

KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ SÜRECİNDE İZMİR'DEKİ SICAKLIKLARIN TREND ANALİZİ

Fatma Ekin Hüner¹

¹Georgia Institute of Technology, Atlanta, Georgia, United State of America
fhuner3@gatech.edu

Özet

Bu çalışmanın amacı, küresel iklim değişikliğinin İzmir'deki geçmişten günümüze ve gelecekteki aylık ortalama sıcaklık trendlerini belirlemektir. Çalışmada, Max Planck Enstitüsü'nden temin edilen RCP2.6 ve RCP4.5 senaryo verileri Yapay Sinir Ağları (YSA) temelli alt ölçekleme modeli yardımıyla istasyonlara indirgenerek, Yenilikçi Trend Analizi (YTA) yöntemiyle de Çeşme, Bergama, Selçuk, Dikili, İzmir Bölge ve Ödemiş istasyonlarının geçmiş ve gelecek aylık ortalama sıcaklık trendleri ortaya konulmuştur. Gelecek dönem trend analizi sonuçlarına bakıldığında, İzmir Bölge istasyonunun 2070-2100 döneminde 1963-1993 dönemine göre RCP2.6 senaryosu için %13,62; RCP4.5 senaryosu için %15,22 YTA değeriyle en fazla artışa sahip olacağı görülmektedir. En az değişimin ise 2010-2040 döneminde 1963-1993 dönemine göre RCP2.6 senaryosu için %4,47 ile Dikili istasyonunda olacağı anlaşılmaktadır. Aynı zamanda, istasyonlarda genel olarak 2070-2100 döneminde 2040-2070 dönemine göre, 2040-2070 döneminde ise 2010-2040 dönemine göre artış trendinin fazla olacağı görülmektedir. Elde edilen sonuçlar, küresel iklim değişikliğinin İzmir'deki aylık ortalama sıcaklık değerleri üzerindeki etkilerini açıkça göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: İklim, İzmir, Sıcaklık, Yapay Sinir Ağları, Yenilikçi Trend Analizi

TREND ANALYSIS OF TEMPERATURES IN İZMİR DURING THE GLOBAL CLIMATE CHANGE PROCESS

Abstract

The aim of this study is to determine the effects of global climate change on the monthly average temperature trends in İzmir from the past to the present and into the future. In the study, RCP2.6 and RCP4.5 scenario data obtained from the Max Planck Institute were downscaled to stations with the help of Artificial Neural Networks (ANN), and past and future monthly average temperature trends of Çeşme, Bergama, Selçuk, Dikili, İzmir Region and Ödemiş stations were determined by the Innovative Trend Analysis (ITA) method. Looking at the results of the trend analysis for the next period, in the 2070-2100 period at the İzmir Regional station compared to the 1963-1993 period, it is seen that it will have the highest increase with ITA values of 13.62% and 15.22% for the RCP2.6 and RCP4.5 scenarios, respectively. It is understood that the least change with ITA values of 4.47% will be in the Dikili station for the RCP2.6 scenario in the 2010-2040 period compared to the 1963-1993 period. At the same time, it is seen that the increasing trend will be higher in the stations in the 2070-2100 period compared to the 2040-2070 period and in the 2040-2070 period compared to the 2010-2040 period. The results clearly show the future effects of global climate change on the monthly average temperature values in İzmir.

Keywords: Climate, İzmir, Temperature, Artificial Neural Networks, Innovation Trend Analysis

Sorumlu Yazar: Fatma Ekin Hüner

Geliş Tarihi: 1 Nisan 2024

Atıf Şekli: Hüner, F.E. (2024). Küresel İklim Değişikliği Sürecinde İzmir'deki Sıcaklıkların Trend Analizi, *Atmosfer ve İklim Dergisi*, 2(1), 118-128.

Makale Tipi: Araştırma Makalesi

Kabul Tarihi: 26 Aralık 2024

Yayın Tarihi: 31 Aralık 2024

e-ISSN: 3023-8560

GİRİŞ

Sıcaklık; atmosfer, yerküre, denizcilik, tarım, hayvancılık, havacılık, turizm, inşaat ve enerji gibi çeşitli disiplinlerden birçok alanı ve dünya üzerindeki bütün canlıları yakından ilgilendiren önemli bir meteorolojik değişkendir. Sıcaklığın ve sıcaklığa bağlı olarak iklimlerin değişmesi sanayi devrimine kadar tektonik hareketler, dünyanın yörüngesinde ve dönme ekseninin eğiminde olan değişiklikler, güneş lekelerinde olan değişiklikler ve volkanik patlamalar sonucunda çıkan aerosol ve sera gazları gibi doğal sebeplere bağlıyken, sanayi devriminden sonra bu sebeplere ek olarak oldukça etkili olan insan faktörü ortaya çıkmıştır. Dünya üzerindeki küresel ortalama sıcaklık değeri, sanayi devriminden itibaren ivmeli bir şekilde artan endüstrileşme ve sera gazı emisyonuyla birlikte yükselerek küresel ısınmaya yol açmış ve günümüzdeki en büyük problemlerden biri olan iklim değişikliğine sebep olmuştur. Mevcut düzen ve politikalarla iklim değişikliği günümüzde önüne geçilmesi gittikçe zorlaşan çok büyük bir problemidir. Ancak iklim değişikliğinin yavaşlatılması ve iklim değişikliğine uyum sağlamak için küresel ölçekli birçok bilimsel çalışma yapılmaktadır. Bu bağlamda uzun dönemli sıcaklık değerlerinin trend analizi, iklim değişikliği senaryolarının oluşturulması ve iklim değişikliğine uyum sağlama açısından kritik rol oynamaktadır.

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC), iklim politikaları geliştirilmesi amacıyla hükümetlere bilimsel bilgi sağlamak üzere, 1988 yılında Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) tarafından kurulmuştur (Web 2). IPCC Raporları, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nde küresel iklim değişikliğinin durumunu ortaya koyan ve küresel iklim değişikliğinin olası sonuçlarıyla ilgili belirli aralıklarla hazırlanan raporlardır. Bu raporlar, küresel iklim değişikliğinin ne durumda olduğunu bilimsel araştırmalarla göstererek uyum ve mücadele ile ilgili yol gösterir (Web 2). IPCC'nin önemli raporları arasında geçmişte üretmiş olduğu SRES (Special Report on Emission Scenarios - Emisyon Senaryolarına İlişkin Özel Rapor) ve yakın geçmişte üretmiş olduğu RCP (Representative Concentration Pathway – Temsili Konsantrasyon Yolu) senaryoları vardır (Web 5). SRES senaryolarının üretilmesindeki ana amaç, sera gazlarının atmosferde oluşturacağı etkilerin keşfedilmesidir ve A1, B1, A2 ve B2 olmak üzere 4 ana senaryo vardır (IPCC, 2000). RCP senaryoları ise ışınımsal zorlama değerlerine göre RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 ve RCP8.5 olmak üzere 4'e ayrılmıştır (Akçakaya vd., 2013). RCP8.5 en yüksek ışınımsal zorlama değerine sahip olan senaryodur. Işınımsal zorlama (radyatif zorlama), gelen ve giden enerji dengesindeki değişimin bir ölçüsüdür ve küresel iklim değişikliğine sebep olur (Web 3).

Türkiye 26°-45° doğu boylamları, 36°-42° kuzey enlemleri arasında yer alan bir orta enlem ülkesidir. İklimi yarı kurak olarak kabul edilmektedir (Şaylan, 2020). Son yıllarda artan iklim değişikliği, Türkiye gibi tropiklerin dışında kalan ülkelerde de ekstrem hava olaylarına neden olmaktadır. Türkiye'nin kuzeyinde sel olaylarında artış olacağı güneyinde ise daha kurak bir iklim beklenmektedir. 2030 yılı için IPCC senaryoları, sıcak ve kuru bir iklimin Türkiye'de büyük bir alanda etkili olacağını göstermektedir. Sıcaklıkların yaz ve kış mevsimlerinde 2 ile 3°C arasında artabileceği, yağışların ise yaz aylarında %5-%15 azalabileceği beklenmektedir. Beklenen değişikliklerden bir diğeri ise Akdeniz'deki su seviyesinin 2030 yılına kadar 12-18 cm artmasıdır. Bu durum Türkiye'de kıyı bölgeler için oldukça risklidir. Bunun yanında Türkiye için kişi başına 3.070 metreküp su düşerken, artan nüfus artışı ve küresel iklim değişikliğinin etkileri de düşünüldüğünde, kişi başına düşen suyun 700-1.910 metreküp olacağı beklenmektedir (Kadioğlu, 2007). Aynı zamanda Ege Bölgesi'nde sıcaklık artışlarının yaz ayları için 6°C ve üzerinde olabileceği ve çok riskli olduğu vurgulanmaktadır (Önol vd., 2009).

Son yıllarda iklim değişikliğiyle ilgili yapılan diğer çalışmalara bakıldığında, Türkiye'nin %88'lik bir kısmının çölleşme riskiyle karşı karşıya olduğu görülmektedir (Uzuner ve Dengiz, 2020). Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından 2020 yılında yayınlanan rapora göre ise Türkiye'de kısa vadeli politikaların 2-3°C ortalama sıcaklık artışına göre yapılması gerektiği ifade edilmektedir (Özlü vd., 2020).

Özellikle son yıllarda artmakta olan bilimsel araştırmalar ve yapılan uluslararası raporlar, iklim değişikliğinin etkilerini azaltma ve bu değişikliklere uyum sağlama çabalarının küresel ölçekte acil bir gereklilik olduğunu göstermektedir. Bu bağlamda, ülkemiz ve İzmir'deki iklim değişikliği etkilerini anlamak ve bu etkilerle başa

çıkarmak için yapılan çalışmaların önemi oldukça büyüktür. Dolayısıyla İzmir'deki sıcaklık bazlı iklim değişikliği etkilerine karşı mücadele ve uyum çalışmalarına katkı sunabilmek gayesiyle bu çalışmada, Yapay Sinir Ağları ve Yenilikçi Trend Analizi yöntemleri kullanılarak, 1963-1993 dönemine göre 2010-2040, 2040-2070 ve 2070-2100 dönemlerindeki aylık ortalama sıcaklık eğilimleri belirlenmiştir.

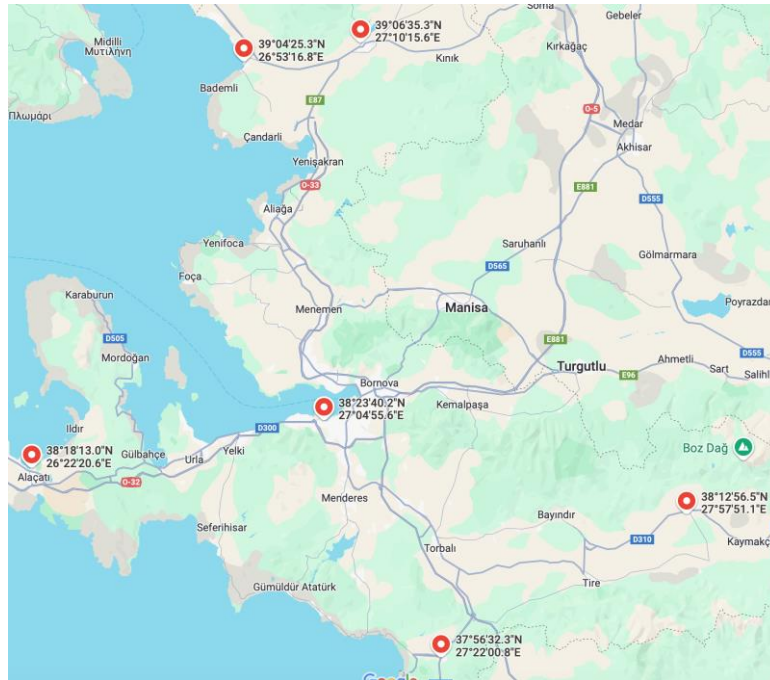
VERİ VE ÇALIŞMA ALANI

İzmir; Türkiye'nin batısında, Ege Denizi'ne kıyısı olan orta enlemlerde bulunan ve Akdeniz ikliminin görüldüğü bir şehirdir. Akdeniz ikliminin özelliğini göstermesinden dolayı yazları sıcak ve kurak, kışları ise ılık ve yağışlı geçmektedir. Güneşlenme ve rüzgar potansiyeli, matematiksel konumu ve coğrafi özelliklerinden dolayı yüksektir. Yıllık toplam yağış miktarı ortalama 689 mm'dir. Özellikle kış aylarında şiddetli hava olaylarının görülme sıklığı artar. 1970-2011 yılları arası ortalama sıcaklığı 17.9°C'dir (Web 1).

Çalışma kapsamında, Türkiye'nin İzmir şehrindeki Çeşme, Bergama, Selçuk, Dikili, İzmir Bölge, ve Ödemiş ilçelerindeki meteorolojik istasyonlara ait 1963-2016 yılları arasındaki aylık ortalama sıcaklık verileri ile Max Planck Enstitüsü'nün geliştirmiş olduğu MPI-ESM-MR küresel iklim modelinin 2010-2100 yılları arasındaki RCP2.6 ve RCP4.5 senaryolarına ait aylık ortalama sıcaklık verileri kullanılmıştır. Tablo 1'de de çalışmada kullanılan istasyonların istasyon numaraları ile koordinat bilgileri verilmektedir.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan istasyonlar (Web 4)

İstasyon Adı	İstasyon Numarası	Koordinatlar
Çeşme	17443	38°18'13.0"N 26°22'20.6"E
Bergama	17742	39°06'35.3"N 27°10'15.6"E
Selçuk	17854	37°56'32.3"N 27°22'00.8"E
Dikili	17180	39°04'25.3"N 26°53'16.8"E
İzmir Bölge	17220	38°23'40.2"N 27°04'55.6"E
Ödemiş	17822	38°12'56.5"N 27°57'51.1"E



Şekil 1. Çalışmada kullanılan istasyonların coğrafi konumları (Google Earth, 2024)

Şekil 1, çalışmada kullanılan istasyonların coğrafi konumlarını göstermektedir (Google Earth, 2024). Bu haritada, çalışma bölgesindeki istasyonlar kırmızı işaretlerle belirtilmiş olup, ilgili koordinatlar haritada açıkça görülmektedir.

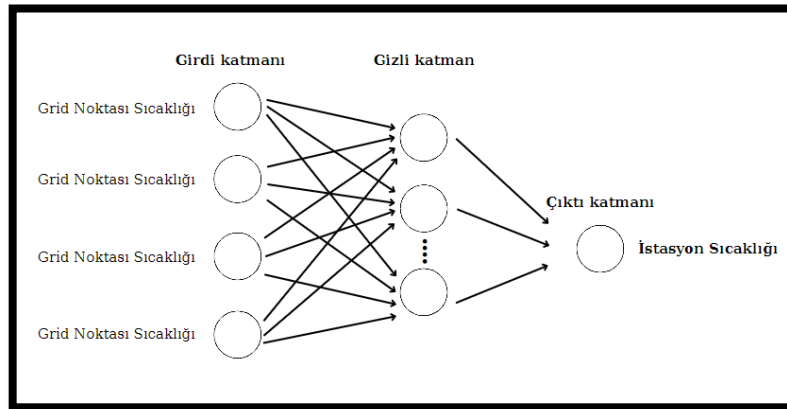
YÖNTEM

Çalışmada kullanılan MPI-ESM-MR küresel iklim modelinin RCP2.6 ve RCP4.5 senaryo verilerinin istasyonlara indirgenmesinde altölçekleme modeli olarak Yapay Sinir Ağları ve trend tespitinde ise Yenilikçi Trend Analizi (YTA) yöntemlerinden faydalanılmıştır. Alt ölçekleme yöntemi, çalışmada kullanılan grid yapısındaki model verilerinin istasyon noktalarına taşımak ve trend analizi ise belirlenen zaman dilimlerinde aylık ortalama sıcaklık değerlerinin nasıl değiştiğini belirlemek amacıyla kullanılmıştır. YTA, hem görsel açıdan kolayca anlaşıldığı hem de yaptığı sayısal hesaplamalarla doğruluğu yüksek sonuçlar ürettiği için tercih edilmiştir.

Yapay Sinir Ağları

Yapay Sinir Ağları (YSA) kısaca, canlıların sinir sisteminin bir modellemesidir (Keskenler ve Keskenler, 2017). Canlılar, sinir sistemlerindeki sınırlar aracılığıyla dış ortamdaki uyarımları beyne taşır ve bu doğrultuda karar verirler. YSA da bu şekilde çalışarak girdi verilerine göre çıktı verisi üretir. Bu sistem önce eğitilir daha sonra ortaya çıkan yapı insanlardaki biyolojik öğrenme sürecinde olduğu gibi karar verebilmeye başlar. Öğrenme süreci, girdi verilerinin eş zamanlı olarak işlenmesi ve ağırlık katsayıları sayesinde hataların azaltılması sayesinde gerçekleşir (Öztemel, 2005 ve 2012). YSA, çok fazla değişkenle çalışabilir ve bu sayede görüntü işleme, ses tanıma, tahmin ve kestirim gibi birçok amaç için kullanılabilir.

YSA'lar 3 katmandan oluşmaktadır. İlk katmana girdi katmanı son katmana ise çıktı katmanı denir. Aradaki diğer katman ise gizli katmandır. YSA'da gizli katman sayısı birden farklı sayıda olabilir. Bütün katmanlarda bulunan yapay sinir hücreleri birbirlerine ağırlık katsayıları ile bağlıdır. Şekil 2 bu çalışmada kullanılan YSA'nın genel yapısını göstermektedir ve girdi tabakasında 4 ve gizli katmanda ise 9 tane YSA hücresi kullanılmıştır. YSA'larda kullanılan temel denklemler ile detaylı bilgiler için Öztöpal (2007) incelenebilir.



Şekil 2. Çalışmada kullanılan YSA mimarisi

Yenilikçi Trend Analizi

Bir zaman serisindeki önem taşıyan değişikliklere trend denir. Yapılan çalışmalar iklim değişikliğinden dolayı çeşitli değişkenlerde olan değişimlerin belirlenmesinin, politikaların belirlenmesinde çok önemli olduğunu vurgulamaktadır (Avşaroğlu, 2019). Değişikliklerin tespit edilmesinde kullanılan en temel yöntem trend analizidir. Bu yöntem hem mevcut durumun belirlenmesinde hem de geleceğe dair bilgi vermesi açısından önemlidir (Uzuner vd., 2021).

Yenilikçi Trend Analizi (YTA) yöntemini kullanmak için ilk olarak incelenmek istenilen zaman aralığındaki veriler iki eş parçaya ayrılır. Daha sonra bölünen veriler küçükten büyüğe doğru sıralanır. Elde edilen sıralanmış veriler XY grafiğinde saçılma diyagramı şeklinde çizdirilir ve grafik 45°'lik bir doğru parçasıyla ayrılır. Bu sayede geçmiş ve gelecek zamanlarını kapsayan verilerin birbirlerine göre trendleri ortaya çıkar. Eğer veriler doğru parçasının üzerinde kalıyorsa artan, altında kalıyorsa azalan bir trend vardır (Şen, 2012; Öztopal ve Şen, 2017; Güçlü, 2018). Bu yöntem hem geçmiş veriler kullanılarak günümüze gelene kadar trendin nasıl değiştiğini hem de model verileri kullanılarak gelecekte nasıl değişeceğini yorumlamak konusunda oldukça kullanışlıdır.

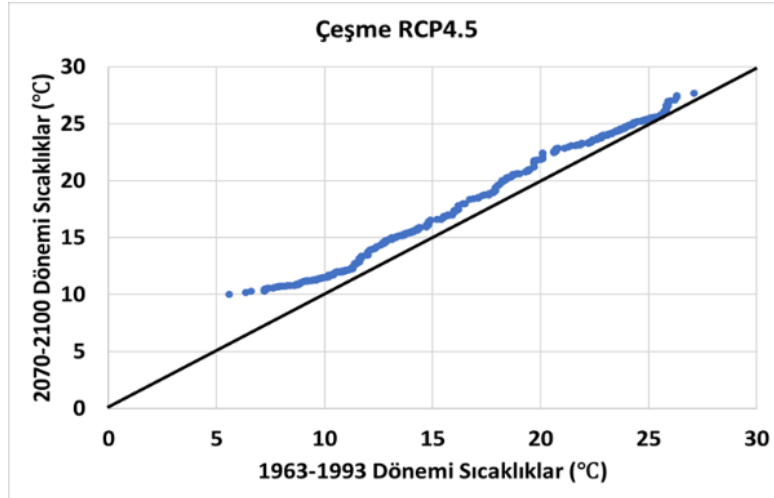
Bu çalışmada YTA yöntemi kapsamında kullanılan temel sayısal denkleme aşağıda yer verilmiştir (Denklem 1).

$$YTA = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{y_i - x_i}{\bar{x}} \quad (1)$$

- x_i = İlk veri setindeki veriler
- y_i = İkinci veri setindeki veriler
- \bar{x} = İlk veri seti ortalaması
- n = Toplam veri sayısı/2

Bu formül YTA'nın sayısal olarak değerlendirilmesini sağlamaktadır (Alashan, 2020).

Aşağıda YTA'nın nasıl yorumlandığını anlatmak amacıyla örnek bir grafiğe yer verilmiştir (Şekil 3).



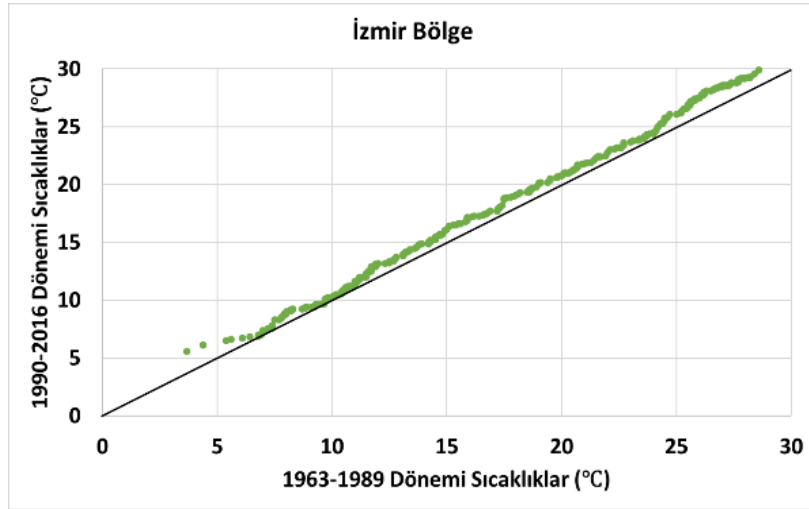
Şekil 3. Örnek YTA grafiği

Şekil 3'te, yukarıda anlatıldığı gibi veriler ikiye bölündükten sonra küçükten büyüğe sıralanmış ve saçılma grafiği çizdirildikten sonra grafiğe 45°'lik bir doğru eklenmiştir. Saçılan değerlerin bu çizginin üstünde kalması ve YTA sayısal değerinin bu çalışma için kritik değer olarak belirlenen %5 değerinin üzerinde olması (%8,26) bu istasyonda 2070-2100 yıllarında 1963-1993 yıllarına göre artan bir trend olduğunu göstermektedir.

BULGU VE DEĞERLENDİRMELER

İzmir Bölge Geçmiş Dönem Trend Analizi

Şekil 4'te İzmir Bölge ilçesi için YTA grafiği görülmektedir.



Şekil 4. İzmir Bölge İstasyonu Yenilikçi Trend Analizi

Tablo 2’de YTA denkleminin ilgili istasyonlar için hesaplama sonuçları ve trend değerlendirmelerine yer verilmiştir. Geçmiş dönem trend analizleri incelendiğinde Selçuk ve İzmir Bölge istasyonları için artan bir trend olduğu hem Şekil 4’ten hem de Tablo 2’den tespit edilebilmektedir. Bergama ve İzmir Bölge istasyonlarındaki YTA değerlerinin bu çalışma için belirlenen kritik seviye olan %5’in üzerinde olduğu görülmektedir.

Tablo 2. Trend Sonuçları ve İstatistiksel Parametreler Tablosu

İstasyon Adı	Veri Uzunluğu	Birinci Yarım Ortalama	İkinci Yarım Ortalama	ITA (%)	Kritik Seviye (%)	Trend Tipi
Çeşme	648	16,94	17,55	3,60	5	Kritik değerin altında
Bergama	648	15,89	16,68	4,93	5	Kritik değerin altında
Selçuk	648	16,18	17,09	5,64	5	Artan
Dikili	648	16,32	16,81	3,02	5	Kritik değerin altında
İzmir Bölge	648	17,43	18,31	5,16	5	Artan
Ödemiş	648	16,33	16,86	3,19	5	Kritik değerin altında

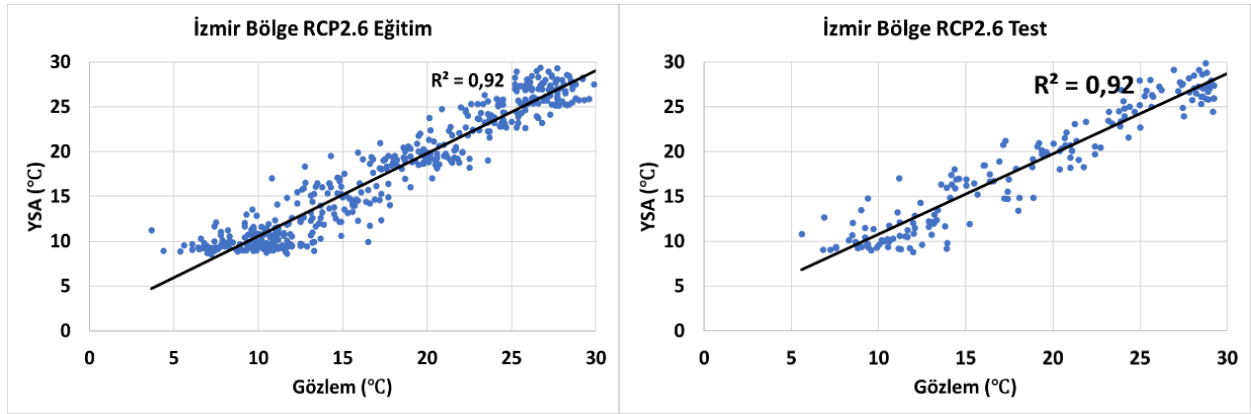
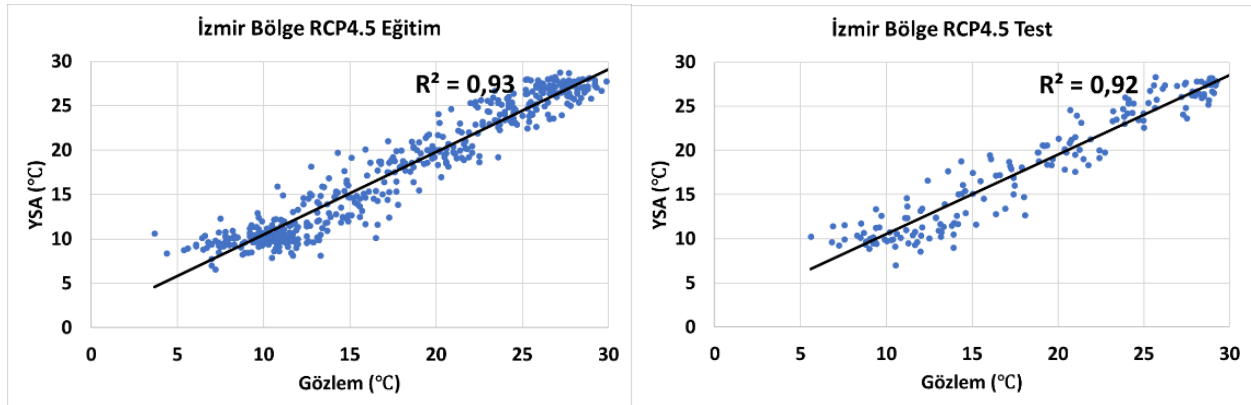
Gelecek Dönem Trend Analizi

Altölçekleme Sonuçları

Aşağıdaki tabloda Çeşme, Bergama, Selçuk, Dikili, İzmir Bölge ve Ödemiş istasyonları için YSA ile oluşturulmuş altölçekleme modelinin eğitim ve test aşamasındaki korelasyon sonuçları yer almaktadır (Tablo 3). Tüm istasyonlar için gerek RCP2.6 ve gerekse RCP4.5 senaryolarına ait hem eğitim hem de test aşamalarındaki korelasyon değerleri 0.90’ın üzerindedir. Örnek olması açısından sadece İzmir Bölge istasyonuna ait altölçekleme sonuçlarına ait saçılma grafikleri de Şekil 5 ve 6’da verilmektedir.

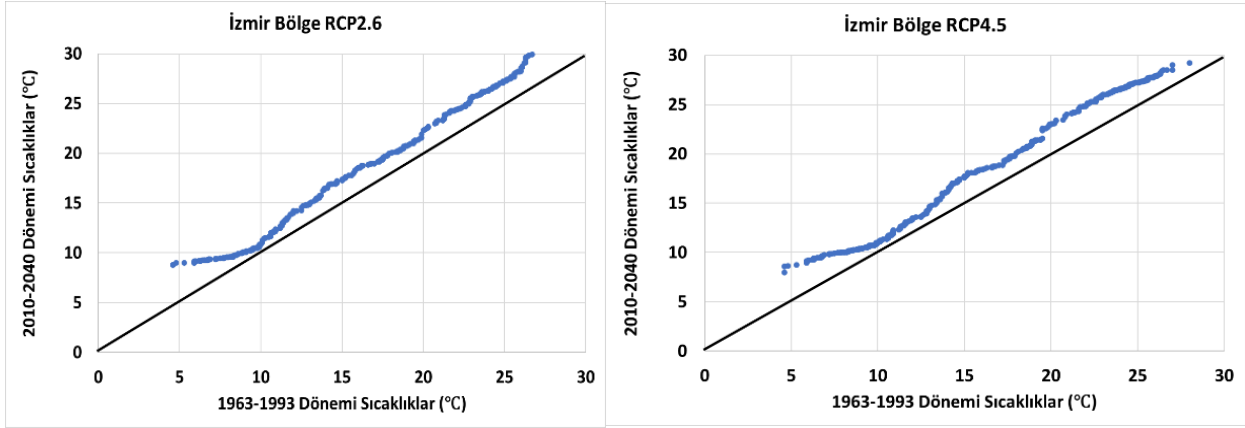
Tablo 3. Eğitim ve test aşamasındaki korelasyon değerleri

	Eğitim RCP2.6	Test RCP2.6	Eğitim RCP4.5	Test RCP4.5
Çeşme	0,93	0,93	0,93	0,91
Bergama	0,92	0,91	0,93	0,91
Selçuk	0,91	0,91	0,91	0,91
Dikili	0,92	0,90	0,93	0,92
İzmir Bölge	0,92	0,92	0,93	0,92
Ödemiş	0,93	0,92	0,94	0,92

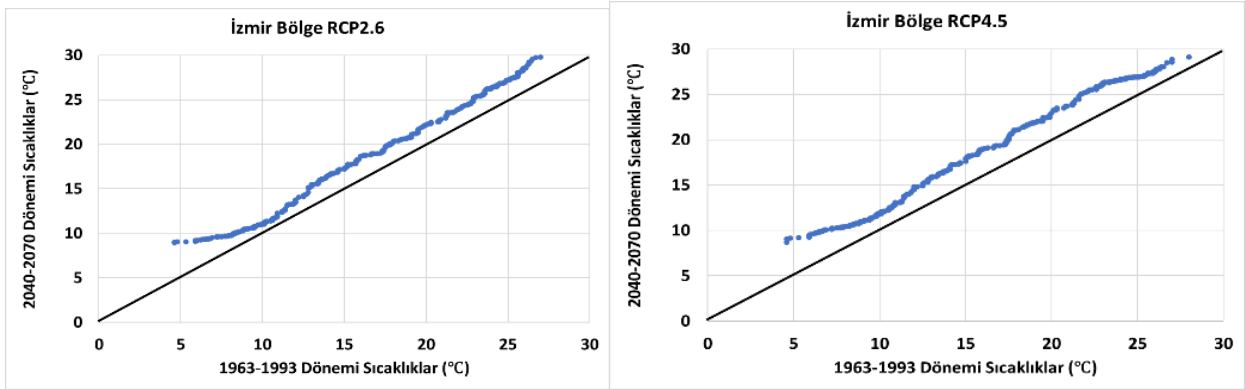
**Şekil 5.** İzmir Bölge istasyonu için RCP2.6 senaryosuna ait altölçekleme sonuçlarının saçılma grafikleri**Şekil 6.** İzmir Bölge istasyonu için RCP4.5 senaryosuna ait altölçekleme sonuçlarının saçılma grafikleri

Trend Analizi

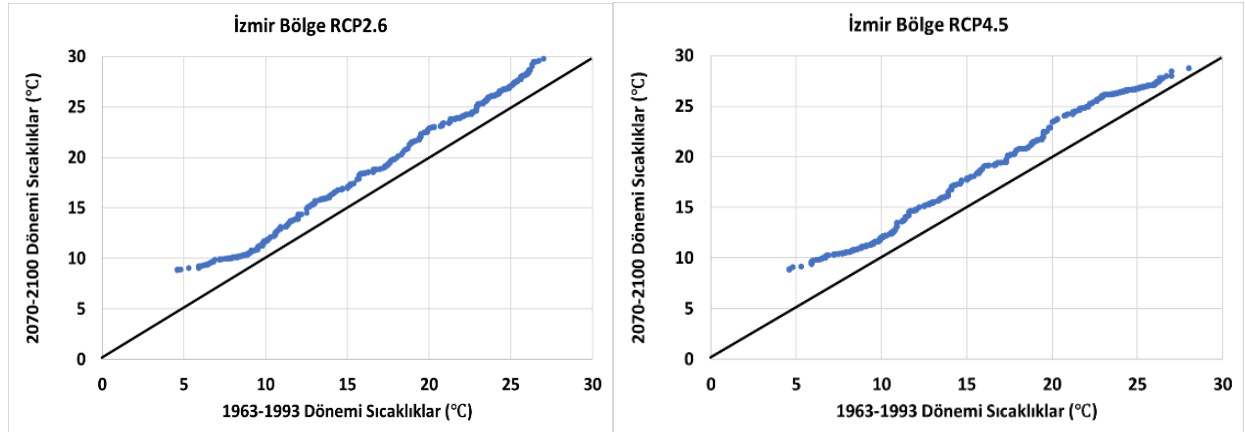
Çalışmada 1963-1993 dönemi geçmiş dönem, 2010-2040 dönemi yakın gelecek, 2040-2070 dönemi orta gelecek ve 2070-2100 dönemi de uzak gelecek olarak tanımlanmıştır. Bu bölümde örnek olması açısından sadece İzmir Bölge istasyonuna ait geçmiş dönemin yakın, orta ve uzak gelecekle olan YTA saçılma grafikleri sırasıyla Şekil 7, 8 ve 9'da verilmiştir. Tüm bu şekillerden tüm gelecekte geçmişe nazaran artan bir trendin varlığı görülmektedir.



Şekil 7. İzmir Bölge istasyonu için 1963-1993 dönemi ile 2010-2040 dönemi YTA saçılma grafikleri



Şekil 8. İzmir Bölge istasyonu için 1963-1993 dönemi ile 2040-2070 dönemi YTA saçılma grafikleri



Şekil 9. İzmir Bölge istasyonu için 1963-1993 dönemi ile 2070-2100 dönemi YTA saçılma grafikleri

Çalışmada kullanılan tüm İzmir istasyonları için hesaplanan YTA değerleri Tablo 4'te verilmektedir. Bu tabloda yer alan hesaplanmış değerler incelendiğinde bütün istasyonlarda RCP2.6 ve RCP4.5 senaryoları için genel olarak artan bir trend olduğu görülmektedir.

Yakın gelecekte; Bergama, Ödemiş, Selçuk ve İzmir Bölge istasyonlarında RCP2.6 ve RCP4.5 senaryoları için kritik değer üzerinde YTA değerleri yani artan trend olduğu görülmektedir. Çeşme ve Dikili istasyonları ise RCP2.6 senaryosuna göre %5 değerinin biraz altında YTA değerlerine sahipken RCP4.5 senaryosuna göre YTA değerleri bu kritik değer üzerine çıkması sebebiyle artan trende sahiptir.

Orta gelecekte ise Ödemiş, Selçuk ve İzmir Bölge istasyonları her iki senaryo için kritik değer üzerinde YTA değerlerine ve dolayısıyla artan trende sahiptir. Bergama, Çeşme ve Dikili istasyonlarında ise RCP2.6

senaryosuna göre %5 değerinin biraz altında YTA değerleri görülürken, RCP4.5 senaryosuna göre YTA değerleri bu kritik değerin üzerine çıkmıştır.

Uzak gelecekte ise Bergama, Çeşme, Ödemiş, Selçuk, İzmir Bölge ve Dikili istasyonlarının tümünde kritik değerin üzerinde YTA sonuçlarına ulaşılmış olması nedeniyle artan trend sözkonusudur.

İstasyonların neredeyse hepsinde ve tüm dönemlerde, RCP4.5 senaryosuna göre yapılan hesaplamaların RCP2.6 senaryosuna göre daha yüksek YTA değerlerine sahip olduğu görülmektedir ve bu durum artan trende işaret etmektedir. Aynı zamanda en yüksek YTA değerleri bütün dönemler için İzmir Bölge istasyonunda hesaplanmıştır.

Tablo 4. Bütün istasyonlar için YTA değerleri

Çeşme 1963-1993 ve 2010-2040	YTA (%)	Çeşme 1963-1993 ve 2040-2070	YTA (%)	Çeşme 1963-1993 ve 2070-2100	YTA (%)
RCP2.6	4,49	RCP2.6	4,56	RCP2.6	5,27
RCP4.5	5,31	RCP4.5	7,99	RCP4.5	8,26
Bergama 1963-1993 ve 2010-2040	YTA (%)	Bergama 1963-1993 ve 2040-2070	YTA (%)	Bergama 1963-1993 ve 2070-2100	YTA (%)
RCP2.6	5	RCP2.6	4,9	RCP2.6	6,21
RCP4.5	5,73	RCP4.5	8,11	RCP4.5	7,44
Selçuk 1963-1993 ve 2010-2040	YTA (%)	Selçuk 1963-1993 ve 2040-2070	YTA (%)	Selçuk 1963-1993 ve 2070-2100	YTA (%)
RCP2.6	5,14	RCP2.6	5,51	RCP2.6	5,94
RCP4.5	5,52	RCP4.5	7,84	RCP4.5	7,36
Dikili 1963-1993 ve 2010-2040	YTA (%)	Dikili 1963-1993 ve 2040-2070	YTA (%)	Dikili 1963-1993 ve 2070-2100	YTA (%)
RCP2.6	4,47	RCP2.6	4,92	RCP2.6	5,84
RCP4.5	5,6	RCP4.5	8,25	RCP4.5	8,61
İzmir Bölge 1963-1993 ve 2010-2040	YTA (%)	İzmir Bölge 1963-1993 ve 2040-2070	YTA (%)	İzmir Bölge 1963-1993 ve 2070-2100	YTA (%)
RCP2.6	12,59	RCP2.6	12,55	RCP2.6	13,62
RCP4.5	12,94	RCP4.5	15,48	RCP4.5	15,22
Ödemiş 1963-1993 ve 2010-2040	YTA (%)	Ödemiş 1963-1993 ve 2040-2070	YTA (%)	Ödemiş 1963-1993 ve 2070-2100	YTA (%)
RCP2.6	5,19	RCP2.6	5,53	RCP2.6	6,12
RCP4.5	6,06	RCP4.5	8,64	RCP4.5	8,69

TARTIŞMA

Bu çalışmada elde edilen bulgular, İzmir ili için küresel iklim değişikliğinin aylık ortalama sıcaklıklar üzerindeki etkisini çarpıcı bir şekilde ortaya koymuştur. Geçmiş döneme ait verilerde sıcaklıkların artan bir eğilim sergilediği görülmüş ve geleceğe yönelik yapılan projeksiyonlar bu eğilimin hızlanarak devam edeceğini göstermiştir. Özellikle 2070-2100 dönemi için öngörülen sıcaklık artışları, bölge için önemli çevresel ve sosyo-ekonomik risklere işaret etmektedir. Bu durum, İzmir'in iklim değişikliğine karşı kırılganlığını net bir şekilde ortaya koymakta ve iklim değişikliğine uyum politikalarının acilen geliştirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Özellikle şehir planlaması, tarımsal faaliyetler, su kaynaklarının yönetimi ve enerji tüketimi gibi alanlarda uzun vadeli stratejilerin oluşturulması elzemdir. Bunun yanı sıra, toplumun bu değişikliklere hazırlanması için farkındalık kampanyalarının ve eğitim programlarının hayata geçirilmesi gerekmektedir. Aynı zamanda bu çalışma benzer çalışmaların diğer bölgeler için de gerçekleştirilmesinin gerekliliğini vurgulamaktadır.

SONUÇLAR

Bu çalışmada geçmiş ve gelecek anlamda küresel iklim değişikliğinin İzmir aylık ortalama sıcaklık değerlerine olan etkisinin Yenilikçi Trend Analizi (YTA) yöntemiyle ortaya konulması hedeflenmiştir. Bunun için Maks Plank Enstitüsü'nün geliştirmiş olduğu MPI-ESM-MR küresel iklim modelinin RCP2.6 ve RCP4.5 senaryo verileri kullanılmış ve bu verilerin İzmir istasyonlarına indirgenmesi için de YSA'dan oluşturulan bir altölçekleme modeli kullanılmıştır.

Sonuç olarak, iklim değişikliğinin İzmir aylık ortalama sıcaklıkları üzerindeki etkisinin geçmiş dönemde Selçuk ve İzmir Bölge istasyonları için artan bir trende sebep olduğu açık bir şekilde görülmüştür. Aynı zamanda gelecek dönem analizleri incelendiğinde de sıcaklıkların ve hesaplanan değerlerin zamanla daha da arttığı görülmektedir. Bu etkiler özellikle 2070-2100 döneminde oldukça yüksek değerlere ulaşmıştır ve bu hesaplamalar İzmir açısından riskli olan iklim değişikliği sürecine çarpıcı bir şekilde dikkat çekmektedir.

Bu sonuçlar Türkiye'de iklim değişikliği ve iklim değişikliğine uyum sağlama süreci açısından İzmir ilinin sıcaklıklarının nasıl değişeceğini belirlemek açısından önem taşımaktadır ve bu çalışmaya benzer çalışmaların diğer illerimiz için de yapılması iklim değişikliğine farkındalık oluşturması açısından yararlı olacaktır.

İzmir'de iklim değişikliğine uyum politikalarının bu çerçevede geliştirilmesi ve iklim değişikliğinin İzmir'e uzun vadeli etkilerinin bilirdişiler ve toplum tarafından önemsenmesi gerekmektedir.

TEŞEKKÜR

Çalışmada kullanılan istasyon verileri için Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne ve RCP senaryo verileri içinse Max Plank Enstitüsü'ne teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

- Akçakaya, A., Atay, H., Demir, Ö. (2013). İklim değişikliği senaryolarından yeni dönem: Paralel yaklaşım ve temsili konsantrasyon rotaları (RCPs). 6. *Atmosfer Bilimleri Sempozyumu (ATMOS 2013)*, İTÜ, İstanbul.
- Alashan, S. (2020). Logaritmik ölçekte yenilikçi yönelim çözümleme yöntemi, *Konya Journal of Engineering Sciences*, 8, 573-585. <https://doi.org/10.36306/konjes.668212>
- Avşaroğlu, Y. (2019). Dicle Havzası Aylık Ortalama Akım Değerlerinin Trend Analizi. *Yüksek Lisans Tezi*, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, 123 sayfa.
- Güçlü, Y.S., (2018). Multiple Şen-Innovative trend analyses and partial mann-kendall test, *Journal of Hydrology*, 566, 685-704.
- IPCC (2000). Special report on emissions scenarios: A special report of IPCC Working Group III. *Cambridge University Press*. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/emissions_scenarios-1.pdf
- Kadioğlu, M. (2007). Bildiğimiz Havalarmın Sonu / Küresel İklim Değişimi ve Türkiye, *Güncel Yayıncılık A.Ş.*
- Keskenler, M.F., Keskenler, E.F. (2017). Geçmişten günümüze yapay sinir ağları ve tarihçesi. *Takvim-i Vekayi*, 2(5), 8-18.
- Önol, B., Ünal, S.Ü., Dalfes, N.H. (2009). İklim değişikliği senaryosunun Türkiye üzerindeki etkilerinin modellenmesi, *İTÜDERGİSİ*: 5(8), 169-177.
- Öztemel E., (2005). TUTORIAL: Yapay sinir ağları ve bilgisayarda öğrenme, *Bilimde Modern Yöntemler Sempozyumu-BMYS'2005*, Kocaeli, 16-18 Kasım.
- Öztemel, E. (2012). Yapay Sinir Ağları (Vol. 3). *İstanbul: Papatya Yayıncılık Eğitim*.

- Özlu, H., Engürülü, B., Özbek, K.A., Aydın, A., Özüstün, Ö.A. (2020). İklim değışikliği ve Tarım. <https://www.tarimorman.gov.tr/TRGM/Belgeler/%C4%B0klim%20De%C4%9Fi%C5%9Fikli%C4%9Fi%20ve%20Tar%C4%B1m.pdf>
- Öztopal, A. (2007). Uydu ve yer kaynaklı meteorolojik değışkenlerle kısa vadeli yağış modellemesi için yapay sinir ağı yaklaşımı, *Doktora Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Öztopal, A., Şen, Z. (2017). Innovative trend methodology applications to precipitation records in Turkey. *Water Resour. Manage.*, 31(3), 727-737.
- Şaylan, L. (2020). Tarımsal Meteoroloji Ders Notları, *İ.T.Ü. Meteoroloji Müh. Böl.*, İstanbul.
- Şen, Z. (2012). Innovative trend analysis methodology, *J. Hydrol. Eng.*, 17(9), 1042-1046.
- Uzuner, Ç., Dengiz, O. (2020). Desertification risk assessment in Turkey based on environmentally sensitive areas, *Ecological Indicators*, 114, 106295. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106295>
- Uzuner, G., Gökcan, M., Karateke, V., Güven, E., Öztopal, A. (2021). Balıkesir yıllık maksimum yağışlarının trend analizi. *Su Vakfı Bülteni*, 15(1), 1–10. Su Vakfı.
- Van Vuuren, D.P., Edmonds, J., Kainuma, M., Riahi, K., Thomson, A., Hibbard, K., Rose, S.K. (2011). The representative concentration pathways: An overview, *Climatic Change*, 109(1), 5.
- Web 1: https://izmir.mgm.gov.tr/files/iklim/izmir_iklim.pdf (02.06.2024 tarihinde alındı).
- Web 2: <https://www.ipcc.ch/about/> (02.07.2024 tarihinde alındı).
- Web 3: https://archive.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ch2s2-2.html (17.06.2024 tarihinde alındı).
- Web 4: <https://mgm.gov.tr/kurumsal/istasyonlarimiz.aspx?il=%C4%B0zmir> (17.06.2024 tarihinde alındı).
- Web 5: <https://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-degisikligi.aspx?s=senaryolar> (17.06.2024 tarihinde alındı).