

Hava Sıcaklık Değerlerinin Sinüzoidal Fonksiyonlarına En Küçük Kareler Regresyonu İle Eğri Uydurma: Bingöl İli Örneği

Cebeli İNAN^{1*}, Şenol ÇELİK²

¹Bingöl Üniversitesi, Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu, Bingöl, Türkiye

²Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Biyometri ve Genetik ABD, Bingöl, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0002-7924-9911>

²<https://orcid.org/0000-0001-5894-8986>

¹Sorumlu yazar: cinan@bingol.edu.tr

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 03.02.2024

Kabul tarihi: 23.07.2024

Online Yayınlanma: 17.03.2025

Anahtar Kelimeler:

Sıcaklık

Fourier serileri

Periyot

Bingöl

ÖZ

Bu çalışmada, Türkiye'nin Bingöl ilinde Ocak 2000 yılından Kasım 2021'e kadar olan ortalama sıcaklık değerleri, sinüzoidal fonksiyon kullanılarak modellenmiştir. Bingöl ilinde bu dönemler arasında ortalama sıcaklık değerlerinin karesel hataların toplamını en aza indirmek ve belirleme katsayısını (R^2) maksimuma çıkarmak için trigonometrik eğri tahmin edildi. Dönem boyunca en düşük sıcaklıklar Aralık, Ocak ve Şubat aylarında olmuştur. Mart, Nisan ve Mayıs aylarında sıcaklıklar hafif yükselirken, Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında en yüksek seviyede, Eylül, Ekim ve Kasım aylarında ise sıcaklıkta gerileme olmuştur. Bu durum her yıl periyodik olarak devam etmiştir. Fourier serileri kullanılarak oluşturulan sinüzoidal fonksiyona en küçük kareler regresyonu ile eğri uydurma modeli ile sinüzoidal eğri uydurmanın sıcaklık tahmin modelleri için uygun ve kullanışlı olduğu sonucuna varılmıştır.

Curve Fitting with Least Squares Regression of Air Temperature Values on Sinusoidal Functions: The Case of Bingöl Province

Research Article

Article History:

Received: 03.02.2024

Accepted: 23.07.2024

Available online: 17.03.2025

Keywords:

Temperature

Fourier series

Period

Bingöl

ABSTRACT

In this study, the average temperature values from January 2000 to November 2021 in Bingöl province of Turkey were modelled using a sinusoidal function. The trigonometric curve was estimated to minimize the sum of squared errors and maximize the coefficient of determination (R^2) of the mean temperature values for the period from January 2000 to November 2021 in Bingöl province. During this period, temperatures were lowest in December, January and February. Temperatures increased slightly in March, April and May, peaked in June, July and August, and decreased in September, October and November. This situation continued periodically every year. It was concluded that sinusoidal curve fitting is suitable and useful for temperature forecasting models with the curve fitting model with least squares regression to the sinusoidal function created using Fourier series.

To Cite: İnan C, Çelik Ş., 2025. Hava sıcaklık değerlerinin sinüzoidal fonksiyonlarına en küçük kareler regresyonu ile eğri uydurma: Bingöl İli örneği. Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi, 5(1): 47-58.

Giriş

Dünya yüzeyindeki hava sıcaklığı en önemli çevresel faktörlerden biridir. Yüzey sıcaklığındaki değişimleri modellemek ve güvenilir tahminler yapmak, sağlam çevre

politikalarının temelini oluşturur (Romilly, 2005). Hava durumu, bir sektörün ürün ve hizmetleri için hem arz hem de talebi etkileyerek ekonomiyi etkiler (Lazo ve ark., 2011). Başka bir ifade ile hava durumu, birçok ürüne yönelik talep ve satışların belirlenmesinde doğrudan veya dolaylı olarak önemli bir role sahiptir (Granger, 1978).

Sıcaklığın tahmin edilmesi özellikle tarım alanında, bitki örtüsünün çeşitliliğinde, su kaynakları ve turizm sektörleri ile ilişkili iklim etkisi çalışmalarında dikkate alınan en önemli göstergelerden biridir (IPCC, 2007). Daha geniş bir bağlamda; sıcaklık, diğer birçok çevresel faktörü karmaşık şekillerde etkiler. Sıcaklık, mahsul büyüme simülasyonu alanlarındaki birçok eko-çevresel modelde kritik bir girdi parametresidir. Bu ekosistem modellerini kullanan politika analizi ancak gelecekteki sıcaklıkların doğru tahmin edilmesiyle mümkündür (Caldiz ve ark., 2001; Vedoodt et al., 2004; Bechini ve ark., 2006).

Hava sıcaklığının doğru tahmini, hem insan yaşamını hem de mülklerini korumaya hizmet ettiğinden meteorolojik tahminin temel bir bileşenidir. İnsan faaliyetlerinin, enerji politikasının ve iş geliştirmenin planlanmasında önemli bir rol oynar (Abbass ve ark., 2022). Aşırı hava sıcaklığı, bireyler için ciddi sağlık sorunlarına neden olmaktadır (Lan ve ark., 2010; Schulte ve ark., 2016) ve flora ve faunaya zarar verme potansiyeline sahiptir. Endüstriler, enerji sektörleri ve tarım özellikle sıcaklık dalgalanmalarına karşı hassastır (Sardans ve ark., 2006). Bu nedenle günlük aşırı hava sıcaklığını tahmin etmek için uygun bir yöntem bulmak, kamu güvenliğinin sağlanması açısından hayati önem taşımaktadır.

Aylık sıcaklık değerlerinin analizi, iklim düzenlerini ve değişikliklerini anlamada çok önemli bir göstergedir. Birçok çalışmada aylık sıcaklık verilerini analiz etmek için çeşitli teknikler kullanılmıştır. Avustralya'da yapılan bir çalışma, sıcaklık değişimlerini ve modellerini analiz etmek için yerel ağırlıklı dağılım grafiği yumuşatma (LOESS) ve çift üstel düzeltme (DES) kullanmış ve tüm kümelerdeki artan sıcaklık eğilimlerini ve sıcaklıkların periyodikliğini ortaya çıkarmıştır (Wanishsakpong ve Notodiputro, 2018).

Ustaoglu ve ark. (2008) çalışmalarında Türkiye'de, Marmara bölgesinin Geyve ve Sakarya havzasına ait 15 yıllık verilerine (1989–2003 yılları arasında) üç farklı YSA yöntemini kullanarak günlük ortalama, maksimum ve minimum sıcaklık zaman serilerini tahmin etmişlerdir. Üç farklı yapay sinir ağı (YSA) yöntemini kullanarak (1) ileri beslemeli geri yayılım (FFBP), (2) radyal temel fonksiyon (RBF) ve (3) genelleştirilmiş regresyon sinir ağı (GRNN), ayrıca çoklu doğrusal regresyon (MLR) modeliyle yapılan tahminleri YSA yöntemleriyle karşılaştırmışlar ve dört yöntem de maksimum, ortalama ve minimum sıcaklık serilerinin tahmininde birbirine yakın ve tatmin edici sonuçlar verdiğini belirtmişler.

İspanya'da yapılan başka bir çalışmada, sıcaklık eğilimlerindeki mekânsal değişimi analiz etmek için hareketli pencere görsel yaklaşımı kullanılmış ve İspanya anakarasında sıcaklıkların genel olarak arttığını, ancak etkinin soğuk ve sıcak aylar, maksimum ve minimum sıcaklıklar için farklı olduğunu ve anlamlı eğilimlerden etkilenen alanın aylara göre değiştiği sonucunu elde etmişlerdir (Gonzalez-Hidalgo ve ark., 2018).

Hindistan'da yapılan bir araştırmada (Narula ve ark., 2018), sıcaklık değişiminin uzay-zamansal ayak izlerini tanımlamak için fonksiyonel veri analizinden (FDA) yararlanıldı ve 1901-2005 yılları arasında, esas olarak muson sonrası ve kış mevsimlerinde sıcak noktalarla birlikte meydana gelen $0,53^{\circ}\text{C}$ 'lik önemli bir sıcaklık artışı ortaya çıkarıldı. Ülkenin kuzey-orta ve doğu kesimlerinde sıcaklıkların kümelendiği tespit edilmiştir. Bu çalışmalar, aylık sıcaklık değerlerinin analizinde çeşitli yöntem ve bulguları ortaya koyarak iklim kalıpları ve değişiklikleri hakkında değerli bilgiler sağlamaktadır.

Cesaraccio ve ark. (2001), çalışmalarında otomatik bir hava durumu ağından alınan saatlik sıcaklık verileri kullanılarak bir günlük sıcaklık eğilimi modelini (TM) ve literatürde yayınlanmış modellerle karşılaştırmışlardır. TM ve WAVE (Wit ve ark., 1978) modelleri, çok farklı iklime sahip beş lokasyondan 4 yıllık saatlik hava durumu verilerini kullanan P&L (Parton ve Logan, 1981) ve WK (Wilkerson ve ark., 1983) modellerine göre genel olarak daha doğru sıcaklık eğilimi tahminleri sağladığını tespit etmişlerdir.

Chow ve ark., (2007) çalışmalarında yer alan üç analizden; günlük maksimum, minimum ve ortalama sıcaklıkları kullanan Q-Sinüs yönteminin, saatlik sıcaklığı sadece maksimum ve minimum değerleri kullanan algoritmalarından daha iyi yeniden ürettiği sonucuna vardılar. Pauly ve Liang (2022), sinüzoidal model kullanarak dünyanın güneş etrafındaki düzenli hareketleri ve eğiklik açısı tarafından yönlendirilen mevsimsel sıcaklık salınımlarının, su kütlelerinin sıcaklığındaki mevsimsel değişim de dâhil olmak üzere birçok doğal olayın sinüzoidal salınımlar oluşturduğunu saptamıştır.

Bu çalışmanın amacı, aylık sıcaklık değerleri için trigonometrik eğri uydurularak model oluşturmak ve gelecek dönemin öngörüsünün yapılmasıdır.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Çalışmanın materyali, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün Bingöl meteoroloji istasyonundan 2000 Ocak-2021 Kasım ayları arasında ölçülen aylık ortalama sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) verilerinden oluşmaktadır. Sinüzoidal fonksiyonlara En Küçük Kareler Yöntemi (Fourier Serileri) ile eğri uydurulmuştur.

Metod

Sinüzoidal (Trigonometrik) eğri, sinüs ve kosinüs gibi trigonometrik fonksiyonlar kullanılarak tanımlanan bir tür matematiksel eğridir. Bu eğriler, mühendislik ve geometrik modellemedeki potansiyel uygulamaların yanı sıra ekonometrik verilerdeki salınımı (mevsimsellik) hareketi gösteren verilere uygulanması ile son yıllarda dikkat çekmiştir (Li ve Liu, 2022).

Herhangi bir $f(x)$ fonksiyonunun Fourier serisiyle yaklaşık olarak ifade edilebilmesi için, fonksiyonun her noktada tek değerli olması, istenilen aralıkta sürekli olması, istenilen aralıkta sonlu ve sürekli olması gibi koşullar vardır. İstenilen aralıkta sonlu sayıda maksimum veya minimum değerlerin karşılanması gerekir (Bayram, 2002). Bu koşullar altında Fourier serileri fonksiyonunun sürekli olduğu yerde $f(x)$ fonksiyonuna yakınsamaktadır. Süreksizlik noktalarında ise seri fonksiyonun sağdan ve soldan limitlerinin aritmetik ortalamasına yakınsamaktadır (Buttkus, 2000).

$f(x)$ fonksiyonu $(-L, L)$ aralığında tanımlı ve bu aralık dışında $f(x+2L) = f(x)$ ile tanımlanmış olsun, yani $2L$ periyoduna sahip olsun. $f(x)$ 'e karşılık gelen Fourier serisi

$$\frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} \left(a_n \cos \frac{n\pi x}{L} + b_n \sin \frac{n\pi x}{L} \right) \quad (1)$$

ile verilir. Burada a_0 , a_n ve b_n Fourier katsayıları

$$a_0 = \frac{1}{L} \int_{-L}^L f(x) dx \quad (2)$$

$$\begin{cases} a_n = \frac{1}{L} \int_{-L}^L f(x) \cos \frac{n\pi x}{L} dx \\ b_n = \int_{-L}^L f(x) \sin \frac{n\pi x}{L} dx \end{cases} \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

ile verilir. Eşitlik 2'deki sabit terim

$$\frac{a_0}{2} = \frac{1}{2L} \int_{-L}^L f(x) dx$$

e eşittir. Bu, bir periyot üzerinde $f(x)$ 'in ortalamasıdır. Eğer $L = \pi$ ise fonksiyonun periyodu 2π 'dir (Spiegel, 1963).

Bu özelliklere göre herhangi bir $f(x)$ fonksiyonu,

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos nx + b_n \sin nx) \quad (3)$$

şeklinde Fourier serisine açılabilir. Bu şekildeki seri trigonometrik seri olarak adlandırılır (Khuri, 2003). Fourier serisi üzerinde $[-\pi, \pi]$ aralığında terim terime integral alınarak ve eşitlik 4'te verilen ortogonalite bağıntıları da dikkate alınarak a_n ve b_n katsayıları

$$a_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \cos n\pi dx \quad (n = 0, 1, 2, \dots)$$

$$b_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \sin n\pi dx \quad (n = 0, 1, 2, \dots)$$

şeklinde hesaplanır (Rudin, 1953). a_0 katsayısı ise

$$a_0 = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) dx$$

dir. Bir $f(x)$ fonksiyonu sürekli değilse ve eşit aralıklı n ayrık noktada değerler olarak veriliyorsa, toplam sembolleri kullanılır. Özellikle y değişkeninin değerleri, x değişkeninin artan değerlerine karşılık periyodik bir değişim gösterdiğinde matematiksel model olarak kesikli Fourier serisi seçilir. Yıllık periyodun serinin bazı parametreleri üzerindeki etkisi ile oluşan periyodik bileşen eşitlik 4 ile açıklanmaktadır.

$$y_i = a_0 + \sum_{k=1}^m \left[a_k \cos\left(\frac{2\pi}{T} k x_i\right) + b_k \sin\left(\frac{2\pi}{T} k x_i\right) \right] + \varepsilon_i \quad (4)$$

şeklinde olur. Burada y_i : Parametrenin ortalama değeri, m : Önemli harmonik sayısı, a_k ve b_k : Fourier katsayıları, T : periyottur (Salas ve Yevjevich, 1972). Eşitlik 4'te verilen ε_i olan i zamandaki artık (hata) değeridir (Bloomfield, 2000).

Bir seride hem trend hem de mevsimsel dalgalanma varsa, uygulanacak regresyon modeli

$$Y_t = a + \sum_{i=1}^m b_i t^i + \sum_{i=1}^{\lfloor s/2 \rfloor} \left[c_i \sin\left(\frac{2\pi i t}{s}\right) + d_i \cos\left(\frac{2\pi i t}{s}\right) \right] + \varepsilon_t \quad (5)$$

şeklinde dir. Burada m , serinin polinom derecesidir. Burada, $\sum_{i=1}^m b_i t^i$ toplamı ile serinin trend bileşeni açıklanmaktadır. Bu eşitlikte s , periyot olmak üzere $\lfloor s/2 \rfloor$ periyodun yarısının tamsayı kısmıdır. Burada i indisli toplam serinin mevsimsel bileşenidir. Bu bilgilere göre sinüs ve kosinüs fonksiyonu çiftine harmonik denir.

Mevsimsel serilere uygulanan regresyon analizinde katsayılar en küçük kareler yöntemi kullanılarak

$$\beta = (X'X)^{-1}X'Y$$

formülüyle bulunur. Toplamsal modelde, doğrusal trend ve bir harmonik olduğunda,

$$\beta = \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{bmatrix}$$

ve

$$X = \begin{bmatrix} 1 & 1 & \sin(2\pi/s) & \cos(2\pi/s) \\ 1 & 2 & \sin(4\pi/s) & \cos(4\pi/s) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & T & \sin(2\pi T/s) & \cos(2\pi T/s) \end{bmatrix}_{T \times 4}$$

şeklindedir (Kadılar, 2009).

Bulgular ve Tartışma

Bingöl ilinin aylara göre sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) için ortalama, standart sapma, standart hata, minimum ve maksimum değerlerden oluşan tanımlayıcı istatistikler Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1. Bingöl ili aylık ortalama sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) tanımlayıcı istatistikler

Aylar	\bar{X}	ss	$s_{\bar{x}}$	Minimum	Maksimum
Ocak	7,782	3,032	0,646	1,8	13,3
Şubat	10,855	3,544	0,755	4,2	16,2
Mart	18,414	3,360	0,716	10,2	22,3
Nisan	24,359	3,002	0,640	17,2	28,9
Mayıs	29,686	1,562	0,333	27,4	33,9
Haziran	35,068	1,483	0,316	32,6	38
Temmuz	38,659	1,547	0,330	35,6	42
Ağustos	38,450	1,119	0,239	36	40,6
Eylül	34,796	1,574	0,336	32,6	37,8
Ekim	28,586	1,723	0,367	25,1	32,1
Kasım	19,623	2,201	0,469	15,2	22,7
Aralık	12,614	3,598	0,785	5,7	22,8
Genel	24,954	10,784	0,665	1,8	42

\bar{X} : Ortalama, ss: Standart sapma, $s_{\bar{x}}$: Standart hata.

Tablo 1 incelendiğinde, Bingöl’de ortalama sıcaklığın en fazla olduğu aylar sırasıyla Temmuz (38,659), Ağustos (38,450) ve Haziran (35,068) aylarıdır. En düşük sıcaklığın görüldüğü aylar ise sırasıyla Ocak (7,782), Şubat (10,855) ve Aralık (12,614) aylarıdır. 2000 Ocak-2021 Kasım döneminde ortalama sıcaklık ile ilgili olarak

$$y_i = a_0 + a_1 \sin \theta_i + a_2 \cos \theta_i$$

şeklinde bir eğri uyumu yapılacaktır. Aylık seri olduğundan dolayı, serinin periyodu T=12'dir.

$$\theta_i = \frac{2\pi}{12}t_i = \frac{\pi}{6}t_i, \quad i = 1,2, \dots, 12$$

dönüşümü yapılır. Dönüşüm sonucu elde edilen $\sin\theta_i$ ve $\cos\theta_i$ değerleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. t_i değerlerine göre oluşturulan sinüs ve kosinüs değerleri

t_i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
θ_i	$\pi/6$	$\pi/3$	$\pi/2$	$2\pi/3$	$5\pi/6$	π	$7\pi/6$	$4\pi/3$	$3\pi/2$	$5\pi/3$	$11\pi/6$	2π
$\sin \theta_i$	0,5	0,87	1	0,87	0,5	0	-0,5	-0,87	-1	-0,87	-0,5	0
$\cos \theta_i$	0,87	0,5	0	-0,5	-0,87	-1	-0,87	-0,5	0	0,5	0,87	1

Buna göre Tablo 2'deki değerler sıcaklık değerleri ile birlikte kullanıldığında elde edilen trigonometrik eğriye ait parametre tahminleri Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3. Bingöl ilindeki sıcaklık için oluşturulan trigonometrik eğrinin parametre tahmini

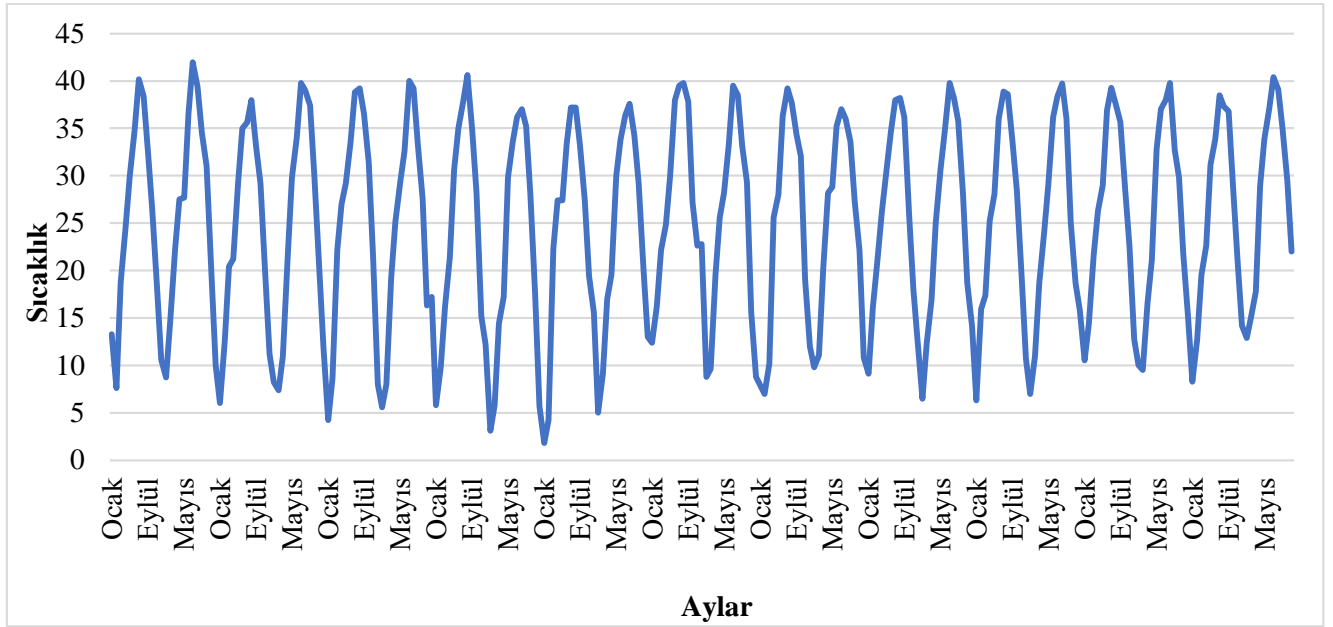
Parametre	Katsayı	Standart Hata	t	p
Sabit	24,113	0,342	70,566	0,001
t	0,006	0,002	2,690	0,01
$\sin \theta_i$	-9,037	0,241	-37,574	0,001
$\cos \theta_i$	-11,592	0,241	-48,042	0,001

*:p<0.05, **:p<0.01, ***<0.001

Tablo 3 incelendiğinde, elde edilmiş trigonometrik eğriye ilişkin tüm parametre tahminleri anlamlı bulunmuştur (p<0.001). Buna göre;

$$Y = 24.113 + 0.006t - 9.037 \sin\left(\frac{2\pi t}{12}\right) - 11.592 \cos\left(\frac{2\pi t}{12}\right) + \varepsilon$$

şeklinde trigonometrik eğri yazılabilir. Modelin genel anlamlılığı incelendiğinde F=1245.305 ve p<0.001'dir. Belirleme katsayısı (R^2) 0.935 bulunmuştur. Bu durumda sıcaklık bağımsız değişkenler yani trend, sinüs ve kosinüs değişkenleri tarafından %93,5 oranında açıklanabilmektedir. Elde edilen trigonometrik eğri Şekil 1'de daha net görülmektedir.



Şekil 1. Bingöl’de 2000-2021 yılları arası aylara göre sıcaklık (°C)

Şekil 1’de görüldüğü gibi sıcaklık (°C) değerleri Mart ayı ile Ağustos ayları arasında artış eğiliminde daha yüksek iken, Eylül ayı ile Şubat ayları arasında daha düşük seyretmiştir. Bu durum ilerleyen yıllarda da benzer şekilde seyrederek periyodik bir şekilde devam etmiştir.

Farklı yer ve zamanlarda sıcaklık değerleri ile ilgili olarak istatistik analiz kullanılarak yapılmış bazı çalışmalar aşağıdaki gibi özetlenmiştir.

Ye ve ark., (2013) çalışmalarında, deterministik stokastik birleştirilmiş (DSC) yaklaşımı kullanarak, mutlak yüzey sıcaklığının aylık kayıtlarını analiz etmek için genelleştirilmiş, yapısal bir zaman serisi modelleme çerçevesi kullandılar. Deterministik süreçler, sırasıyla polinom fonksiyonlarını ve Fourier yöntemini içeren küresel eğilimin değişim modellerini ve sıcaklık sinyalinin döngüsel salınımlarını karakterize etmek için kullanılırken, mevsimsellik dâhil olmak üzere sıcaklık sinyalinde kalan herhangi bir modeli açıklamak için stokastik süreçler kullandılar. Otoregresif entegre hareketli ortalama (SARIMA) modelleri, DSC modellerinin sıcaklık zaman serisindeki değişimlerin, doğrusal bir eğilimi, aylık verileri SARIMA (3, 1, 1)×(0, 1, 1)₁₂ şeklinde modellenmiştir.

Narasimha Murthy ve ark. (2021) tarafından yürütülen bir çalışmada da yapısal zaman serisi (STS) modeli ile yüzey hava sıcaklığı (SAT) meteorolojik parametresi kullanılmıştır. Hindistan bölgesi üzerindeki aylık ortalama gözlem değerlerini kullanarak SAT tahmin edilmiştir. Aylık ortalama SAT değeri, Mayıs ve Haziran aylarında maksimum sıcaklıklar ve Aralık ve Ocak aylarında minimum sıcaklıklar ile yıllık bir varyasyon gösterdiği saptanmıştır.

STS modeli analizi sonucuna göre, tüm bileşenlerin oldukça anlamlı olduğu, AIC = 1081,5, BIC = 1095,5, $R^2 = 0,98159$, düzeltilmiş $R^2 = 0,98156$ elde edilmiştir. 2017-2019 yılları arasında tahmin edilen aylık ortalama sıcaklıkların yılda yaklaşık 0.009 C⁰lık bir artış eğilimi olduğu saptanmıştır. Bu dönemde Nisan, Mayıs ve Aralık aylarında aylık ortalama sıcaklıkta 0,01 C⁰lık hafif bir artış ihtimali olduğu da ifade edilmiştir.

Diğer çalışmalarda elde edilen sonuçlar ile bu çalışmadaki sonuçlar, farklı çevre ve iklim şartlarının olması, farklı zaman aralıklarında değişik gözlem değerlerinin farklı istatistik yöntemleriyle analiz edilmesinden dolayı farklılık göstermiştir.

Sonuç

Bu çalışmamızda, 2000 Ocak-2021 Kasım dönemi Türkiye’de Bingöl ilinin ortalama sıcaklık değerleri sinüzoidal fonksiyonlar ile modellendi. Bu verilere ait hata kareleri toplamı minimum ve belirleme katsayısı (R^2) maksimum olacak şekilde bir sinüzoidal eğri denenmiştir. Dönem içinde hava sıcaklıkları Aralık, Ocak ve Şubat aylarında en düşük değerde olduğu, Mart, Nisan ve Mayıs aylarında biraz yükselişe geçtiği, Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında en yüksek seviyeye ulaştığı ve Eylül, Ekim ve Kasım aylarında düşüşe geçtiği görülmüştür. Bu durum her yıl periyodik olarak devam etmiştir. Fourier serileri yardımıyla oluşturulan sinüzoidal fonksiyonlara En Küçük Kareler Regresyonu ile eğri uydurma modeline göre, Bingöl ili hava sıcaklığı modeli trigonometrik eğri şeklinde olmuştur.

Elde edilen modelin parametre tahminleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.001$ ve $p < 0.01$). Modelin genel anlamlılığını test eden F değeri 1245,305 bulunmuştur ve istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.001$). Modele ait R^2 değeri 0.935 ve düzeltilmiş R^2 değeri ise 0.934 olarak hesaplanmıştır. Dolayısıyla modelin anlamlı olduğu ve elde edilen tahminlerin güvenilir olduğu anlaşılmaktadır. Yapılan analizle, hava sıcaklığı tahmin modeli için sinüzoidal eğri uydurulmasının uygun ve kullanışlı olduğu sonucuna varılmıştır. Son olarak bu ortaya konulan modelle hava sıcaklığının periyodikliği belirlenmiştir. Bu belirlenmiş periyodikliğe göre bölgede yer alan inşaat sektörü, tarım sektörü, mevsimsel turizm ve diğer ekonomik sektörlerin kendilerini bu tahminlere göre revize etmeleri tavsiye edilir. Bu çalışmanın diğer çalışmalara da ekonometrik açıdan ilham vermesi beklenmektedir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler

Kaynakça

Abbass K, Qasim MZ, Song H, Murshed M, Mahmood H, Younis I., 2022. A review of the global climate change impacts, adaptation, and sustainable mitigation measures. *Environmental Science Pollution Research*, 29, 42539-42559.

Bayram M., 2002. Fen ve mühendisler için nümerik Analiz. Aktif Yayınevi, İstanbul, 374-377.

Bechini L, Bocchi S, Maggiore T, Confalonieri R., 2006. Parameterization of a crop growth and development simulation model at sub-model components level. An example for winter wheat (*Triticum aestivum L.*). *Environmental Modelling and Software*, 21, 1042-1054.

Bloomfield P., 2000. Fourier analysis of time series an introduction. John Wiley Sons, Inc, 9-14.

Buttkus B., 2000. Spectral analysis and filter theory in applied geophysics. Springer.

Caldiz DO, Gaspari FJ, Haverkort AJ, Struik PC., 2001. Agro-ecological zoning and potential yield of single or double cropping of potato in Argentina. *Agricultural and Forest Meteorology*, 109, 311-320.

Cesaraccio C, Spano D, Duce P, Snyder RL., 2001. An improved model for determining degree-day values from daily temperature data. *International Journal of Biometeorology*, 45, 161-169.

Chow DHC, Levermore GJ., 2007. New algorithm for generating hourly temperature values using daily maximum, minimum and average values from climate models. *Building Services Engineering Research and Technology*, 28(3): 237-248.

Gonzalez-Hidalgo JC, Salinas C, Peña-Angulo D, Brunetti M., 2018. A moving windows visual approach to analysing spatial variation in temperature trends on the Spanish mainland 1951–2010. *International Journal of Climatology*, 38(4): 1678-1691.

Granger CWJ., 1978. Seasonality: Causality, interpretation, and implications, in seasonal analysis of economic time series. Economic Research Report. U.S. Department of Commerce, ER-1, ed: Arnold Zeller.

IPCC., 2007: Technical summary. *Climate Change 2007: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, S. Solomon et al., Eds., Cambridge University Press, Cambridge, 74pp.

Kadırlar C., 2009. SPSS uygulamalı zaman serileri analizine giriş. Bizim Büro Kitabevi, s299, Ankara.

Khuri AI., 2003. Advanced calculus with applications in statistics. John Wiley Sons, Inc., Canada, 471.

Lan L, Lian Z, Pan L., 2010. The effects of air temperature on office workers' wellbeing, workload and productivity-evaluated with subjective ratings. Applied Ergonomics, 42, 29-36.

Lazo JK, Lawson M, Larsen PH, Waldman DM., 2011. US economic sensitivity to weather variability. Bulletin of the American Meteorological Society, 92(6): 709-720.

Li J, Liu C., 2022. Cubic trigonometric Hermite interpolation curve: construction, properties, and shape optimization. Journal of Function Spaces, 2022: 1-16.

Narasimha Murthy KV, Saravana R, Kishore Kumar G, Vijaya Kumar K., 2021. Modelling and forecasting for monthly surface air temperature patterns in India, 1951–2016: Structural time series approach. Journal of Earth System Science, 130:21.

Narula P, Sarkar K, Azad S., 2018. A functional evaluation of the spatiotemporal patterns of temperature change in India. International Journal of Climatology, 38(1): 264-271.

Parton WJ, Logan JA., 1981. A model for diurnal variation in soil and air temperature. Agricultural for Meteorology, 23, 205-216.

Pauly D, Liang C., 2022. Temperature and the maturation of fish: a simple sine-wave model for predicting accelerated spring spawning. Environmental Biology of Fishes, 105(10): 1481-1487.

Romilly P., 2005. Time series modeling of global mean temperature for managerial decision-making. Journal of Environmental Management, 76, 61-70.

Rudin W., 1953. Principles of mathematical analysis. McGraw-Hill Book Company, Inc., USA, 154.

Salas JD, Yevjevich V., 1972. Stochastic Structure of water use time series. Hydrology Papers, No. 52, Colorado State University, Fort Collins-Colorado, 71.

Sardans J, Penuelas J, Estiarte M., 2006. Warming and drought alter soil phosphatase activity and soil P availability in a Mediterranean shrubland. Plant Soil, 289, 227-238.

Schulte PA, Bhattacharya A, Butler CR, Chun HK, Jacklitsch B, Jacobs T, Kiefer M, Lincoln J, Pendergrass S, Shire J, Watson J, Wagner GR., 2016. Advancing the framework for considering the effects of climate change on worker safety and health. Journal of Occupational and Environmental Hygiene, 13, 847-865.

Spiegel MR., 1963. Advanced calculus. Mc-Graw Hill Inc., New York, 298-300.

Ustaoglu B, Cigizoglu HK, Karaca M., 2008. Forecast of daily mean, maximum and minimum temperature time series by three artificial neural network methods. *Meteorological Applications: A Journal of Forecasting, Practical Applications, Training Techniques and Modelling*, 15(4): 431-445.

Verdoodt A, Van Ranst E, Ye L., 2004. Daily simulation of potential dry matter production of annual field crops in tropical environments. *Agronomy Journal*, 96, 1739-1753.

Wanishsakpong W, Notodiputro KA., 2018. Locally weighted scatter-plot smoothing for analysing temperature changes and patterns in Australia. *Meteorological Applications*, 25(3): 357-364.

Wilkerson GG, Jones JW, Boote KJ, Ingram KT, Mishoe JW., 1983. Modeling soybean growth for crop management. *Trans ASAE*, 26, 63-73.

Wit CT, Goudriaan J, Laar HH., 1978. Simulation of assimilation, respiration and transpiration of crops. Center for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen, The Netherlands.

Ye L, Yang G, Van Ranst E, Tang H., 2013. Time-series modeling and prediction of global monthly absolute temperature for environmental decision making. *Advances in Atmospheric Sciences*, 30, 382-396.