

Dikey Eksende Eğilim Çözümlemesi Yöntemi

Yavuz Selim Güçlü^{1,2,*} 

¹İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Hidrolik Laboratuvarı, Maslak, 34469, İstanbul.

²İstanbul Teknik Üniversitesi, Su ve Deniz Bilimleri Uyg-Ar Merkezi, Hidrolik Laboratuvarı, Maslak, 34469, İstanbul.

Özet

Sera gazı miktarındaki ciddi artışla birlikte iklim değişikliği daha da hızlanmıştır. Meteorolojik ve hidrolojik veriler incelendiğinde bu değişikliğin etkisi net biçimde ortaya çıkmaktadır. Verilerin incelenmesi için de eğilim çözümleme yöntemleri sıklıkla kullanılmaktadır. Son zamanlarda Şen'in geliştirdiği Yenilikçi eğilim çözümlemesi (YEÇ) yöntemi görselleştirme yaparak verilerin trend durumlarının açığa çıkarılmasına ve tanımlanmasına imkân tanımaktadır. Bu makalenin temel amacı farklı bir grafik gösterimine başvurarak YEÇ yönteminin bir türevini geliştirmektir ve eğilimleri alternatif bir yaklaşım ile ortaya çıkarmaktır. Türkiye'nin Akdeniz, Akdeniz-Karadeniz geçiş ve karasal iklim bölgelerinde ölçülmüş veriler için uygulanan bu alternatif yöntem klasik YEÇ yaklaşımına göre farklı eğilim bilgilerini ortaya çıkarmaktadır. Bu makalede önerilen dikey eksen trend analiz yaklaşımı YEÇ yönteminden farklı olarak grafik üzerinde veri sayısını göstermektedir ve ölçümlerin yüksek, orta ve düşük değer aralığında nasıl dağıldığını açığa çıkarmaktadır. Bu çalışmada yapılan uygulamalar Türkiye'nin farklı kısımlarında yer alan Kırklareli, Yalova ve Alanya istasyonlarındaki 50 yıllık yağış kayıtlarını içermektedir. Kırklareli verilerinde bütüncül artan trend tespit edilirken önerilen yöntem ile ayrıca ölçümlerin tüm veri aralıklarında homojen dağıldığı görülmüştür. Yalova ve Alanya ölçümlerinde ise bütüncül olmayan azalan trende rastlanırken verilerin dağılımında homojen olmayan durum belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler

Yağış, Zaman Dizisi, Eğilim, İklim Değişikliği

Trend Analysis Method on Vertical Axis

Abstract

Climate change has accelerated with the significant increase in the amount of greenhouse gases. When the meteorological and hydrological data are examined, the effect of this change is clearly revealed. Trend test methods are frequently used to determine trends on the data. Recently, Şen-innovative trend analysis (ITA) method provides the ability to visualize inspection and identification of trend conditions. The main objective of this paper is to attempt determination and visualization of trends by means of a special graphical representation based on alternative illustration of ITA. The suggested methodology shows different trend information than classical ITA on the Mediterranean, Mediterranean-Black Sea transitional, and continental climate regions in Turkey. The vertical axis trend analysis approach proposed in this study, shows the number of data on the graph and reveals how the measurements are distributed in the high, medium and low value ranges unlike the ITA method. This research comprises 50-year rainfall records in Kırklareli, Yalova, and Alanya stations located in Turkey. The monotonic increasing trend is detected for Kırklareli data and also it is observed that the measurements are homogeneously distributed with the suggested method. In Yalova and Alanya measurements, there are non-monotonic decreasing trends and non-homogeneous distributions are determined.

Keywords

Rainfall, Time Series, Trend, Climate Change

1. Giriş

İnsanların gerçekleştirdiği faaliyetler sebebiyle giderek artan sera gazı emisyonları hidro-meteorolojik değişkenleri azalan veya artan yönde etkilemektedir. Bu olaylar bütünüdür diğer bir adı olan iklim değişikliği zincirleme bir takım olumsuzlukları ortaya çıkarmaktadır ve günümüzde daha hissedilir durumdadır. Özellikle su kaynakları açısından önem arz eden kuru (kuraklık) ve ıslak (sel) dönem gibi ekstrem olaylar çok sık meydana gelmektedir. Dolayısıyla su kaynakları risk değerlendirmeleri, planlama, tasarım ve yönetimine ek olarak trend belirleme çalışmaları da gerçekleştirilmelidir.

Son zamanlarda farklı istasyonlarda ölçülen hidro-meteorolojik verilerde iklim değişikliğine bağlı eğilimler tespit edilmektedir. Literatürde yaygın kullanılan Mann (1945)-Kendall (1975) (MK) yöntemi, Sen (1968)'in eğim tahmincisi ve lineer regresyon analizi (Haan 1977) önemli eğilim (trend) belirleme yaklaşımlarıdır. Örneğin; Taylor ve Loftis (1989), yeraltı suyu ve göl suyu kalite kayıtları için çeşitli eğilim test yöntemleri kullanmıştır; Chiew ve McMahon (1993), Avustralya nehirlerinin yıllık akış zaman serileri için beş farklı eğilim saptama yöntemini ele almışlardır.

Oto korelasyonlu veriler için Hamed ve Rao (1998) değiştirilmiş bir MK trend yaklaşımını kullanmıştır; bazı Hint buharlaşma tavaşı kayıtları için Jhajharia vd. (2009) iki test kullanarak trend olasılığını analiz etmiştir. Öte yandan Gocic ve Trajkovic (2013) 1980-2010 yılları arasında Sırbistan'da MK ve Sen'in eğim tahmincisi yöntemlerinin kullanarak on iki ölçüm noktasından elde edilen birçok meteorolojik verinin eğilimlerini analiz etmişlerdir. Nalley vd. (2013) Kanada Güney Quebec ve Ontario'da ölçülen ortalama hava sıcaklığı değerlerinin eğilimlerini tespit etmeye çalışmışlardır. Amerika Birleşik Devletleri Tennessee Nehir Havzasında, Jones vd. (2015) yıllık ve mevsimlik yağış eğilimlerini tespit etmişlerdir. Klasik yöntemlerin uygulamasını içeren sayısız çalışmayla literatürde karşılaşmak mümkündür. Bu çalışmalardan bazılarında yenilikçi eğilim çözümlemesi (YEÇ) yöntemi ile karşılaştırılmalı olarak klasik yaklaşımların kullanıldığını da görmek mümkündür (Timbadiya vd. 2013; Saphloğlu vd. 2014; Dabanlı vd. 2016; Cui vd. 2017; Güçlü 2018a; Güçlü 2018b; Alashan 2020; Güçlü 2020; Dabanlı vd. 2021). Takip eden paragraflarda bu çalışmaların birçoğunun içeriğinden kısaca bahsedilecektir.

Günümüzde Şen (2012) tarafından sunulan 1:1 doğrusunu içeren yenilikçi eğilim çözümlemesi (YEÇ) farklı araştırmalarda uygulanan klasik trend testleri ile karşılaştırılmıştır. Sonali ve Kumar (2013) eski ve yeni tüm trend testlerini derlemiş ve sıcaklık verilerindeki eğilim durumlarını belirlemek için uygulamışlardır. Timbadiya vd. (2013) YEÇ ve MK testini kullanarak Hindistan'ın Tapi Havzası'ndaki yıllık en yüksek akış değerlerine ait eğilimleri ortaya çıkarmışlardır. Saphloğlu vd. (2014) Türkiye'de Akdeniz bölgesinin batısındaki akış eğilimlerini araştırmıştır. Ayrıca Dabanlı vd. (2016) YEÇ'i klasik trend analizi testleri ile karşılaştırarak uygulamışlardır.

Şen (2014, 2017a) YEÇ'i daha da geliştirirken Alashan (2018) yeni bir YEÇ türevi önermiştir. Belirli bir zaman serisini Mohorji vd. (2017) ve Şen (2017b) 3, 4, 5, 6, 11 ve 13 gruba bölmüştür ve daha sonra birinci grubu diğerleriyle karşılaştırmışlardır. Cui vd. (2017) 1960-2015 yılları arasında Çin'in Yangtze Nehri Havzasındaki hava sıcaklığı ve yağış verilerinin YEÇ grafiklerini çizmiştir. Güçlü (2018a) YEÇ ve klasik MK olmak üzere iki yöntemin bir karışımını önermiştir. Ek olarak, trendlerin kararlılığını tespit etmek için Güçlü (2018b) parçalı YEÇ ve MK test metodlarını tavsiye etmiştir. Aynı YEÇ grafiği üzerinde birbiriyle ilişkili farklı zaman serilerini karşılaştırmak için Güçlü (2018c) tarafından ayrıca karşılaştırmalı YEÇ yaklaşımı önerilmiştir. Güçlü vd. (2020) belirli bir zaman serisi içindeki kısmi eğilimleri birbiriyle karşılaştırmalı olarak göstermek için yenilikçi üçgen eğilim çözümlemesi adlı başka bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Güçlü (2020) klasik YEÇ uygulamalarından farklı olarak veri sayısını da gösteren yeni bir grafik türü önermiştir ve MK testi ile kıyaslamıştır. Son olarak, Ghate ve Timbadiya (2021) tarafından kısmi süreli maksimum yağış serileri ve yıllık maksimum yağış verileri için YEÇ uygulaması yapılmıştır.

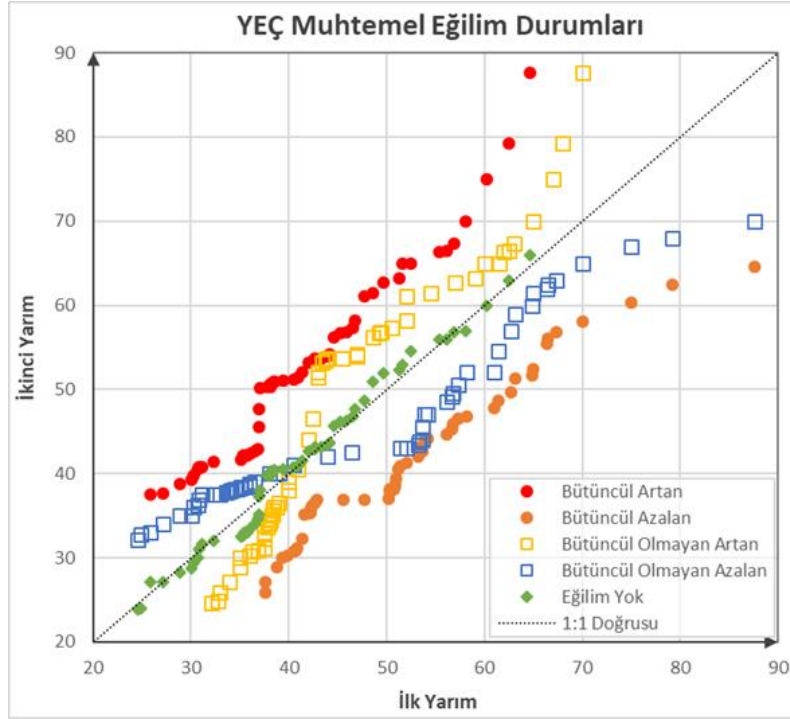
Bu çalışmanın ana hedefi Şen'in YEÇ yöntemini temel alarak geliştirilen yeni grafik yaklaşımı ile Kırklareli, Yalova ve Alanya meteoroloji gözlem istasyonlarından elde edilen yağış kayıtlarındaki eğilimleri belirlemektir. Önerilen yöntem ile klasik YEÇ yaklaşımının tüm uygulama adımları "Yöntem" başlığı altında ayrıntılı açıklanmıştır.

2. Yöntem

Meteorolojik, hidrolojik, su ve hava kalitesi gibi birçok ölçümde trend tespit çalışmaları otuz yıldan beri literatürde yoğun biçimde yer almaktadır. Mann-Kendall yöntemi dışında lineer regresyon analizi, Sen'in eğim trend testleri ve son zamanlarda YEÇ yaklaşımı dünyanın farklı noktalarında yaygın şekilde kullanılmaktadır.

Şen'in YEÇ yöntemi görsel açıdan bütüncül veya bütüncül olmayan eğilim tanımlaması yaparak büyük avantajlar sunmaktadır. Diğer taraftan MK testi sadece bütüncül olarak eğilimleri belirlemektedir. YEÇ yönteminde beş farklı trend türü bulunurken başta MK testi olmak üzere diğer yöntemler ise azalan, artan ve trend olmayan koşulları içeren üç trend türünü ortaya çıkarmaktadır. YEÇ yaklaşımı kabule dayanmaksızın uygulamaya imkân tanırken MK yöntemi normal dağılım kabulü başta olmak üzere birtakım kabullere göre hareket etmektedir. Ayrıca, YEÇ yaklaşımı MK testinden farklı olarak verilerin grafikteki dağılımı üzerinden görsel sonuçlar sunmaktadır (Şekil 1).

YEÇ yaklaşımının uygulanması için öncelikle eldeki kayıtlar zamansal olarak birinci (önceki) ve ikinci (sonraki) yarım adıyla ikiye bölünür ve ardından bu iki grup azalan (veya artan) şekilde sıralanır. Sıralanmış verilerin Kartezyen koordinat sistemi üzerindeki dağılımı ve aynı grafikteki 1:1 doğrusuna göre karşılaştırması yapılır. Saçılan noktaların 1:1 doğrusu üstünde veya etrafında olması durumunda zaman serisi için "trend yok" kararı verilir. Aksi takdirde dağılan noktaların bu doğrunun yukarısında veya altında konumlanması halinde sırasıyla artan eğilim veya azalan eğilim vardır kararı verilir. Sonuç olarak, YEÇ yöntemi kapsamında zaman serileri için olası beş trend türü vardır; bütüncül artan ve azalan trend, bütüncül olmayan artan ve azalan trend ve eğilim yok durumları. Bütüncül trend durumuna karar vermek için verilerin tümünden azalan trend veya artan trend veya trend yok karakterinde olması gerekmektedir. Bütüncül olmayan trend halinde ise veriler tümünden aynı trend karakterine sahip değildir ve verilerin bir kısmı azalan bir kısmı artan veya trend yok durumuna sahiptir (Şekil 1).



Şekil 1: 1:1 Doğrusuna göre eğilim durumları (Şen 2012)

Trend analizi konusuna farklı bir bakış açısı kazandıran YEÇ yaklaşımı bahsedilen trend tiplerini belirlemesine rağmen veri sayısını gösterememektedir. Bu çalışmada sunulan yöntem YEÇ yönteminden yola çıkılarak geliştirilmiştir ve beş trend halini ortaya çıkarmakla kalmayıp aynı zamanda veri sayısını da açıkça göstermektedir. İlk iki aşaması YEÇ yaklaşımı gibi olan geliştirilmiş yöntemin uygulama adımları aşağıda sıralanmıştır.

$$1) \text{ Veri sayısı } n \text{ olan bir veri topluluğu, } x_1, x_2, \dots, x_n, \{y_{1,n/2}\} \text{ ve } \{y_{2,n/2}\} \text{ olmak üzere iki yarıma ayrılınsın,} \\ \{y_{1,n/2}\} = \{x_1, x_2, \dots, x_{n/2}\} \quad (1)$$

ve

$$\{y_{2,n/2}\} = \{x_{n/2+1}, x_{n/2+2}, \dots, x_n\} \quad (2)$$

$$2) \text{ Aynı sayıda veriye sahip iki yarım grup } \{r_1\} \text{ ve } \{r_2\} \text{ adıyla azalan düzende sıralansın,} \\ \{r_1\} = \{\min(y_{1,n/2}), \dots, y_i, \dots, \max(y_{1,n/2})\} \quad (1 < i < n/2) \quad (3)$$

ve

$$\{r_2\} = \{\min(y_{2,n/2}), \dots, y_j, \dots, \max(y_{2,n/2})\} \quad (1 < j < n/2) \quad (4)$$

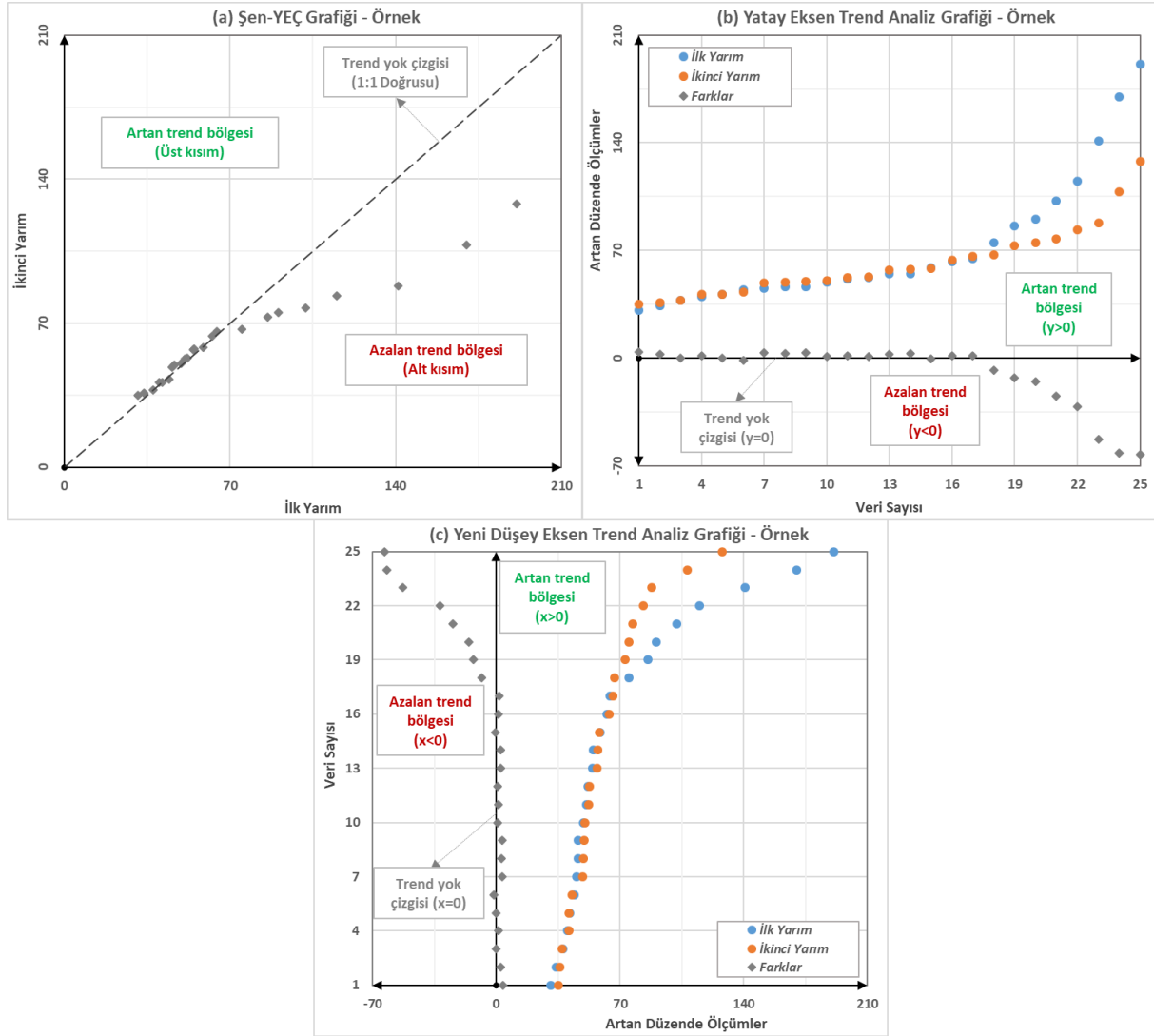
3) Sıralanmış $\{r_1\}$ ve $\{r_2\}$ serileri, değerleri yatay eksen ve veri sayısı, 1, 2, 3, ..., (n/2)-1, n/2, dikey eksen olacak biçimde noktalanır,

4) Aynı şekilde sıralı verilerin fark değerleri ($\{r_2\} - \{r_1\}$) de yatay eksen ve fark değer sayısı, 1, 2, 3, ..., (n/2)-1, n/2, dikey eksen olacak şekilde noktalanır,

5) Tüm fark değerlerinin dikey eksen üzerine düşmesi durumunda zaman serisinde bir eğilim yoktur denir,

6) Fark değerler dikey eksenin sol (azalan trend bölgesi) veya sağ (artan trend bölgesi) tarafında ise bir eğilim vardır denir. Sonuçta, bu yöntemde trend türü fark değerlerin görsel olarak dikey eksen ($x=0$ doğrusu) referansla nasıl konumlandığına göre ortaya çıkar.

Klasik YEC (Şen 2012), yatay eksen trend analiz grafiği (Güçlü 2020) ve bu çalışmada önerilen dikey eksen trend analiz yöntemi aynı hipotetik verilere göre çizilerek ve karşılaştırılarak Şekil 2'de sunulmuştur. Şekil 2c'de $x=0$ çizgisi (dikey eksen) YEC'in 1:1 doğrusu gibi çalışmaktadır. y ekseninin ($x=0$) sağ (sol) tarafı artan (azalan) trend bölgesini ifade eder ve dikey eksen etrafındaki veya üzerindeki fark değerler ilgili zaman dizisi için trend olmadığını gösterir. Önerilen trend yönteminin YEC ile karşılaştırıldığında herhangi bir olumsuzluk söz konusu değildir. Önerilen yaklaşım, Güçlü'nün yatay trend grafiği (Şekil 2b; Güçlü 2020) gibi veri sayısını da ortaya koymaktadır. Şekil 2c'den görüleceği üzere düşük veri sayısı, yüksek veri sayısından çok daha fazladır, ancak klasik YEC'te kaç verinin olduğunu görmek imkânsızdır. Şekil 2a'da görüldüğü gibi sanki düşük değerler az, yüksek değerler çok sayıdadır.



Şekil 2: YEC (a), yatay (b) ve dikey (c) eksenlerde örnek trend analizi

3. Uygulama

Türkiye dört iklim tipine sahiptir ve ılıman ile tropik altı kuşak arasında yer almaktadır. Karadeniz kıyılarında yıl boyunca nemli hava kütesinin Karadeniz bölgesini etkilemesi nedeniyle her mevsim yağışlıdır. Akdeniz iklimi kışları yağışlı-ılık ve yazları kurak-sıcaktır. Akdeniz iklimi Türkiye'nin Güney ve Batı kıyı kesimlerinde her zaman hâkimdir. Marmara bölgesi Karadeniz ve Akdeniz arasında geçiş iklimine sahiptir. Karadeniz ile Ege Denizi'ni birbirine bağlayan Marmara Denizi'nin kıyı bölgeleri kışları yağışlı, serin-soğuk ve yazları orta derecede kurak, ılık-sıcaktır. Son olarak, Orta ve Doğu Anadolu ile Güneydoğu Anadolu'nun büyük bir bölümünde kışları karlı-soğuk, yazları ise kuru-sıcak geçen karasal iklim tipi hâkimdir. Bu çalışmada kullanılacak veriler yılın en yüksek günlük toplam yağış değerleridir (milimetre) ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından 1966-2015 yılları boyunca (toplam 50 yıl) Türkiye'nin farklı konumlarında yer alan Kırklareli, Yalova ve Alanya istasyonlarından elde etmiştir (Tablo 1 ve Şekil 3). Veri takımlarına ait en küçük, en büyük, ortalama ve medyan değerlerinin yanında standart sapma, otokorelasyon katsayısı (R) ve R^2 gibi istatistiksel ifadeler Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 1: İstasyonların coğrafik verileri

İstasyon Adı	Enlem	Boylam	Rakım (m)
Kırklareli	41,7382	27,2178	232
Yalova	40,6589	29,2796	4
Alanya	36,5507	31,9803	6

Tablo 2: Verilere ait istatistiki değerler

İstasyon Adı	En Küçük	En Büyük	Ortalama	Medyan	Standart Sapma	R	R ²
Kırklareli	25,9	105,4	51,63	48,35	15,41	-0,00624	0,00004
Yalova	30,5	184,1	61,79	54,40	33,75	-0,17908	0,03207
Alanya	38,9	266,5	114,88	104,45	43,06	-0,05943	0,00353

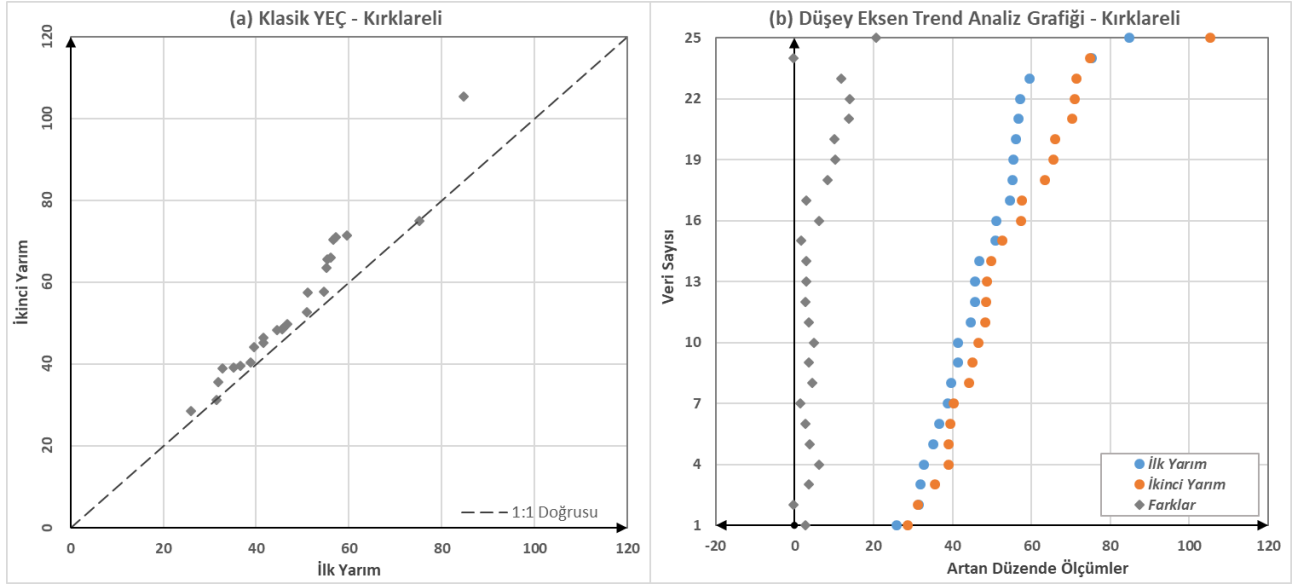


Şekil 3: Yağış ölçüm istasyonlarının konumları

Uygulama için 1966-2015 arasında 50 yıllık veri dikkate alınmıştır ve her yılın en yüksek günlük yağış ölçümü üzerinde çalışılmıştır. İlk (önceki) yarım 1966 ile 1990 arasındaki 25 yılı kapsarken, ikinci (sonraki) yarım 1991-2015 aralığını içermektedir. Artan düzende sıralanan yarım zaman dizileri hem klasik hem de modern grafik yöntemlere göre eğilim testine tabi tutulmuştur ve Şekil 4-6'da sonuçlar sunulmuştur. Bu şekillerden açığa çıkan sonuçlara göre verilerin eğilim durumları elde edilirken önerilen yöntem ile klasik YEC yaklaşımının karşılaştırmaları yapılmıştır.

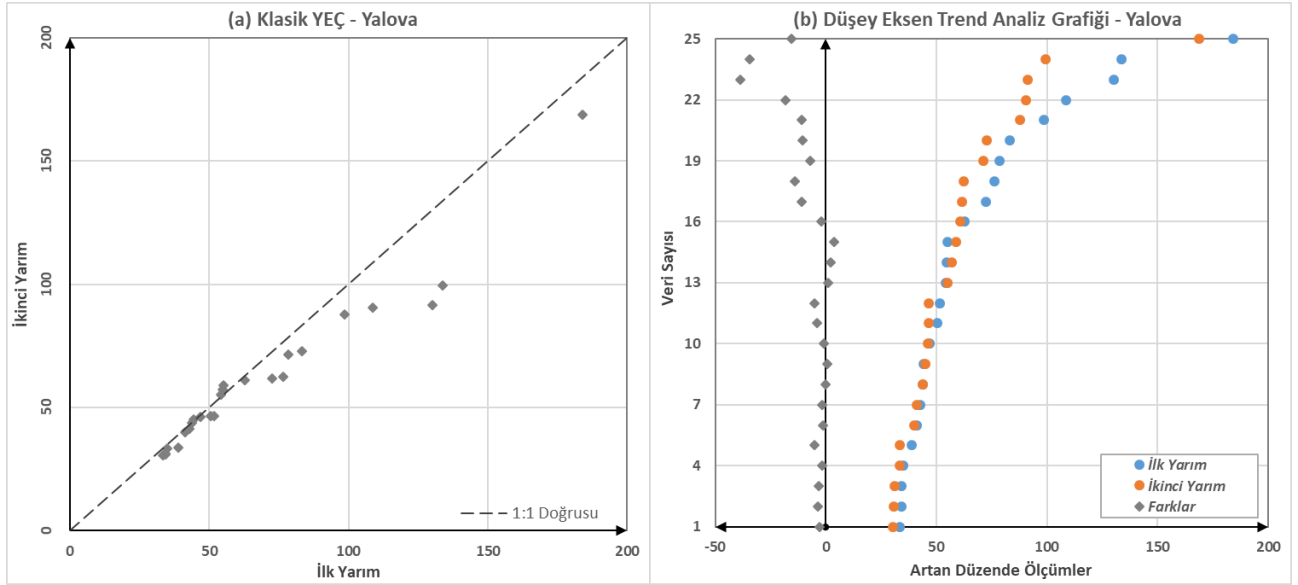
Uygulamalarda homojen veya homojen olmayan dağılım yorumunda bulunabilmek için veri alt grupları değere göre değil veri sayısına göre düşünülmüştür. Buna göre her bir alt grup toplam, veri sayısının 1/3'üne tekabül edecek biçimde sınıflandırılmıştır. Dolayısıyla aynı sayıda noktaya sahip veri gruplarının taradığı değer aralığı birbirine göre farklı ise homojen dağılımdan bahsetmek mümkün değildir. Ters durumda verilerin homojen dağıldığına hükmedilebilecektir.

Kırklareli yağış ölçüm istasyonu kayıtları, önerilen ve klasik YEC tipine göre belirgin ve bütüncül bir artış eğilimine sahiptir (Şekil 4). Ayrıca önerilen yaklaşım fark değerlerin dikey eksenin sağ tarafında dağıldığını göstermektedir (Şekil 4b). Bu çalışmada sunulan yaklaşım sayesinde ve bir tane uç değer ihmal edildiğinde Kırklareli verilerinin tüm alt gruplara (düşük, orta, yüksek) homojen dağıldığı görülmektedir.

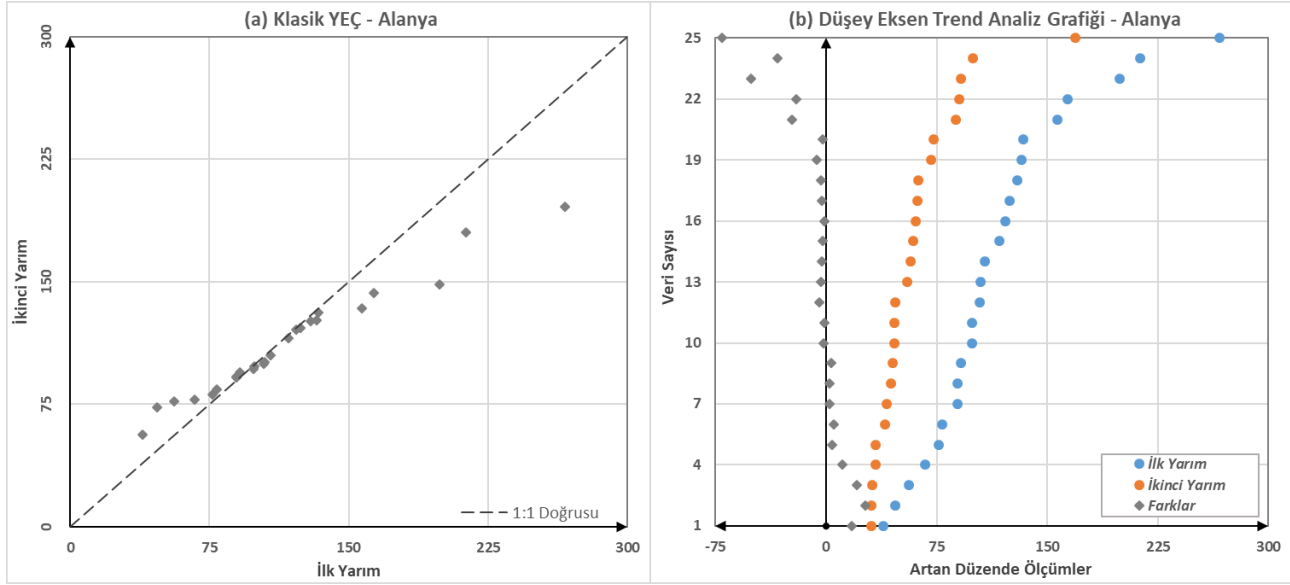


Şekil 4: Kırklareli verileri için klasik YEC (a) ve önerilen yaklaşıma (b) göre eğilim çözümü

Yalova ve Alanya istasyonu verilerinde yüksek değerler azalan eğilime sahipken düşük değerlerin farklı bir eğilim tipini içermesi nedeniyle bütüncül olmayan eğilim hali elde edilmiştir (Şekil 5 ve 6). Diğer bir ifadeyle, bu iki istasyondaki veriler tümünden aynı trend karakterine sahip değildir. Yalova kayıtlarının düşük değerlerinde trend yoktur ve Alanya istasyonunun düşük değerlerinde her iki yöntemde de açık bir şekilde artış trendi bulunmaktadır. Ancak, bu çalışmada tavsiye edilen trend analiz yöntemi hem veri sayısını hem de değer aralığını açıkça yansıttığından (Şekil 5b ve 6b) ötürü sadece değer aralığını gösteren klasik YEC'e (Şekil 5a ve 6a) göre zaman serisinde daha fazla bilgiyi ortaya çıkarmıştır.



Şekil 5: Yalova verileri için klasik YEC (a) ve önerilen yaklaşıma (b) göre eğilim çözümü



Şekil 6: Alanya verileri için klasik YEC (a) ve önerilen yaklaşıma (b) göre eğilim çözümlemesi

4. Sonuç

Klasik trend yaklaşımları olan Mann (1945)-Kendall (1975) test metodu, Sen (1968)'in eğim tahmincisi ve lineer regresyon analizi trend test yöntemi (Haan, 1977) sadece bütüncül trendleri tespit etmektedir. Ancak YEC yöntemi (Şen 2012) eğilimleri görselleştirerek hem bütüncül hem de bütüncül olmayan biçimde belirlemektedir. Bu çalışmada önerilen grafik yöntem YEC yaklaşımına olumlu katkı sunmaktadır. Eğilim hakkında daha fazla bilgi ortaya çıkarmak için önerilen bu yöntem veri sayısını açıkça göstermektedir.

Her iki yaklaşımın sonuçları karşılaştırıldığında önerilen trend analizi grafiğinin önemi net biçimde ortaya çıkmıştır. Yeni yöntem klasik YEC gibi Kırklareli yağış istasyonu verilerinde bütüncül artan trendi tespit ederken aynı zamanda verilerin minimumdan maksimuma homojen dağıldığını ortaya koymuştur. Son olarak, Alanya ve Yalova istasyon ölçümlerinin yüksek değerleri artış trendine girmiştir ancak düşük değerlerin eğilimleri farklı şekilde ortaya çıkmıştır. Bununla birlikte, YEC grafiğinde özellikle de yüksek değerlerin geniş aralıkta dağılmasına rağmen dikey eksen trend analiz grafiğinde verilerin sayısı açıkça gösterildiği için eğilimin tüm veriler üzerinde baskın olmadığı belirlenmiştir.

Kaynaklar

- Alashan S., (2018), *An improved version of innovative trend analyses*, Arab J Geosci, 11(3), 50, doi: 10.1007/s12517-018-3393-x.
- Alashan S., (2020), *Combination of modified Mann-Kendall method and Şen innovative trend analysis*. Engineering Reports, 2(3), e12131, doi: 10.1002/eng2.12131.
- Chiew F.H.S., McMahon T.A., (1993), *Detection of trend or change in annual flow of Australian rivers*, Int. J. of Climatology, 13, 643-653.
- Cui L., Wang L., Lai Z., Tian Q., Liu W., Li J., (2017), *Innovative trend analysis of annual and seasonal air temperature and rainfall in the Yangtze River Basin, China during 1960–2015*, J Atmos Sol-Terr Phy, 164, 48-59.
- Dabanlı İ., Şen Z., Yeleğen M.Ö., Şişman E., Selek B., Güçlü Y.S., (2016), *Trend assessment by the innovative-Şen method*, Water Resour Manag, 30(14), 5193–5203.
- Dabanlı İ., Şişman E., Güçlü Y.S., Birpınar M.E., Şen Z., (2021), *Climate change impacts on sea surface temperature (SST) trend around Turkey seashores*, Acta Geophysica, 69(1), 295-305.
- Ghate A.S., Timbadiya P.V., (2021), *Comprehensive Extreme Rainfall Analysis: A study on Ahmedabad region, India*, ISH Int J Hydraulic Eng., doi: 10.1080/09715010.2021.1905566.
- Gocic M., Trajkovic S., (2013), *Analysis of changes in meteorological variables using Mann-Kendall and Sen's slope estimator statistical tests in Serbia*. Global and Planetary Change, 100, 172-182.
- Güçlü Y.S., (2018a), *Alternative Trend Analysis: Half Time Series Methodology*, Water Resources Management, 32, 2489–2504.
- Güçlü Y.S., (2018b), *Fundamentals and applications of comparative innovative trend analysis*, J Nat Hazards Environ., 4(2), 182-191.
- Güçlü Y.S., (2018c), *Multiple Şen-innovative trend analyses and partial Mann-Kendall test*, J Hydrol, 566, 685-704.
- Güçlü Y.S., Şişman E., Dabanlı İ., (2020), *Innovative triangular trend analysis*, Arabian Journal of Geosciences, 13, 27, doi: 10.1007/s12517-019-5048-y.
- Güçlü Y.S., (2020), *Improved visualization for trend analysis by comparing with classical Mann-Kendall test and ITA*, J Hydrol, 584, 124674, doi: 10.1016/j.jhydrol.2020.124674.
- Haan C. T., (1977), *Statistical Methods in Hydrology*, The Iowa State University Press, Ames, Iowa, 378ss.
- Hamed K.H., Rao A.R., (1998), *A modified Mann-Kendall trend test for autocorrelated data*, Journal of Hydrology, 204, 182-196.

- Jhajharia D., Shrivastava S.K., Sarkar D., Sarkar S., (2009), *Temporal characteristics of pan evaporation trends under the humid conditions of northeast India*, Agricultural and Forest Meteorology, 149, 763–770.
- Jones V.J.R., Schwartz J.S., Ellis K.N., Hathaway J.M., Jawdye C.M., (2015), *Temporal variability of precipitation in the Upper Tennessee*, Journal of Hydrol: Regional Studies, 3, 125–138.
- Kendall M.G., (1975), *Rank Correlation Method*, Charless Griffin, London, 202ss.
- Mann H.B., (1945), *Nonparametric tests against trend*, Econometrica, 13, 245–259.
- Mohorji A.M., Şen Z., Almazroui M., (2017), *Trend Analyses Revision and Global Monthly Temperature Innovative Multi-Duration Analysis*, Earth Syst and Environ, 1(1), 9, doi: 10.1007/s41748-017-0014-x.
- Nalley D., Adamowski J., Khalil B., Ozga-Zielinski B., (2013), *Trend detection in surface air temperature in Ontario and Quebec, Canada during 1967–2006 using the discrete wavelet transform*, Atmospheric Research, 132–133, 375–398.
- Saplioglu K., Kilit M., Bekir Yavuz K., (2014), *Trend Analysis of Streams in the Western Mediterranean Basin of Turkey*, Fresenius Environmental Bulletin, 23(1A), 313-324.
- Sen P.K., (1968), *Estimates of the regression coefficient based on Kendall's Tau*, Journal of the American Statistical Association, 63(324), 1379–1389.
- Sonali P., Kumar Nagesh D., (2013), *Review of trend detection methods and their application to detect temperature changes in India*, Journal of Hydrology, 476, 212-227.
- Şen Z., (2012), *Innovative Trend Analysis Methodology*, J. Hydrol. Eng., 17(9), 1042–1046.
- Şen Z., (2014), *Trend Identification Simulation and Application*, Journal of Hydrologic Engineering, 19(3), 635-642.
- Şen Z., (2017a), *Innovative trend significance test and applications*, Theor. Appl. Climatol., 127(3-4), 939–947.
- Şen Z., (2017b), *Innovative trend methodologies in science and engineering*, Springer International Publishing, Heidelberg, Germany, 349ss.
- Taylor C.H., Loftis J.C., (1989), *Testing for trend in lake and groundwater quality time series*, Water Resources Bulletin, 25(4), 715-726.
- Timbadiya P.V., Mirajkar A., Patel P., Porey P., (2013), *Identification of trend and probability distribution for time series of annual peak flow in Tapi Basin, India*, ISH Int J Hydraulic Eng, 19(1), 11-20.