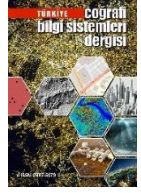




Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi

<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.

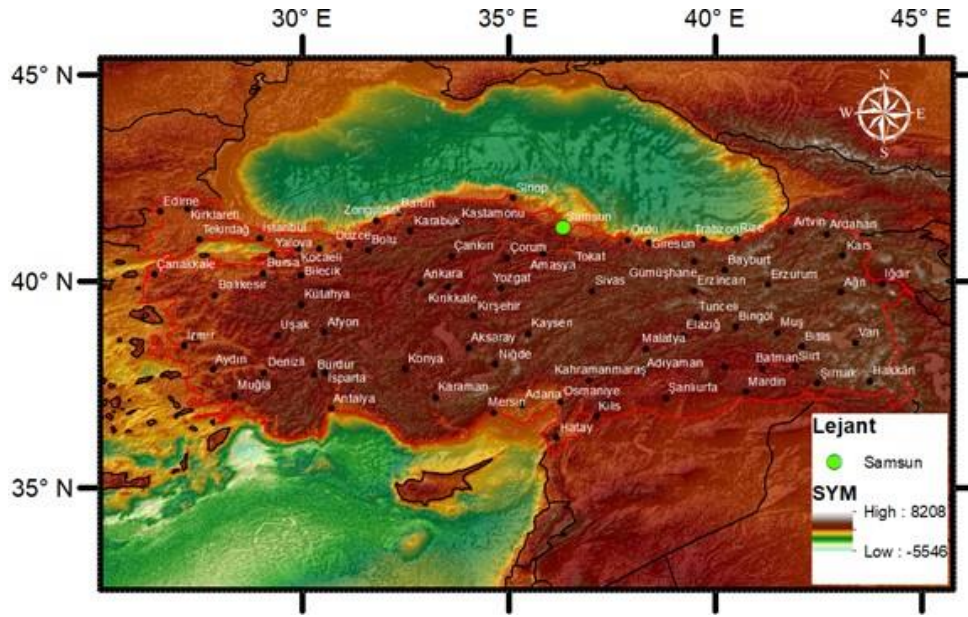
Çalışmadan elde edilecek sonuçlar, yerel su yönetimi stratejilerinin geliştirilmesine ve sürdürülebilir su kaynakları yönetimine katkı sağlayacaktır.

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’ye ≥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 (Yenipınar 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 (R²) 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.

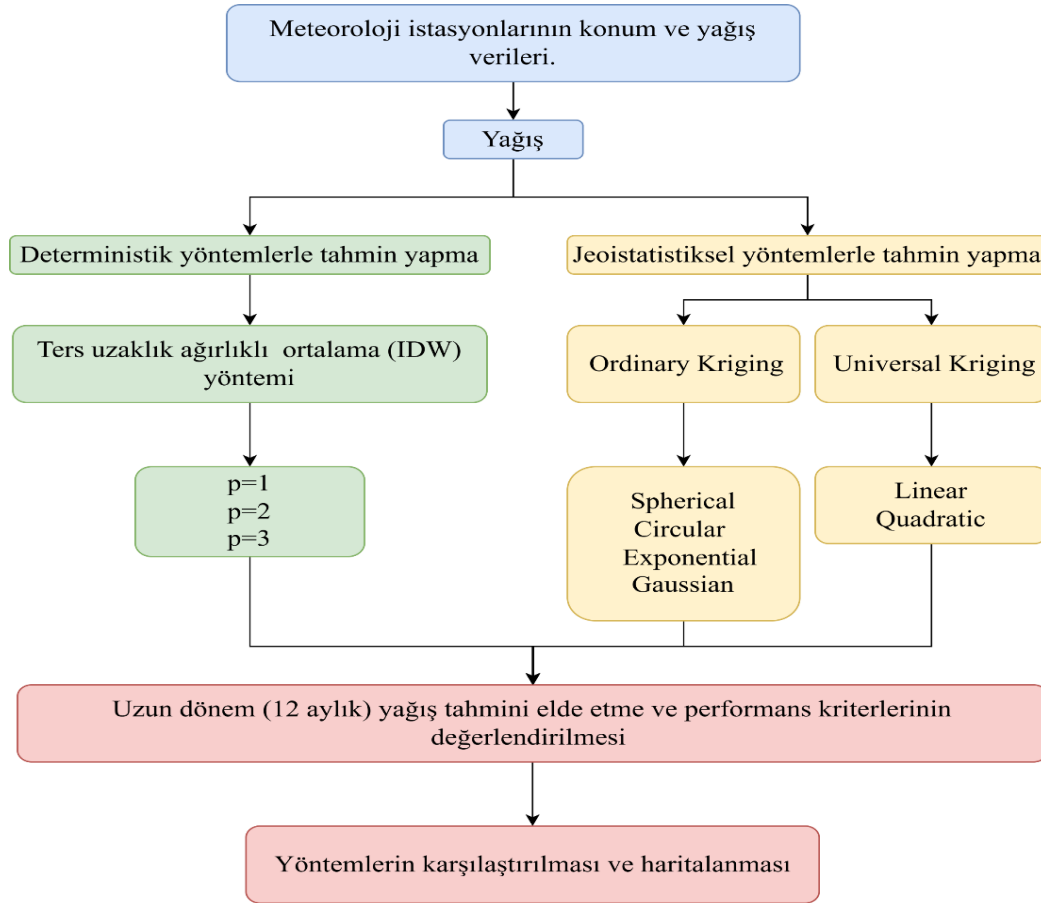
$$KOKH = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_g - y_t)^2} \quad (4)$$

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

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

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

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, R² 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

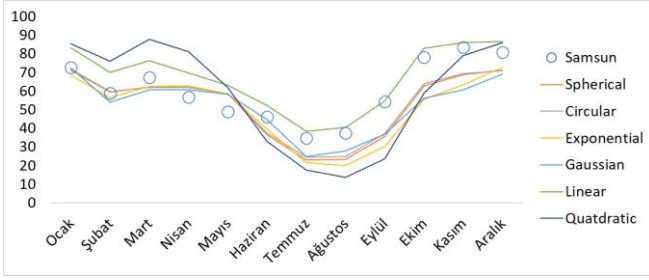
Samsun test istasyonu dahil edilmeden elde edilen haritalar yardımıyla Samsun istasyonu için farklı interpolasyon yöntemleri için hesaplanan performans karşılaştırması Tablo 2’de yer almaktadır.

Tablo 2. Performans karşılaştırması

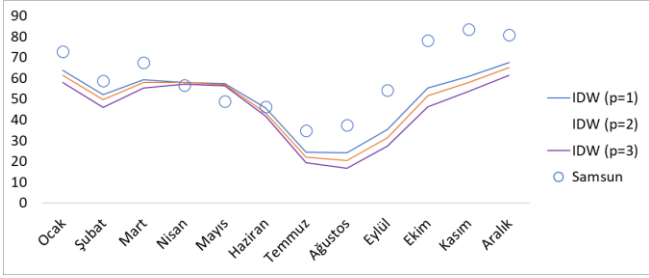
Yöntem	Semiogram	OMH	KOKH	R ²	NSE
Kriging (Ordinary)	Spherical	9,693	11,074	0,757	0,514
	Circular	9,128	10,361	0,772	0,575
	Exponential	11,664	13,745	0,660	0,252
	Gaussian	9,996	12,262	0,657	0,405
Kriging (Universal)	Linear	6,988	8,200	0,933	0,734
	Quadratic	16,798	18,347	0,599	-0,333
IDW	IDW (p=1)	11,286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

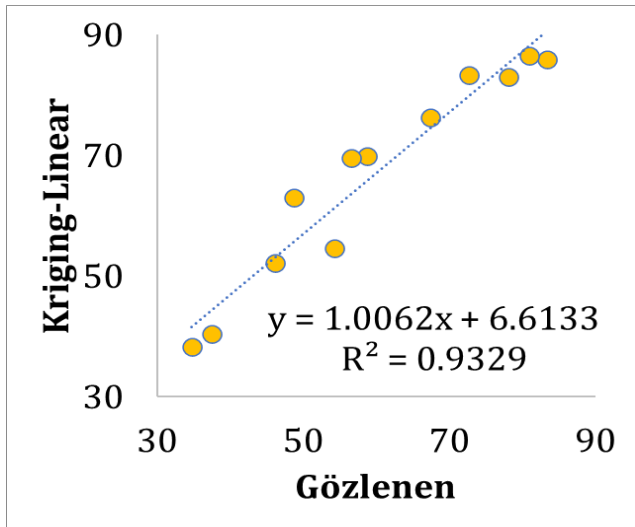


Şekil 3. Kriging yöntemine ait aylara göre tahmin grafiği



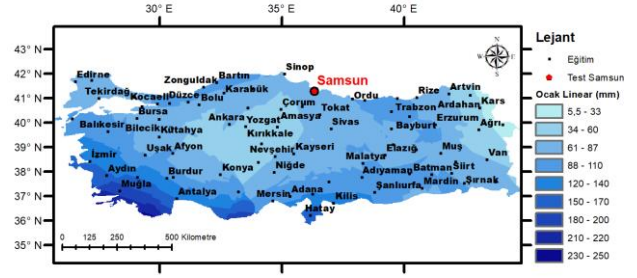
Şekil 4. IDW yöntemine ait aylara göre tahmin grafiği

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.

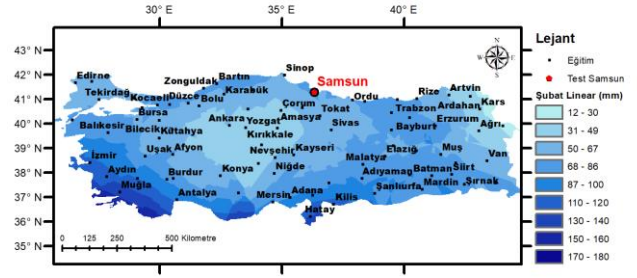


Şekil 5. Universal-Linear semivariogram'a ait saçılma grafiği

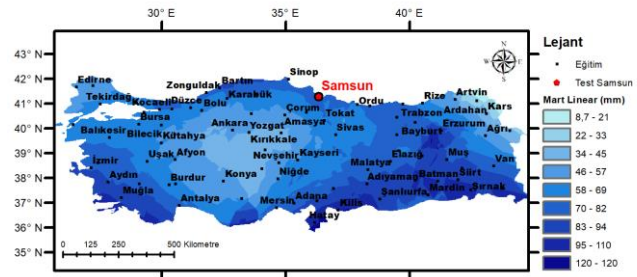
En başarılı yöntem olan Universal-Linear semivariogram'a ait 12 aylık kriging enterpolasyon haritaları Şekil 6-17'de yer almaktadır.



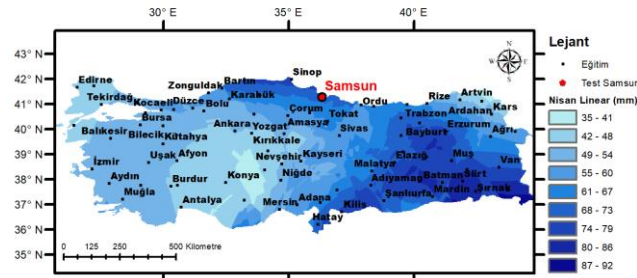
Şekil 6. Ocak ayına ait uzun dönem toplam yağış haritası



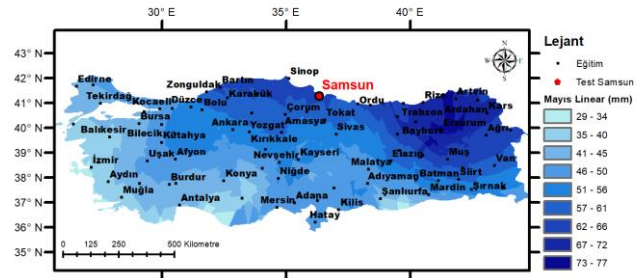
Şekil 7. Şubat ayına ait uzun dönem toplam yağış haritası



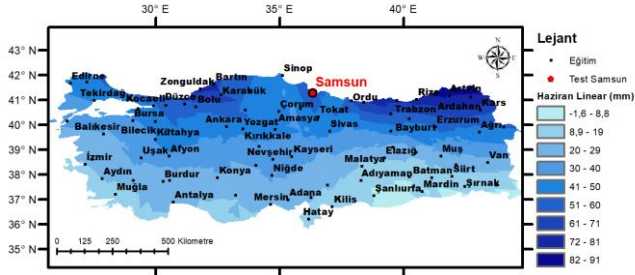
Şekil 8. Mart ayına ait uzun dönem toplam yağış haritası



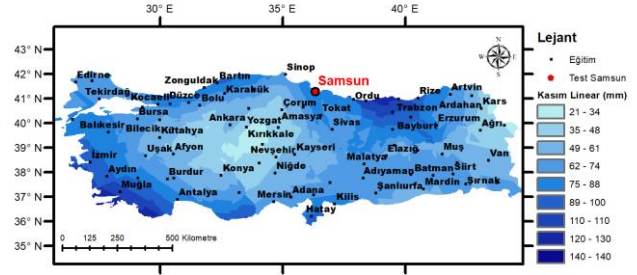
Şekil 9. Nisan ayına ait uzun dönem toplam yağış haritası



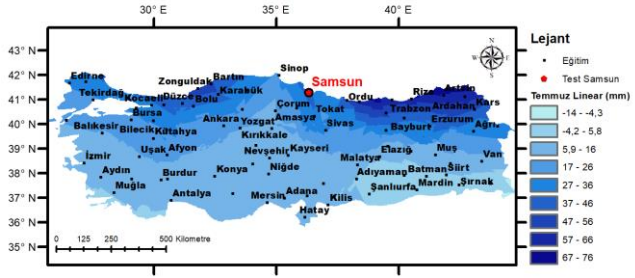
Şekil 10. Mayıs ayına ait uzun dönem toplam yağış haritası



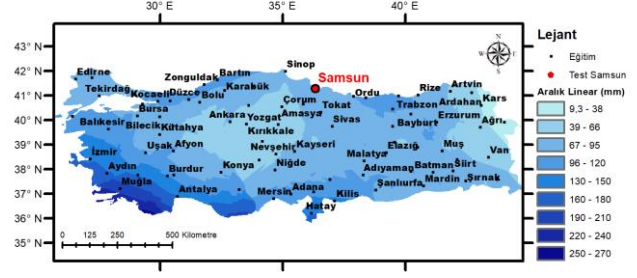
Şekil 11. Haziran ayına ait uzun dönem toplam yağış haritası



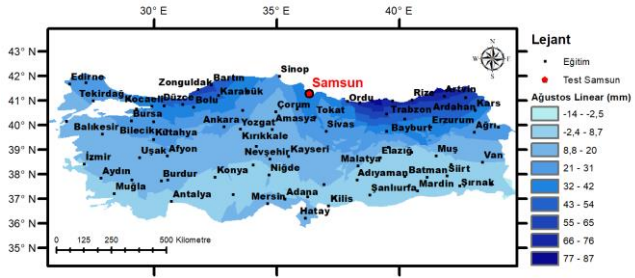
Şekil 16. Kasım ayına ait uzun dönem toplam yağış haritası



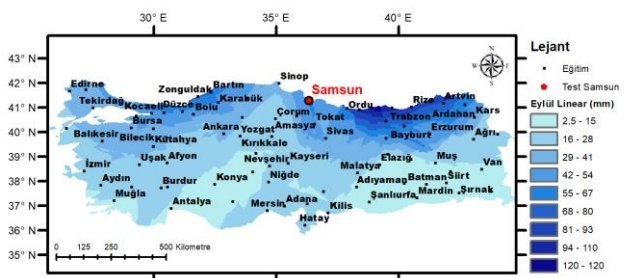
Şekil 12. Temmuz ayına ait uzun dönem toplam yağış haritası



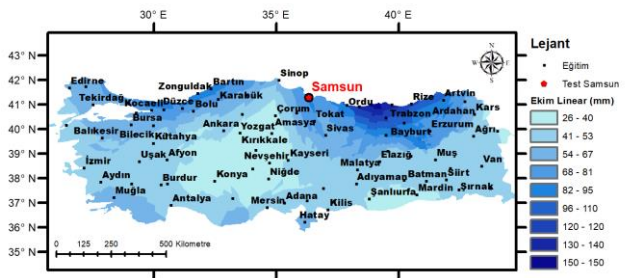
Şekil 17. Aralık ayına ait uzun dönem toplam yağış haritası



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., & Cığızoğlu, 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/>