ANADOLU UNIVERSITY | GRADUATE SCHOOL OF EDUCATIONAL SCIENCES

AJESI

ANADOLU JOURNAL OF EDUCATIONAL SCIENCES INTERNATIONAL

DOI: 10.18039/ajesi.962653

Normal Distribution Dilemma[1]

İbrahim UYSAL[2], Abdullah Faruk KILIÇ[3]

Date Submitted: *05.07.2021* ***Date Accepted:*** *27.12.2021* ***Type[4]:*** *Research Article*

Abstract

Researchers examine assumptions before performing most hypothesis testing. A common assumption is that the data are normally distributed. However, normality tests and descriptive statistics often create dilemmas for researchers, making it difficult to decide whether the data is normally distributed. The aim of the study was to compare univariate normality tests (Anderson-Darling, Cramer-von Mises, Jarque-Bera, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors, Pearson chi-square, Shapiro-Francia and Shapiro-Wilk) and descriptive statistics used for normality (standard values of skewness and kurtosis coefficients, skewness coefficient/standard error) according to the value of skewness, sample size, and the continuous-categorical status of the data. The research was a Monte Carlo simulation study. The simulation conditions were determined by the skewness coefficient (-2.5, -1.0, 0.0, 1.0, and 2.5), sample size (20, 30, 50, 100, 500, 1000, and 5000), and continuous or ordinal (number of categories 2, 3, 4, 5, and 7) status of the data. In the study, 210 simulation conditions were studied with fully crossed design. The evaluation criteria were determined as type-1 error and power. As a result of the research, it was determined that Jarque–Bera, the standard value of the skewness coefficient, skewness coefficient/standard error and the standard value of the kurtosis coefficients showed a better performance in terms of type-1 error. In terms of power, there was decrease in the power of all methods when the sample size was small, the data type was continuous, and the skewness coefficient was -1 or +1.

Keywords: normal distribution, normality tests, skewness and kurtosis

Cite: Uysal, İ., & Kılıç, A. F. (2022). Normal distribution dilemma. *Anadolu Journal of Educational Sciences International, 12*(1), 220-248. https://doi.org/10.18039/ajesi.962653

[1] This study was presented as an oral presentation at the National Congress of Measurement and Evaluation Practices in Education in 2021.

[2] (Corresponding author) Res. Assist. Dr., Bolu Abant Izzet Baysal University, Faculty of Education, Department of Educational Sciences, Turkey, ibrahimuysal06@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-6767-0362

[3] Res. Assist. Dr., Adıyaman University, Faculty of Education, Department of Educational Sciences, Turkey, abdullahfarukkilic@gmail.com, https://orcid.org/0000-0003-3129-1763

ANADOLU JOURNAL OF EDUCATIONAL SCIENCES INTERNATIONAL

AJESI

DOI: 10.18039/ajesi.962653

Normal Dağılım İkilemi[1]

İbrahim UYSAL[2], Abdullah Faruk KILIÇ[3]

Gönderim Tarihi: *05.07.2021* ***Kabul Tarihi:*** *27.12.2021* ***Türü[4]:*** *Araştırma Makalesi*

Öz

Araştırmacılar, çoğu hipotez testinden önce testin varsayımlarını incelemektedir. Sıklıkla karşılaşılan bir varsayım ise verinin normal dağılım göstermesidir. Ancak normallik testleri ve betimsel istatistikler çoğunlukla araştırmacıları ikileme düşürerek verinin normal dağılıp dağılmadığıyla ilgili karar almasını zorlaştırmaktadır. İşte bu yönde araştırmanın amacı çarpıklık katsayısı, örneklem büyüklüğü ve verinin sürekli–sıralı olma durumuna göre tek değişkenli normallik testlerini (Anderson-Darling, Cramer-von Mises, Jarque-Bera, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors, Pearson ki kare, Shapiro-Francia ve Shapiro-Wilk) ve normallik için kullanılan betimsel istatistikleri (çarpıklık katsayısının standart değeri, basıklık katsayısının standart değeri, çarpıklık katsayısı/standart hata) karşılaştırmaktır. Araştırma bir Monte Carlo simülasyon çalışmasıdır. Simülasyon koşulları çarpıklık katsayısı (-2.5, -1.0, 0.0, 1.0, 2.5), örneklem büyüklüğü (20, 30, 50, 100, 500, 1000 ve 5000) ve verinin sürekli ya da sıralı (kategorisi sayısı 2, 3, 4, 5 ve 7) olması olarak belirlenmiştir. Araştırmada tamamen çaprazlanmış desenle 210 simülasyon koşulu üzerinde çalışılmıştır. Değerlendirme ölçütleri 1. tip hata ve güç olarak belirlenmiştir. Araştırma sonucunda 1. tip hata açısından Jarque–Bera, çarpıklık katsayısının standart değeri, çarpıklık katsayısı/standart hata ve basıklık katsayısının standart değerinin koşulların çoğunda diğer yöntemlere göre daha düşük 1. tip hata ve daha yüksek güç değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Örneklemin küçük, veri tipinin sürekli, çarpıklık katsayısının -1 ya da +1 olduğu koşullarda tüm yöntemlerin gücünde düşüş gözlenmiştir.

Anahtar kelimeler: çarpıklık ve basıklık, normal dağılım, normallik testleri

Atıf: Uysal, İ. ve Kılıç, A. F. (2022). Normal dağılım ikilemi. *Anadolu Journal of Educational Sciences International, 12*(1), 220-248. https://doi.org/10.18039/ajesi.962653

[1] Bu çalışma Eğitimde Ölçme Değerlendirme Uygulamaları Ulusal Kongresi 2021'de sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

[2] (Sorumlu Yazar) Dr. Arş. Gör., Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Eğitim Bilimleri Bölümü, Türkiye, ibrahimuysal06@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-6767-0362

[3] Arş. Gör. Dr., Adıyaman Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Eğitim Bilimleri Bölümü, Türkiye, abdullahfarukkilic@gmail.com, https://orcid.org/0000-0003-3129-1763

Giriş

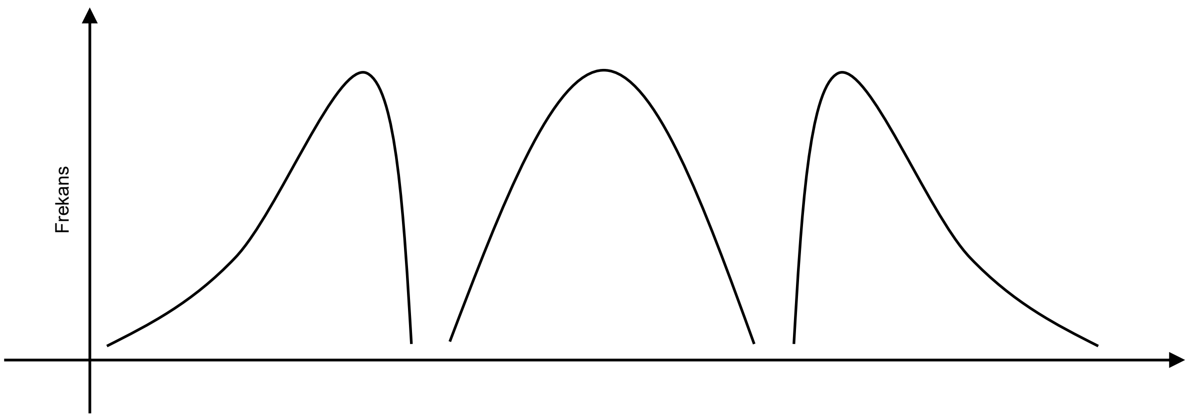
Literatürde sıklıkla kullanılan korelasyon, t testi, varyans analizi (ANOVA) ve kovaryans analizi (ANCOVA) gibi parametrik testlerin temel varsayımlardan birisi normal dağılımdır. İncelenen değişkenin normal dağılması, yansız parametre kestirimi yapılmasında kilit rol oynamaktadır (Field, 2018). Çünkü parametrik test istatistikleri genellikle normal dağılıma dayalı olarak hesaplanmaktadır. İstatistiksel tekniklerin geçerliğinin varsayımların karşılanmasına bağlı olduğu düşünüldüğünde tek değişkenli normalliğin doğru bir şekilde belirlenmesi oldukça önem arz etmektedir (Oppong ve Agbedra, 2016). Dahası tek değişkenli normalliğin belirlenmesi çok değişkenli analizler için de bir ön adımdır. Her analizde incelenen değişkenin normal dağılım göstermesi bir varsayım olarak yer almasa bile değişkenlerin normalliğinin sağlanması çözümü daha iyi hale getirmektedir. Yani çıkarımlar daha sağlıklı yapılabilmektedir (Tabachnick ve Fidell, 2013).

Normal dağılım eğrisi simetrik ve çan şeklindedir. Normal dağılım eğrisinin ortasında en yüksek frekansı gösteren puan, uçlarda ise daha az frekans gösteren puanlar yer almaktadır (Pallant, 2016). Normallik test edilirken betimsel istatistiklerden (çarpıklık ve basıklık katsayıları vb.), grafiklerden (normal dağılım eğrisi ile histogram, normal Q-Q grafiği, gövde-yaprak diyagramı, kutu grafiği [boxplot] vb.) ya da hipotez testlerinden (Kolmogorov-Smirnov, Shapiro Wilk vb.) yararlanılmaktadır (Pituch ve Stevens, 2016). Literatürde tek değişkenli normalliğin belirlenmesinde kullanılabilecek yaklaşık 40 yöntemden söz edilmektedir (Thode, 2002).

Normalliğin iki bileşeninin çarpıklık ve basıklık olduğu belirtilebilir. Çarpıklık dağılımların simetrik olma durumuyla ilgili olup eğer dağılımın ortalaması 0'ın sağında ve puanlar sağa yığılmışsa dağılım sola çarpık (kuyruk solda uzun, negatif çarpık), solunda ise dağılım sağa çarpıktır (kuyruk sağda uzun, pozitif çarpık). Şekil 1'de sırasıyla sola çarpık, normal ve sağa çarpık üç eğri yer almaktadır. Basıklık ise dağılımın sivriliği ile ilgili olup sivri (basıklık değeri 0'ın üzerindeyse) ya da neredeyse düz (basıklık değeri 0'ın altında, kuyruklarda veri yoğunluğu fazla) dağılımlarla karşılaşılabilmektedir (Tabachnick ve Fidell, 2013). Çarpıklık ve basıklık 0 olduğunda ise dağılımın normal olduğu belirtilebilir.

Şekil 1

Dağılımlar



Dağılımın normalliğini göstermek üzere çarpıklık ve basıklık katsayıları ile ilgili olarak literatürde belirli kesme noktalarına yer verilmiştir. Buna göre eğer dağılım normal ise çarpıklık ve basıklık katsayılarının -1 ile 1 aralığında olması gerektiği eğer çarpıklık katsayısı -1 ile 1 aralığında ise basıklık katsayısının -2 ile 2 aralığında, eğer basıklık katsayısı -1 ile 1 aralığında ise çarpıklık katsayısının -2 ile 2 aralığında olabileceği belirtilmektedir (George ve Mallery, 2001; Leech ve diğerleri, 2005). Bunun yanı sıra Tabanchnick ve Fidell (2013) örneklem küçük ya da orta büyüklükte olduğunda çarpıklık ve basıklık katsayılarının standart değerlerine göre normalliğe karar verilebileceğini belirtmektedir. Ancak örneklem büyüdüğünde standart hatalar azalmakta bu durumda ise normallikten küçük sapmalar bile çarpıklık ve basıklık katsayılarının standart değerlerine göre dağılımın normal olmadığı çıkarımına yol açmaktadır. Bu tür durumlarda veriye ilişkin grafiği incelemek iyi bir seçenek olabilir. Histogramlar normalliği değerlendirmede kullanılan önemli bir grafiksel yöntemdir. Normal olasılık grafikleri (normal Q-Q plot) ve eğimli normal olasılık grafikleri (detrended Q-Q plot) normalliği değerlendirmede oldukça kullanışlıdır. Bunların yanında kutu grafiği medyan çevresindeki değerleri gösteren ve normalliği değerlendirmede kullanılabilecek basit bir yaklaşımdır (Tabachnick ve Fidell, 2013). Ancak verinin normalliği belirlenirken grafiklerden yararlanmanın da belirli sınırlılıkları bulunmaktadır. Küçük ve orta büyüklükteki örneklemlerde verinin normal dağılıp dağılmadığını grafiklerle belirlemek zordur (Stevens, 2009).

Normallik değerlendirilirken hipotez testlerinden yararlanılabilmektedir. Araştırmalarda sıklıkla kullanılan istatistik paket programlarında (örn. SPSS) Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk testlerinin yer aldığı görülmektedir. Kolmogorov-Smirnov testinde eğer dağılım normal ise sonuçların anlamlı çıkmaması beklenmektedir. Yani sıfır hipotezi reddedilmelidir. Nitekim bu durum dağılımın normalliğini göstermektedir. Ancak Kolmogorov-Smirnov yöntemi örneklem büyüdüğünde normalliği reddetme eğilimine girmektedir (Pallant, 2016). Shapiro Wilk yönteminin ise sadece küçük örneklemlerde istatistiksel olarak güçlü olduğu bilinmektedir (Pituch ve Stevens, 2016). Ancak hipotez testleri yukarıda sözü edilen iki test ile sınırlı değildir. Normalliği test ederken kullanılabilecek istatistik paket programlarında yer verilmediğinden daha az sıklıkla kullanılan çok sayıda hipotez testi bulunmaktadır. Bu testlerden bazıları Anderson-Darling, Cramer-von Mises, Jarque-Bera, Lilliefors, Pearson ki kare ve Shapiro-Francia'dır. Aşağıda bu yöntemlere ilişkin detaylı bilgi sunulmaktadır.

Kavramsal Çerçeve ve Literatür

Bu çalışmada kullanılan normallik belirleme yöntemleri bu başlık altında kısaca tanıtılmıştır. Çalışma kapsamında incelenen Anderson-Darling yönteminde normallik testi için

$$A^2 = -n - n^{-1}\sum_{i=1}^{n}[2i-1]\left[log\left(p_{(i)}\right) + log\left(1 - p_{(n-i+1)}\right)\right] \qquad 1$$

istatistiği kullanılmaktadır (Anderson ve Darling, 1954; Thode, 2002). Burada n örneklem büyüklüğünü, i ise her bir veriyi ifade etmektedir. Anderson-Darling yönteminde $A^{2*} = (1 + \frac{0.75}{n} + \frac{2.25}{n^2})A^2$ eşitliği kullanılarak düzeltme yapılmakta ve elde edilen değer Stephens (1974) tarafından verilen tablo değeri ile karşılaştırılmaktadır.

Cramer-von Mises yönteminde,

$$W^2 = \frac{1}{12n} + \sum\left(p(i) - \frac{2i-1}{2n}\right)^2 \qquad 2$$

istatistiği kullanılmaktadır. Burada n örneklem büyüklüğünü, *p(i)* kümülatif dağılım fonksiyonunu, i ise her bir veriyi ifade etmektedir. $W^{2*} = (1 + \frac{0.5}{n})W^2$ eşitliği kullanılarak düzeltme yapılmakta ve elde edilen W^{2*} değeri Stephens (1974) tarafından verilen tablo değeri ile karşılaştırılarak farkın anlamlı olup olmadığı incelenmektedir (Thode, 2002).

Kolmogorov-Smirnov yönteminde,

$$D^{+} = mak_{i=1,\dots,n}\left[\frac{i}{n} - p_{(i)}\right] \quad 3$$

$$D^{-} = mak_{i=1,\dots,n}\left[p_{(i)} - \frac{i-1}{n}\right] \quad 4$$

$$D = ma\,k[D^{+}, D^{-}] \quad 5$$

istatistikleri kullanılmaktadır. D^{+} ve D^{-} değerleri hesaplanarak bunlardan en büyük olanı *D* istatistiği olarak ele alınmaktadır. Burada i verileri, *n* örneklem büyüklüğünü ifade etmektedir. Bu *D* değeri Stephens (1974) tarafından verilen tablo değeri ile karşılaştırılarak *D*'nin anlamlılığı bulunmaktadır. Kolmogorov-Smirnov testi özünde; ampirik dağılım fonksiyonu ile veriden elde edilen kümülatif dağılım fonksiyonu karşılaştırmaktadır. Bu karşılaştırma sonucunda noktaların birbirlerine göre uzaklıkları dikkate alınmaktadır. Ampirik dağılım fonksiyonu ile kümülatif dağılım fonksiyonlarının birbirine benzerliği arttıkça hesaplanan D istatistiği de 0'a yakın olmaktadır (Thode, 2002).

Lilliefors, evren ortalaması ve varyansının bilinmediği durumlar için Kolmogorov-Smirnov testine bir düzeltme önermiştir (Lilliefors, 1967). Buna göre,

$$D = mak_{x} = |\, F^{*}(x) - S_{N}(X)| \quad 6$$

eşitliği ile D değeri hesaplanmaktadır. Burada $S_N(X)$ örneklem yığılma fonksiyonu, $F^{*}(x)$ ise ortalaması $\bar{X}$, varyansı örneklemden elde edilen varyans olan yığılmalı normal dağılım fonksiyonunu ifade etmektedir. Buradan elde edilen *D* değeri tablodakinden büyükse bu durumda verinin normal dağılım göstermediği yorumu yapılmaktadır (Lilliefors, 1967).

Shapiro-Wilk yöntemi bu araştırmada 5000 örneklem büyüklüğüne kadar kullanılabilir olmasını sağlayan düzeltme (Royston, 1992) ile işe koşulmuştur. Shapiro-Wilk yönteminde,

$$W = \frac{(\sum a_i y_i)^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2} \quad 7$$

istatistiği kullanılmaktadır. Burada a_i, kovaryans matrisi *(V)* ile standart normal dağılım gösteren rassal bir değişken olan *m* vektörü ile hesaplanmaktadır. Ayrıntılı bilgi için Royston (1992) incelenebilir. *W* istatistiğindeki y_i ise inceleme yapılacak olan veri setinin sıralanmış formunu ifade etmektedir. Shapiro-Wilk yöntemi, gözlenen veri ile bu veriye karşılık gelen normal puanlar arasındaki korelasyona dayanmaktadır (Barton ve Peat, 2014).

Shapiro-Francia yöntemi Shapiro-Wilk yöntemine benzemektedir ve asimptotik olarak eşittir (Verrill ve Johnson, 1988). Buna göre düzeltilmiş *W* istatistiği;

$$W' = \frac{(\sum b_i y_i)^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2} \quad 8$$

şeklinde ifade edilmektedir. Burada b_i standart normal dağılım gösteren rassal bir değişken olan *m* vektörü ile elde edilmektedir. y_i ise inceleme yapılacak olan veri setinin sıralanmış formunu ifade etmektedir (Royston, 1992).

Jarque–Bera yönteminde;

$$LM = N\left[\frac{\left(\sqrt{b_1}\right)^2}{6} + \frac{b_2 - 3}{24}\right] \tag{9}$$

istatistiği kullanılmaktadır. Burada $\sqrt{b_1} = \frac{\hat{\mu}_3}{\hat{\mu}_2^{\frac{3}{2}}}$ ve $b_2 = \frac{\hat{\mu}_4}{\hat{\mu}_2^2}$ ile hesaplanmaktadır. Burada $\hat{\mu}$ ifadeleri, veri setindeki verilerin toplamı, örneklem büyüklüğü ve bunlar arasındaki ilişkiler üzerinden tanımlanmaktadır (Jarque ve Bera, 1987). Burada elde edilen istatistik ki-kare dağılımı gösterdiğinden serbestlik derecesi 2 olan ki-kare dağılımına göre elde edilen *LM* değerinin anlamlı olup olmadığı incelenmektedir.

Pearson ki-kare yönteminin Shapiro-Wilk yöntemi geliştirildikten sonra kullanımı azalsa da (Thode, 2002) bu araştırma kapsamında incelenmiştir. χ^2 uyum iyiliği testinde kullanılan istatistik;

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{k} \frac{(n_i - np_i)^2}{np_i} \tag{10}$$

şeklinde ifade edilmektedir (Thode, 2002). Bu testin uygulanabilmesi için veri seti *k* gruba ayrılmaktadır. Bu *k* grup içinde *i.* grupta bulunan kişi sayısı ise n_i ile ifade edilmektedir. p_i ise bir gözlemin *i.* sınıfta olma ihtimalidir.

Çarpıklık katsayısının standart değeri için;

$$z_{çarpıklık} = \frac{çarpıklık\ katsayısı}{\sqrt{\frac{6}{N}}} \tag{11}$$

eşitliği kullanılmıştır. Burada N örneklem büyüklüğünü ifade etmektedir. Eğer $|z_{çarpıklık}|$ belirlenen kritik değerden (α=0.05 için 1.96, α=0.01 için 2.58) büyükse bu durumda verinin normal dağılım göstermediği yorumu yapılmaktadır (Hair ve diğerleri, 2009). Bu çalışmada α=0.05'e karşılık gelen 1.96 değeri kesme noktası olarak alınmıştır.

Basıklık katsayısının standart değeri için;

$$z_{basıklık} = \frac{basıklık\ katsayısı}{\sqrt{\frac{24}{N}}} \tag{12}$$

eşitliği kullanılmıştır. Burada N örneklem büyüklüğünü ifade etmektedir. Eğer $|z_{basıklık}|$ belirlenen kritik değerden (α=0.05 için 1.96, α=0.01 için 2.58) büyükse bu durumda verinin normal dağılım göstermediği yorumu yapılmaktadır (Hair ve diğerleri, 2009). Bu çalışmada α=0.05'e karşılık gelen 1.96 değeri kesme noktası olarak alınmıştır.

Çarpıklık katsayısının standart hatasına bölünmesi (Çarpıklık katsayısı/Standart hata [ÇK/SH]) yöntemi de aslında çarpıklık katsayısının standart değeri yöntemine çok benzerdir.

Çarpıklık katsayısının standart değeri yönteminde paydada bulunan $\sqrt{\frac{6}{N}}$ ifadesi standart hatanın yaklaşık bir kestirimidir (Tabachnick ve Fidell, 2013). Bu nedenle standart hatanın doğru şekilde kestirilmesiyle elde edilen ÇK/SH yöntemi de araştırmaya eklenmiştir. Buna göre z istatistiği;

$$\frac{ÇK}{SH} = \frac{çarpıklık\ katsayısı}{\sqrt{\frac{6(N-2)}{(N+1)(N+3)}}} \qquad 13$$

şeklinde hesaplanmaktadır (Wright ve Herrington, 2011). Burada N örneklem büyüklüğünü ifade etmektedir. Bu çalışmada α=0.05'e karşılık gelen 2 değeri kesme noktası olarak alınmıştır (International Business Machines [IBM], 2021).

Araştırmanın Amacı ve Önemi

Araştırmanın amacı çarpıklık değeri, örneklem büyüklüğü ve verinin sürekli-sıralı olma durumuna (sıralı verilerde kategori sayısının değişimi de dikkate alınmaktadır) göre tek değişkenli normallik testleri (Anderson-Darling, Cramer-von Mises, Jarque-Bera, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors, Pearson ki kare, Shapiro-Francia ve Shapiro-Wilk) ve normallik için kullanılan betimsel istatistiklerin (çarpıklık ve basıklık katsayısının standart değerleri, çarpıklık katsayısı/standart hata) dağılımın normalliğini belirlemedeki etkililiğini incelemektir. Bu amaçla 1. tip hata ve güç değerlendirme ölçütü olarak kullanılmıştır. 1. tip hata veri gerçekte normal dağılıyorken hipotez testi sonucunda normal dağılmadığının bulunmasıdır. Güç ise veri gerçekte çarpıkken yani normal dağılmıyorken hipotez testi sonucunda dağılımın normal olmadığının bulunmasıdır. Alanyazın incelendiğinde tek değişkenli normallik için yukarıda anılan yöntemleri belirtilen koşullarda eş zamanlı olarak 1. tip hata ve güç açısından karşılaştıran başka bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Razali ve Wah (2011) örneklem büyüklüğünü (10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 100, 200, 300, 400, 500, 1000, 1500 ve 2000) değiştirerek Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors ve Anderson-Darling normallik testlerini güç açısından karşılaştırdıkları araştırma sonucunda Shapiro Wilk testinin gücü en yüksek test olduğunu ve bu testi sırasıyla Anderson-Darling, Lilliefors ve Kolmogorov-Smirnov testlerinin takip ettiğini belirlemiştir. Razali ve Wah (2011) araştırmalarında ayrıca küçük örneklemlerde Shapiro-Wilk testinin gücünün düşük olduğunu ve 30 ve altındaki örneklem büyüklüklerinde dört testten hiç birisinin etkili olmadığını belirtmiştir. Yap ve Sim (2011) örneklem büyüklüğünü değiştirerek (10, 20, 30, 50, 100, 300, 500, 1000 ve 2000) gerçekleştirdikleri Monte Carlo simülasyon çalışmasında sekiz hipotez testini (Shapiro–Wilk, Kolmogorov–Smirnov, Lilliefors, Cramer–von Mises, Anderson–Darling, D'Agostino–Pearson, Jarque–Bera ve ki kare) birbirleriyle güç açısından karşılaştırmıştır. Araştırma sonucunda simetrik ve kısa kuyruklu dağılımlarda gücü en yüksek olan iki yöntem Shapiro-Wilk ve D'Agostino–Pearson testleri olarak belirlenmiştir. Simetrik ve uzun kuyruklu dağılımlarda ise gücü en yüksek testler Jarque–Bera, D'Agostino–Pearson ve Shapiro–Wilk'tir. Simetrik olmayan dağılımlarda en güçlü test Shapiro-Wilk olup bu testi Anderson-Darling testi takip etmektedir. Öztuna ve diğerleri (2006), 1. tip hata ve güç açısından Lilliefors, Shapiro–Wilk, D'Agostino–Pearson ve Jarqua-Bera yöntemlerini karşılaştırdıkları araştırma sonucunda normal dağılımlar için Jarqua-Bera ve normal olmayan dağılımlar için Shapiro-Wilk'in karşılaştırıldıkları diğer üç testten daha güçlü testler olduğunu bulmuştur. 1. tip hata dikkate alındığında en etkili yöntemin ise Jarqua-Bera olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Normal olmayan dağılımlarda Shapiro-Wilk testinin küçük örneklem büyüklüklerinde yeterli gücü sağladığı belirtilmiştir. Yukarıda özetlenen üç araştırma incelendiğinde Yap ve Sim (2011) tarafından gerçekleştirilen araştırma ile Öztuna ve diğerleri (2006) ve Razali ve Wah (2011) tarafından gerçekleştirilen araştırmalar arasında Shapiro-Wilk yönteminin küçük örneklemlerdeki gücü konusunda farklı sonuçlar göze çarpmaktadır. Bu durum Shapiro-Wilk testi için daha fazla kanıta gereksinim olduğunu göstermektedir. Mevcut araştırmanın bu açıdan literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Benzer şekilde yukarıdaki araştırmaların sıralı veriler üzerinde gerçekleşmediği görülmektedir. Mevcut araştırma farklı kategori sayılarının incelendiği bir çok sıralı veri koşulunu barındırdığından literatüre katkı sağlayabilecektir.

Bunların yanında mevcut araştırmanın üç konuda önemli olduğu düşünülmektedir. Bunlar, 1) araştırmalarda normalliğin belirlenmesinde etkili ancak kullanımına az rastlanan hipotez testlerinin farklı koşullar altında değerlendirilerek avantaj ve dezavantajlarının tespit edilmesi araştırmacıların normalliği belirlerken yaşadıkları ikilemleri azaltabilecek, 2) normalliği belirlerken sıklıkla kullanılan hipotez testlerinin, daha az sıklıkla kullanılan hipotez testlerinin (istatistik paket programlarında yer almayan örn. Jarqua-Bera [R programında yer almaktadır]) ve normallik için kullanılan betimsel istatistiklerin farklı koşullar altında incelenmesi araştırmacıların normalliği belirlerken koşullarına göre seçim yapmaları ve en uygun yöntemi belirleyebilmelerini sağlayabilecek, 3) normallik belirlenirken doğru yöntemin seçimi araştırmacıların hatasız çıkarımlara ulaşmasını sağlayabilecektir. Normal dağılan bir veriye non-parametrik bir teknik uygulamak yapılacak analizin istatistiksel gücünü düşürmektedir. Çünkü bu durum gruplar arası farklılığı ya da ilişkiyi görmeyi zorlaştırmaktadır (Pallant, 2016). Bunun yanında normal dağılmayan bir veriye parametrik teknik uygulamak ise hatalı sonuçlara ulaşılmasına neden olmaktadır (Field, 2018).

Bu araştırma kapsamında aşağıdaki araştırma sorularına yanıt aranmıştır. Çarpıklık değeri, örneklem büyüklüğü, verilerin sıralı ya da sürekli olması ve sıralı verilerde kategori sayısının değişimine göre;

1. Anderson-Darling, Cramer-von Mises, Jarque-Bera, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors, Pearson ki kare, Shapiro-Francia ve Shapiro-Wilk testlerinin, çarpıklık ve basıklık katsayılarının standart değerlerinin ve çarpıklık katsayısı/standart hatanın 1. tip hata değerleri nedir?
2. Anderson-Darling, Cramer-von Mises, Jarque-Bera, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors, Pearson ki kare, Shapiro-Francia ve Shapiro-Wilk testlerinin, çarpıklık ve basıklık katsayılarının standart değerlerinin ve çarpıklık katsayısı/standart hatanın güç değerleri nedir?

Yöntem

Araştırma Deseni

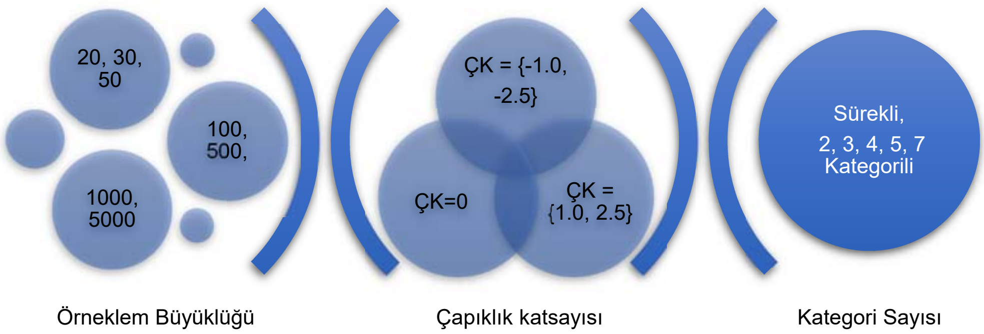
Araştırmalarda incelenen değişkenlerin normal dağılıma uyumunu incelemek için geliştirilen normallik testlerinin ve betimsel istatistiklerin 1. tip hata ve güç açısından karşılaştırılması amacıyla gerçekleştirilen bu çalışma bir Monte Carlo simülasyonudur. Monte Carlo simülasyonlarında veri setleri belli bir dağılıma uygun olarak üretilmektedir. Üretilen bu veri setleri araştırma kapsamında incelenen yöntemlere-modellere göre analiz edilerek karşılaştırılmaktadır (Sigal ve Chalmers, 2016). Bu araştırmada ise veri setinin normalliğinin incelenmesi amacıyla kullanılan; Anderson-Darling, Cramer-von Mises, Lilliefors, Pearson ki-kare, Shapiro-Francia, Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Jarque–Bera, çarpıklık katsayısının standart değeri, basıklık katsayısının standart değeri ve çarpıklık katsayısının standart hatasına oranı yöntemleri simülasyon koşullarına göre karşılaştırılmıştır.

Simülasyon Koşulları

Araştırmada çarpıklık katsayısı (ÇK = -2.5, -1.0, 0.0, 1.0, 2.5), örneklem büyüklüğü (20, 30, 50, 100, 500, 1000 ve 5000) ve değişkenin sürekli ya da sıralı (kategori sayısı [2, 3, 4, 5, 7]) olma durumu simülasyon koşulu olarak belirlenmiştir. Simülasyon koşulları Şekil 2'de sunulmaktadır.

Şekil 2

Simülasyon Koşulları



Çalışmada örneklem büyüklüğü koşullarından 20 ve 30, küçük örneklemlerde yöntemlerin nasıl performans gösterdiğinin incelenmesi amacıyla araştırmaya dahil edilmiştir. Bilindiği gibi bazı kaynaklarda (örn. Büyüköztürk, 2013) örneklem büyüklüğünün 30'un altında olduğu durumlarda Shapiro-Wilk, 30'un üzerinde olduğu durumlarda Kolmogrov-Simirnov testi kullanılması önerilmektedir. Literatürdeki bu bilginin aksine güncel bazı kaynaklarda (örn. Pallant, 2016) Kolmogorov-Smirnov testinin özellikle büyük örneklemlerde kullanılmaması önerilmektedir. İşte bu nedenle mevcut araştırmada geleneksel hale gelmiş bu kriter (örneklemin 30'dan büyük ya da küçük olması ile karar alma) ile güncel bulguların arasındaki uyuşmazlığın bir çözüme kavuşturulması gerektiği düşünülmektedir. Bu nedenle 20 ve 30 örneklem büyüklükleri araştırmaya dahil edilmiştir. Diğer taraftan nicel araştırma yöntemlerini kullanan araştırmacıların genellikle bu örneklem büyüklüklerinin üzerinde veri topladığı söylenebilir. Bu nedenle daha büyük örneklemlerde çalışma kapsamındaki yöntemlerin nasıl sonuçlar vereceğinin incelenmesi amacıyla diğer örneklem büyüklükleri de araştırmaya dahil edilmiştir. Araştırmada çarpıklık katsayısı -2.5, -1.0, 0.0, 1.0 ve 2.5 olacak şekilde manipüle edilmiştir. Yöntemlerin normal dağılım gösteren veri setinde nasıl sonuçlar vereceği (1. tip hata kontrolü) ve çarpıklık katsayısının yöntemlerin normalliği belirleme gücü üzerinde etkisinin olup olmadığını belirlemek amacıyla araştırma koşullarına eklenmiştir.

Çalışmada değişkenler sürekli ve kategori sayısı 2, 3, 4, 5 ve 7 olan sıralı şekilde üretilmiştir. Sürekli veri tipi, araştırmalarda kullanılan ölçeklerden elde edilen toplam puanların sürekli kabul edilmesi nedeniyle araştırmaya eklenmiştir. Diğer taraftan ölçekleri oluşturan maddelerin de açımlayıcı veya doğrulayıcı faktör analizi gerçekleştirilebilmesi için normallik varsayımını sağlaması gerektiğinden (çok değişkenli normalliğin sağlanmasında maddelerin tek değişkenli normalliği önemli olduğundan) sıralı değişkenler de araştırmaya eklenmiştir. Diğer bilim dallarında da (sağlık, siyasal ya da sosyoloji gibi) incelenmek istenilen değişkenin sıralı olabileceği göz önüne alınarak araştırmaya sıralı verilerin kategori sayıları da eklenmiştir. Diğer taraftan Finney ve DiStefano (2013) sıralı verilerde kategori sayısının 6 ve üzerinde, Tabachnick ve Fidell (2013) ise 7 ve üzerinde olması durumda değişkenin sürekli kabul edilebileceğini belirtmiştir. Bu nedenle değişkenlerin sürekli kabul edilebileceği 7 kategori sayısı da araştırmaya eklenerek gerçek sürekli olan verilerle sonuçlarının karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Değerlendirme Kriterleri

Bu çalışmada değerlendirme kriteri olarak 1. tip hata ve güç kullanılmıştır. 1. tip hata, sıfır hipotezinin (H_0) kabul edilmesi gerektiği durumlarda reddedilmesidir. Bu çalışma kapsamında; H_0 hipotezi veri setinin normal dağılmasıdır. Buna göre H_0 hipotezi doğruyken (yani veri setleri normal dağılıyorken) yöntemlerin H_0 hipotezini reddettiği (yani veri setinin normal dağılmadığının bulunduğu) veri seti yüzdesi 1. tip hata olarak ele alınmıştır. Güç analizinde ise çarpıklık katsayısı ±1 ve ±2.5 olan veri setlerinin yöntemler tarafından çarpık olarak bulunduğu sonuçların (diğer bir deyişle H_0 hipotezini reddetme-yani veri çarpıkken analiz sonucunda da verinin normal dağılmadığının bulunması) yüzdesi alınarak inceleme yapılmıştır. Güç ve 1. tip hatanın belirlenmesi için normallik belirleme yöntemlerinde anlamlılık düzeyi $\alpha = .05$ olarak ele alınmıştır.

Verilerin Üretimi ve Analizi

Verilerin üretiminde R yazılımı (R Core Team, 2020) kullanılmıştır. Sıralı ve sürekli veri tiplerinin üretimi farkı yollarla gerçekleştirilmiştir. Sıralı verilerin üretilmesi için öncelikle ortalaması 0, varyansı 1 (varyans standart sapmanın karesi olduğundan bundan sonraki ifadelerde standart sapması 1 ifadesi kullanılmıştır) olan ve normal dağılım gösteren sürekli bir değişken üretilmiştir. Daha sonra üretilen bu değişken, kullanılan kesme noktaları yardımıyla sıralı hale getirilmiştir. Kullanılan kesme noktaları veriyi sıralı hale getirirken aynı zamanda normal ya da çarpık olmasını da sağlamaktadır. Örneğin iki kategorili sıralı bir değişken oluşturmak için ortalaması 0 ve standart sapması 1 olan değişken, kesme noktası olarak 0 kullanılarak sıralı hale getirildiğinde normal dağılan iki kategorili sıralı bir değişken oluşmaktadır. Eğer kesme noktası değiştirilirse buna göre sağa ya da sola çarpık dağılan sıralı veriler elde edilmektedir. Bu durum altta yatan psikolojik özelliğin normal dağıldığı varsayımıyla da örtüşmektedir (Crocker ve Algina, 2008). Kesme noktaları Ek 1'de incelenebilir.

Sürekli veri seti üretilirken normal dağılım için ortalaması 0, standart sapması 1 olan ve normal dağılan bir değişken üretilmiştir. Sürekli veri setlerini çarpık hale getirmek için Fleishman'ın dönüşümü kullanılmıştır. Fleishman'ın dönüşümü yapılırken Luo (2011) tarafından belirtilen çarpıklık ve basıklık değerlerinden yararlanılmıştır. Fleishman'ın dönüşümünde her çarpıklık değerine karşılık istenilen basıklık değeri bulunmamaktadır. Bu nedenle belli çarpıklık değerlerine karşı belli basıklık değerleri seçilerek normal dağılım gösteren sürekli değişkenler çarpık hale getirilmektedir. Fleishman dönüşümü için *SimMultiCorrData* (Fialkowski, 2018) paketi (R yazılımında yer almaktadır) kullanılmıştır. Sürekli ve çarpık veri setlerinde örneklemin küçük olduğu durumda istenilen çarpıklık katsayısına ulaşılamadığı için sürekli veri setleri üretilirken öncelikle 100000 bireyden oluşan bir veri seti üretilmiş daha sonra bu veri setinden rassal olarak örneklem büyüklüğüne göre veri çekilmiştir. Bu işlem 10000 replikasyon için tekrarlanmıştır. Diğer bir deyişle 10000 defa 100000 kişilik veri seti üretilmiş ve örneklem büyüklüğüne göre veri çekilmiştir. Monte Carlo simülasyon çalışmalarının doğası gereği çok sayıda örneklem alınarak karşılaştırma yapılmaktadır. Böylece simülasyonlarda istikrar (stability) sağlanmaktadır (Feinberg ve Rubright, 2016). Veri setleri üretildikten sonra her bir replikasyon ve koşul için çarpıklık ve basıklık değerleri incelenmiş olup ortalama, minimum ve maksimum değerleri hesaplanarak bunlara Ek 2'de yer verilmiştir.

Araştırmada tamamen çaprazlanmış simülasyon deseni kullanılmıştır. Sürekli ve sıralı veri 6 koşul, örneklem büyüklüğü 7 koşul, çarpıklık katsayısı 5 koşul olmak üzere toplam 210 simülasyon koşulu üzerinde çalışılmıştır. Her bir koşul için 10000 replikasyon yapılmıştır.

Çalışmada Anderson-Darling, Cramer-von Mises, Lilliefors, Pearson ki-kare ve Shapiro-Francia yöntemleri için *nortest* paketi (Gross ve Ligges, 2015), Kolmogrov-Smirnov ve Jarque–Bera yöntemleri için *fbasics* paketi (Wuertz ve diğerleri, 2020), çarpıklık katsayısı/standart hata için ise *sur* paketi (Harel, 2020) kullanılmıştır. Çarpıklık katsayısının standart değeri ile basıklık katsayısının standart değeri için araştırmacılar tarafından R programlama dilinde yazılan kodlar kullanılmıştır. Analiz sonuçlarının görselleştirilmesinde *ggplot2* paketinden (Wickham, 2016) yararlanılmıştır.

Etik Konular

Araştırma ve yayın etiğine uygun davranılmıştır. İnsanlar üzerinden veri toplanmamış olup gerçek test verilerine ait parametrelerden yola çıkılarak bir simülasyon çalışması yürütülmüştür.

Bulgular

Bu bölümde öncelikle yöntemlerin 1.tip hatalarına yer verilmiş ardından yöntemler güç açısından karşılaştırılmıştır.

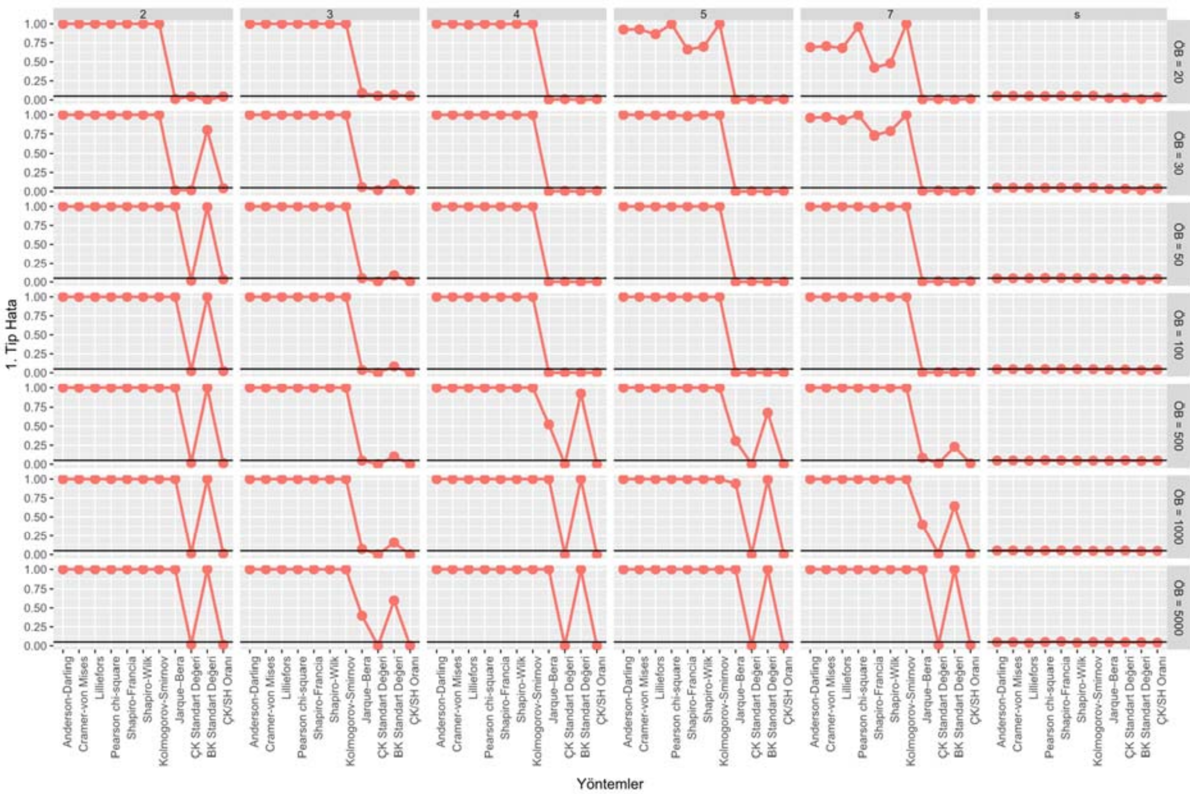
1. Tip Hataya Yönelik Bulgular

1. tip hata verileriyle oluşturulan grafik Şekil 3'te sunulmuş ayrıca ayrıntılı incelemek isteyen araştırmacılar için 1. tip hata değerleri Ek 3'te tablo halinde verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde kategorik verilerde yöntemlerin genellikle yüksek düzeyde 1. tip hataya sahip olduğu söylenebilir. Anderson-Darling, Cramer-von Mises, Lilliefors, Pearson ki kare, Shapiro-Francia, Shapiro-Wilk ve Kolmogorov-Smirnov yöntemleri kategorik veri setlerinde örneklem büyüklüğü fark etmeksizin yüksek düzeyde 1. tip hataya sahiptir. Bu yöntemlerin 1. tip hataları sıralı veri setlerinde 0.42-1.00 aralığında değişmektedir. Jarque–Bera yönteminin ise 2 kategorili sıralı verilerde 20 ve 30; 3 kategorili sıralı verilerde 50, 100 ve 500; 4, 5 ve 7 kategorili

sıralı verilerde ise 20, 30, 50 ve 100 örneklem büyüklükleri için 1. tip hata oranı ya 0.05 ya da 0.05'ten küçüktür. Çarpıklık katsayısının standart değeri ile çarpıklık katsayısı/standart hata yöntemlerinin tüm simülasyon koşullarında 0.05 veya 0.05'ten küçük 1. tip hataya sahip olduğu gözlenmiştir. Basıklık katsayısının standart değeri ise 2 kategorili sıralı veride 20; 4, 5 ve 7 kategorili sıralı veride 20, 30, 50 ve 100; sürekli veride ise tüm örneklem büyüklüklerinde 0.05'ten küçük 1. tip hataya sahiptir.

Şekil 3

Yöntemlerin 1. Tip Hata Değerleri



Şekil 3 incelendiğinde kategorik veri setlerinde 1. tip hataları çok yüksek olan yöntemlerin veri tipi sürekli olduğunda neredeyse tüm koşullarda 0.05 veya 0.05'ten küçük 1. tip hataya sahip oldukları bulunmuştur. Küçük örneklemlerde kategori sayısı arttıkça Shapiro-Wilk ve Shapiro-Francia yöntemlerinin 1. tip hata değerleri azalmasına rağmen yine de elde edilen değerler 0.05'ten büyüktür. Aynı zamanda bu yöntemlerin örneklem büyüklüğünün 50'nin üzerine çıkmasıyla 1. tip hatası 1'e yükselmiştir. Özetle örneklem büyüklüğü değişse bile sürekli veri setlerinde yöntemlerin tümü 0.05 civarında 1. tip hataya sahiptir.

Yöntemlerin Gücüne Yönelik Bulgular

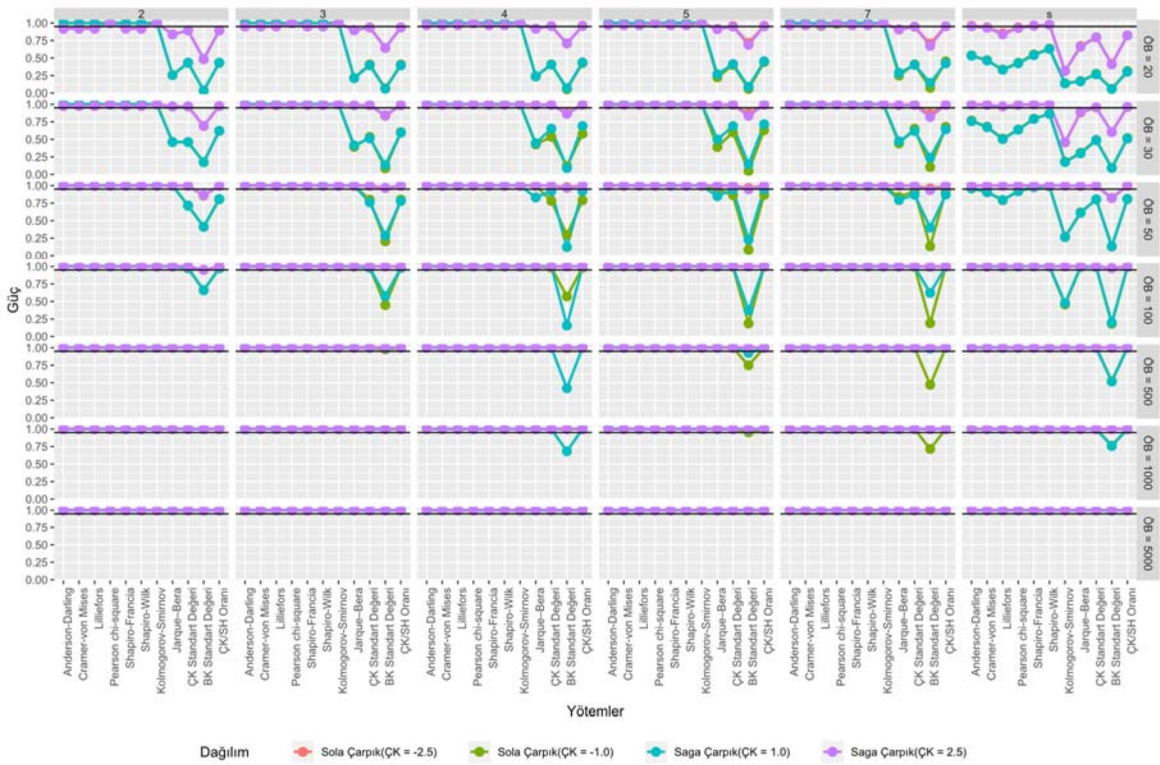
Yöntemlerden elde edilen güç değerleri Şekil 4'te sunulmuş olup ayrıca ayrıntılı inceleme yapmak isteyen araştırmacılar için Ek 4'te tablo halinde verilmiştir. Yöntemlerin güç değerleri örneklem büyüklüğü arttıkça artmıştır (bir istisna dışında [basıklık katsayısının standart değeri-30 örneklem büyüklüğü, -1.0 çarpıklık katsayısı, 5 kategorili sıralı veri]). Örneklem büyüklüğünün 5000 olduğu tüm koşullarda tüm yöntemler 0.95'in üzerinde güce sahiptir.

Kategorik verilerde örneklem büyüklüğünün 500 ve 1000 olduğu koşullar için basıklık katsayısının standart değeri (bazı koşullarda gücü 0.95'in altındadır) hariç diğer yöntemler 0.95'in üzerinde güce sahiptir. Basıklık katsayısının standart değeri 2 ve 3 kategorili sıralı verilerde örneklem büyüklüğü 500 ve 1000 iken yeterli güce sahiptir. Sıralı verilerde basıklık katsayısının standart değerinin gücü örneklem büyüklüğü 500 ve çarpıklık değeri ±1 iken 0.95'in altına düşebilmektedir. Örneğin kategori sayısı 7, örneklem büyüklüğü 500 ve çarpıklık katsayısı -1 iken basıklık katsayısının standart değeri yeterli güce sahip değildir. Ayrıca çarpıklık katsayısının ±1 ve örneklemin 500'den küçük olduğu koşullarda basıklık katsayısının standart değeri sıralı verilerin kategori sayısı fark etmeksizin 0.95'ten daha az güce sahiptir.

Anderson-Darling, Cramer-von Mises, Lilliefors, Pearson ki kare, Shapiro-Francia, Shapiro-Wilk ve Kolmogorov-Smirnov yöntemleri çarpıklık katsayısı ±1.0 olduğunda sıralı verilerde 0.95'in üzerinde güce sahiptir. Sıralı verilerin 2 kategorili, örneklem büyüklüğünün 20 ve çarpıklık katsayısının ±2.5 olduğu koşullarda Anderson-Darling, Cramer-von Mises, Lilliefors, Shapiro-Francia ve Shapiro-Wilk yeterli güce sahip değildir. Bu koşullar dışında çarpıklık ±2.5, veriler sıralı olduğunda tüm örneklem büyüklüklerinde Anderson-Darling, Cramer-von Mises, Lilliefors, Pearson ki kare, Shapiro-Francia, Shapiro-Wilk ve Kolmogorov-Smirnov yöntemleri yeterli güce sahiptir. Çarpıklık katsayısı ±2.5 ve örneklem büyüklüğü 100 ve üzerinde olduğunda basıklık katsayısının standart değeri sıralı verilerde yeterli güce sahiptir. Jarque–Bera sıralı verilerde çarpıklık katsayısı ±2.5 ve örneklem büyüklüğü 20 olduğunda yeterli güce sahip değildir. Sıralı verilerde çarpıklık katsayısı ±2.5 ve örneklem büyüklüğü 30 ve üzerinde olduğunda Jarque–Bera yöntemi 0.95'in üzerinde güce sahiptir. Çapıklık katsayısının standart değeri ve çarpıklık katsayısı/standart hata 2 ve 3 kategorili sıralı verilerde örneklem büyüklüğü 20 olmadığında yeterli güce sahiptir.

Şekil 4

Yöntemlerin Güç Değerleri



Örneklemin küçük (20 ve 30), veri tipinin sürekli, çarpıklık katsayısının ±1 olduğu koşullarda tüm yöntemlerin gücü 0.95’in altındadır (Şekil 4). Sürekli verilerde örneklem büyüklüğü 50’ye yükseldiğinde ve çarpıklık katsayısı ±1 olduğunda Anderson-Darling, Shapiro-Wilk ve Shapiro Francia yeterli güce sahiptir. Sürekli verilerde örneklem büyüklüğü 100 ve çarpıklık katsayısı ±1 olduğu koşullarda sadece basıklık katsayısının standart değeri ve Kolmogorov-Smirnov yeterli güce sahip değildir. Örneklem büyüklüğü 500 ve 1000, veri tipi sürekli, çarpıklık katsayısı ±1 olduğu koşullarda sadece basıklık katsayısının standart değeri 0.95’in altında güce sahiptir.

Sürekli veride, çarpıklık katsayısı ±2.5 ve örneklem büyüklüğü 20 olduğunda sadece Anderson-Darling, Shapiro-Wilk ve Shapiro Francia yeterli güce sahiptir. Sürekli verilerde örneklem büyüklüğü 30 ve çarpıklık katsayısı ±2.5 olduğunda ise sadece Kolmogorov-Smirnov, Jarque–Bera ve basıklık katsayısının standart değeri yeterli güce sahip değildir. Sürekli verilerde örneklem büyüklüğü 50’ye yükseldiğinde ve çarpıklık katsayısı ±2.5 olduğunda basıklık katsayısının standart değeri dışında tüm yöntemlerde gücü 0.95’in üzerindedir. Çarpıklık katsayısı ±2.5 ve örneklem büyüklüğü 100 ve üzerine olduğunda tüm yöntemlerin gücü 0.95’in üzerindedir.

Sonuç, Tartışma ve Öneriler

Örneklem büyüklükleri, çarpıklık değerleri ve veri tipi manipüle edilerek Anderson-Darling, Cramer-von Mises, Jarque-Bera, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors, Pearson ki kare, Shapiro-Francia, Shapiro-Wilk, çarpıklık ve basıklık katsayısının standart değerleri ve çarpıklık katsayısı/standart hata normallik belirleme yöntemlerinin karşılaştırıldığı bu araştırmada değerlendirme ölçütü olarak 1. tip hata ve güç değerlerinden yararlanılmıştır. Araştırma sonuçları incelendiğinde sıralı verilerde Anderson-Darling, Cramer-von Mises, Lilliefors, Pearson ki-kare, Shapiro-Francia, Shapiro-Wilk ve Kolmogorov-Smirnov yöntemlerinin 1. tip hatalarının tüm örneklem büyüklüklerinde yüksek olduğu belirlenmiştir. Jarque–Bera yöntemi ve basıklık katsayısının standart değeri yöntemleri ise koşulların bir kısmında kabul edilebilir 1. tip hata değerine sahiptir. Bunun yanında çarpıklık katsayısının standart değeri ve çarpıklık katsayısı/standart hata yöntemlerinin sıralı verilerde 1. tip hata açısından tüm koşullarda kabul edilebilir sonuçlara sahip olduğu görülmektedir. Veriler sürekli olduğunda ise tüm yöntemlerin 1. tip hataları oldukça düşüktür. Özellikle sürekli verilerde ve küçük örneklemlerde (100’ün altında) daha düşük 1. tip hataya sahip dört yöntem dikkat çekmiştir. Bunlar Jarque–Bera, çarpıklık katsayısının standart değeri, basıklık katsayısının standart değeri ve çarpıklık katsayısı/standart hatadır. Bu araştırmadakine benzer şekilde Öztuna ve diğerleri (2006) 30 ve altındaki örneklemlerde Jarque–Bera yönteminin en düşük 1. tip hataya sahip olduğunu belirlemiştir.

Anderson-Darling, Cramer-von Mises, Jarque-Bera, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors, Pearson ki kare, Shapiro-Francia, Shapiro-Wilk, çarpıklık ve basıklık katsayısının standart değerleri ve çarpıklık katsayısı/standart hata yöntemleri güç açısından karşılaştırıldığında genel olarak yöntemlerin güç değerlerinin örneklem büyüklüğü arttıkça arttığı gözlenmiştir. Küçük örneklemlerde ve sıralı verilerde basıklık katsayısının standart değerinin bazı koşullarda yeterli güce sahip olmadığı bulunmuştur. Sıralı verilerde 30 ve üzerindeki örneklem büyüklüklerinde Anderson-Darling, Cramer-von Mises, Lilliefors, Pearson ki kare, Shapiro-Francia, Shapiro-Wilk ve Kolmogorov-Smirnov yöntemleri yeterli güce sahiptir. Sürekli veride örneklem büyüdüğünde normallik testleri ve betimsel istatistiklerin gücünün genel olarak arttığı belirlenmiştir. Keskin (2006) örneklem büyüklüğünün normallik testlerinin performansında önemli etkileri bulunduğunu belirtmiştir. Küçük örneklemlerde çarpıklık yüksekken Anderson-Darling, Shapiro-Wilk ve Shapiro Francia yeterli güç göstermiştir. Razali ve Wah (2011) 30 ve altındaki örneklemlerde Shapiro-Wilk ve Anderson-Darling testlerinin her ne kadar gücü yeterli bulunmasa da diğer yöntemlere nazaran daha güçlü olduğunu belirtmiştir. Razali ve Wah'ın (2011) araştırma sonuçları mevcut araştırma sonuçlarını destekleyicidir. 30 ve altındaki örneklem büyüklüklerindeki farkın sebebinin ise çarpıklık katsayısıyla ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Nitekim Yap ve Sim (2011), 10-2000 aralığındaki örneklem büyüklüğünde yaptıkları araştırmada Shapiro-Wilk yöntemini gücü en yüksek yöntemlerden birisi olarak belirlemiştir. Öztuna ve diğerleri (2006) tarafından yapılan araştırma sonuçları da çarpık verilerde Shapiro-Wilk testinin gücünün yüksek olduğu savını desteklemektedir. Keskin'in (2006) araştırması da Shapiro-Wilk yönteminin güçlü olduğunu göstermektedir. Yap ve Sim'in (2011) araştırmasında ise mevcut araştırmaya benzer şekilde Anderson-Darling yönteminin de gücünün yüksek olduğu bulunmuştur. Sürekli verilerde örneklem büyüklüğü yüksek olduğunda basıklık katsayısının standart değerinin gücünün yetersiz olduğu durumlara rastlanmıştır. Benzer şekilde sürekli verilerde örneklem büyüklüğü 100 iken Kolmogorov-Smirnov yönteminin gücü düşük bulunmuştur. Mendes ve Pala (2003), Yap ve Sim (2011) araştırmalarında Kolmogorov-Smirnov yönteminin düşük performans sergilediğini belirtmiştir. Mevcut araştırmada ise bazı koşullarda benzer sonuçlara ulaşılmıştır. Pearson ki kare yöntemi mevcut araştırmada sürekli verilerde örneklem büyüklüğü arttığında yeterli güç göstermiştir. Ancak Yap ve Sim (2011) araştırmalarında ki kare yönteminin gücünün düşük olduğunu belirtmektedir. Jaque-Bera yöntemi sürekli verilerde örneklem büyüklüğü 100 ve üzerinde olduğunda yeterli güce sahip bulunmuştur. Mevcut araştırmaya benzer şekilde Yap ve Sim (2011) de Jaque-Bera yönteminin Shapiro-Wilk'e yakın bir güçte olduğundan bahsetmiştir. Mevcut araştırmada sürekli verilerde Lilliefors testinin gücünün örneklem büyüklüğü düşük olduğunda yetersiz olduğu gözlenmiştir. Mendes ve Pala (2003) ile Öztuna ve diğerleri (2006) de mevcut araştırma sonuçlarına benzer şekilde Shapiro Wilk testinin Lilliefors testinden daha güçlü olduğunu belirtmiştir.

Araştırmanın sonuçları belirlenen simülasyon koşullarıyla sınırlıdır. Araştırmacılar normallik testi seçimi yaparken bu durumu göz önünde bulundurmalıdır. İleriki araştırmalarda çarpıklık katsayısının farklılaştırılması yerine dağılım şekli değiştirilebilir (tekdüze dağılım gibi). Araştırma sonuçları normallikle ilgili yöntemlerin bir kısmının güç açısından kabul edilebilir olmakla birlikte 1. tip hata açısından kabul edilemez olduğunu göstermiştir. Yani bazı yöntemler normal dağılan verileri normal dağılmıyor şeklinde hatalı belirleyebilirken aynı yöntemler çarpık verileri normal dağılmıyor şeklinde doğru belirleyebilmektedir. Bu doğrultuda araştırmacılara aşağıdaki önerilerde bulunulabilir.

1. Basıklık katsayısının standart değeri 1. tip hata ve güç açısından hem sıralı hem de sürekli verilerde daha kötü bir performans sergilemiştir; bu nedenle tercih edilmemesi ya da çarpıklık katsayısının standart değeriyle birlikte kullanılarak önceliğin çarpıklık katsayısının standart değerine verilmesi önerilebilir.

2. Verinin sıralı ve sürekli olmasının 1. tip hata açısından farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Sıralı veriler üzerinde çalışılırken özellikle Anderson-Darling, Cramer-von Mises, Lilliefors, Pearson ki-kare, Shapiro-Francia, Shapiro-Wilk ve Kolmogorov-Smirnov yöntemlerine başvurulmaması önerilmektedir.

3. 1. tip hata ve güç birlikte ele alındığında çarpıklık katsayısının standart değeri, çarpıklık katsayısı/standart hata ve Jarque-Bera yöntemlerinin koşulların çoğunluğunda iyi bir performans gösterdiği için tercih edilmesi önerilmektedir.
4. Sürekli verilerde normallik incelenirken 50'nin üzerindeki örneklem büyüklükleri için düzeltme yapılarak Shapiro-Wilk yönteminin kullanımı önerilmektedir.
5. Kolmogorov-Smirnov yönteminin örneklem büyüklüğüne bağlı olmaksızın normal dağılan verilerin normal dağılmadığını belirlediği sonucuna ulaşılmıştır. Bu nedenle 30'un üzerindeki örneklemlerde Kolmogorov-Smirnov testinin kullanılması önerisi yerine bu çalışma ve benzer simülasyon çalışmalarındaki koşullar göz önüne alınarak yöntem seçimi yapılması gerekmektedir.
6. Araştırmacılar normallik belirleme yöntemlerine başvururken öncelikle çarpıklık katsayısı değerini incelemelidir. Örneklem ve veri türü dikkate alınarak bu doğrultuda normallik yöntemi seçimi yapılmalıdır.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Her iki yazarın araştırmaya katkı oranı %50'dir.

Yazar 1: Araştırma tasarımı, rapor yazımı, literatür taraması, yöntem, veri analizi, sonuçlar, tartışma ve yayına hazırlama.

Yazar 2: Araştırma tasarımı, rapor yazımı, literatür taraması, yöntem, veri üretimi, veri analizi, sonuçlar ve görselleştirme.

Çatışma Beyanı

Araştırma herhangi bir kişi ya da kurum ile finansal ya da kişisel yönden herhangi bir çıkar ilişkisi barındırmamaktadır.

Ekler

Ek 1

Araştırmada Kullanılan Kesme Noktaları

Kategori Sayısı	Normal Dağılım	Sağa Çarpık Dağılım		Sola Çarpık Dağılım	
		Ç.K = 2.5	Ç.K = 1.0	Ç.K = -2.5	Ç.K = -1.0
2	$Y = \begin{cases} 0, & y_i^* \le 0.00 \\ 1, & y_i^* > 0.00 \end{cases}$	$Y = \begin{cases} 0, & y_i^* \le 1.178 \\ 1, & y_i^* > 1.178 \end{cases}$	$Y = \begin{cases} 0, & y_i^* \le 0.54 \\ 1, & y_i^* > 0.54 \end{cases}$	$Y = \begin{cases} 0, & y_i^* \le -1.178 \\ 1, & y_i^* > -1.178 \end{cases}$	$Y = \begin{cases} 0, & y_i^* \le 0.54 \\ 1, & y_i^* > 0.54 \end{cases}$
3	$Y = \begin{cases} 0, & y_i^* \le -1.00 \\ 1, & -1.00 < y_i^* \le 1.0 \\ 2, & y_i^* > 1.00 \end{cases}$	$Y = \begin{cases} 0, & y_i^* \le 1.075 \\ 1, & 1.075 < y_i^* \le \\ 2, & y_i^* > 1.80 \end{cases}$	$Y = \begin{cases} 0, & y_i^* \le 0.45 \\ 1, & 0.45 < y_i^* \le \\ 2, & y_i^* > 0.65 \end{cases}$	$Y = \begin{cases} 0, & y_i^* \le -1.80 \\ 1, & -1.80 < y_i^* \le -1 \\ 2, & y_i^* > -1.075 \end{cases}$	$Y = \begin{cases} 0, & y_i^* \le -0.75 \\ 1, & -0.75 < y_i^* \le - \\ 2, & y_i^* > -0.4 \end{cases}$
4	$Y = \begin{cases} 0, & y_i^* \le -1.25 \\ 1, & -1.25 < y_i^* \le 0.0 \\ 2, & 0.00 < y_i^* \le 1.25 \\ 3, & y_i^* > 1.25 \end{cases}$	$Y = \begin{cases} 0, & y_i^* \le 1 \\ 1, & 1 < y_i^* \le 1.3 \\ 2, & 1.37 < y_i^* \le 1. \\ 3, & y_i^* > 1.90 \end{cases}$	$Y = \begin{cases} 0, & y_i^* \le 0.12 \\ 1, & 0.12 < y_i^* \le \\ 2, & 1 < y_i^* \le 1.8 \\ 3, & y_i^* > 1.8 \end{cases}$	$Y = \begin{cases} 0, & y_i^* \le -2.05 \\ 1, & -2.00 < y_i^* \le -1 \\ 2, & -1.50 < y_i^* \le - \\ 3, & y_i^* > -1 \end{cases}$	$Y = \begin{cases} 0, & y_i^* \le -0.7 \\ 1, & -0.7 < y_i^* \le - \\ 2, & -0.54 < y_i^* \le - \\ 3, & y_i^* > -0.45 \end{cases}$
5	$Y = \begin{cases} 0, & y_i^* \le -1.50 \\ 1, & -1.50 < y_i^* \le -0 \\ 2, & -.50 < y_i^* \le 0.5 \\ 3, & .50 < y_i^* \le 1.5 \\ 4, & y_i^* > 1.50 \end{cases}$	$Y = \begin{cases} 0, & y_i^* \le 1 \\ 1, & 1 < y_i^* \le 1.1 \\ 2, & 1.189 < y_i^* \le \\ 3, & 1.5 < y_i^* \le 2. \\ 4, & y_i^* > 2.1 \end{cases}$	$Y = \begin{cases} 0, & y_i^* \le 0 \\ 1, & 0 < y_i^* \le 1.0 \\ 2, & 1.0 < y_i^* \le 1. \\ 3, & 1.6 < y_i^* \le 2. \\ 4, & y_i^* > 2.6 \end{cases}$	$Y = \begin{cases} 0, & y_i^* \le -2.00 \\ 1, & -2.00 < y_i^* \le - \\ 2, & -1.70 < y_i^* \le - \\ 3, & -1.20 < y_i^* \le - \\ 4, & y_i^* > -0.99 \end{cases}$	$Y = \begin{cases} 0, & y_i^* \le -1.1 \\ 1, & -1.1 < y_i^* \le - \\ 2, & -0.8 < y_i^* \le - \\ 3, & -0.49 < y_i^* \le - \\ 4, & y_i^* > -0.15 \end{cases}$
7	$Y = \begin{cases} 0, & y_i^* \le -2.154 \\ 1, & -2.154 < y_i^* \le - \\ 2, & -1.230 < y_i^* \le - \\ 3, & -0.402 < y_i^* \le 0 \\ 4, & 0.402 < y_i^* \le 1. \\ 5, & 1.230 < y_i^* \le 2. \\ 6, & y_i^* > 2.156 \end{cases}$	$Y = \begin{cases} 0, & y_i^* \le 1 \\ 1, & 1 < y_i^* \le 1.1 \\ 2, & 1.18 < y_i^* \le 1. \\ 3, & 1.4 < y_i^* \le 2. \\ 4, & 2.2 < y_i^* \le 2. \\ 5, & 2.6 < y_i^* \le 2. \\ 6, & y_i^* > 2.8 \end{cases}$	$Y = \begin{cases} 0, & y_i^* \le 0 \\ 1, & 0 < y_i^* \le 0. \\ 2, & 0.8 < y_i^* \le 1 \\ 3, & 1.7 < y_i^* \le 2 \\ 4, & 2.1 < y_i^* \le 2. \\ 5, & 2.55 < y_i^* \le \\ 6, & y_i^* > 3 \end{cases}$	$Y = \begin{cases} 0, & y_i^* \le -2.5 \\ 1, & -2.5 < y_i^* \le -2. \\ 2, & -2.2 < y_i^* \le -2 \\ 3, & -2 < y_i^* \le -1.6 \\ 4, & -1.6 < y_i^* \le -1. \\ 5, & -1.1 < y_i^* \le -1 \\ 6, & y_i^* > -1 \end{cases}$	$Y = \begin{cases} 0, & y_i^* \le -2.0 \\ 1, & -2.0 < y_i^* \le - \\ 2, & -1.8 < y_i^* \le - \\ 3, & -1.2 < y_i^* \le - \\ 4, & -0.8 < y_i^* \le -0 \\ 5, & -0.35 < y_i^* \le \\ 6, & y_i^* > 0 \end{cases}$

Ek 2

Üretilen Veri Setlerinin Çarpıklık ve Basıklık Değerlerine İlişkin İstatistikler

Veri Tipi	Dağılım	Örneklem Büyüklüğü	Çarpıklık En küçük	Çarpıklık Ortalama	Çarpıklık En büyük	Basıklık En küçük	Basıklık Ortalama	Basıklık En büyük
Sürekli	ÇK = -2.5	ÖB = 20	-3.23	-2.95	-2.68	7.20	9.19	11.43
2 Kat.	ÇK = -2.5	ÖB = 20	-4.13	-2.51	0.20	-1.96	5.33	15.05
3 Kat.	ÇK = -2.5	ÖB = 20	-4.13	-2.51	-0.20	-1.96	5.45	15.05
4 Kat.	ÇK = -2.5	ÖB = 20	-4.13	-2.51	-0.58	-1.60	5.52	15.05
5 Kat.	ÇK = -2.5	ÖB = 20	-4.13	-2.50	-0.32	-1.71	5.48	15.05
7 Kat.	ÇK = -2.5	ÖB = 20	-4.13	-2.51	-0.30	-1.67	5.52	15.05
Sürekli	ÇK = -2.5	ÖB = 30	-3.23	-2.95	-2.68	7.20	9.19	11.43
2 Kat.	ÇK = -2.5	ÖB = 30	-5.20	-2.61	-0.13	-1.98	5.94	25.03
3 Kat.	ÇK = -2.5	ÖB = 30	-5.20	-2.64	-0.55	-1.69	6.37	25.03
4 Kat.	ÇK = -2.5	ÖB = 30	-5.20	-2.65	-0.84	-1.24	6.56	25.03
5 Kat.	ÇK = -2.5	ÖB = 30	-5.20	-2.63	-0.62	-1.24	6.43	25.03
7 Kat.	ÇK = -2.5	ÖB = 30	-5.20	-2.65	-0.46	-1.34	6.61	25.03
Sürekli	ÇK = -2.5	ÖB = 50	-3.23	-2.95	-2.68	7.20	9.19	11.43
2 Kat.	ÇK = -2.5	ÖB = 50	-6.86	-2.55	-0.77	-1.40	5.31	45.02
3 Kat.	ÇK = -2.5	ÖB = 50	-6.86	-2.68	-0.98	-1.04	6.74	45.02
4 Kat.	ÇK = -2.5	ÖB = 50	-6.86	-2.73	-1.09	-0.80	7.20	45.02
5 Kat.	ÇK = -2.5	ÖB = 50	-6.86	-2.69	-1.08	-0.63	6.85	45.02
7 Kat.	ÇK = -2.5	ÖB = 50	-6.86	-2.76	-1.06	-0.51	7.51	45.02
Sürekli	ÇK = -2.5	ÖB = 100	-3.23	-2.95	-2.68	7.20	9.19	11.43
2 Kat.	ÇK = -2.5	ÖB = 100	-9.85	-2.44	-1.22	-0.52	4.27	95.01
3 Kat.	ÇK = -2.5	ÖB = 100	-6.86	-2.69	-1.31	0.25	6.71	45.02
4 Kat.	ÇK = -2.5	ÖB = 100	-6.86	-2.77	-1.39	0.36	7.45	45.02
5 Kat.	ÇK = -2.5	ÖB = 100	-7.86	-2.70	-1.49	0.79	6.88	63.15
7 Kat.	ÇK = -2.5	ÖB = 100	-6.86	-2.86	-1.35	0.19	8.44	45.02
Sürekli	ÇK = -2.5	ÖB = 500	-3.23	-2.95	-2.68	7.20	9.19	11.43
2 Kat.	ÇK = -2.5	ÖB = 500	-3.31	-2.36	-1.63	0.66	3.63	8.97
3 Kat.	ÇK = -2.5	ÖB = 500	-3.65	-2.68	-2.04	3.08	6.48	13.17
4 Kat.	ÇK = -2.5	ÖB = 500	-3.80	-2.77	-2.19	3.86	7.30	15.64
5 Kat.	ÇK = -2.5	ÖB = 500	-3.66	-2.70	-2.05	3.13	6.67	13.11
7 Kat.	ÇK = -2.5	ÖB = 500	-3.98	-2.93	-2.06	3.14	9.08	18.87
Sürekli	ÇK = -2.5	ÖB = 1000	-3.23	-2.95	-2.68	7.20	9.19	11.43
2 Kat.	ÇK = -2.5	ÖB = 1000	-3.00	-2.35	-1.87	1.48	3.57	7.00
3 Kat.	ÇK = -2.5	ÖB = 1000	-3.27	-2.68	-2.21	3.86	6.44	10.46
4 Kat.	ÇK = -2.5	ÖB = 1000	-3.51	-2.77	-2.33	4.50	7.27	12.34
5 Kat.	ÇK = -2.5	ÖB = 1000	-3.34	-2.69	-2.20	4.02	6.64	11.02
7 Kat.	ÇK = -2.5	ÖB = 1000	-3.76	-2.94	-2.40	5.14	9.14	15.89
Sürekli	ÇK = -2.5	ÖB = 5000	-3.23	-2.95	-2.68	7.20	9.19	11.43
2 Kat.	ÇK = -2.5	ÖB = 5000	-2.60	-2.35	-2.14	2.58	3.52	4.75
3 Kat.	ÇK = -2.5	ÖB = 5000	-2.92	-2.68	-2.45	5.20	6.42	7.99
4 Kat.	ÇK = -2.5	ÖB = 5000	-3.03	-2.77	-2.53	5.83	7.25	9.06
5 Kat.	ÇK = -2.5	ÖB = 5000	-2.93	-2.69	-2.47	5.30	6.62	8.22
7 Kat.	ÇK = -2.5	ÖB = 5000	-3.23	-2.95	-2.68	7.20	9.19	11.43
Sürekli	ÇK = -1.0	ÖB = 20	-3.23	-2.95	-2.68	7.20	9.19	11.43
2 Kat.	ÇK = -1.0	ÖB = 20	-4.13	-1.00	0.63	-2.00	-0.56	15.05
3 Kat.	ÇK = -1.0	ÖB = 20	-4.13	-1.00	0.75	-2.00	-0.43	15.05
4 Kat.	ÇK = -1.0	ÖB = 20	-4.13	-1.01	0.81	-2.00	-0.49	15.05
5 Kat.	ÇK = -1.0	ÖB = 20	-3.78	-1.01	0.62	-1.94	-0.24	12.98
7 Kat.	ÇK = -1.0	ÖB = 20	-3.31	-1.01	0.43	-1.89	0.09	10.76
Sürekli	ÇK = -1.0	ÖB = 30	-3.23	-2.95	-2.68	7.20	9.19	11.43
2 Kat.	ÇK = -1.0	ÖB = 30	-5.20	-0.97	0.55	-2.00	-0.81	25.03
3 Kat.	ÇK = -1.0	ÖB = 30	-5.20	-0.98	0.40	-1.98	-0.60	25.03
4 Kat.	ÇK = -1.0	ÖB = 30	-5.20	-0.98	0.52	-2.00	-0.70	25.03
5 Kat.	ÇK = -1.0	ÖB = 30	-3.80	-1.00	0.23	-1.87	-0.33	13.91
7 Kat.	ÇK = -1.0	ÖB = 30	-3.43	-1.05	0.18	-1.70	0.22	12.78
Sürekli	ÇK = -1.0	ÖB = 50	-3.23	-2.95	-2.68	7.20	9.19	11.43
2 Kat.	ÇK = -1.0	ÖB = 50	-2.67	-0.94	0.32	-2.00	-0.99	5.11
3 Kat.	ÇK = -1.0	ÖB = 50	-3.27	-0.96	0.04	-1.93	-0.73	9.75
4 Kat.	ÇK = -1.0	ÖB = 50	-3.08	-0.95	0.02	-1.98	-0.85	7.86
5 Kat.	ÇK = -1.0	ÖB = 50	-3.40	-1.00	-0.05	-1.72	-0.42	10.84
7 Kat.	ÇK = -1.0	ÖB = 50	-3.48	-1.09	-0.06	-1.63	0.32	12.94
Sürekli	ÇK = -1.0	ÖB = 100	-3.23	-2.95	-2.68	7.20	9.19	11.43
2 Kat.	ÇK = -1.0	ÖB = 100	-2.20	-0.92	-0.16	-1.97	-1.09	2.84
3 Kat.	ÇK = -1.0	ÖB = 100	-2.32	-0.95	-0.18	-1.89	-0.82	3.75
4 Kat.	ÇK = -1.0	ÖB = 100	-2.27	-0.94	-0.14	-1.96	-0.95	3.81
5 Kat.	ÇK = -1.0	ÖB = 100	-2.06	-0.99	-0.27	-1.72	-0.50	3.29
7 Kat.	ÇK = -1.0	ÖB = 100	-2.19	-1.11	-0.44	-1.26	0.39	4.89

Ek 2

(Devam)

Veri Tipi	Dağılım	Örneklem Büyüklüğü	Çarpıklık En küçük	Çarpıklık Ortalama	Çarpıklık En büyük	Basıklık En küçük	Basıklık Ortalama	Basıklık En büyük
Sürekli	ÇK = -1.0	ÖB = 500	-3.23	-2.95	-2.68	7.20	9.19	11.43
2 Kat.	ÇK = -1.0	ÖB = 500	-1.42	-0.90	-0.52	-1.73	-1.17	0.03
3 Kat.	ÇK = -1.0	ÖB = 500	-1.36	-0.94	-0.62	-1.45	-0.89	0.15
4 Kat.	ÇK = -1.0	ÖB = 500	-1.39	-0.93	-0.58	-1.55	-1.02	0.11
5 Kat.	ÇK = -1.0	ÖB = 500	-1.34	-0.99	-0.68	-1.18	-0.56	0.54
7 Kat.	ÇK = -1.0	ÖB = 500	-1.53	-1.13	-0.81	-0.47	0.43	1.74
Sürekli	ÇK = -1.0	ÖB = 1000	-3.23	-2.95	-2.68	7.20	9.19	11.43
2 Kat.	ÇK = -1.0	ÖB = 1000	-1.21	-0.90	-0.64	-1.59	-1.18	-0.53
3 Kat.	ÇK = -1.0	ÖB = 1000	-1.23	-0.94	-0.61	-1.44	-0.90	-0.25
4 Kat.	ÇK = -1.0	ÖB = 1000	-1.24	-0.93	-0.56	-1.59	-1.03	-0.36
5 Kat.	ÇK = -1.0	ÖB = 1000	-1.24	-0.98	-0.67	-1.15	-0.57	0.10
7 Kat.	ÇK = -1.0	ÖB = 1000	-1.41	-1.13	-0.88	-0.24	0.43	1.25
Sürekli	ÇK = -1.0	ÖB = 5000	-3.23	-2.95	-2.68	7.20	9.19	11.43
2 Kat.	ÇK = -1.0	ÖB = 5000	-1.03	-0.90	-0.78	-1.39	-1.19	-0.95
3 Kat.	ÇK = -1.0	ÖB = 5000	-1.08	-0.94	-0.81	-1.16	-0.91	-0.60
4 Kat.	ÇK = -1.0	ÖB = 5000	-1.07	-0.93	-0.79	-1.28	-1.04	-0.73
5 Kat.	ÇK = -1.0	ÖB = 5000	-1.11	-0.98	-0.86	-0.83	-0.57	-0.27
7 Kat.	ÇK = -1.0	ÖB = 5000	-1.25	-1.13	-1.00	0.08	0.43	0.79
Sürekli	Normal	ÖB = 20	-3.23	-2.95	-2.68	7.20	9.19	11.43
2 Kat.	Normal	ÖB = 20	-2.67	0.01	2.67	-2.00	-1.76	5.11
3 Kat.	Normal	ÖB = 20	-4.13	0.00	4.13	-2.00	0.47	15.05
4 Kat.	Normal	ÖB = 20	-2.07	0.01	1.70	-2.00	-0.55	4.33
5 Kat.	Normal	ÖB = 20	-1.56	0.00	1.70	-1.96	-0.51	4.33
7 Kat.	Normal	ÖB = 20	-1.43	0.00	2.23	-1.72	-0.46	6.60
Sürekli	Normal	ÖB = 30	-3.23	-2.95	-2.68	7.20	9.19	11.43
2 Kat.	Normal	ÖB = 30	-1.79	0.01	1.79	-2.00	-1.85	1.20
3 Kat.	Normal	ÖB = 30	-5.20	0.00	5.20	-1.69	0.37	25.03
4 Kat.	Normal	ÖB = 30	-1.54	0.01	1.61	-1.98	-0.52	1.73
5 Kat.	Normal	ÖB = 30	-1.21	0.00	1.20	-1.69	-0.48	2.36
7 Kat.	Normal	ÖB = 30	-1.46	0.00	1.53	-1.50	-0.41	4.03
Sürekli	Normal	ÖB = 50	-3.23	-2.95	-2.68	7.20	9.19	11.43
2 Kat.	Normal	ÖB = 50	-1.50	0.01	1.22	-2.00	-1.91	0.25
3 Kat.	Normal	ÖB = 50	-1.42	0.00	2.34	-1.27	0.28	9.50
4 Kat.	Normal	ÖB = 50	-1.16	0.00	0.99	-1.30	-0.52	0.84
5 Kat.	Normal	ÖB = 50	-0.82	0.00	0.85	-1.45	-0.47	1.24
7 Kat.	Normal	ÖB = 50	-1.06	0.00	1.05	-1.34	-0.38	2.31
Sürekli	Normal	ÖB = 100	-3.23	-2.95	-2.68	7.20	9.19	11.43
2 Kat.	Normal	ÖB = 100	-0.82	0.00	0.77	-2.00	-1.96	-1.32
3 Kat.	Normal	ÖB = 100	-0.68	0.00	0.90	-1.21	0.22	3.62
4 Kat.	Normal	ÖB = 100	-0.64	0.00	0.66	-1.08	-0.52	0.29
5 Kat.	Normal	ÖB = 100	-0.59	0.00	0.68	-1.13	-0.47	0.54
7 Kat.	Normal	ÖB = 100	-0.70	0.00	0.68	-1.12	-0.35	1.22
Sürekli	Normal	ÖB = 500	-3.23	-2.95	-2.68	7.20	9.19	11.43
2 Kat.	Normal	ÖB = 500	-0.37	0.00	0.35	-2.00	-1.99	-1.87
3 Kat.	Normal	ÖB = 500	-0.11	0.00	0.14	-0.57	0.16	1.19
4 Kat.	Normal	ÖB = 500	-0.24	0.00	0.26	-0.82	-0.52	-0.29
5 Kat.	Normal	ÖB = 500	-0.27	0.00	0.29	-0.81	-0.47	-0.08
7 Kat.	Normal	ÖB = 500	-0.34	0.00	0.30	-0.81	-0.34	0.19
Sürekli	Normal	ÖB = 1000	-3.23	-2.95	-2.68	7.20	9.19	11.43
2 Kat.	Normal	ÖB = 1000	-0.27	0.00	0.23	-2.00	-2.00	-1.93
3 Kat.	Normal	ÖB = 1000	-0.05	0.00	0.06	-0.33	0.16	0.82
4 Kat.	Normal	ÖB = 1000	-0.20	0.00	0.17	-0.74	-0.53	-0.36
5 Kat.	Normal	ÖB = 1000	-0.23	0.00	0.19	-0.74	-0.47	-0.16
7 Kat.	Normal	ÖB = 1000	-0.22	0.00	0.22	-0.64	-0.33	0.02
Sürekli	Normal	ÖB = 5000	-3.23	-2.95	-2.68	7.20	9.19	11.43
2 Kat.	Normal	ÖB = 5000	-0.10	0.00	0.11	-2.00	-2.00	-1.99
3 Kat.	Normal	ÖB = 5000	-0.01	0.00	0.01	-0.09	0.15	0.40
4 Kat.	Normal	ÖB = 5000	-0.08	0.00	0.09	-0.60	-0.53	-0.44
5 Kat.	Normal	ÖB = 5000	-0.08	0.00	0.09	-0.56	-0.47	-0.36
7 Kat.	Normal	ÖB = 5000	-0.10	0.00	0.10	-0.50	-0.33	-0.18
Sürekli	ÇK = 1.0	ÖB = 20	-3.23	-2.95	-2.68	7.20	9.19	11.43
2 Kat.	ÇK = 1.0	ÖB = 20	-0.63	1.00	4.13	-2.00	-0.56	15.05
3 Kat.	ÇK = 1.0	ÖB = 20	-0.75	1.00	4.13	-2.00	-0.49	15.05
4 Kat.	ÇK = 1.0	ÖB = 20	-0.41	1.00	4.13	-2.00	0.10	15.05
5 Kat.	ÇK = 1.0	ÖB = 20	-0.87	1.00	3.24	-2.00	0.32	10.02
7 Kat.	ÇK = 1.0	ÖB = 20	-0.63	1.00	3.51	-2.00	0.38	11.59

Ek 2

(Devam)

Veri Tipi	Dağılım	Örneklem Büyüklüğü	Çarpıklık			Basıklık		
			En küçük	Ortalama	En büyük	En küçük	Ortalama	En büyük
Sürekli	ÇK = 1.0	ÖB = 30	-3.23	-2.95	-2.68	7.20	9.19	11.43
2 Kat.	ÇK = 1.0	ÖB = 30	-0.55	0.97	5.20	-2.00	-0.81	25.03
3 Kat.	ÇK = 1.0	ÖB = 30	-0.48	0.97	5.20	-2.00	-0.70	25.03
4 Kat.	ÇK = 1.0	ÖB = 30	-0.15	1.05	5.20	-2.00	0.24	25.03
5 Kat.	ÇK = 1.0	ÖB = 30	-0.28	1.07	3.24	-2.00	0.56	10.94
7 Kat.	ÇK = 1.0	ÖB = 30	-0.18	1.10	3.71	-1.98	0.81	14.73
Sürekli	ÇK = 1.0	ÖB = 50	-3.23	-2.95	-2.68	7.20	9.19	11.43
2 Kat.	ÇK = 1.0	ÖB = 50	-0.32	0.94	2.67	-2.00	-0.99	5.11
3 Kat.	ÇK = 1.0	ÖB = 50	-0.24	0.95	2.86	-1.98	-0.87	6.38
4 Kat.	ÇK = 1.0	ÖB = 50	0.04	1.08	2.53	-1.94	0.33	6.38
5 Kat.	ÇK = 1.0	ÖB = 50	0.08	1.13	2.76	-1.99	0.75	9.64
7 Kat.	ÇK = 1.0	ÖB = 50	-0.11	1.20	3.87	-1.70	1.32	18.80
Sürekli	ÇK = 1.0	ÖB = 100	-3.23	-2.95	-2.68	7.20	9.19	11.43
2 Kat.	ÇK = 1.0	ÖB = 100	0.16	0.92	2.20	-1.97	-1.09	2.84
3 Kat.	ÇK = 1.0	ÖB = 100	0.20	0.93	2.07	-1.90	-0.97	2.39
4 Kat.	ÇK = 1.0	ÖB = 100	0.32	1.10	2.01	-1.27	0.38	3.80
5 Kat.	ÇK = 1.0	ÖB = 100	0.39	1.16	2.21	-0.99	0.85	5.79
7 Kat.	ÇK = 1.0	ÖB = 100	0.26	1.29	2.88	-1.55	1.83	12.53
Sürekli	ÇK = 1.0	ÖB = 500	-3.23	-2.95	-2.68	7.20	9.19	11.43
2 Kat.	ÇK = 1.0	ÖB = 500	0.52	0.90	1.42	-1.73	-1.17	0.03
3 Kat.	ÇK = 1.0	ÖB = 500	0.58	0.91	1.44	-1.58	-1.04	0.19
4 Kat.	ÇK = 1.0	ÖB = 500	0.81	1.11	1.49	-0.45	0.39	1.61
5 Kat.	ÇK = 1.0	ÖB = 500	0.88	1.19	1.58	-0.10	0.92	2.61
7 Kat.	ÇK = 1.0	ÖB = 500	0.77	1.38	2.15	-0.50	2.37	6.66
Sürekli	ÇK = 1.0	ÖB = 1000	-3.23	-2.95	-2.68	7.20	9.19	11.43
2 Kat.	ÇK = 1.0	ÖB = 1000	0.64	0.90	1.21	-1.59	-1.18	-0.53
3 Kat.	ÇK = 1.0	ÖB = 1000	0.62	0.91	1.20	-1.49	-1.05	-0.46
4 Kat.	ÇK = 1.0	ÖB = 1000	0.86	1.11	1.38	-0.24	0.40	1.25
5 Kat.	ÇK = 1.0	ÖB = 1000	0.95	1.19	1.46	0.09	0.93	2.16
7 Kat.	ÇK = 1.0	ÖB = 1000	0.91	1.39	1.86	0.30	2.44	5.13
Sürekli	ÇK = 1.0	ÖB = 5000	-3.23	-2.95	-2.68	7.20	9.19	11.43
2 Kat.	ÇK = 1.0	ÖB = 5000	0.78	0.90	1.03	-1.39	-1.19	-0.95
3 Kat.	ÇK = 1.0	ÖB = 5000	0.79	0.91	1.03	-1.27	-1.06	-0.83
4 Kat.	ÇK = 1.0	ÖB = 5000	1.01	1.11	1.24	0.11	0.39	0.73
5 Kat.	ÇK = 1.0	ÖB = 5000	1.08	1.19	1.31	0.50	0.94	1.37
7 Kat.	ÇK = 1.0	ÖB = 5000	1.19	1.40	1.61	1.41	2.48	3.57
Sürekli	ÇK = 2.5	ÖB = 20	-3.23	-2.95	-2.68	7.20	9.19	11.43
2 Kat.	ÇK = 2.5	ÖB = 20	0.41	2.52	4.13	-1.83	5.36	15.05
3 Kat.	ÇK = 2.5	ÖB = 20	0.41	2.52	4.13	-1.83	5.49	15.05
4 Kat.	ÇK = 2.5	ÖB = 20	0.41	2.51	4.13	-1.83	5.49	15.05
5 Kat.	ÇK = 2.5	ÖB = 20	0.51	2.50	4.13	-1.64	5.44	15.05
7 Kat.	ÇK = 2.5	ÖB = 20	0.41	2.50	4.13	-1.83	5.46	15.05
Sürekli	ÇK = 2.5	ÖB = 30	-3.23	-2.95	-2.68	7.20	9.19	11.43
2 Kat.	ÇK = 2.5	ÖB = 30	0.55	2.62	5.20	-1.69	5.98	25.03
3 Kat.	ÇK = 2.5	ÖB = 30	0.71	2.65	5.20	-1.50	6.43	25.03
4 Kat.	ÇK = 2.5	ÖB = 30	0.76	2.64	5.20	-1.24	6.44	25.03
5 Kat.	ÇK = 2.5	ÖB = 30	0.79	2.61	5.20	-1.11	6.23	25.03
7 Kat.	ÇK = 2.5	ÖB = 30	0.71	2.62	5.20	-1.50	6.29	25.03
Sürekli	ÇK = 2.5	ÖB = 50	-3.23	-2.95	-2.68	7.20	9.19	11.43
2 Kat.	ÇK = 2.5	ÖB = 50	0.68	2.57	6.86	-1.54	5.40	45.02
3 Kat.	ÇK = 2.5	ÖB = 50	0.87	2.70	6.86	-1.24	6.82	45.02
4 Kat.	ÇK = 2.5	ÖB = 50	0.92	2.68	6.86	-0.74	6.76	45.02
5 Kat.	ÇK = 2.5	ÖB = 50	0.87	2.63	6.86	-0.88	6.28	45.02
7 Kat.	ÇK = 2.5	ÖB = 50	0.74	2.64	6.86	-1.25	6.45	45.02
Sürekli	ÇK = 2.5	ÖB = 100	-3.23	-2.95	-2.68	7.20	9.19	11.43
2 Kat.	ÇK = 2.5	ÖB = 100	1.15	2.45	6.86	-0.67	4.33	45.02
3 Kat.	ÇK = 2.5	ÖB = 100	1.47	2.70	6.58	0.50	6.77	45.25
4 Kat.	ÇK = 2.5	ÖB = 100	1.47	2.67	6.14	0.78	6.53	39.74
5 Kat.	ÇK = 2.5	ÖB = 100	1.34	2.59	6.41	0.17	5.88	41.73
7 Kat.	ÇK = 2.5	ÖB = 100	1.28	2.64	7.42	-0.12	6.40	57.79
Sürekli	ÇK = 2.5	ÖB = 500	-3.23	-2.95	-2.68	7.20	9.19	11.43
2 Kat.	ÇK = 2.5	ÖB = 500	1.60	2.36	3.71	0.55	3.63	11.73
3 Kat.	ÇK = 2.5	ÖB = 500	1.97	2.68	3.73	2.74	6.49	13.99
4 Kat.	ÇK = 2.5	ÖB = 500	1.89	2.64	3.81	2.33	6.14	15.37
5 Kat.	ÇK = 2.5	ÖB = 500	1.76	2.55	3.52	1.68	5.46	12.36
7 Kat.	ÇK = 2.5	ÖB = 500	1.89	2.65	3.85	2.23	6.55	16.58

Ek 2

(Devam)

Veri Tipi	Dağılım	Örneklem Büyüklüğü	Çarpıklık			Basıklık		
			En küçük	Ortalama	En büyük	En küçük	Ortalama	En büyük
Sürekli	ÇK = 2.5	ÖB = 1000	-3.23	-2.95	-2.68	7.20	9.19	11.43
2 Kat.	ÇK = 2.5	ÖB = 1000	1.83	2.36	2.98	1.37	3.58	6.86
3 Kat.	ÇK = 2.5	ÖB = 1000	2.15	2.68	3.31	3.60	6.46	10.67
4 Kat.	ÇK = 2.5	ÖB = 1000	2.14	2.64	3.29	3.48	6.10	10.59
5 Kat.	ÇK = 2.5	ÖB = 1000	2.04	2.55	3.16	2.81	5.42	9.45
7 Kat.	ÇK = 2.5	ÖB = 1000	2.02	2.65	3.43	2.78	6.59	12.66
Sürekli	ÇK = 2.5	ÖB = 5000	-3.23	-2.95	-2.68	7.20	9.19	11.43
2 Kat.	ÇK = 2.5	ÖB = 5000	2.07	2.35	2.60	2.27	3.52	4.77
3 Kat.	ÇK = 2.5	ÖB = 5000	2.45	2.68	2.93	5.13	6.42	8.05
4 Kat.	ÇK = 2.5	ÖB = 5000	2.41	2.63	2.90	4.82	6.06	7.77
5 Kat.	ÇK = 2.5	ÖB = 5000	2.29	2.54	2.78	4.05	5.38	6.79
7 Kat.	ÇK = 2.5	ÖB = 5000	2.39	2.65	2.96	4.94	6.60	8.87

Ek 3

1. Tip Hata Değerleri

Yöntem	Kategori Sayısı																																									
	2							3							4							5							7							Sürekli						
	Örneklem Büyüklüğü																																									
	20	30	50	100	500	1000	5000	20	30	50	100	500	1000	5000	20	30	50	100	500	1000	5000	20	30	50	100	500	1000	5000	20	30	50	100	500	1000	5000	20	30	50	100	500	1000	5000
AD	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.92	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.69	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
CM	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.93	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.71	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
L	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.86	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.68	0.93	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04
χ^2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
SF	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.66	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.42	0.73	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06
SW	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.70	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.48	0.79	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04
KS	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
JB	0.01	0.02	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.09	0.06	0.05	0.04	0.05	0.07	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.52	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.94	1.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.08	0.40	1.00	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05
Ç-K	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.05	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05
B-K	0.00	0.80	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	0.06	0.10	0.09	0.08	0.10	0.16	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.92	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.99	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23	0.64	1.00	0.01	0.02	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05
Ç/H	0.04	0.04	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.05	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.04

AD: Anderson-Darling, CM: Cramer-von Mises, L: Lilliefors, χ^2: Pearson χ^2, SF: Shapiro-Francia, SW: Shapiro-Wilk, KS: Kolmogorov-Smirnov, JB: Jarque–Bera, Ç-K: Çarpıklık katsayısı kritik değeri, B-K: Basıklık katsayısı kritik değeri,Ç/H: ÇK/SH Oran

Ek 4

Güç Değerleri

Çarpıklık	Yöntem	Kategori Sayısı																																									
		2							3							4							5							7							Sürekli						
		Örneklem Büyüklüğü																																									
		20	30	50	100	500	1000	5000	20	30	50	100	500	1000	5000	20	30	50	100	500	1000	5000	20	30	50	100	500	1000	5000	20	30	50	100	500	1000	5000	20	30	50	100	500	1000	5000
Çarpıklık Katsayısı = -2.5	AD	0.92	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	CM	0.92	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.94	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	L	0.92	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.85	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	χ^2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.94	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	SF	0.92	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	SW	0.92	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	KS	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.32	0.46	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	JB	0.84	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.90	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.92	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.92	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.91	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.67	0.88	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	Ç-K	0.89	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.94	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.80	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	B-K	0.48	0.69	0.86	0.95	1.00	1.00	1.00	0.64	0.84	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	0.71	0.88	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	0.72	0.87	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	0.71	0.86	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00	0.42	0.61	0.82	0.98	1.00	1.00	1.00
	Ç/H	0.89	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.94	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.82	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Çarpıklık Katsayısı = -1.0	AD	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.54	0.77	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00
	CM	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.47	0.68	0.91	1.00	1.00	1.00	1.00
	L	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.34	0.51	0.79	1.00	1.00	1.00	1.00
	χ^2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.43	0.64	0.92	1.00	1.00	1.00	1.00
	SF	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.55	0.80	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00
	SW	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.64	0.87	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00
	KS	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.14	0.18	0.27	0.46	1.00	1.00	1.00
	JB	0.26	0.46	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.21	0.39	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.24	0.43	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.23	0.39	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	0.25	0.44	0.84	1.00	1.00	1.00	1.00	0.17	0.31	0.62	0.99	1.00	1.00	1.00
	Ç-K	0.43	0.46	0.71	0.97	1.00	1.00	1.00	0.41	0.53	0.80	0.99	1.00	1.00	1.00	0.41	0.54	0.78	0.98	1.00	1.00	1.00	0.40	0.60	0.86	1.00	1.00	1.00	1.00	0.41	0.65	0.92	1.00	1.00	1.00	1.00	0.28	0.49	0.80	0.99	1.00	1.00	1.00
	B-K	0.04	0.17	0.41	0.66	1.00	1.00	1.00	0.07	0.09	0.21	0.45	0.98	1.00	1.00	0.05	0.12	0.30	0.57	0.99	1.00	1.00	0.06	0.05	0.08	0.19	0.75	0.95	1.00	0.07	0.10	0.13	0.19	0.47	0.72	1.00	0.06	0.09	0.13	0.18	0.52	0.76	1.00
	Ç/H	0.43	0.62	0.81	0.97	1.00	1.00	1.00	0.41	0.60	0.80	0.99	1.00	1.00	1.00	0.43	0.58	0.79	0.98	1.00	1.00	1.00	0.44	0.63	0.87	1.00	1.00	1.00	1.00	0.45	0.68	0.92	1.00	1.00	1.00	1.00	0.31	0.52	0.81	0.99	1.00	1.00	1.00

AD: Anderson-Darling, CM: Cramer-von Mises, L: Lilliefors, χ^2: Pearson χ^2, SF: Shapiro-Francia, SW: Shapiro-Wilk, KS: Kolmogorov-Smirnov, JB: Jarque–Bera, Ç-K: Çarpıklık katsayısı kritik değeri, B-K: Basıklık katsayısı kritik değeri,Ç/H: ÇK/SH Oran

Ek 4

(Devam)

Çarpıklık	Yöntem	Kategori Sayısı																																									
		2							3							4							5							7							Sürekli						
		Örneklem Büyüklüğü																																									
		20	30	50	100	500	1000	5000	20	30	50	100	500	1000	5000	20	30	50	100	500	1000	5000	20	30	50	100	500	1000	5000	20	30	50	100	500	1000	5000	20	30	50	100	500	1000	5000
Çarpıklık Katsayısı = 1.0	AD	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.53	0.76	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00
	CM	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.46	0.67	0.91	1.00	1.00	1.00	1.00
	L	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.33	0.50	0.80	1.00	1.00	1.00	1.00
	χ^2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.43	0.64	0.92	1.00	1.00	1.00	1.00
	SF	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.54	0.79	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00
	SW	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.63	0.87	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00
	KS	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.14	0.18	0.27	0.48	1.00	1.00	1.00
	JB	0.26	0.46	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.21	0.41	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.24	0.44	0.83	1.00	1.00	1.00	1.00	0.27	0.50	0.85	1.00	1.00	1.00	1.00	0.29	0.47	0.79	1.00	1.00	1.00	1.00	0.17	0.30	0.61	0.99	1.00	1.00	1.00
	Ç-K	0.43	0.46	0.71	0.97	1.00	1.00	1.00	0.40	0.51	0.76	0.98	1.00	1.00	1.00	0.41	0.65	0.92	1.00	1.00	1.00	1.00	0.41	0.69	0.94	1.00	1.00	1.00	1.00	0.40	0.62	0.87	1.00	1.00	1.00	1.00	0.27	0.49	0.81	0.99	1.00	1.00	1.00
	B-K	0.04	0.17	0.41	0.66	1.00	1.00	1.00	0.06	0.13	0.29	0.58	0.99	1.00	1.00	0.07	0.09	0.12	0.16	0.42	0.68	1.00	0.09	0.14	0.23	0.37	0.93	1.00	1.00	0.15	0.24	0.40	0.62	0.99	1.00	1.00	0.06	0.09	0.13	0.20	0.52	0.76	1.00
	Ç/H	0.43	0.62	0.81	0.97	1.00	1.00	1.00	0.40	0.60	0.78	0.98	1.00	1.00	1.00	0.44	0.69	0.92	1.00	1.00	1.00	1.00	0.45	0.72	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	0.42	0.64	0.87	1.00	1.00	1.00	1.00	0.30	0.51	0.81	0.99	1.00	1.00	1.00
Çarpıklık Katsayısı = 2.5	AD	0.92	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	CM	0.92	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.93	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	L	0.92	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.84	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	χ^2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.93	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	SF	0.92	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	SW	0.92	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	KS	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.32	0.46	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	JB	0.84	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.90	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.92	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.91	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.91	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.66	0.89	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	Ç-K	0.89	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.94	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.80	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	B-K	0.49	0.69	0.87	0.95	1.00	1.00	1.00	0.65	0.85	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	0.71	0.86	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	0.69	0.84	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	0.67	0.82	0.94	0.99	1.00	1.00	1.00	0.41	0.60	0.82	0.98	1.00	1.00	1.00
	Ç/H	0.89	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.94	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.82	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

AD: Anderson-Darling, CM: Cramer-von Mises, L: Lilliefors, χ^2: Pearson χ^2, SF: Shapiro-Francia, SW: Shapiro-Wilk, KS: Kolmogorov-Smirnov, JB: Jarque–Bera, Ç-K: Çarpıklık katsayısı kritik değeri, B-K: Basıklık katsayısı kritik değeri,Ç/H: ÇK/SH Oran

Kaynakça

Anderson, T. W. & Darling, D. A. (1954). A test of goodness of fit. *Journal of the American Statistical Association, 49*(268), 765-769. https://doi.org/10.2307/2281537 adresinden 3.5.2021 tarihinde erişilmiştir.

Barton, B. & Peat, J. (2014). *Medical statistics: A guide to SPSS, data analysis and critical appraisal*. (2. Baskı). Wiley.

Büyüköztürk, Ş. (2013). *Sosyal bilimler için veri analizi el kitabı: İstatistik, araştırma deseni, SPSS uygulamaları ve yorum*. (18. Baskı). Pegem Akademi.

Crocker, L. & Algina, J. (2008). *Introduction of classical and modern test theory*. Cengage Learning.

Feinberg, R. A. & Rubright, J. D. (2016). Conducting simulation studies in psychometrics. *Educational Measurement: Issues and Practice, 35*(2), 36-49. https://doi.org/10.1111/emip.12111 adresinden 8.12.2021 tarihinde erişilmiştir.

Fialko wski, A. C. (2018). *SimMultiCorrData: Simulation of correlated data with multiple variable types* [Bilgisayar Yazılımı]. https://cran.r-project.org/package=SimMultiCorrData adresinden 7.6.2021 tarihinde erişilmiştir.

Field, A. (2018). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics*. (5. Baskı). Sage.

Finney, S. J. & DiStefano, C. (2013). Nonnormal and categorical data in structural equation modeling. G. R. Hancock ve R. O. Mueller (Eds.), *Structural equation modeling: A second course* içinde (2. Baskı, ss. 439–492). IAP.

George, D. & Mallery, M. (2001). *SPSS for Windows step by step: A simple guide and reference 10.0 update*. (3. Baskı). Allyn and Bacon.

Gross, J. & Ligges, U. (2015). *Nortest: Tests for normality* [Bilgisayar Yazılımı]. https://cran.r-project.org/package=nortest adresinden 22.2.2021 tarihinde erişilmiştir.

Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J. & Anderson, R. E. (2009). *Multivariate data analysis*. (7. Baskı). Prentice Hall.

Harel, D. (2020). *Sur: Companion to statistics using R: An integrative approach* [Bilgisayar Yazılımı]. https://cran.r-project.org/package=sur adresinden 22.2.2021 tarihinde erişilmiştir.

International Business Machines (IBM). (2021). *Summarize statistics*. https://www.ibm.com/docs/en/spss-statistics/SaaS?topic=summarize-statistics adresinden 22.2.2021 tarihinde erişilmiştir.

Jarque, C. M. & Bera, A. K. (1987). A test for normality of observations and regression residuals. *International Statistical Review, 55*(2), 163-172. https://doi.org/10.2307/1403192 adresinden 3.5.2021 tarihinde erişilmiştir.

Keskin, S. (2006). Comparison of several univariate normality tests regarding type I error rate and power of the test in simulation based small samples. *Journal of Applied Science Research 2*(5), 296-300. http://www.aensiweb.com/old/jasr/jasr/2006/296-300.pdf adresinden 15.5.2021 tarihinde erişilmiştir.

Leech, N. L., Barrett, K. C. & Morgan, G. A. (2005). *SPSS for intermediate statistics: Use and interpretation*. (2. Baskı). Taylor & Francis.

Lilliefors, H. W. (1967). On the Kolmogorov-Smirnov test for normality with mean and variance unknown. *Journal of the American Statistical Association, 62*(318), 399-402. https://doi.org/10.2307/2283970 adresinden 3.5.2021 tarihinde erişilmiştir.

Luo, H. (2011). *Generation of non-normal data – A study of Fleishman's power method* (Yayın No. 2011:1). http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:407995/FULLTEXT01.pdf adresinden 18.2.2021 tarihinde erişilmiştir.

Mendes, M. & Pala, A. (2003). Type I error rate and power of three normality tests. *Information Technology Journal, 2*(2), 135-139. https://doi.org/10.3923/itj.2003.135.139 adresinden 15.5.2021 tarihinde erişilmiştir.

Oppong, F. B. & Agbedra, S. Y. (2016). Assessing univariate and multivariate normality, a guide for non-statisticians. *Mathematical Theory and Modeling, 6*(2), 26-33. https://www.iiste.org/Journals/index.php/MTM/article/view/28571 adresinden 24.5.2021 tarihinde erişilmiştir.

Öztuna, D., Elhan, A. H. & Tüccar, E. (2006). Investigation of four different normality tests in terms of type 1 error rate and power under different distributions. *Turkish Journal of Medical Sciences, 36*(3), 171-176. https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/129239 adresinden 13.5.2021 tarihinde erişilmiştir.

Pallant, J. (2016). *A step by step guide to data analysis using IBM SPSS*. McGraw Hill Education.

Pituch, K. A. & Stevens, J. P. (2016). *Applied multivariate statistics for the social sciences*. (6. Baskı). Routledge.

R Core Team. (2020). *R: A language and environment for statistical computing* [Bilgisayar Yazılımı]. https://www.r-project.org/ adresinden 22.2.2021 tarihinde erişilmiştir.

Razali, N. M. & Wah, Y. B. (2011). Power comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling tests. *Journal of Statistical Modeling and Analytics, 2*(1), 21-33. https://www.nrc.gov/docs/ML1714/ML17143A100.pdf adresinden 14.5.2021 tarihinde erişilmiştir.

Royston, P. (1992). Approximating the Shapiro-Wilk W-test for non-normality. *Statistics and Computing, 2*(3), 117–119. https://doi.org/10.1007/BF01891203 adresinden 14.5.2021 tarihinde erişilmiştir.

Sigal, M. J. & Chalmers, R. P. (2016). Play it again: Teaching statistics with monte carlo simulation. *Journal of Statistics Education, 24*(3), 136–156. https://doi.org/10.1080/10691898.2016.1246953 adresinden 10.5.2021 tarihinde erişilmiştir.

Stephens, M. A. (1974). EDF statistics for goodness of fit and some comparisons. *Journal of the American Statistical Association, 69*(347), 730-737. https://doi.org/10.2307/2286009 adresinden 10.5.2021 tarihinde erişilmiştir.

Stevens, J. P. (2009). *Applied multivariate statistics for the social sciences*. (5. Baskı). Routledge.

Tabachnick, B. G. & Fidell, L. S. (2013). *Using multivariate statistics*. (6. Baskı). Pearson.

Thode, H. C. (2002). *Testing for normality*. Marcel Dekker.

Verrill, S. & Johnson, R. A. (1988). Tables and large-sample distribution theory for censored-data correlation statistics for testing normality. *Journal of the American Statistical Association, 83*(404), 1192–1197. https://doi.org/10.1080/01621459.1988.10478721 adresinden 14.5.2021 tarihinde erişilmiştir.

Wickham, H. (2016). *Ggplot2: Elegant graphics for data analysis* [Bilgisayar Yazılımı]. Springer-Verlag. http://ggplot2.org adresinden 22.2.2021 tarihinde erişilmiştir.

Wright, D. B. & Herrington, J. A. (2011). Problematic standard errors and confidence intervals for skewness and kurtosis. *Behavior Research Methods, 43*(1), 8–17. https://doi.org/10.3758/s13428-010-0044-x adresinden 22.5.2021 tarihinde erişilmiştir.

Wuertz, D., Setz, T., & Chalabi, Y. (2020). *FBasics: Rmetrics-markets and basic statistics* [Bilgisayar Yazılımı]. https://cran.r-project.org/package=fBasics adresinden 22.2.2021 tarihinde erişilmiştir.

Yap, B. W., & Sim, C. H. (2011). Comparisons of various types of normality tests. *Journal of Statistical Computation and Simulation, 81*(12), 2141-2155. https://doi.org/10.1080/00949655.2010.520163 adresinden 11.5.2021 tarihinde erişilmiştir.

Extended Abstract

Introduction

Normal distribution is one of the basic assumptions of parametric tests such as correlation analysis, t-test, and one-way analysis of variance (ANOVA), which are frequently used in the literature. The normal distribution of the studied variable plays a key role in making accurate parameter estimations (Field, 2018). While testing normality, descriptive statistics, graphics or hypothesis are used (Pituch & Stevens, 2016).

The two components of normality are skewness and kurtosis. Tabachnick and Fidell (2013) state that standard values of skewness and kurtosis coefficients can be preferred when evaluating normality when the sample is small or medium in size. However, if the sample size is high, the standard errors decrease, and even small deviations from normality can lead to the conclusion that the distribution is not normal according to the standard values of the skewness and kurtosis coefficients. In such cases, it may be a good option to examine the graph of the data. It is difficult to determine with graphs whether the data is normally distributed in small and medium-sized samples (Stevens, 2009). In addition, hypothesis tests can be used when evaluating normality. It is seen that Kolmogorov-Smirnov (KS) and Shapiro-Wilk (SW) tests are included in statistical package programs (e.g. SPSS) that are frequently used in research. However, researchers should be aware that KS tends to reject normality when the sample grows (Pallant, 2016). SW is known to be statistically strong only in small samples (Pituch & Stevens, 2016). However, hypothesis testing is not limited to the two tests mentioned above. There are many hypothesis tests that can be used when testing normality. Some of these tests are Anderson-Darling (AD), Cramer-von Mises (CM), Jarque-Bera (JB), Lilliefors (LF), Pearson chi square, and Shapiro-Francia (SF).

The aim of the study is to analyze the effectiveness of the tests for univariate normality (AD, CM, JB, KS, LF, Pearson chi-square, SF and SW) and descriptive statistics used for normality (standard values of skewness and kurtosis coefficient, skewness coefficient/standard error) in determining the normality of the distribution according to the skewness value, sample size, continuous-ordinal nature of the data. For this purpose, type 1 error and power were used as evaluation criteria. When the literature is examined, no other study has been found that compares the above-mentioned methods. There are different results in the literature regarding the power of the SW method in small samples. This indicates that more evidence is needed for the SW test. Similarly, it is seen that the studies in the literature are not carried out on ordinal data. The current research will be able to contribute to the literature by dealing with a large number of ordinal data cases in different category numbers. In addition to these, the present study is thought to be important in three aspects. These are 1) the determination of hypothesis tests, which are effective in determining normality in studies but rarely used, by evaluating them under different conditions, which can reduce the dilemmas that researchers experience while determining normality. 2) Examining the hypothesis tests that are frequently used while determining normality, the hypothesis tests that are used less frequently (for example JB [included in the R software]) and the descriptive statistics used for normality under different conditions will enable researchers to determine the most appropriate method. 3) Choosing the right method while determining normality will enable researchers to reach error-free inferences.

Method

The research is a Monte Carlo simulation. In this study, used to examine the normality of the data set; AD, CM, LF, Pearson chi-square, SF, SW, KS, JB, standard value of skewness coefficient, standard value of kurtosis coefficient, and skewness coefficient/standard error methods were compared according to the simulation conditions. In the study, the skewness coefficient (SC = -1.0, -2.5, 0.0, 1.0, 2.5), sample size (20, 30, 50, 100, 500, 1000 and 5000), and whether the variable was continuous or ordinal (number of categories [2, 3, 4, 5, 7]) was determined as the simulation condition.

Type 1 error and power were used as evaluation criteria in the research. R software (R Core Team, 2020) was used in the generation of the data. In order to produce the ordinal data, a normally distributed continuous variable with a mean of 0, a standard deviation of 1 was produced. Later, this variable was transformed into ordinal with the help of the cutoff points used. While producing a continuous data set, a variable with a mean of 0 and a standard deviation of 1 was produced for the normal distribution. Fleishman's transformation was used to skew continuous datasets.

A fully crossed design was used in the study. 210 conditions were studied and 10000 replications were made for each condition. We used *nortest*, *fbasics*, *sur*, and *ggplot* packages in R software. For the standard value of the skewness coefficient and the standard value of the kurtosis coefficient, the codes written by the researchers in the R programming language were used.

Findings, Conclusion and Discussion

The type 1 errors of AD, CM, LF, Pearson chi-square, SF, SW and KS methods were high in all sample size conditions in ordinal data. The JB method and the standard value of the kurtosis coefficient methods, on the other hand, have an acceptable type 1 error value in some of the conditions. In addition, it is seen that the standard value of the skewness coefficient and the skewness coefficient/standard error methods have acceptable results in all conditions in terms of type 1 error in ordinal data. When the data is continuous, type 1 errors of all methods are quite low. Particularly in continuous data and small samples (under 100), four methods with lower type 1 errors were noted. These are JB, standard value of skewness coefficient, standard value of kurtosis coefficient, and skewness coefficient/standard error. Similar to this study, Öztuna et al. (2006) determined that the JB method had the lowest type 1 error in samples of 30 and below.

When compared in terms of power, it was observed that the power values generally increased as the sample size increased. It has been found that the standard value of the kurtosis coefficient in small samples and ordinal data does not have sufficient power in some conditions. AD, CM, LF, Pearson chi-square, SF, SW, KS, JB, standard value of skewness coefficient and skewness coefficient/standard error methods have sufficient power for sample sizes of 30 and above in ordinal data. AD, SW, and SF showed sufficient strength when skewness increased in small samples. Razali and Wah (2011) determined that the SW and AD are tests with high power, although their power is not sufficient in samples of 30 and below. Razali and Wah's (2011) research results support the current research results. It is thought that the reason for the difference in sample sizes of 30 and below may be related to the skewness coefficient. In the study of Yap and Sim (2011) it was found that the AD method was also high in power, similar to the current study.

When the sample size is high in continuous data, cases where the power of the standard value of the kurtosis coefficient is insufficient. Similarly, the power of KS method was found to be low when the sample size was 100 in continuous data. In their research Mendes and Pala (2003), and Yap and Sim (2011) stated that the KS method performed poorly. In the present study, similar results were obtained in some conditions. The Pearson chi-square method showed sufficient power in the present study when the sample size increased in continuous data. However, Yap and Sim (2011) state that the power of the chi-square method is low. The JB method has sufficient power when the sample size is 100 and above in continuous data. Similar to the current research, Yap and Sim (2011) also mentioned that the JB method is close to SW. In the current study, the power of the Lilliefors test in continuous data seems to be insufficient when the sample size is low. Similar to the current research results, Mendes and Pala (2003) and Öztuna et al. (2006) also stated that the SW test is more powerful than the LF test.

According to the findings of this study, the following suggestions can be offered to researchers: i) not using AD, CM, LF, Pearson chi-square, SF, SW and KS methods when working on ordinal data, ii) When type 1 error and power are considered together, the standard value of skewness coefficient, skewness coefficient/standard error and JB methods are recommended to be preferred because they perform well in most of the conditions.

Contribution Rate of the Researchers

The contribution rate of both researchers to the research is 50%.

Author 1: Research design, reporting, literature review, method, data analysis, results, discussion and editing.

Author 2: Research design, reporting, literature review, method, data generation, data analysis, results and visualization.

Statement of Conflict of Interest

The research does not include any financial or personal conflict of interest with any person or institution.