiptir. Yağış tahminlerinin doğruluğu, su kaynaklarının sürdürülebilir şekilde yönetilmesi açısından önemlidir. Çalışma, özellikle Samsun gibi tarım ve sanayinin yoğun olduğu bir bölgede, su yönetimi stratejilerinin geliştirilmesine katkıda bulunmayı amaçlamaktadır. Ayrıca Samsun'un Karadeniz Bölgesi'ndeki stratejik konumu ve iklimsel farklılıkları nedeniyle, mekânsal analizlerin bölgeye özgü verilerle yapılması hedeflenmiştir. Çalışma, bu bölgenin yağış rejimlerine dair daha doğru bir anlayış sunmayı amaçlamaktadır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden (MGM) temin edilen Samsun ili verileri, çevre illerdeki meteoroloji istasyonlarından elde edilen verilerle birlikte kullanılmış ve enterpolasyon teknikleriyle haritalandırılmıştır. Bu süreçte, komşu istasyonların verilerinden yararlanılarak Samsun'daki yağış miktarları tahmin edilmiştir.

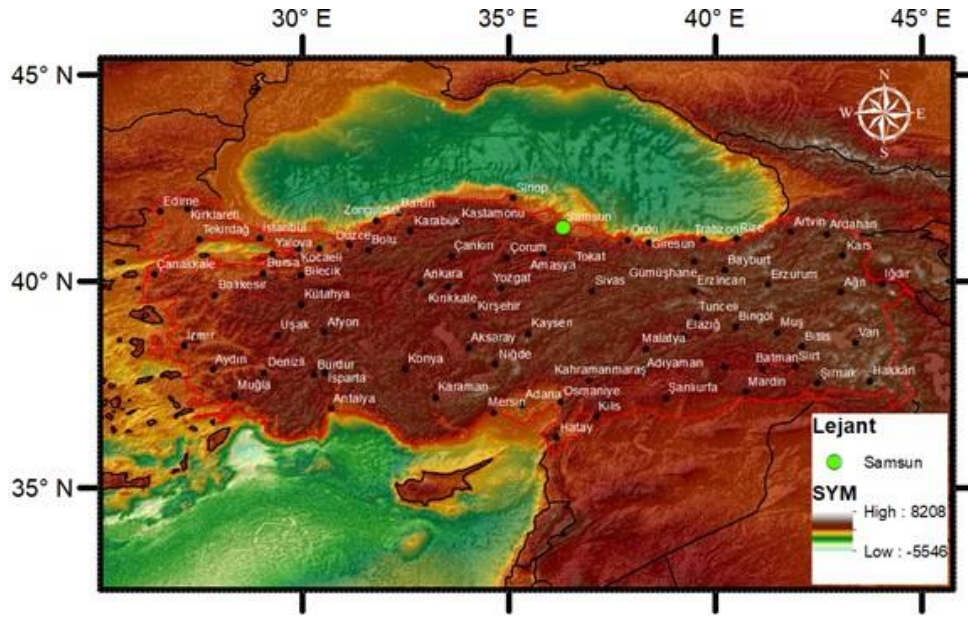
Çalışmadan elde edilecek sonuçlar, yerel su yönetimi stratejilerinin geliştirilmesine ve sürdürülebilir su kaynakları yönetimine katkı sağlayacaktır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Çalışma alanı

Samsun, Türkiye'nin kuzeyinde, Orta Karadeniz Bölümü'nde yer alan önemli bir şehirdir. $35^{\circ} 25' - 37^{\circ} 10'$ doğu boylamları ve $40^{\circ} 50' - 41^{\circ} 44'$ kuzey enlemleri arasında konumlanan ve 9.759 km^2 'lik yüzölçümüne sahip bir şehirdir. İl, kuzeyde Karadeniz'e kıyısı olup, güneyde Tokat, doğuda Amasya, güneybatıda Çorum ve batıda Sinop illeriyle komşudur. Stratejik konumu, verimli tarım arazileri ve Karadeniz'e açılan kapısıyla Samsun, ekonomik ve kültürel açıdan bölgenin en önemli merkezlerinden biri olma özelliğini taşımaktadır (Şahin & Yılmaz, 2009). Samsun gibi bölgelerde yağış miktarlarının doğru tahmin edilmesi, su yönetimi stratejilerinin geliştirilmesi için kritik bir adımdır. Türkiye'nin kuzeyinde, Karadeniz kıyısında yer alması sebebiyle yağış miktarının yüksek olduğu ve çeşitlilik gösterdiği bir bölgedir (Karabulut et al., 2008). Ayrıca verimli tarım arazilerine sahip ve Karadeniz'e açılan bir liman kenti olarak hem ekonomik hem de stratejik açıdan önemli bir şehirdir. Bu nedenle, yağış tahminlerinin tarım, su yönetimi ve şehir planlaması gibi alanlardaki etkisi daha fazladır. Türkiye'nin Karadeniz Bölgesi yağış modelleri üzerine yapılan çalışmalarda Samsun, sıklıkla merkez olarak ele alınmaktadır (Uzun & Demir, 2016). Bu sebeplerden dolayı Samsun ili çalışma alanı olarak seçilmiştir. Samsun test istasyonu dahil edilmeden elde edilen haritalar kullanılarak, istasyonun 12 aylık yağış verileri ArcGIS ortamında, Spatial Analysis ve Interpolation araçlarıyla işlenmiştir. Ardından, her bir ay için ayrı ayrı tahminler yapmak amacıyla 'Extract Values to Points' aracı kullanılarak veriler elde edilmiştir. Çalışma alanı ve 12 aylık uzun dönem ortalaması araştırılan Samsun istasyonu (Yeşil) Şekil 1'de yer almaktadır.

Bölgedeki yağış miktarlarının mekânsal ve zamansal dağılımını daha iyi anlamak için coğrafi analizler gerçekleştirilmiştir. Analiz sürecinde, Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) verileri, topografyanın etkisini değerlendirmek amacıyla kullanılmıştır.



Şekil 1. Çalışma alanı

Çalışmada 1927-2022 yılları arası kaydedilen uzun dönem yağış verileri (mm) kullanılmıştır. Veriler MGM'nin resmî web adresinden temin edilmiştir.

Verilere ait temel istatistiki bilgiler Tablo 1'de yer almaktadır.

Tablo 1. Verilere ait istatistiksel özellikler

İstatistik	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ortalama	81.64	67.22	67.77	58.51	52.91	36.56	20.67	20.42	29.82	54.93	65.53	85.44
Std. Sapma	48.64	36.41	33.84	19.71	15.28	22.98	22.79	27.68	34.57	38.30	36.47	50.05
Basıklık	2.34	1.41	4.74	2.08	0.75	3.05	12.94	20.18	24.07	19.22	7.77	3.06
Çarpıklık	1.37	1.12	1.79	1.59	0.66	1.28	3.02	3.84	4.23	3.71	2.06	1.46
Aralık	230.80	169.70	199.50	92.90	76.90	129.90	149.40	195.40	254.20	271.10	234.80	251.20
En Küçük	14.90	16.00	22.40	31.70	23.50	4.30	1.30	0.60	4.00	23.40	18.60	13.80
En Büyük	245.70	185.70	2221.90	124.60	100.40	134.20	150.70	196.00	258.20	294.50	253.40	265.00

Yağış verilerine ait istatistikler incelendiğinde, Aralık ayı en yüksek ortalama yağış (85.44 mm) iken Temmuz (20.67 mm) ve Ağustos (20.42 mm) aylarında yağış miktarının en düşük seviyelerde olduğu görülmektedir. Genel olarak, yağış miktarının kış aylarında yüksek, yaz aylarında ise düşük olduğu ve özellikle kış aylarında daha büyük dalgalanmalar gösterdiği görülmektedir. Ayrıca en fazla aylık toplam yağış değeri değişimin Aralık ayında meydana geldiği, en az değişimin ise ülkemizde Mayıs ayında meydana geldiği görülmektedir. Verilerin standart sapması incelendiğinde, Ocak (48.64) ve Aralık (50.05) aylarında oldukça yüksek olup, yağış miktarlarının büyük bir değişkenlik gösterdiğini; buna karşılık Mayıs (15.28) ve Haziran (22.98) aylarında daha homojen bir dağılım sergilediğini göstermektedir. Basıklık değerleri Mart (4.74) ve Haziran (3.05) aylarında zirve yaparak uç değerlerin bu aylarda daha etkili olduğunu, Mayıs (0.75) ayında ise uç değer etkisinin düşük olduğunu ortaya koymaktadır. Çarpıklık verilerinde ise tüm aylarda pozitif (çarpıklık>0) değerler elde edilmiş, dağılımın sağa çarpık olduğunu görülmektedir, yani düşük yağışların daha sık görüldüğünü, ancak nadiren yüksek yağışların etkili olduğunu göstermektedir.

2.2. Ters uzaklık ağırlıklı ortalama yöntemi

Inverse Distance Weighting (IDW) enterpolasyonu, örnekleme noktalarına dayalı olarak grid oluşturmak için kullanılan deterministik bir yöntemdir. 1972 yılında ABD Ulusal Hava Durumu servisi tarafından ortaya çıktı. IDW kriging gibi diğer stokastik yöntemlerden farklıdır (Workneh et al., 2024). Yakındaki noktaların, uzaktakilere göre daha fazla ağırlık taşıdığı ilkesine dayanır. Mesafeye göre ağırlıklandırılmış ortalamalar kullanılarak, örneklememiş noktaların değerleri tahmin edilir. Bu yöntem, verilerin yerel dağılımını ve kümelenmesini dikkate alarak, mevcut verilere hassas bir ara değer tahmini sağlar (Arslanoğlu & Özçelik, 2005; Khorrami & Gündüz, 2019). CBS ortamında uygulanabilmesi, IDW enterpolasyon yönteminin kapsamlı ve etkili bir analiz imkânı sunmasını sağlar; bu yöntem, grid oluşturmak amacıyla örnekleme noktalarının kullanıldığı yaygın bir tekniktir ve CBS tabanlı mekânsal analizlerde önemli bir rol oynamaktadır (Akyel ve Çorumluoğlu, 2022). Bu yöntem, yakındaki noktaların uzaktaki noktalara göre daha fazla ağırlık taşıdığı prensibi üzerine kuruludur. IDW'de, enterpolasyon yapılacak noktaya olan mesafe arttıkça, o noktaların etkisi azalır. Sonuç olarak, örnekleme

noktalarının mesafeye göre ağırlıklandırılmış ortalaması hesaplanarak yüzey interpolasyonu gerçekleştirilir (Arslanoğlu & Özçelik, 2005). Bu yöntem, bilinen örnek noktaların değerlerinden yararlanarak örneklenmeyen noktalara ait hücre değerlerini tahmin etmede kullanılan bir interpolasyon tekniği yöntemidir. Ayrıca, ilgilenilen noktaya olan mesafelerin hesaplanması ve bunun ters fonksiyonunun kullanılmasıyla, veri noktalarının ilgili noktadaki değere olan etkisinin doğrusal bir şekilde ağırlıklandırılmasına dayanır (Khorrami & Gündüz, 2019). Bu teknikte verilerin genel dağılım özellikleri, eğilimleri, anizotropik yapıları ve kümelenme durumları incelenmektedir. Veriler yalnızca yerel düzeyde ele alınarak karşılaştırılmaktadır. Deterministik bir yöntem olup, ağırlıklı hareketli ortalama interpolasyonu yaygın bir yaklaşımdır. IDW ara değer interpolatörüdür; verilerin mevcut değerlerini koruyarak ara noktalar için değer tahmini yapar. Bu yöntem, verilerin olduğu noktalarda orijinal değerleri pekiştirir ve aradaki boşlukları doldururken mevcut verilere dayalı hassas bir interpolasyon sağlar. IDW yöntemi için kullanılan formül Denklem 1-2’de gösterilmiştir (Ercan & Yüce, 2018).

$$F(x, y) = \sum_{i=1}^n W_i F_i \quad (1)$$

$$W_i = \frac{h_i^{-p}}{\sum_{j=1}^n h_j^{-p}} \quad (2)$$

Denklem 1 ve Denklem 2’de;

p; kuvvet parametresidir ve üssü gösterir. Ayrıca mesafeye dayalı ağırlıklandırma için kritik bir değişkendir. p değeri arttıkça, uzak istasyonların etkisi daha hızlı azalır.

h_i ; interpolasyonlu noktalar ile örnek noktalar arasındaki uzamsal mesafeyi ifade eder.

w_i ; ağırlıklardır ve ağırlıklardaki değerlerin toplamının 1 olması gerekir.

f_i ; bilinen yükseklik değerlerini ifade eder.

Ağırlık fonksiyonunda güç parametresi mesafe ile ters orantılı mesafenin üssü olarak ifade edilir. Güç parametresi $p=0$ ise, hayır mesafeye göre ağırlıklandırma yapılabilir. $p \geq 1$ değerleri verilebilir (Kaplan et al., 2024; Prasetyowati & Sibaroni, 2018; Çatalbaş ve Gülten, 2018). Bu çalışmada IDW yöntemi, farklı kuvvet parametreleri ($p=1$, $p=2$ ve $p=3$) kuvvet parametreleri dikkate alınarak sonuçlar karşılaştırılmıştır.

2.3. Kriging yöntemi

Jeoistatistik, sürekli bir parametrenin mekansal değişkenliğini tahmin etmeye yönelik çeşitli araç ve teknikler sunar. Bu alandaki en yaygın yöntemlerden biri olan kriging, sınırlı sayıda örneklemden hareketle, bir bölgedeki veri noktalarının arasındaki boşlukları doldurarak tahminlerde bulunmayı amaçlar. Kriging yöntemi, mekansal verinin jeostatistiksel özelliklerinden yararlanarak, gözlemler arasındaki ilişkileri modelleyip interpolasyonlu yüzeyler üretir. Bu sayede, bir bölgenin tamamına dair detaylı ve güvenilir tahminler elde edilebilir (Khorrami & Gündüz, 2019). Diğer yöntemlerden farkı modellenen her nokta için

varyans değeri hesaplanabilmesidir (Yenipinar vd., 2021). Kriging yönteminde kullanılan denklem aşağıda verilmiştir.

$$N_p = \sum_{i=1}^n p_i * N_i \quad (3)$$

Burada, n; model üzerindeki nokta sayısını,

N_i ve N_p ; hesaplamalar için kullanılmış olan jeoid dalgalanma değerlerini,

N_p ; Gerekli olan dalgalanma değerini,

P_i ; N_i ’nin hesaplanması için kullanılan her N_i değeri için ağırlık değerlerini ifade eder.

Kriging yöntemi kendi içerisinde Ordinary ve Universal olmak üzere ikiye ayrılır. Kriging yönteminde kullanılan semivariogram modeli, mekânsal değişkenliğin en iyi şekilde temsil edilmesi için büyük önem taşır. Litaratürde sıklıkla kullanılan semivariogram modelleri, Ordinary Kriging (Spherical, Circular, Exponential ve Gaussian) modeldir (Kaplan et al., 2024). Bu çalışmada bu yöntemlere ek olarak Universal kriging (linear ve quatdratic) semivariogram modelleri kullanılmıştır.

2.4. Performans değerlendirme kriterleri

Modellerin değerlendirilmesinde Karekök Ortalama Karesel Hata (KOKH), Ortalama Mutlak Hata (OMH), Determinasyon Katsayısı (R^2) ve Nash-Sutcliffe Etkinlik Katsayısı (NSE) kriterleri kullanılmıştır. Değerlendirme için kullanılan kriterlerin formülleri Denklem 4-7’ de verilmiştir. Performans kriterlerine ait detaylar için Yaseen (2021, Altunkaynak vd. (2020) ve Yılmaz vd. (2021) incelenebilir.

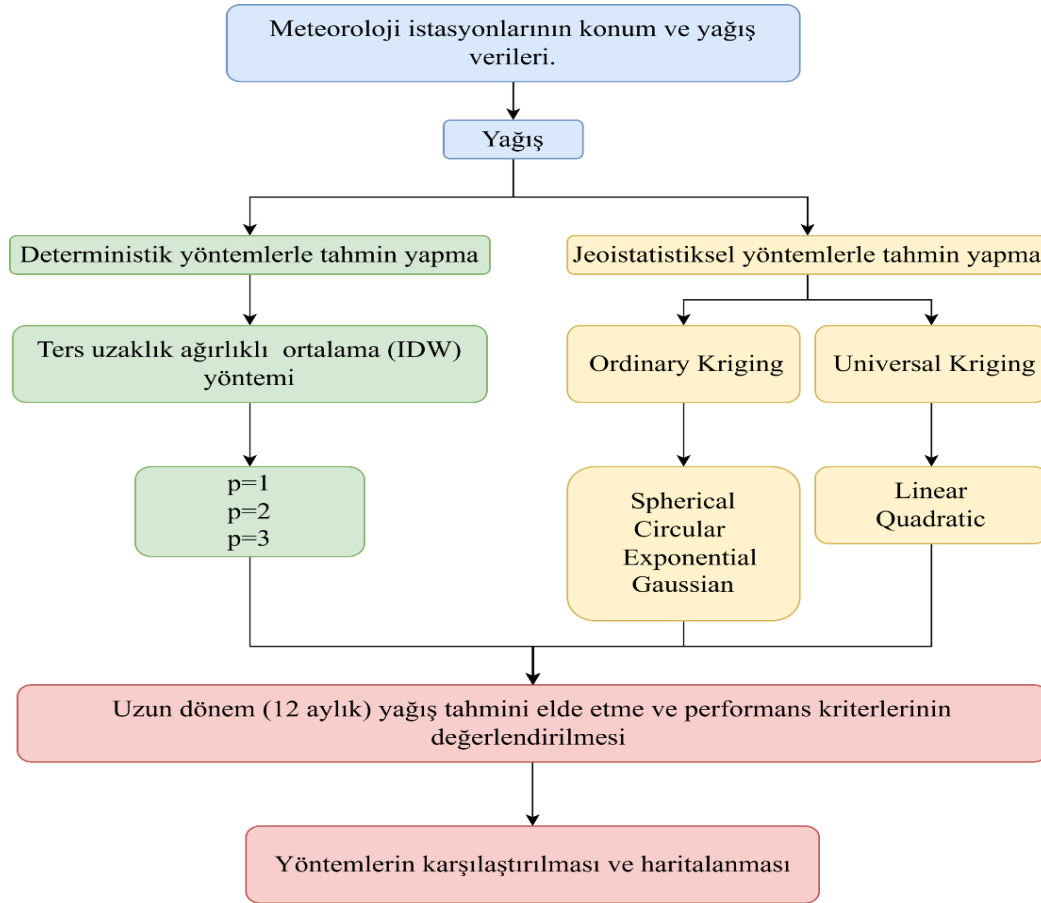
$$KOKH = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_g - y_t)^2} \quad (4)$$

$$OMH = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_g - y_t) \quad (5)$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_g - y_t)^2}{(\sum_{i=1}^n (y_g - \bar{y}_g))^2} \quad (6)$$

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_t - y_g)^2}{\sum_{i=1}^n (y_g - \bar{y}_g)^2} \quad (7)$$

Yukarıdaki denklemlerde y_g gözlenen değeri ve y_t tahmin edilen değeri temsil etmektedir. n ise veri sayısını ifade etmektedir. KOKH ve OMH değerleri 0’a, R^2 ve NSE değeri ise 1’e yaklaştıkça daha başarılı tahminler gerçekleştirildiği söylenebilir. Bu çalışmanın iş akışı Şekil 2’de görülmektedir.



Şekil 2. İş akış şeması

3. Bulgular

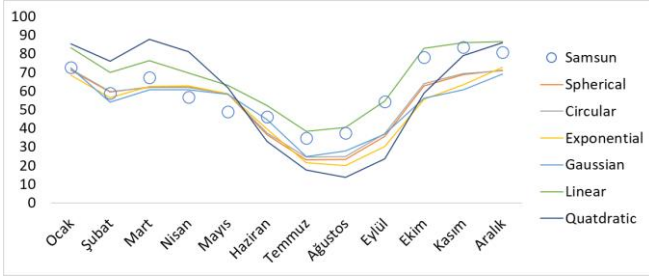
Samsun test istasyonu dahil edilmeden elde edilen haritalar yardımıyla Samsun istasyonu için farklı interpolasyon yöntemleri için hesaplanan performans karşılaştırması Tablo 2’de yer almaktadır.

Tablo 2. Performans karşılaştırması

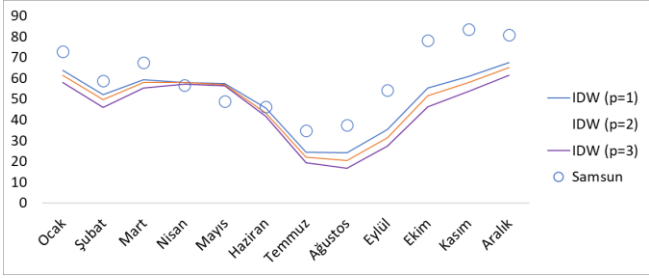
Yöntem	Semiogram	OMH	KOKH	R ²	NSE
Kriging (Ordinary)	Spherical	9,693	11,074	0,757	0,514
	Circular	9,128	10,361	0,772	0,575
	Exponential	11,664	13,745	0,660	0,252
	Gaussian	9,996	12,262	0,657	0,405
Kriging (Universal)	Linear	6,988	8,200	0,933	0,734
	Quadratic	16,798	18,347	0,599	-0,333
IDW	IDW (p=1)	11,286	13,272	0,677	0,303
	IDW (p=2)	13,554	15,697	0,614	0,024
	IDW (p=3)	16,375	18,892	0,527	-0,413

Tablo 2 incelendiğinde, yağış tahmini çalışmalarında kullanılan farklı yöntemler arasında en başarılı olanın Kriging (Universal- Linear) yöntemi olduğu görülmektedir. Bu yöntem, OMH (Ortalama Mutlak Hata) ve KOKH (Kök Ortalama Kare Hatası) açısından en düşük değerlere sahip olup, sırasıyla 6.988 ve 8.200 olarak hesaplanmıştır. Hata değerlerinin düşük olması, yöntemin gerçek verilere daha yakın tahminler ürettiğini göstermektedir. Ayrıca, R² (Determinasyon Katsayısı) ve NSE (Nash-Sutcliffe Etkinlik Katsayısı) gibi istatistiksel

performans ölçütlerinde de bu yöntem diğer yöntemlere kıyasla en yüksek değerleri sağlamıştır. Özellikle, R² değeri 0.933 ile oldukça yüksek bir açıklayıcılık sunarken, NSE değeri 0.734 ile pozitif bir etkinlik göstermektedir. Bu sonuçlar, Kriging (Universal- Linear) yönteminin tahmin doğruluğu ve model etkinliği açısından üstün olduğunu ve bu çalışmada en iyi performansı sergileyen yöntem olarak değerlendirilebileceğini ortaya koymaktadır. Ardından gelen Circular ve Spherical yöntemleri de düşük hata değerleri (OMH: 9.1276 ve 9.6933) ile iyi performans sergilediği görülmektedir. Buna karşın, Quadratic yöntemi en yüksek OMH (16.798) ve KOKH (18.3472) değerlerine sahiptir, bu da en kötü tahmin performansını gösterir. IDW yöntemleri arasında, artan ağırlık derecesi (p=1, p=2, p=3) performansı düşürmüş ve IDW (p=3) yöntemi en kötü hata değerlerine sahip olmuştur (OMH: 16.3745, KOKH: 18.8915). R² değerlerine bakıldığında, Linear yöntemi 0.9329 ile en yüksek açıklama oranına sahip olup, gözlenen veriyi en iyi şekilde tahmin etmiştir. Circular (0.7722) ve Spherical (0.7572) yöntemleri de nispeten iyi değerler sunarken, Quadratic (0.5986) ve IDW (p=3) (0.5273) yöntemleri en düşük performansı göstermektedir. Sonuç olarak, Linear yöntem hem hata ölçütleri hem de R² açısından en başarılı yöntemdir. Kriging yöntemine ait tahmin grafiği Şekil 3’te, IDW için ise Şekil 4’te yer almaktadır.

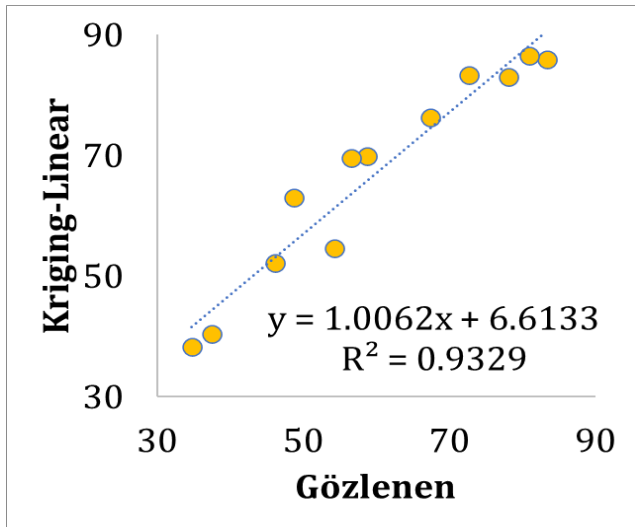


Şekil 3. Kriging yöntemine ait aylara göre tahmin grafiği



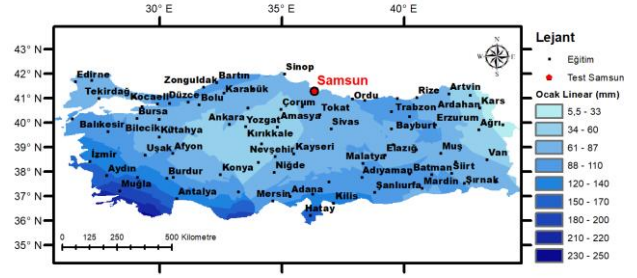
Şekil 4. IDW yöntemine ait aylara göre tahmin grafiği

Şekil 3-4 incelendiğinde, Gaussian yöntemi Ocak, Haziran ve Ağustos aylarında gözlenen değerlere en yakın tahminleri sunarken, Linear yöntemi Eylül, Ekim ve Kasım aylarında başarılı olmuştur. IDW (p=1) yöntemi ise Nisan ayında en iyi tahmini sağlamıştır. Genel olarak Gaussian ve Linear yöntemleri, gözlenen değerlere en yakın tahminleri vererek öne çıkmaktadır. Bu durum, farklı aylarda farklı yöntemlerin performanslarının değişebildiğini ve tahmin doğruluğu açısından yöntem seçiminin önemli olduğunu göstermektedir. Genel olarak diğer yöntemlere kıyasla IDW daha düşük doğrulukta tahminler yapmaktadır. Özellikle Temmuz ve Ağustos ayları için hem Kriging hem de IDW yöntemlerinin performansı düşüktür. Gidiş grafiğinden uzun dönem aylık gözlemler ile Linear semivariogram tahminlerinin uyum içinde olduğu görülmektedir. Bu yöntemle ait saçılma grafiği Şekil 5'de yer almaktadır.

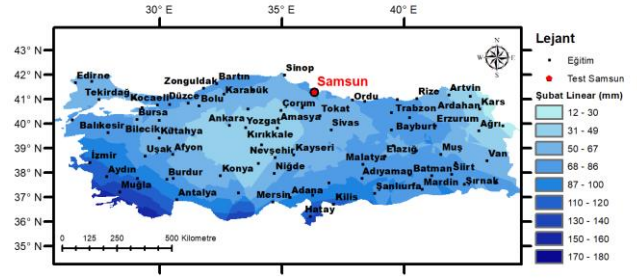


Şekil 5. Universal-Linear semivariogram'a ait saçılma grafiği

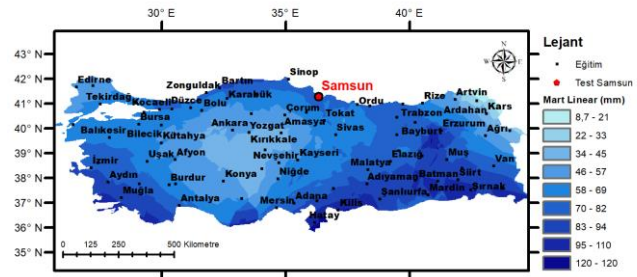
En başarılı yöntem olan Universal-Linear semivariogram'a ait 12 aylık kriging enterpolasyon haritaları Şekil 6-17'de yer almaktadır.



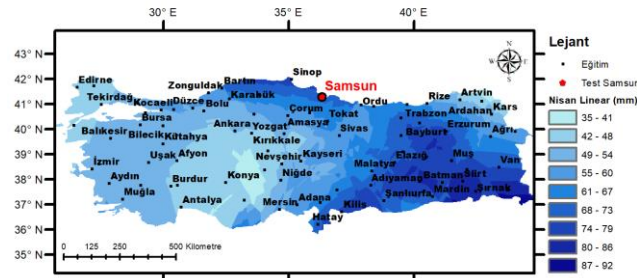
Şekil 6. Ocak ayına ait uzun dönem toplam yağış haritası



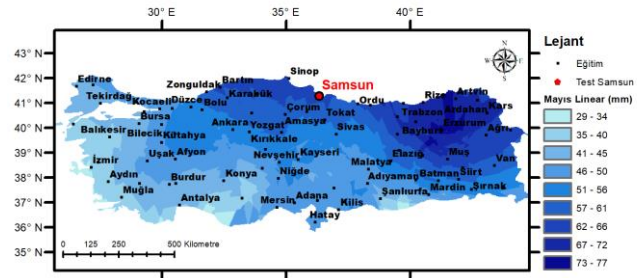
Şekil 7. Şubat ayına ait uzun dönem toplam yağış haritası



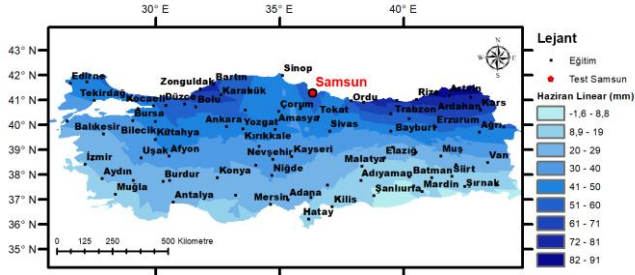
Şekil 8. Mart ayına ait uzun dönem toplam yağış haritası



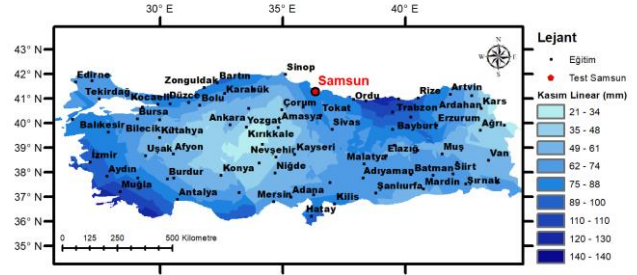
Şekil 9. Nisan ayına ait uzun dönem toplam yağış haritası



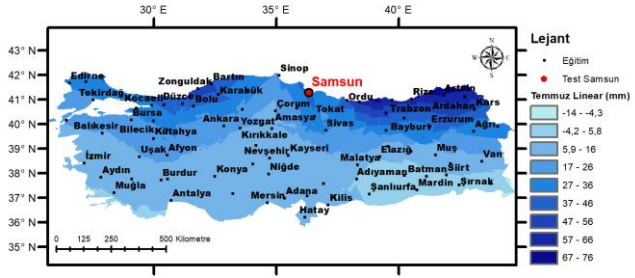
Şekil 10. Mayıs ayına ait uzun dönem toplam yağış haritası



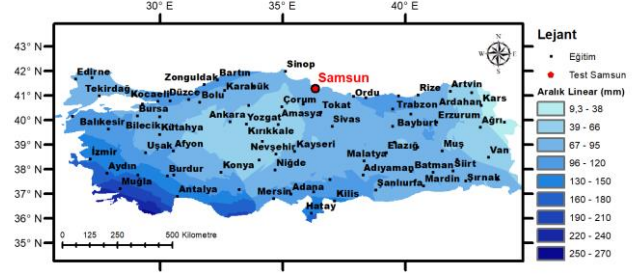
Şekil 11. Haziran ayına ait uzun dönem toplam yağış haritası



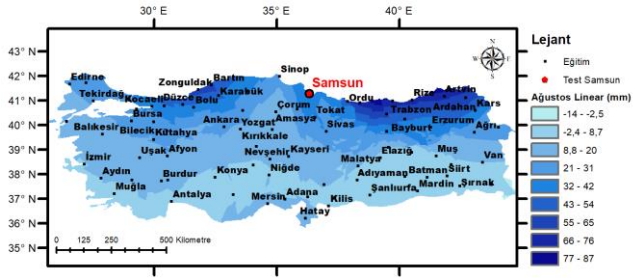
Şekil 16. Kasım ayına ait uzun dönem toplam yağış haritası



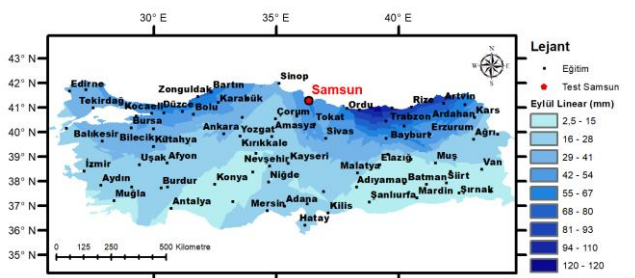
Şekil 12. Temmuz ayına ait uzun dönem toplam yağış haritası



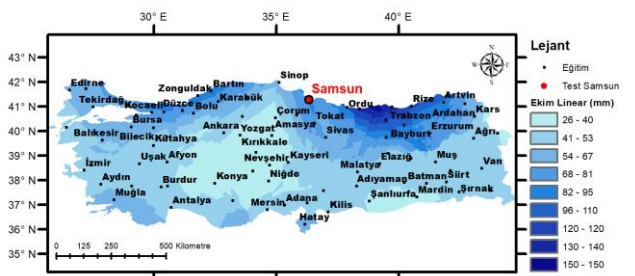
Şekil 17. Aralık ayına ait uzun dönem toplam yağış haritası



Şekil 13. Ağustos ayına ait uzun dönem toplam yağış haritası



Şekil 14. Eylül ayına ait uzun dönem toplam yağış haritası



Şekil 15. Ekim ayına ait uzun dönem toplam yağış haritası

Şekil 6-17 incelendiğinde, 12 aylık toplam yağış verilerinin mekânsal dağılımını göstermektedir. Harita üzerinde Samsun ili kırmızı bir nokta ile "Test Samsun" olarak işaretlenmiş ve analizde doğrulama istasyonu olarak kullanılmıştır. Yeşil noktalar, Türkiye genelinde bulunan meteorolojik istasyonların konumlarını temsil etmekte olup bu veriler yağış tahminlerinin interpolasyonu için kullanılmıştır. Şekil 6-17 arasında Universal Kriging-Linear yöntemiyle elde edilen yağış tahminleri yer almaktadır. Renk skalası (Lejant) yağış miktarını milimetre (mm) cinsinden ifade etmektedir. Yağış yoğunlukları, açık mavi tonlardan koyu mavi tonlara doğru artış göstermektedir. Açık mavi tonlar daha düşük yağış miktarlarını temsil ederken, koyu mavi tonlar daha yüksek yağış değerlerini ifade etmektedir. Samsun ili, adının harita üzerinde belirtilmesiyle çalışmanın odak noktası olarak vurgulanmıştır. Bu veriler, bölgesel yağış analizleri tahmini için kullanılmıştır.

4. Sonuçlar ve Tartışma

Bu çalışmada, MGM'den temin edilen 1927-2022 yılları arası uzun dönem yağış verileri kullanarak Samsun ili 12 aylık uzun dönem yağış verileri Ters Uzaklık Ağırlıklı Ortalama (IDW) ve Kriging yöntemlerinin performans karşılaştırmasını yaparak, hangi yöntemin Samsun ilindeki uzun dönem yağış verilerini daha doğru tahmin ettiğini belirlemiştir. Çalışma, Samsun ili dışındaki komşu illerin meteoroloji istasyonlarının verilerini kullanarak, enterpolasyon yöntemlerini daha geniş bir veri seti üzerinden uygulamıştır. Bu yaklaşım, bölgesel iklim ve topografik farklılıkları daha iyi yansıtarak daha güvenilir tahminler yapılmasını sağlamıştır. Sadece bilimsel analiz için değil aynı zamanda su kaynakları yönetimi, iklim değişikliği ve

sürdürülebilir çevre yönetimi gibi alanlar için de sonuçlar ortaya koymuştur. Özellikle, Samsun gibi tarıma dayalı ekonomisi güçlü bir bölge için yağış tahminlerinin önemi büyüktür. Çalışmada, tahmin yöntemlerinin doğruluğunu değerlendirmek için Karekök Ortalama Karesel Hata (KOKH), Ortalama Mutlak Hata (OMH), Determinasyon Katsayısı (R^2) ve Nash-Sutcliffe Etkinlik Katsayısı (NSE) gibi performans ölçütleri kullanılmıştır.

Sonuçlar incelendiğinde; Universal Kriging-Linear yöntemi, düşük hata ve yüksek doğruluk katsayısı ile diğer yöntemlere üstünlük sağlamıştır. Ordinary Kriging'in bazı modelleri kabul edilebilir sonuçlar verirken, IDW yönteminin performansı özellikle p değeri arttıkça zayıflamaktadır. Bu bulgular, yağış tahminlerinde Universal Kriging-Linear yönteminin daha güvenilir bir yaklaşım olduğunu göstermektedir.

Universal Kriging-Linear yöntemi, özellikle düşük hata ve yüksek açıklama oranıyla (R^2 : 0.933) öne çıkmıştır. Bu durum, Universal Kriging yönteminin yalnızca Samsun için değil, benzer topografik ve iklimsel özelliklere sahip bölgelerde de yağış tahmini açısından güvenilir bir araç olabileceğini göstermektedir. Özellikle, semivariogram modellerinin doğru seçilmesi, Kriging yöntemlerinin başarısında kritik bir rol oynamaktadır. Bu çalışmada yalnızca Samsun ili merkez alınmıştır; dolayısıyla, elde edilen bulguların genelleştirilebilmesi için diğer bölgelerde de benzer analizlerin yapılması gereklidir. Bunun yanı sıra, kullanılan yöntemlerin doğruluğu, veri yoğunluğu ve istasyonların dağılımı gibi faktörlerden etkilenmektedir. Daha sık ve düzenli bir meteorolojik istasyon ağı, IDW gibi deterministik yöntemlerin performansını artırabilir. Gelecek çalışmalarda, farklı iklim ve topografik özelliklere sahip bölgelerde benzer analizler gerçekleştirilmesi, kullanılan yöntemlerin performansının karşılaştırılması ve bu yöntemlerin doğruluğunu artırmak için daha yoğun bir istasyon ağı oluşturulması hedeflenmektedir.

Bilgilendirme / Teşekkür

Yazarlar veri temini konusunda desteklerinden dolayı Meteoroloji Genel Müdürlüğüne ve çalışanlarına teşekkür etmektedir. Ayrıca yazarlar desteklerinden dolayı KTO Karatay Üniversitesine ve Gümüşhane Üniversitesine teşekkür etmektedir.

Yazarların Katkısı

Aziz Uğur Tona: Makale yazımı, sonuçların yorumlanması ve revizyon. **Vahdettin Demir:** Kurgu, makale yazımı.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında çıkar çatışması yoktur.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Kaynakça

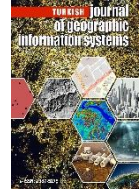
- Aktaş, S., Kalyoncuoğlu, Ü. Y., & Kılıç, N. C. A. (2018). Eğirdir göl havzasının De Martonne yöntemi ile kuraklık analizi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 6(2), 229-238. <https://doi.org/10.21923/jesd.398521>
- Aküzüm, T., Çakmak, B., & Gökalp, Z. (2010). Türkiye'de su kaynakları yönetiminin değerlendirilmesi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 3(1), 67-74.
- Akyel, E., & Çorumluoğlu, Ö. (2022). An efficient financial profitability performance analysis of ODHCS Distribution in Turkey in GIS Environment. *Turkish Journal of Geographic Information Systems*, 4(1), 1-4. <https://doi.org/10.56130/tucbis.871830>
- Altunkaynak, A., Başakın, E. E., & Kartal, E. (2020). Dalgacık K-En yakın komşuluk yöntemi ile hava kirliliği tahmini. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 25(3), 1547-1556. <https://doi.org/10.17482/uumfd.809938>
- Amelia, R., & Julianti, E. (2023). Implementation of Inverse Distance Weighting (IDW) and Kriging method for distribution pattern humidity and temperature data on weather changes in the Bangka Islands. *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1267(2023), 012091. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1267/1/012091>
- Arslanoğlu, M., & Özçelik, M. (2005, Mart 28- Nisan 1). *Sayısal arazi yükseklik verilerinin iyileştirilmesi* [Kurultay sunumu]. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara, Türkiye.
- Aydın, O. (2014). *Türkiye'de yıllık ortalama toplam yağışın kriging yöntemiyle belirlenmesi* (Yayın No. 536622) [Doktora tezi, Ankara Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Caloiero, T., Pellicone, G., Modica, G., & Guagliardi, I. (2021). Comparative analysis of different spatial interpolation methods applied to monthly rainfall as support for landscape management. *Applied Sciences*, 11(20), 9566. <https://doi.org/10.3390/app11209566>
- Chen, F. W., & Liu, C. W. (2012). Estimation of the spatial rainfall distribution using inverse distance weighting (IDW) in the middle of Taiwan. *Paddy and Water Environment*, 10, 209-222. <https://doi.org/10.1007/s10333-012-0319-1>
- Çatalbaş, M. C., & Gülten, A. (2018). Bilgisayar tomografi imgeleri için geliştirilmiş ters mesafe ağırlıklandırma yöntemi tabanlı süper çözünürlük. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 33(2), 697-712. <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.416379>
- Ercan, B., & Yüce, M. İ. (2018). Kilis ili aylık sıcaklık ve yağış verileri trend analizi. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 9(2), 947-953.
- Jalili Pirani, F., & Modarres, R. (2020). Geostatistical and deterministic methods for rainfall interpolation in the Zayandeh Rud basin, Iran. *Hydrological Sciences*

- Journal, 65(16), 2678-2692. <https://doi.org/10.1080/02626667.2020.1833014>
- Kaplan, C. H., Büyükyıldız, M., & Köyceğiz, C. (2024). Comparison of interpolation methods in the spatial distribution of monthly precipitation data in Konya Closed Basin. *Konya Journal of Engineering Sciences*, 12(4), 920-940. <https://doi.org/10.36306/konjes.1537038>
- Karabulut, M., Gürbüz, M., & Korkmaz, H. (2008). Precipitation and temperature trend analyses in Samsun. *Journal International Environmental Application & Science*, 3(5), 399-408.
- Katipoğlu, O. M. (2022). Spatial analysis of seasonal precipitation using various interpolation methods in the Euphrates basin, Turkey. *Acta Geophysica*, 70(2), 859-878. <https://doi.org/10.1007/s11600-022-00756-0>
- Khorrami, B., & Gündüz, O. (2019, Ekim 9-12). Khorrami, B., & Gündüz, O. Aylık ortalama yağış için jeostatistiksel interpolasyon tekniklerine dayalı geliştirilmiş mekansal varyasyon deseni: İzmir Türkiye'den örnek bir çalışma [Kongre sunumu]. 10. Ulusal Hidroloji Kongresi, Muğla, Türkiye.
- MGM. (2024) Meteoroloji Genel Müdürlüğü. MGM. Erişildi 10 Aralık, 2024, <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx>
- Partal, T., Kahya, E., & Cığazoğlu, K. (2011). Yağış verilerinin yapay sinir ağları ve dalgacık dönüşümü yöntemleri ile tahmini. *İTÜ dergisi/d*, 7(3), 73-85.
- Prasetyowati, S. S., & Sibaroni, Y. (2018). Prediction of DHF disease spreading patterns using inverse distances weighted (IDW), ordinary and universal kriging. *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 971(1), 012010. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/971/1/012010>
- Şahin, K., & Yılmaz, A. (2009). Samsun ilinde doğal kaynaklara dayalı turizm arzı ve planlanması. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 2(7).
- Şan, M., Akçay, F., Linh, N. T. T., Kankal, M., & Pham, Q. B. (2021). Innovative and polygonal trend analyses applications for rainfall data in Vietnam. *Theoretical and Applied Climatology*, 144, 809-822. <https://doi.org/10.1007/s00704-021-03574-4>
- Taylan, E. D., & Damçayırı, D. (2016). Isparta bölgesi yağış değerlerinin IDW ve Kriging enterpolasyon yöntemleri ile tahmini. *İMO Teknik Dergi*, 27(3), 7551-7559.
- Tiyawarman, A. A. C., Kurniadin, N., Wumu, R., & SM, A. A. I. (2024). Pemetaan muka air tanah dengan menggunakan metode IDW dan Kriging di PT Bukit Baiduri Energi (Blok Utara) Kabupaten Kutai Kartanegara. *Journal of Geomatics Engineering, Technology, and Science*, 2(2), 71-77. <https://doi.org/10.51967/gets.v2i2.39>
- Tona, A. U., Demir, V., Kuşak, L., & Yakar, M. (2022). Su kaynakları mühendisliğinde CBS'nin kullanımı. *Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi*, 4(1), 23-33. <https://doi.org/10.56130/tucbis.993807>
- Uzun, A., & Demir, Y. (2016). Kentsel saçaklanmanın tarım alanlarına yayılımının uydu görüntüleri yardımıyla belirlenmesi: Samsun örneği. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 31(3), 408-416. <https://doi.org/10.7161/omuanajas.269995>
- Workneh, H. T., Chen, X., Ma, Y., Bayable, E., & Dash, A. (2024). Comparison of IDW, Kriging and orographic based linear interpolations of rainfall in six rainfall regimes of Ethiopia. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 52, 101696. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2024.101696>
- Yaseen, Z. M. (2021). An insight into machine learning models era in simulating soil, water bodies and adsorption heavy metals: Review, challenges and solutions. *Chemosphere*, 277, 130126. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130126>
- Yenipinar, E., Kayhan, M. M., Çubukçu, E. A., Demir, V., & Sevimli, M. F. (2021). Türkiye'nin uzun dönem yağış miktarının IDW ve Kriging yöntemleri ile tahmin edilmesi. *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi*, 3(2), 47-52. <https://doi.org/10.51489/tuzal.949782>
- Yılmaz, M., Tosunoğlu, F., & Demirel, M. C. (2021). Taşkın frekansı analizinde klasik yöntemler ve alternatif bir parametre tahmin yönteminin karşılaştırılması. *İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(2), 1243-1254. <https://doi.org/10.21597/jist.805365>
- Zhao, Z., Luo, S., Zhao, X., Zhang, J., Li, S., Luo, Y., & Dai, J. (2024). A novel interpolation method for soil parameters combining RBF neural network and IDW in the Pearl River Delta. *Agronomy*, 14(11), 2469. <https://doi.org/10.3390/agronomy14112469>



© Author(s) 2025.

This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



Determination of surface area change with remote sensing: The case of Salt Lake

Nezih Furkan Erbas^{*1}, Abdullah Varlik²

¹General Directorate of Land Registry and Cadastre, Land Registry and Cadastre 22nd (Yozgat) Regional Directorate, Yozgat, Türkiye

²Necmettin Erbakan University, Faculty of Engineering, Department of Geomatics Engineering, Konya, Türkiye

Keywords

Remote Sensing,
Unsupervised Classification,
NDVI,
NDWI,
Salt Lake



Research Article

Received: 19/04/2025

Revised: 16/05/2025

Accepted: 19/05/2025

Published: 19/06/2025

Abstract

Nowadays, with the advancement of technologies and development of applications, the use of Remote Sensing (RS) techniques is becoming widespread. Thanks to RS, applications such as determination of land surface areas, change analysis, protection of water resources, mapping and sustainable management have begun to be realized. RS and Geographic Information Systems (GIS) provide great advantages and convenience especially in monitoring the temporal changes in the surface areas of water/lake resources. The temporal change of the surface area of a selected water source is observed over months and years. Lakes are important water resources located in terrestrial areas. In this study, it is aimed to determine the surface area change of Salt Lake in the last decade (2014-2023) using RS technique. The determined study area was obtained from Landsat 8 OLI_TIRS satellite images, especially in the summer months (7th and 8th months). Iterative Self-Organized Data Analysis Technique (ISODATA) was preferred as the method for unsupervised classification. Due to the low cloudiness, the images were generally obtained in August. From these images, vegetation/water area was analyzed using NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) and NDWI (Normalized Difference Water Index) and drought and wetlands in the region were monitored. According to the NDVI results, the highest value was determined as 0.73 in 2022 and the lowest value was determined as 0.59 in 2017. For the NDWI index in 2022, these values were calculated as 0.66 and -0.98, respectively. The average surface area of the Salt Lake in the last decade was found to be 999,464 km² and the changes between the years were compared with each other.

1. Introduction

Water is one of the most important natural resources for all living and non-living beings. There are many different areas which water is needed, such as the combined use of humans and living ecosystems, economic development, energy production and national security. Due to its water feature, it is also a very effective element on the inanimate natural environment. Water also has an effect on spontaneous natural events such as the formation of soil by physical disintegration of rocks, the soil becoming fertile by dissolving the substances in it, photosynthesis in green leaves, and the transportation of necessary building blocks in plant species. In the first quarter of the twenty-first century, many countries, especially in arid and semi-arid regions, face serious water problems. The main factors creating the water crisis are population growth, financing problems, global warming, climate change, development of industry and technology. In addition, irresponsible pollution of drinking water resources causes irreversible problems. As Türkiye population exceeds 80 million, it is of great importance to meet the need for quality drinking water

and to use water resources more effectively and efficiently in order to meet the intensive water needs of the rapidly developing industry in recent years. This naturally means that there will be a universal crisis. The rapid increase in the number and population of cities in Türkiye makes it difficult to meet water needs. For this reason, most of the water needs of rapidly developing and growing cities are met by purifying them from streams, dams and lakes, as well as spring and ground water. The need for quality water for all these uses can only be met with correct soil and water management. Water management; it is the development and use of water resources in a planned and programmed manner. Sustainable water resources management is a problem that can be solved by calculating the ecological distribution of water in nature and calculating the common denominator of all nations, global policies and practices. The main goal in sustainable water resources management is to determine the sustainable potential, taking into account the needs of today and the future, without causing permanent damage to the resource (Aksungur et al., 2008; Ciftci et al., 2003; Ozsoy, 2009; Karaman & Gokalp, 2010; Meric, 2004; Ozkan et al., 2013;

*Corresponding Author

*(furkanerbas999@gmail.com) ORCID 0000-0002-5888-4916
(avarlik@erbakan.edu.tr) ORCID 0000-0003-2072-3313

Cite this article

Erbas, N. F. & Varlik, A. (2025). Determination of surface area change with remote sensing: The case of Salt Lake. *Turkey Geographic Information Systems Journal*, 7(1), 11-22.
<https://doi.org/10.56130/tucbis.1679860>

Akin & Akin, 2007; Akuzum et al., 2010; Dorak et al., 2019). Lakes are large, stagnant bodies of water that accumulate in hollow areas on land and are not connected to the sea. While lakes constitute 87% of the fresh water on earth, the area they cover on land is 2%. It is fed by surface waters, rainfall, streams and springs. Water levels of lakes vary depending on nutrition. There may be changes in water levels due to level differences depending on the nutrition of the lake and the climatic conditions in the basin. In addition to ecological balance, lakes also contribute to people for purposes such as irrigation of agricultural areas, provision of drinking and utility water, transportation, electricity production, aquaculture, fishing, salt and soda production, hunting and tourism. Recent negative impacts on our lakes include climate change, global warming, excessive human consumption and incorrect water use, and dumping of factory wastes and garbage into the lakes. For this reason, monitoring the changes occurring in lakes and taking precautions for this is of great importance in the protection and management of water resources. Thanks to RS and GIS supported software, provides time and cost advantages to users in determining the surface area changes of lakes, which are an important resource of the earth between years. Methods such as NDVI and NDWI, which are widely used, produce concrete information in the interpretation of wetlands; imaging, mapping, processing and spatial analysis of surface areas. In this way, Türkiye natural resources are monitored more closely and solutions and suggestions are offered for problems such as drought (Bagdatli et al., 2014; Susam et al., 2006).

When studies on the unsupervised classification method are examined within the scope of the literature; Jomaa et al. (2003), used three Landsat-TM satellite images from June 1987, 1994 and 1998 to detect land changes in the Hermel and Dahr El Baidar region in Lebanon. They applied an unsupervised classification method to make it easier to separate different and unchanged pixels. In 1998, it was determined that the land for agriculture in the Hermel region was more than 70 hectares, and in the Dahr El Baidar region there was 165 hectares. Weih Jr. & Enderle (2005), made land cover classification for 5 research basins in Garland and Saline counties of Arkansas with the help of LANDSAT 7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) satellite images. While the satellite images were based on 146 training areas with supervised classification and applied using the maximum likelihood algorithm, with unsupervised classification the Iterative Self-Organizing Data Analysis Techniques (ISODATA) algorithm was applied to classify these images into 300 spectral classes. As a result of supervised and unsupervised classification methods, the overall accuracy was obtained as 74.85% and 40.94%, respectively. They stated that in the dense pine afforestation class, which constitutes 10.69% of the total area of the basins with an area of 1,216.69 ha, there is a more accurate classification result in the unsupervised classification (64.29%) compared to the supervised classification (43.86%). Ragettli et al. (2018), applied an unsupervised classification method to determine the development of irrigated areas in the Central Asian Chu and Talas River Basins, located

between Kyrgyzstan and Kazakhstan, from 2000 to 2017 years. Within the scope of the study, they achieved 23% growth in irrigation areas between 2000 and 2017, and 77-96% accuracy as a result of supervised classification. Sonde et al. (2020), obtained satellite data with 0.6 m and 0.5 m resolution by QuickBird and World view-2 satellite in detecting urban sprawl in Uran Taluka of Raigad district in Jawaharlal Nehru Port Trust (JNPT) district. They applied the unsupervised classification method, which is an easier and faster method than supervised classification, to determine the change in the land. Within the scope of the study, they stated that there was a decrease of 6.585% and 4.81% in urban area and vegetation areas, respectively, from 2006 to 2010, and an increase of 0.25% in urban area from 2010 to 2014. Agarwal & Twary (2023), investigated the changes in land use and land cover in Sanganer and Sitapura of Jaipur City. They applied the Landsat 5 MSS satellite image from 2000-2009 (10 years). In the study, the construction rate increased from 18.64% to 33.57%, the open area increased from 39.80% to 43.14%, and the water mass increased from 0.48% to 1.10%, however it was observed that vegetation cover decreased from 19.29% to 10.11%. They revealed that agricultural lands decreased from 29 to 10.11% and from 21.77% to 12.05%. Pradhan et al. (2023), examined the temporal changes of the Bangalore region of India from 1989 to 2022. They applied supervised and unsupervised classification methods. As a result of the classification, they found that there was a decrease in vegetation and water levels and an increase in urban area structures. Afshinfar et al. (2023), they examined the water basin changes of Iran Tar and Hoyer lakes between 2013-2022 years (10 years) using Landsat 8 satellite images. From the results obtained, they found that the amount of the water basin increased from 2013 to 2017, while both lakes decreased in 2018, there was no change in 2020, and both lakes decreased from 2020 to 2022. Yang (2023), used Landsat 8 satellite imagery to study land change of the Tibetan Plateau in Lhasa, China. Unsupervised classification (ISO data) has been applied to the satellite image. As a result of the study, it was observed that the built-up area and heat island density increased in the city of Lhasa in the period between 2014 and 2021 years. Oztas et al. (2023), examined the surface area changes of Burdur Lake in the Lakes region between 1984 and 2021. They applied the unsupervised classification (ISODATA) method to Landsat 4-5 and 8 satellite images over a 36-year period (1985-2021). From the results obtained, they obtained that the surface area of Burdur Lake decreased from 205.96 km² to 122.39 km² and this value decreased by 40.6%. Chasia et al. (2023), examined land cover changes in the East African Sio-Malaba-Malakisi River Basin. They applied the unsupervised classification (ISODATA) technique to Landsat 4-5 and 8 satellite images between 1986 and 2017. As a result of the classification, they concluded that while the cultivated areas increased by 30%, there was a decrease of approximately 12% in forest areas. Zafar et al. (2024), In this study, the performance of CART (Classification and Regression Tree), RF (Random Forest) and SVM (Support Vector Machine) for LULC estimation is compared by processing RS data in Google

Earth Engine (GEE). In total, four classes of LULC (Water Bodies, Vegetation, Urban Area and Wasteland) for Lahore city are obtained using satellite images from Landsat-7, Landsat-8 and Landsat-9 for the years 2008, 2015 and 2022 respectively. From the results, RF showed the best performance with the maximum overall accuracy of 95.2% and the highest Kappa coefficient value of 0.87. SVM showed the maximum accuracy of 89.8% with the highest Kappa value of 0.84 and CART showed the maximum overall accuracy of 89.7% with the highest Kappa value of 0.79. The results obtained from this study may be helpful to the decision makers, planners and RS experts in selecting a suitable machine learning algorithm for LULC classification in an unplanned urbanized city like Lahore. Garajeh et al. (2024), in this study, a data-driven approach using the product called JRC-Global surface water mapping layers V1.4 on Google Earth Engine (GEE) was used to map and monitor the impacts of climate change on surface water resources. Key climate variables affecting water bodies including air temperature (AT), true evapotranspiration (ETa), and total precipitation were analyzed between 2000 and 2021 using temperature-vegetation index (TVX) and Moderate Resolution Imaging Spectrometer (MODIS) products. The findings showed a clear link between global warming and the shrinkage of surface water resources in the LUB. The results showed that the increase in AT corresponded to a decrease in water surface area, highlighting the significant influence of AT and ETa in controlling the water surface in the LUB (partial rho of -0.65 and -0.68 , respectively). In contrast, no significant relationship was found between precipitation and water surface area (partial rho $+0.25$). The results of the study show that about 40% of the water bodies in LUB have remained permanent, especially in the last four decades. This revealed that about 30% of the permanent water resources have disappeared, turning into seasonal water bodies, accounting for about 13% of the total. They commented that this study provides comprehensive information to monitor changes in surface water resources and assess the impact of climate change on water resources. Farhan et al. (2024), In this study, four LULC classes namely urban area, vegetation cover, wasteland and water

bodies were obtained by Landsat data and Support Vector Machine (SVM) in GEE. The findings showed that the built-up area increased by 975.6 km² (196.5%) from 1992 to 2002, while vegetation cover decreased by 579.15 km² (30.4%). In addition, normalized difference built-up index (NDBI) and normalized difference vegetation index (NDVI) were taken to measure the relationship with LST. Negative and positive correlation were obtained among NDVI, NDBI and LST, respectively. Urban heat island ratio index (UHIRI) was also mapped and showed an increasing trend during this research. They stated that these results are an important factor for the division of development and planning in order to secure the permanent utilization of land resources for future urbanization growth.

In this study, was examined the surface area change of Salt Lake between 2014 and 2023 years. Later, VOSviewer software and Scopus database were used to examine past studies on Salt Lake, the saltiest water resource in Türkiye and the Eastern Mediterranean. VOSviewer is important, free software that offers convenience to researchers to discover evolutions, relationships and new concepts in the literature. VOSviewer uses elements in networks consisting of scientific publications, journals, researchers, research institutions, countries, keywords and/or terms; It creates relationship networks through co-authorship, co-occurrence, citation, bibliographic coupling or cogitation links. In addition to providing visualization, mapping and multidimensional analysis, it also enables in-depth analysis of bibliometric data sets (Arslan, 2022; Dirik et al., 2023; Ongun, 2023). Studies on Salt Lake were evaluated in more detail thanks to the VOSviewer software (Figure 1).

When Figure 1 is examined, it can be seen that the subjects examined are climate change, remote sensing, chemistry, biodiversity, water quality, Eurasian continental area, environmental monitoring/observation, groundwater, genetics and microbiology and calibration processes. It was determined that these studies were mostly carried out in Türkiye with nearly 140 studies, followed by France, United Kingdom, USA, Germany and Malaysia.

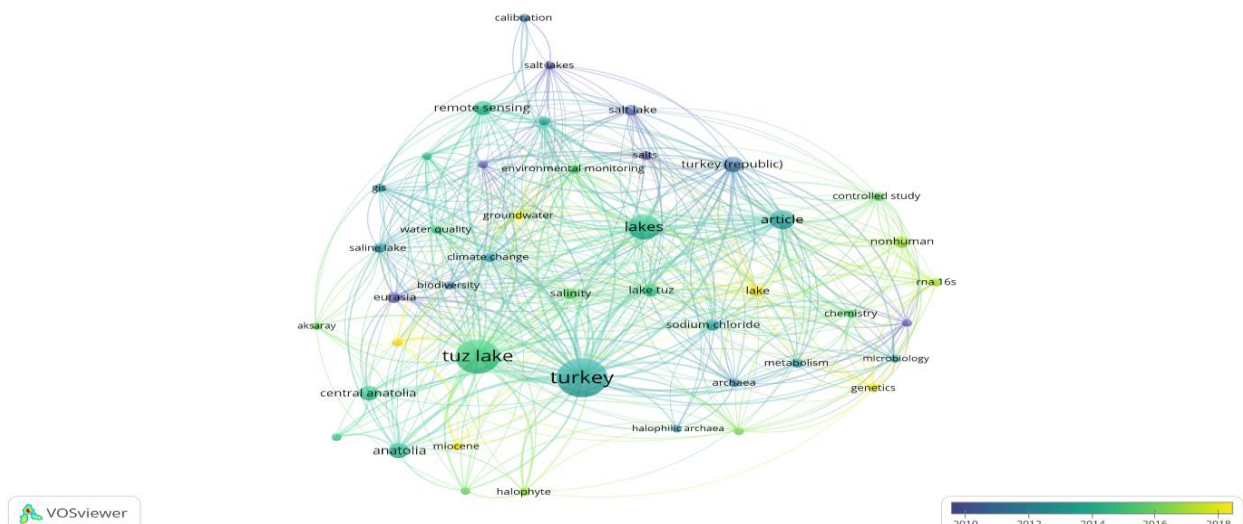


Figure 1. Salt Lake relationship image

2. Materials and Methods

Salt Lake, which has an area of approximately 166 thousand 500 hectares (1665 km²) today (Uygun & Sen, 1978), is located within the borders of Ankara, Konya and Aksaray provinces of the Central Anatolia Region, and is a closed basin extending in the northwest-southeast direction (Figure 2a). The current satellite image obtained with the help of Google Earth Pro software is presented in Figure 2b. Salt Lake is surrounded by the 1288 m high Pasa Mountain in the north, the fault zone between Sereflikochisar and Aksaray in the east, the Cihanbeyli Plateau in the west, the Bozdag massif in the southwest and the Obruk plateau in the south. In Türkiye, due to the increase in altitude from west to east, the degree of continentality increases and temperatures reach very low values during the winter months.

Central Anatolia Region has a continental climate with hot and dry summers and cold and snowy winters.

For this reason, Salt Lake receives the most rainfall in spring and the least rainfall in summer. It reaches a surface area of 1642 km² in the spring months when rainfall and water are abundant (MEUCC, 2024). Salt Lake is one of the places with the least rainfall in the south of Southeastern Anatolia after the Iğdır/Malatya Plain in Türkiye (320 mm). Average precipitation is around 400 mm. A real drought is experienced in the Salt Lake and its Basin, especially in August (summer months), when the temperature increases, due to the lack of precipitation and the increase in the evaporation rate. Salt Lake and its surroundings, which have a geologically tectonic structure are a "Class A" wetland according to Ramsar criteria (Susam et al., 2006; Julianto, 2021; MEUCC, 2024; Minaz & Kubilay, 2021; Hosgoren, 1994; Tas & Akpınar, 2021; Yurteri & Kurtttas, 2021; Cuce et al., 2023; Cengiz, 2005; Isildar & Ercoskun, 2021; Akin, 2019; Koday, 1999; Oguz, 2017).

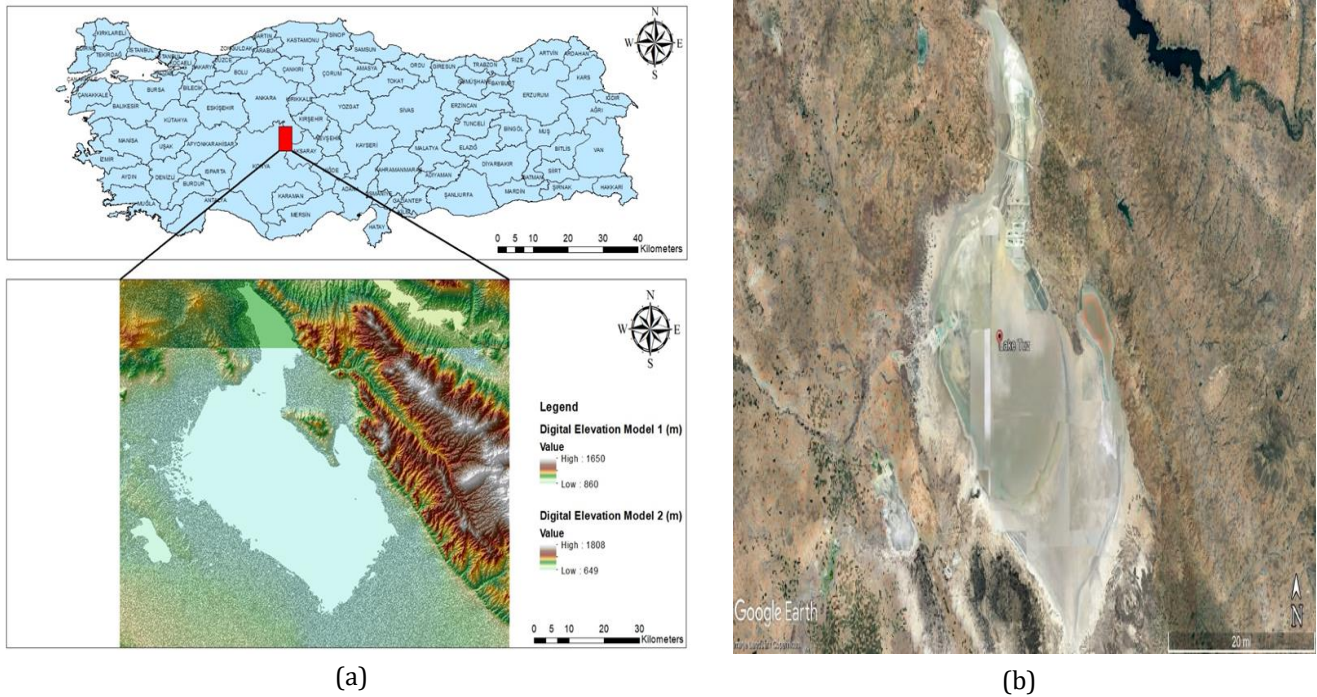


Figure 2. (a) Salt Lake location map ve (b) Satellite image of Salt Lake

In this study were used two different types of materials. The first of these is the data created by Landsat 8 OLI_TIRS images. The other type of material is ArcGIS software, which performs analysis and image processing. The Landsat 8 OLI_TIRS images used were obtained from the Earthexplorer website (Earthexplorer, 2024).

The materials used in the study are as follows:

- Landsat 8 OLI_TIRS
- ArcGIS/ArcMap 10.8 Software

Since it provides more accurate results than unsupervised classification methods, images were classified using the Iterative Self-Organized Data Analysis Technique (ISODATA) method in ArcGIS/ArcMap environment, which is one of the GIS software, and the surface area changes of Salt Lake in the last decade (2014-2023) were determined. The resolution of the images obtained is 30 meters. The main reason for choosing unsupervised classification in the study is that it is more useful than supervised

classification, does not require any prior knowledge about the studied area, is easier, faster, more accurate and allows objects to be analyzed systematically. In addition, NDVI and NDWI values were obtained in the study in order to monitor the healthy/unhealthy vegetation density, drought, water and terrestrial surface of Salt Lake in the last ten years.

2.1. Unsupervised Classification

Unsupervised classification is a method of automatically grouping or classifying each pixel in the image on the software using various algorithms based entirely on clustering, without any operator support. Although it is not possible to obtain precise and clear information about the data classes obtained as a result of this classification method, information such as how many different classes there are in the study area or the sizes of these classes can be obtained. An example of

supervised and unsupervised classification is shown in Figure 3a. The classes that will emerge as a result of unsupervised classification are spectral classes. It can help researchers determine the spectral numbers of separable classes in the study area determined before the study. Although it is not known in advance what these spectral classes are, the natural characteristics of the

classes can be determined later by comparing topographic maps of that region, high-resolution satellite images, aerial photographs and existing auxiliary information (Ozcalik, 2020; Aliyazicioglu, 2019; Caf, 2019; Sanli, 2017; Matci, 2019; Ekericin, 2007; ESA, 2009). The unsupervised classification workflow diagram is given in Figure 3b.

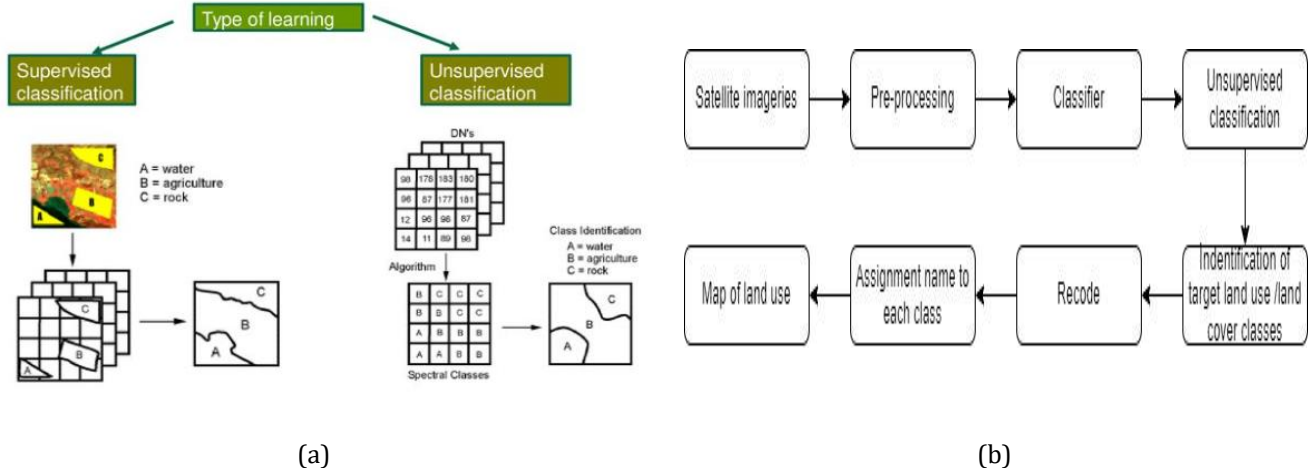


Figure 3. (a) Unsupervised classification (ESA, 2009) (b) Unsupervised classification workflow diagram

2.2. ISODATA Technique

ISODATA (Iterative Self-Organizing DATA) is a more commonly used technique in unsupervised classification method. This method is a type of minimum distance clustering. In order for classification to occur, how many clusters are wanted to be created in the image, how many iterations are needed and the threshold value must be given. The image is classified according to minimum distance classification. A new median value is calculated for the clusters. The image is reclassified with the new median values obtained. This process is repeated for the given number of iterations. After each iteration, how many pixels remain in a cluster is calculated as a percentage. In this method, a lower limit can be determined on the number of pixels of the clusters to be created, and an upper limit can be determined depending on a certain standard deviation value. Accordingly, as a result of clustering, the number of classes may be less or more than desired. In addition, not only the number of iterations but also the rate of change between iterations can be used to finalize the process. The rate of change is the fraction of the number of pixels in the image whose cluster values change with the new iteration (Oztas et al., 2023; Basar, 2008; Dogan, 2019).

2.3. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) is primarily preferred in calculating the "greenness" or leaf area of plants, chlorophyll concentration in leaves, plant productivity, vegetation area or water accumulation in an area, vegetation characteristics and index measurements. It is the most widely used vegetation index. The vegetation index is based on the observation that different surfaces reflect different types of light. Photosynthetically active vegetation absorbs most red light and reflects much near infrared light. Dead or dry

vegetation reflects more red light and less infrared light. NDVI analysis can be performed through various GIS and RS programs. The quality of the satellite images used for this analysis (cloud ratio, resolution, etc.) is important for the robustness and accuracy of the analysis. Vegetation index/greenness level can be determined by taking the (NIR, Near-infrared (band 5)) and RED (band 4) ratio from Landsat 8 OLI_TIRS satellite image. This formula is probably the most common among vegetation rate indices. NDVI is calculated on a pixel-by-pixel basis as the normalized difference between the NIR and Red spectrum of an image. In Equation 1 describes the relationship between these algorithms (Soesanto et al., 2022; Firmansyah et al., 2022; Arifin et al., 2022; Prasati, 2010; Julianto, 2021).

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (1)$$

2.4. Normalized Difference Water Index (NDWI)

The NDWI is used in the analysis of water areas from the reflectance values of the green and near infrared bands of remote sensing images. NDWI detects the presence of water bodies by ignoring the presence of soil and vegetation thanks to the near infrared and visible green light. The NDWI is between -1 and +1. In this context, values greater than zero indicate water bodies, while values less than zero or zero indicate areas without water. High NDWI values correspond to high water content and high vegetation rate. Low NDWI values correspond to low water content and low vegetation rate. NDWI can be determined by taking the ratio of (GREEN, (band 3)) and (NIR, Near infrared (band 5)) from Landsat 8 OLI_TIRS satellite images. Equation 2 describes the relationship between these algorithms. The values of water bodies are greater than 0,5. Since vegetation cover has much smaller values, vegetation can be more easily

distinguished from water bodies. Generally, values between 0,2 and 1 represent water bodies (Gao, 1996; Ozvan et al., 2023; McFeeters, 1996; EOS, 2024; Yeler, 2023; Kaplan, 2020; Pettorelli et al., 2005; Reis et al., 2016; Ak & Erdogan, 2022). NDWI values are shown in the following ranges:

- 0,2 – 1 – Water surface
- 0,0 – 0,2 – Flooding, humidity

4. Results and Discussion

In this study, Landsat 8 OLI_TIRS satellite images on the United States Geological Survey (USGS) website were used to detect areal changes in the lake surface area of Salt Lake in the last decade (2014-2023 years). Information about Landsat 8 OLI_TIRS satellite images used in the last decade is shown in Table 1. The spatial resolution of the Landsat 8 OLI_TIRS satellite image is 30*30 meters for each year. The spectral properties of the bands are shown in Table 2. There are two main reasons for selecting satellite image data, especially in the summer months (7th and 8th months). The first of these is the low cloud cover rate, and the second is the determination of the average water surface area difference between the summer and spring months (1642 km²).

Table 1. Information about Landsat 8 OLI_TIRS satellite images

Image Data Date	Path/Row	Spatial Resolution (m)
August 13, 2014	177/33	30*30
August 16, 2015	177/33	30*30
August 18, 2016	177/33	30*30
July 4, 2017	177/33	30*30
August 24, 2018	177/33	30*30
August 27, 2019	177/33	30*30
August 29, 2020	177/33	30*30
August 16, 2021	177/33	30*30
August 19, 2022	177/33	30*30
August 22, 2023	177/33	30*30

Table 2. Landsat 8 OLI_TIRS spectral bands (Oguz, 2017)

Band Number	Wavelength (µm)	Spatial Resolution (m)
Band 1 Coastal/Aerosol	0.435 - 0.451	30
Band 2 Blue	0.452 - 0.512	30
Band 3 Green	0.533 - 0.590	30
Band 4 Red	0.636 - 0.673	30
Band 5 (Near-InfraRed, NIR)	0.851 - 0.879	30
Band 6 (Short-Wave InfraRed, SWIR-1)	1.566 - 1.651	30
Band 7 (Short-Wave InfraRed, SWIR-2)	2.107 - 2.294	30
Band 8 (Panchromatic, Pan)	0.503 - 0.676	15
Band 9 Cirrus	1.363 - 1.384	30
Band 10 (Thermal-InfraRed, TIR-1)	10.60 - 11.19	100
Band 11 (Thermal-InfraRed, TIR-2)	11.50 - 12.51	100

- -0,3 – 0,0 – Moderate drought, non-aqueous surfaces
- -1 – -0,3 – Drought, non-aqueous surfaces

$$NDWI = \frac{GREEN - NIR}{GREEN + NIR} \quad (2)$$

A total of 36 Landsat 8 OLI_TIRS satellite images were used in this study to examine the change in the surface area of Salt Lake. Satellite images were provided to cover the entire lake. The resulting surface areas are listed in Table 3.

Table 3. Surface area changes of Salt Lake

Years	Satellite	Surface Area (km ²)
August 13, 2014	Landsat 8 OLI_TIRS	997.977
August 16, 2015	Landsat 8 OLI_TIRS	923.737
August 18, 2016	Landsat 8 OLI_TIRS	975.580
July 4, 2017	Landsat 8 OLI_TIRS	1049.642
August 24, 2018	Landsat 8 OLI_TIRS	974.737
August 27, 2019	Landsat 8 OLI_TIRS	1000.045
August 29, 2020	Landsat 8 OLI_TIRS	966.104
August 16, 2021	Landsat 8 OLI_TIRS	1005.094
August 19, 2022	Landsat 8 OLI_TIRS	1039.551
August 22, 2023	Landsat 8 OLI_TIRS	1062.172

When Table 3 is examined, the surface area of Salt Lake decreased from 997,977 km² in 2014 to 923,737 km² in 2015, from 1049,642 km² in 2017 to 974,737 km² in 2018 and from 1000,045 km² in 2019 to 966,104 km² in 2020. The lake surface area change graph according to years is shown in Figure 6. A trend line has been added for the summer month on a seasonal basis based on the last decade. The trend line equation is $y=7.9437x-15035$ and the R² value is calculated as 0,32. The r value (Pearson Correlation Coefficient (Relationship Coefficient)) which is square root of the R² value, takes values between -1 and +1. In this section, Pearson Correlation Coefficient (r) was calculated as 0,57.

Figure 4 shows the NDVI results calculated by using the Landsat 8 OLI_TIRS satellite image. The values obtained as a result of NDVI analysis vary between -1 and +1. In places where the vegetation is healthy and dense, the index value approaches +1, while in places where the vegetation is abundant, unhealthy and weak, the index value approaches -1. NDVI values were calculated with the help of the formula given in Equation 1. When the NDVI values in Figure 4 are examined, it is seen that there is drought in the region due to very little and unhealthy green vegetation. The maximum and minimum values are 0.83 in 2022 and 2023 years and -0.65 in 2016 and

2017 years, respectively. In Table 4 shows the average NDVI values of the last decade. When Figure 5a is examined, it is determined that the highest and lowest values are 0.73 in 2022 and 0.59 in 2017 years, respectively. NDVI values are same (0,67) in 2016, 2018 and 2020 years. It was determined that in 2022, the vegetation cover (0.73) was denser and healthier than in other years and the drought level was less.

In Figure 5, the lake surface area is clearly observed in the NDWI for the 2014-2023 years applied to the satellite image. In this index, water areas outside the lake

area and light-colored terrestrial surfaces are included in the water masses. According to the results obtained, the highest and lowest values in the NDWI were seen in 2022 year and these values were 0,66 and -0,98, respectively. In Figure 5b, shows that NDWI values are close to each other between 2014 and 2020 years, with an average value of 0,33. The lowest and highest values in the NDWI were found to be 0,28 and 0,82 in 2017 and 2022 years, respectively. As a result of this, positive NDWI values belong to the lake surface area, while zero and negative NDWI values mean that the water area is shallower.

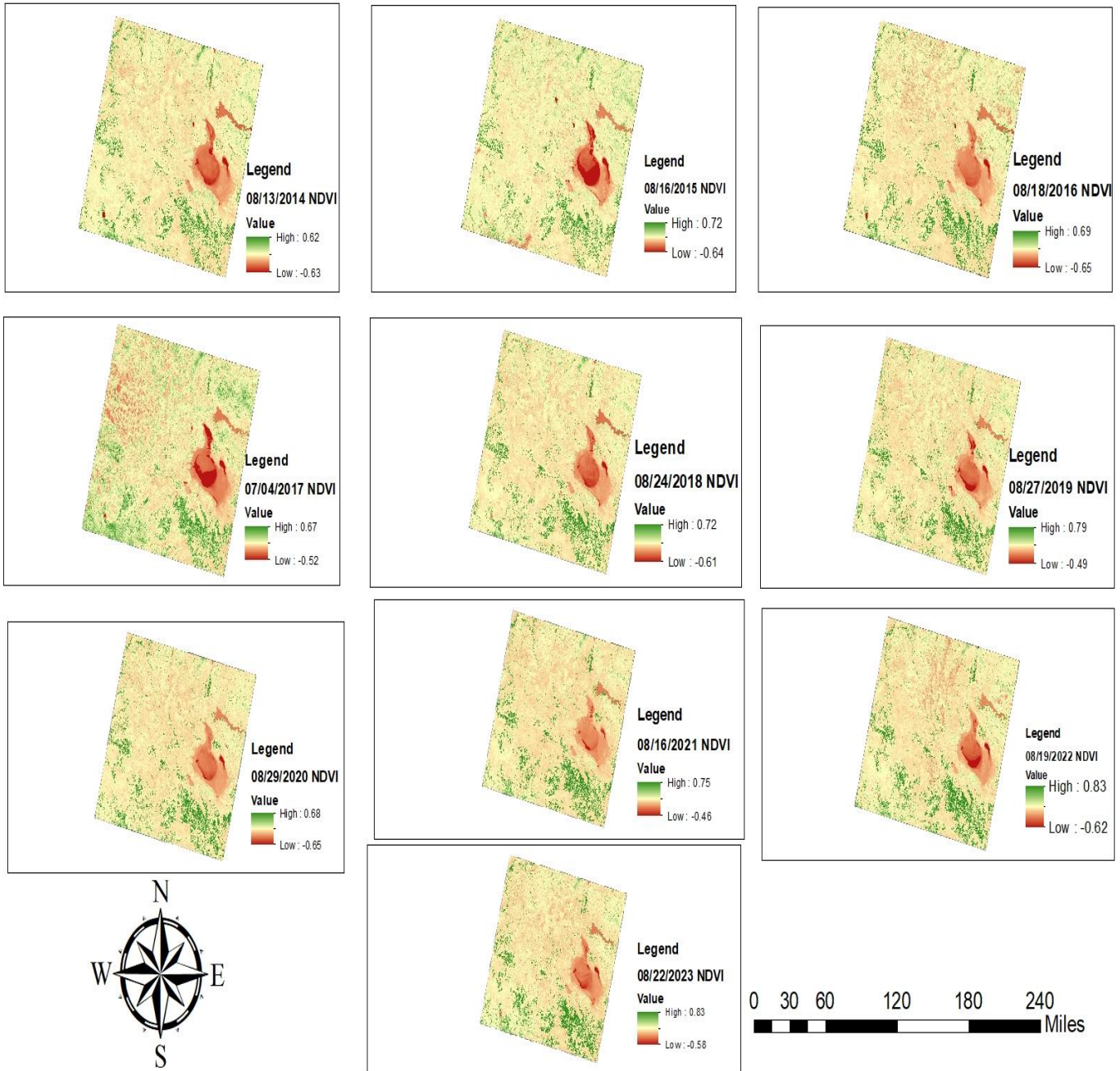


Figure 4. Landsat 8 OLI_TIRS satellite images NDVI results

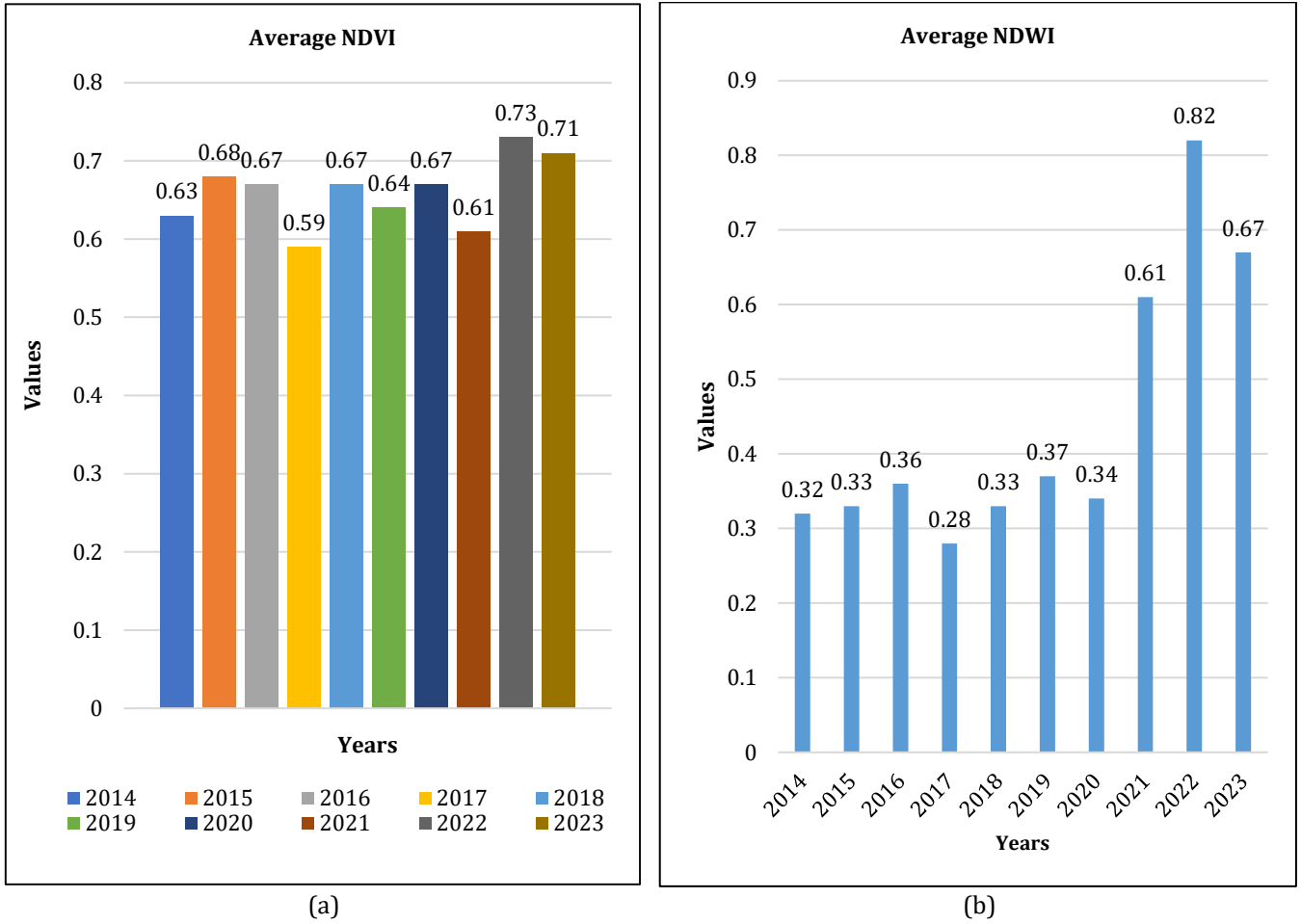


Figure 5. (a) Average NDVI values (b) Average NDWI values

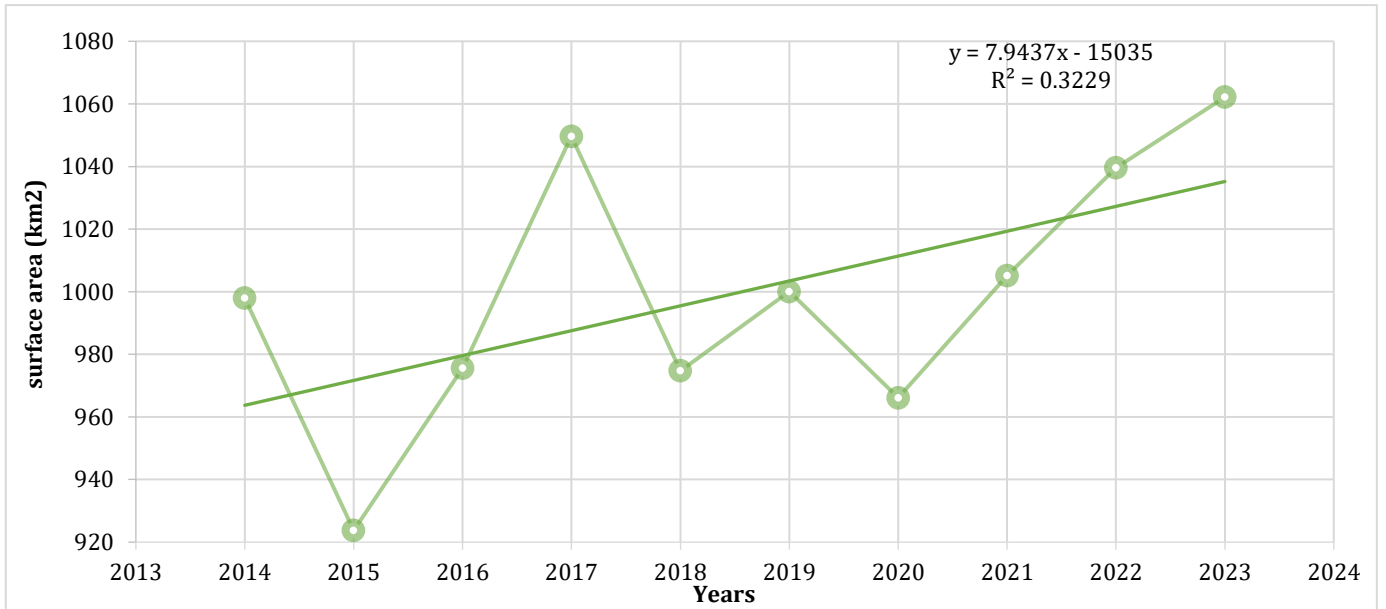


Figure 6. Graph of Salt Lake Surface Area Change

Figure 6 demonstrate that Salt Lake has an average surface area of 999,464 km² in the last decade (2014-2023 years) during the summer months (7th and 8th months) when drought is evident. There appear to be fluctuations between years. It was determined that the highest water surface area was 1062,172 km² in 2023, and the lowest value was 923,737 km² in 2015. Similar values were obtained in 2016 and 2018 years. In addition, it is seen that the water surface area difference

between 2015-2017 years is greater than the difference between 2020-2023 years. While the surface area of Salt Lake reaches 1642 km² in the spring months (4th and 5th months) (Ozvan et al., 2023), there is a surface area difference of approximately 642,536 km² according to spring months of summer months between 2014 and 2023 years. This clearly show that there is by 39.13% decrease in water level during the summer months. There is a gradual increase in the water level of the lake

surface area from 2020 to 2023. The main reasons for this, are increase in water levels in the last four years (2020-2023 years) due to the high rainfall in the spring months of the Central Anatolia Region (natural factor) and people's awareness. It was also observed that there was by 6.43% increase in water surface area from 2014 to 2023. Authorities and the public need to take precautions to protect Salt Lake. These measures include combating climate change, the importance and protection of biological diversity, education and awareness, sustainable use, protection of water resources, saving and efficient use of water.

5. Conclusion and Recommendations

In recent years, the use of Geographic Information Systems (GIS) and Remote Sensing (RS) technologies has been rapidly increasing in order to detect and monitor changes in lake surface areas. These technologies offer significant advantages in large-scale studies, providing faster and more accurate data collection while saving time, cost, and effort. Detecting changes in surface area of lakes is especially important for the conservation of ecosystems like Salt Lake. Moreover, these technologies play an effective role in the sustainable management of water resources, biodiversity conservation, and combating climate change. However, it has been observed that an effective process has not yet been developed in Türkiye to prevent surface area and volume losses in lakes. Therefore, identifying the natural and anthropogenic factors that lead to changes in lake surface area is of great importance. In the case of Salt Lake, RS and GIS analyses can assist in monitoring these changes and help in the formulation of environmental management strategies. Actively using these technologies for the sustainable management of lakes and wetlands is a critical step for water resources management, biodiversity conservation, and environmental monitoring. Additionally, the use of these technologies can support the development of innovative strategies for the protection of lake ecosystems, ensuring the conservation of water resources and biodiversity. In this context, long-term monitoring of important ecosystems such as Salt Lake will allow for the effective implementation of environmental protection measures. This proposal highlights how RS and GIS technologies can be effectively used to detect changes in lake surface area, using Salt Lake as a case study, and emphasizes the need for the development of strategies for the conservation and sustainable management of lakes. Furthermore, these technologies play a key role in environmental management and biodiversity conservation.

In this study aimed to determine the change in the surface area of Salt Lake in the last decade (2014-2023). In addition, vegetation and water area analysis were performed via RS and GIS by using Landsat 8 OLI_TIRS satellite images with the help of NDVI and NDWI of this region. From the NDVI and NDWI values, it was determined that the vegetation around the Salt Lake was unhealthy/very low density and was a lake surface area. Therefore, there is a drought situation in the region. It was observed that in 2022 year, while vegetation (0.73) was denser and healthier compared to other years, and

the drought level was less. United States Geological Survey (USGS)'s Landsat 8 OLI_TIRS satellite images between 2014 and 2023 years and the unsupervised classification (ISODATA) method in ArcGIS 10.8 software were used. According to data covering the last decade period, it was determined that there was a decrease in the water surface area of approximately 642,536 km² in Salt Lake according to spring months of summer months. This corresponds to a rate of 39.13%. There are generally fluctuations in water surface area change. It was observed that there was an increase in water level between 2020-2023 years and 2015-2017 years, and drought occurred in the decreased periods.

Acknowledgement

We would like to thank our reviewers and editor who contributed to the enrichment of the article with their opinions, suggestions and comments.

Author Contributions

Author1: Article writing, conceptualization, data, methodology, research, software. **Author2:** Article editing and grammar, general checking.

Statement of Conflicts of Interest

There is no conflict of interest between the authors.

Statement of Research and Publication Ethics

Research and publication ethics were complied with in the study.

References

- Afshinfar, A., Vahidi, S., Hatamzadeh, V., & Nouri, P. (2023). RS-based assessment: Spatial-temporal changes in water basins of Tar and Havir Lakes. *International Journal of Environment and Climate Change*, 13(5), 159–178. <https://doi.org/10.9734/ijecc/2023/v13i51757>
- Agarwal, N., & Tiwary, A. K. (2023). Change detection of Eastern Industrial Area of Jaipur city. In *AIP Conference Proceedings*, 2558(1) 020038. <https://doi.org/10.1063/5.0120056>
- Ak, E., & Erdogan, M. A. (2022). Determining landscape irrigation need and sufficiency using remote sensing in the case of Hatay Mustafa Kemal University Campus. VIII. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu (in Turkish), Ankara, Türkiye. <https://doi.org/10.15659/uzalcbs2022.13025>
- Akin, B. (2019). Drought analysis in Tuz Lake Basin. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi (in Turkish)*, 2, 44–56.
- Akin, M., & Akin, G. (2007). Importance of water, water potential in Turkey, Water Basins and water pollution. *Ankara University Journal of the Faculty of Languages and History-Geography*, 47, 105–118.
- Aksungur, N., & Firidin, S. (2008). Su kaynaklarının kullanımı ve sürdürülebilirlik (in Turkish). *Aquaculture Studies*, 2, 9–11.

- Akuzum, T., Cakmak, B., & Gökalp, Z. (2010). Evaluation of water resources management in Turkey. *Reserach Journal of Agricultural Sciences*, 1, 67–74.
- Aliyazicioglu, P. (2019). *Determination of plant pattern by controlled classification method on satellite images* (Publication No. 606151) [Master's Thesis, Bursa Uludağ University]. YÖK National Thesis Center.
- Arifin, S., Manula, J., Kartika, T., & Yulianto, F. (2022). Monitoring methods of coal mine exploitation and reclamation using Sentinel-2 data. *Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital*, 17(2), 123-133.
- Arslan, E. (2022). Bibliometric mapping in social sciences research using VOSviewer and an implementation. *Anadolu University Journal of Social Sciences*, 22, 33–56. <https://doi.org/10.18037/ausbd.1227291>
- Bagdatli, M., Cüneyt, A., Istanbuluoglu, A., & Bayar, A. N. (2014). Determined soil and water resources potential using geographic information systems (GIS): Application of Tekirdag - Cerkezkoç Province. *Afyon Kocatepe University Journal of Science and Engineering*, 14, 17–25. <https://doi.org/10.5578/fmbd.6760>
- Basar, U. G. (2008). Evaluation of urban heat island in İstanbul trough remote sensing techniques Publication No. 371090) [Master's Thesis, İstanbul Technical University]. YÖK National Thesis Center.
- Caf, D. (2019). A case study: detection of agricultural products by remote sensing. *Journal of Agriculture*, 2, 80–91.
- Cengiz, T. M. (2005). *Hydroclimatological analysis of Turkish lake levels* (Publication No. 175825) [Doctoral Thesis, İstanbul Technical University]. YÖK National Thesis Center.
- Chasia, S., Herrnegger, M., Juma, B., Kimuyu, J., Sitoki, L., & Olang, L. (2023). Analysis of land-cover changes in the Transboundary Sio-Malaba-Malakisi River Basin of East Africa: Towards identifying potential land-use transition regimes. *African Geographical Review*, 42, 170–186. <https://doi.org/10.1080/19376812.2021.2007143>
- Ciftci, N., Kutlu, İ., Sahin, M., & Yilmaz, A. M. (2003). Water sources using in Konya Plain. *Selçuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 17, 36–40.
- Cuce, H., Kalıpcı, E., Tas, B., & Yılmaz, M. (2023). Evaluation of the impacts on water quality from meteorological changes due to differences in altitude by GIS: A comparison for two morphologically different lakes. *The Black Sea Journal of Sciences*, 10, 1–26. <https://doi.org/10.31466/kfbd.649297>
- Dirik, D., Eryilmaz, İ., & Erhan, T. (2023). A bibliometric analysis using VOSviewer of publications on post-truth. *Sosyal Mucit Academic Review*, 4, 164–188. <https://doi.org/10.54733/smar.1271369>
- Dogan, Y. (2019). *Discrimination and classification of vegetation species with multi-spectral camera by using unmanned aerial vehicles* (Publication No. 572478) [Master's Thesis, Konya Technical Uludağ University]. YÖK National Thesis Center.
- Dorak, S., Asik, B. B., & Ozsoy, G. (2019). The Importance of Water Quality and Water Pollution in Agriculture: Case of Nilüfer Creek in Bursa. *Journal of Agricultural Faculty of Bursa Uludag University*, 33, 155–166.
- Earthexplorer. (2024). *Earthexplorer*. Retrieved August 26, 2024, <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- Ekerin, S. (2007). *Multitemporal change detection on the Salt Lake and surroundings by integrating remote sensing and geographic information systems* (Publication No. 216815) [Doctoral Thesis, İstanbul Technical University]. YÖK National Thesis Center.
- EOS. (2024). *EOS Data Analytics*. Retrieved August 26, 2024, from <https://eos.com/make-an-analysis/ndwi/>
- ESA. (2009). *ESA Advanced training course on land remote sensing: Image classification*. ESA. Retrieved August 26, 2024, from <https://eo4society.esa.int/resources/10th-advanced-land-2021/>
- Firmansyah, A., Hamzah, H., & Achmad, E. (2022). Pemodelan penginderaan jauh untuk estimasi simpanan karbon di Blok 1 PT Alam Bukit Tigapuluh. *Journal of Science and Applicative Technology*, 6, 99–108. <https://doi.org/10.35472/jsat.v6i2.964>
- Farhan, M., Wu, T., Amin, M., Tariq, A., Guluzade, R., & Alzahrani, H. (2024). Monitoring and prediction of the LULC change dynamics using time series remote sensing data with Google Earth Engine. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 136, 103689. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2024.103689>
- 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)
- Garajeh, K. M., Haji, F., Tohidfar, M., Sadeqi, A., Ahmadi, R., & Kariminejad, N. (2024). Spatiotemporal monitoring of climate change impacts on water resources using an integrated approach of remote sensing and Google Earth Engine. *Scientific reports*, 14(1), 5469. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-56160-9>
- Hosgoren, M. (1994). Türkiye'nin gölleri (in Turkish). *Turkish Geographical Review* 29, 19–51. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tcd/issue/21258/228164>
- Isildar, H. T., & Ercoskun, O. Y. (2021). Sustainability and resilience in goller yoresi (lakes region). *Journal of Management Theory and Practices Research*, 2, 89–116.
- Jomaa, I., Bou Kheir, R., Gitas, I. Z., & San Miguel Ayanz, J. (2003). Multitemporal unsupervised classification and NDVI to monitor land cover change in Lebanon (1987–1998). *Options Méditerranéennes: Série B. Études et Recherches*, 46, 43–49.
- Julianto, F. D. (2021). Analisis sebaran potensi kekeringan dengan cloud computing platform di Kabupaten Grobogan. *Jurnal Ilmiah Geomatika*, 1. <https://doi.org/10.31315/imagi.v1i1.4730>
- Kaplan, G., Avdan, Z. Y., Avdan, U., & Jovanovska, T. (2020). Monitoring Shared International Waters with Remote Sensing Data. *Resilience*, 4(1), 77–88. <https://doi.org/10.32569/resilience.618176>

- Karaman, S., & Gökalp, Z. (2010). Impacts of global warming and climate change over water resources. *Reserach Journal of Agricultural Sciences*, 1, 59–66. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tabad/issue/34782/385074>
- Koday, S. (1999). The salt pans of Salt Lake. *International Journal of Geography and Geography Education*, 2, 128–149.
- Matci, D. K. (2019). A new optimization based approach to the unsupervised classification of satellite images Publication No. 175825 [Doctoral Thesis, Eskişehir Technical University]. YÖK National Thesis Center.
- McFeeters, S. K. (1996). The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing*, 17(7), 1425–1432. <https://doi.org/10.1080/01431169608948714>
- Meric, B. T. (2004). Water resources management and Turkey. *Journal of Geological Engineering*, 28, 27–38. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/jmd/issue/52390/686332>
- Minaz, M., & Kubilay, A. (2021). Natural water treatment system: the potential of applying artificial floating island technology in lakes, ponds and dam lakes in Turkey. *Aquatic Research*, 4, 376–394. <https://doi.org/10.3153/AR21032>
- MEUCC. Ministry of Environment, Urbanization and Climate Change. MEUCC. Retrieved August 17, 2024, <https://tvk.csb.gov.tr/tuz-golu-i-400>
- Oguz, H. (2017). Automated land surface temperature retrieval from Landsat 8 satellite imagery: A case study of Diyarbakır-Turkey. *Turkish Journal of Forest Science*, 1, 33–43. <https://doi.org/10.32328/turkjforsci.296845>
- Ongun, U. (2023). Bibliometric Analysis of Tourism and Rural Development Publications with VOSviewer. *Journal of Tourism Intelligence and Smartness*, 6, 79–97. <https://doi.org/10.58636/jtis.1335826>
- Ozcalik, H., Torun, A. T., & Bilgilioglu, S. S. (2020). Determination of the water surface and land cover change of lake Mogan using landsat satellite imagery. *Turkish Journal of Remote Sensing*, 2, 77–84.
- Ozkan, E., Aydin, B., Hurma, H., & Aktas, E. (2013). Su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımında su yönetiminin önemi (in Turkish). *Turkish Journal of Scientific Reviews*, 6, 150–153.
- Ozsoy, S. (2009). *Su ve yaşam: suyun toplumsal önemi (in Turkish)* (Publication No. 250759) (Master's Thesis, Ankara University). YÖK National Thesis Center.
- Oztas, A., Tona, A. U., & Demir, V. (2023). Determination of Burdur lake surface area change by using unsupervised classification. *International Aegean Conferences, İzmir, Türkiye*, 23–25. <https://www.researchgate.net/publication/374449163>
- Ozvan, H., Arik, B., Yeler, O., Satır, O., & Bostan, P. (2023). Determining land change using remote sensing and geographical information systems techniques: the case of lake Karataş and its surroundings. *PEYZAJ - Education, Science, Culture and Art Journal*, 5(1), 30–39. <https://doi.org/10.53784/peyzaj.1287192>
- Pettorelli, N., Vik, J. O., Mysterud, A., Gaillard, J. M., Tucker, C. J., & Stenseth, N. C. (2005). Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. *Trends in Ecology & Evolution*, 20(9), 503–510. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.05.011>
- Pradhan, A., Uppaluri, S., Sankalp, S., Mani, S. K., & Sahoo, K. (2023). Mapping of built-up area and change detection in Bengaluru using semi-automatic classification. In *AIP Conference Proceedings*, 2763(1). <https://doi.org/10.1063/5.0158581>
- Prasati, I. (2010). Pengkajian nilai vegetasi data MODIS dengan menerapkan beberapa algoritma pengolahan data indeks vegetasi. *Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital*, 1, 20–34.
- Ragetti, S., Herberz, T., & Siegfried, T. (2018). An unsupervised classification algorithm for multi-temporal irrigated area mapping in Central Asia. *Remote Sensing*, 10(11), 1823. <https://doi.org/10.3390/rs10111823>
- Reis, M., Dutal, H., Abiz, B., & Bolat, N. (2016). Determination Temporal land use changes in Goksun District of Kahramanmaraş City using remote sensing techniques and geographic information systems. *KSU. Journal of Engineering Sciences*, 19(2), 35–41. <https://doi.org/10.17780/ksujes.91496>
- Sanli, F. B. (2017). *Uzaktan algılama ders notu (in Turkish)*. Retrieved August 26, 2024, from <https://avesis.yildiz.edu.tr/fbalik/dokumanlar>
- Soesanto, O., Idris, M., & Hastomo, H. D. (2022). Segmentasi vegetasi lahan basah berbasis modified-camera drone. *Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah*, 7, 259–266.
- Sonde, P., Balamwar, S., & Ochawar, R. S. (2020). Urban sprawl detection and analysis using unsupervised classification of high resolution image data of Jawaharlal Nehru Port Trust area in India. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 17, 100282. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2019.100282>
- Susam, T., Karaman, S., & Oztekin, T. (2006). Geographic information system of surface waters; Tokat province sample. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University*, 1. <https://hdl.handle.net/20.500.12881/11191>
- Tas, M. A., & Akpınar, E. (2021). Detection of Level Changes In Lakes in Burdur Basin With Geographical Information Systems (GIS) and Remote Sensing (RS). *Eastern Geographical Review*, 26, 37–54. <https://doi.org/10.17295/ataunidcd.984268>
- Uygun, A., & Sen, E. (1978). Tuz Gölü Havzası ve doğal kaynakları: Tuz Gölü suyunun jeokimyası (in Turkish). *Bulletin of the Geological Society of Turkey*, 21, 113–120.
- Weih Jr. R. C., & Enderle, D. I. M. (2005). Integrating supervised and unsupervised classification methods to develop a more accurate land cover classification. *Journal of the Arkansas Academy of Science*, 59, 65–73.
- Yang, J. (2023). Urban expansion and the microclimate characteristics evolution of Lhasa. *Highlights in*

Science, Engineering and Technology, 59, 85–90.

<https://doi.org/10.54097/hset.v59i.10064>

Yeler, O., Elipek, B. C., & Aydin, G. B. (2023). Investigation of Temporal Change in Morphology of Mert Lake (İgneada Longoz Forests National Park / Kırklareli) with GIS Support and Ecological Evaluation. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 10(4), 876–886.

<https://doi.org/10.30910/turkjans.1298920>

Yurteri, C., & Kurttaş, T. (2021). Analysis of temporal changes on the surface area of the Seyfe Lake

(Kırşehir) using remote sensing and GIS techniques.

Gümüşhane University Journal of Science and Technology, 11, 1115–1128.

<https://doi.org/10.17714/gumusfenbil.848873>

Zafar, Z., Zubair, M., Zha, Y., Fahd, S., & Nadeem, A. A. (2024). Performance assessment of machine learning algorithms for mapping of land use/land cover using remote sensing data. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 27(2), 216–226.

<https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2024.03.003>



© Author(s) 2025.

This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>