

**DENEYSEL DAĞILIM FONKSİYONUNA DAYALI YENİ
UYUM İYİLİĞİ TESTLERİ**

**NEW GOODNESS-OF-FIT TESTS BASED ON EMPIRICAL
DISTRIBUTION FUNCTION**

DENİZ ALPTEKİN

PROF. DR. SÜLEYMAN GÜNAY
Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin
İstatistik Anabilim Dalı için Öngördüğü
DOKTORA TEZİ olarak hazırlanmıştır.

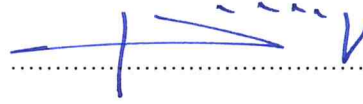
2018

DENİZ ALPTEKİN' in hazırladığı "**DeneySEL Dağılım Fonksiyonuna Dayalı Yeni Uyum İyiliği Testleri**" adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **İSTATİSTİK ANABİLİM DALI'** nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.


Prof. Dr. Hamza GAMGAM
Başkan


.....


Prof. Dr. Süleyman GÜNAY
Danışman


.....

Prof. Dr. Gül ERGÜN
Üye


.....

Prof. Dr. Serpil CULA
Üye


.....

Doç. Dr. Yasemin KAYHAN ATILGAN
Üye


.....

Bu tez Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **DOKTORA TEZİ** olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. Menemşe GÜMÜŞDERELİOĞLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Canum Anneme, Ablama ve Esime

YAYINLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanması zorunlu metinlerin yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

- Tezimin/Raporumun tamamı dünya çapında erişime açılabilir ve bir kısmı veya tamamının fotokopisi alınabilir.**

(Bu seçenikle teziniz arama motorlarında indekslenebilecek, daha sonra tezinizin erişim statüsünün değiştirilmesini talep etmeniz ve kütüphane bu talebinizi yerine getirse bile, tezinin arama motorlarının önbelleklerinde kalmaya devam edebilecektir.)

- Tezimin/Raporumun 30/05/2021 tarihine kadar erişime açılmasını ve fotokopi alınmasını (İç Kapak, Özet, İçindekiler ve Kaynakça hariç) istemiyorum.**

(Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin/raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir, kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı ve ya tamamının fotokopisi alınabilir)

- Tezimin/Raporumun tarihine kadar erişime açılmasını istemiyorum, ancak kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı veya tamamının fotokopisinin alınmasını onaylıyorum.**

- Serbest Seçenek/Yazarın Seçimi**

30 / 05 / 2018


Deniz Alptekin

ETİK

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

30 Mayıs 2018



DENİZ ALPTEKİN

ÖZET

DENEYSEL DAĞILIM FONKSİYONUNA DAYALI YENİ UYUM İYİLİĞİ TESTLERİ

Deniz ALPTEKİN

Doktora, İstatistik Bölümü

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Süleyman GÜNAY

Mayıs 2018, 85 sayfa

Dağılım varsayımları, istatistiksel yöntemlerin merkezinde yer almaktadır. Örneklem dağılımı ile deneysel dağılım arasında fark olup olmadığını incelemek için uyum iyiliği test istatistikleri kullanılır. Literatürde çok sayıda uyum iyiliği test istatistiği bulunmasına karşın, bu istatistiklerin güç değerleri her çalışmada farklı bulunmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, Cressie-Read güç iraksama ailesi istatistiğini kullanarak deneysel dağılım fonksiyonuna dayalı güç değerleri daha yüksek yeni test istatistikleri elde etmektir.

Bu çalışmada, deneysel dağılım fonksiyonuna dayalı uyum iyiliği test istatistikleri ile önerilen uyum iyiliği test istatistikleri I. tür hata ve güç değerleri yönünden Monte Carlo benzetim tekniği yardımıyla karşılaştırılmıştır. Önerilen test istatistiklerinin güç değerlerinin yüksek olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: I. tür hata, güç, güç iraksama ailesi, uyum iyiliği.

ABSTRACT

NEW GOODNESS-OF-FIT TESTS BASED ON EMPIRICAL DISTRIBUTION FUNCTION

Deniz ALPTEKİN

Doctor of Philosophy, Department of Statistics

Supervisor: Prof. Dr. Süleyman GÜNAY

May 2018, 85 pages

Distributional assumptions are at the core of statistical methods. Goodness-of-fit test statistics are used to examine whether there is a difference between the sample distribution and the empirical distribution. Although there are large number of goodness-of-fit tests in the literature, the powers of these statistics are different in each study.

The purpose of the study is to obtain new powerful goodness-of-fit tests based on the empirical distribution function by using Cressie-Read power divergence statistics.

In this study, power divergences statistics are transformed in order to introduce new goodness-of-fit tests. Critical values, type I error rates and powers of tests are obtained by using Monte Carlo for several sample sizes. Several power comparisons are performed to show that the new tests are generally more powerful than the original ones for testing normality.

Keywords: Goodness-of-fit, power, power divergence family, type I error.

TEŞEKKÜR

Tez alıŐması sűresince her zaman destek olan ve bana yol gűsteren çok kıymetli danıŐmanım sayın Prof. Dr. Sűleyman Gűnay'a,

Tez izleme komitesinde yer alan ve kıymetli bilgilerini esirgemeyen çok deęerli sayın Prof. Dr. Gűl Ergűn ve sayın Prof. Dr. Serpil Cula'ya,

Hayatımın her aŐamasında saęladıkları maddi ve manevi destek ile bugűnlere gelmemi saęlayan canım annem Gűlten TaŐŐı ve canım ablam İlkey TaŐŐı'ya, sabrı ve anlayıŐıyla her zaman yanımda olan biricik eŐim Bűlent Alptekin'e,

içtenlikle teŐekkűr ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ÇİZELGELER	vi
ŞEKİLLER.....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. UYUM İYİLİĞİ TESTLERİ	5
2.1. Deneysel Dağılım Fonksiyonu	6
2.2. Deneysel Dağılım Fonksiyonuna Dayalı Uyum İyiliği Testleri	7
2.2.1. Kolmogorov-Smirnov Uyum İyiliği Test İstatistiği	8
2.2.2. Cramer-von Mises Uyum İyiliği Test İstatistiği.....	9
2.2.3. Anderson-Darling Uyum İyiliği Test İstatistiği	9
2.2.4. Zhang Uyum İyiliği Test İstatistikleri.....	10
2.2.5. Esteban-Marhuenda- Moralles-Sanchez Uyum İyiliği Test İstatistikleri	11
2.3. Literatür Taraması	12
3. GÜÇ İRAKSAMA AİLESİ İSTATİSTİKLERİ VE UYUM İYİLİĞİ TEST İSTATİSTİKLERİ.....	17
3.1. Güç İraksama Ailesi İstatistikleri.....	17
3.2. Güç İraksama Ailesi İstatistikleri ve Deneysel Dağılım Fonksiyonu	19
3.2.1. Zhang Uyum İyiliği Test İstatistikleri.....	19
3.2.2. Esteban-Marhuenda- Moralles-Sanchez Uyum İyiliği Test İstatistikleri	24
3.2.3. Yeni Uyum İyiliği Test İstatistikleri	27
4. BENZETİM ÇALIŞMASI	31
4.1. Uyum İyiliği Test İstatistiklerinin Kritik Değerlerinin Elde Edilmesi.....	32
4.2. Uyum İyiliği Test İstatistiklerinin I. Tür Hata Değerlerinin Elde Edilmesi.....	33
4.3. Uyum İyiliği Test İstatistiklerinin Güç Değerlerinin Elde Edilmesi	35
5. BENZETİM ÇALIŞMASI SONUÇLARI.....	36
5.1. Uyum İyiliği Test İstatistiklerinin I. Tür Hata Değerlerinin Karşılaştırılması ..	36
5.2. Uyum İyiliği Test İstatistiklerinin Güç Değerlerinin Karşılaştırılması.....	38

6. SONUÇ VE TARTIŞMA.....	71
KAYNAKLAR	73
EKLER.....	76
ÖZGEÇMİŞ.....	84

ÇİZELGELER

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 5.1. Normallik testi için I. tür hata değerleri ($\alpha = 0,05$)	36
Çizelge 5.2. $(-\infty, +\infty)$ aralığında simetrik dağılımlar için güç değerleri.....	39
Çizelge 5.3. $(-\infty, +\infty)$ aralığında simetrik olmayan dağılımlar için güç değerleri .	45
Çizelge 5.4. $(0, +\infty)$ aralığında yer alan dağılımlar için güç değerleri	52
Çizelge 5.5. $(0,1)$ aralığında yer alan dağılımlar için güç değerleri.....	66
Çizelge EK1.1. <i>DB1</i> test istatistiğinin kritik tablo değerleri	77
Çizelge EK1.2. <i>DB2</i> test istatistiğinin kritik tablo değerleri	78
Çizelge EK1.3. <i>DB3</i> test istatistiğinin kritik tablo değerleri	79
Çizelge EK1.4. <i>DB4</i> test istatistiğinin kritik tablo değerleri	80
Çizelge EK1.5. <i>DB5</i> test istatistiğinin kritik tablo değerleri	81
Çizelge EK1.6. <i>DB6</i> test istatistiğinin kritik tablo değerleri	82
Çizelge EK1.7. Seçenek Hipotezde Kullanılan Dağılımların Olasılık Yoğunluk Fonksiyonları	83

ŞEKİLLER

Sayfa

Şekil 4.1. Uyum iyiliği test istatistiklerinin kritik değerlerinin elde edilmesinde kullanılan algoritmanın akış şeması.....	33
Şekil 4.2. Uyum iyiliği test istatistiklerinin I. tür hata değerlerinin elde edilmesinde kullanılan algoritmanın akış şeması.....	34
Şekil 4.3. Uyum iyiliği test istatistiklerinin güç değerlerinin elde edilmesinde kullanılan algoritmanın akış şeması.....	35
Şekil 5.1. Uyum iyiliği test istatistiklerinin I. tür hata değerleri ($\alpha = 0,05$).....	37
Şekil 5.2. $N(0,1)$ dağılımı ile Cauchy(0,1) dağılımının grafiği.....	38
Şekil 5.3. $N(0,1)$ dağılımı ile t_3 dağılımının grafiği.....	38
Şekil 5.4. Cauchy(0,1) dağılımı için uyum iyiliği testlerinin güç değerlerinin grafikleri	40
Şekil 5.5. t_3 dağılımı için uyum iyiliği testlerinin güç değerlerinin grafikleri	42
Şekil 5.6. $N(0,1)$ dağılımı ile Gumbel(0,1) dağılımının grafiği	44
Şekil 5.7. $N(0,1)$ dağılımı ile Gumbel(0,2) dağılımının grafiği	44
Şekil 5.8. Gumbel(0,1) dağılımı için uyum iyiliği testlerinin güç değerlerinin grafikleri	46
Şekil 5.9. Gumbel(0,2) dağılımı için uyum iyiliği testlerinin güç değerlerinin grafikleri	48
Şekil 5.10. $N(0,1)$ dağılımı ile Üstel(1) dağılımının grafiği	50
Şekil 5.11. $N(0,1)$ dağılımı ile Gamma(2,1) dağılımının grafiği.....	50
Şekil 5.12. $N(0,1)$ dağılımı ile Gamma(1/2,1) dağılımının grafiği	51
Şekil 5.13. $N(0,1)$ dağılımı ile Lognormal(0,1) dağılımının grafiği	51
Şekil 5.14. $N(0,1)$ dağılımı ile Lognormal(0,2) dağılımının grafiği	52
Şekil 5.15. Üstel(1) dağılımı için uyum iyiliği testlerinin güç değerlerinin grafikleri	55
Şekil 5.16. Gamma(2,1) dağılımı için uyum iyiliği testlerinin güç değerlerinin grafikleri.....	57
Şekil 5.17. Gamma(12,1) dağılımı için uyum iyiliği testlerinin güç değerlerinin grafikleri.....	59
Şekil 5.18. Lognormal(0,1) dağılımı için uyum iyiliği testlerinin güç değerlerinin grafikleri.....	61

Şekil 5.19. Lognormal(0,2) dağılımı için uyum iyiliği testlerinin güç değerlerinin grafikleri.....	63
Şekil 5.20. N(0,1) dağılımı ile Uniform (0,1) dağılımının grafiği.....	65
Şekil 5.21. N(0,1) dağılımı ile Beta(2,2) dağılımının grafiği.....	65
Şekil 5.22. Uniform(0,1) dağılımı için uyum iyiliği testlerinin güç değerlerinin grafikleri.....	67
Şekil 5.23. Beta(2,2) dağılımı için uyum iyiliği testlerinin güç değerlerinin grafikleri	69

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

χ^2	Pearson Ki-kare Test İstatistiği
$F_n(x)$	Deneysel Dağılım Fonksiyonu
D_n	Kolmogorov-Smirnov Test İstatistiği
C_n	Cramer-von Mises Test İstatistiği
A_n	Anderson-Darling Test İstatistiği
Z_A	Zhang'ın A Test İstatistiği
Z_C	Zhang'ın C Test İstatistiği
Z_K	Zhang'ın K Test İstatistiği
$S_{n,A}^1$	Esteban vd.'nin A Test İstatistiği
$S_{n,B}^1$	Esteban vd.'nin B Test İstatistiği
$S_{n,C}^1$	Esteban vd.'nin C Test İstatistiği
$S_{n,D}^0$	Esteban vd.'nin D Test İstatistiği
$S_{n,E}^0$	Esteban vd.'nin E Test İstatistiği
$S_{n,F}^0$	Esteban vd.'nin F Test İstatistiği
DB_1	Önerilen 1. test istatistiği
DB_2	Önerilen 2. test istatistiği
DB_3	Önerilen 3. test istatistiği
DB_4	Önerilen 4. test istatistiği
DB_5	Önerilen 5. test istatistiği
DB_6	Önerilen 6. test istatistiği

Kısaltmalar

GOF	Uyum İyiliği
MC	Monte Carlo
CR	Cressie-Read

1. GİRİŞ

Günümüzde hava durumu tahmininden acil durum hazırlıklarına, hastalıkların ilerlemesinden ve yayılmasından genetik bilimine, siyasetten sigortacılığa, kalite araştırmalarından borsaya ve daha birçok diğer alanlarda istatistiksel modeller kullanılır. Bu modeller ile insanlar geçmişini anlamlandırır geleceğe yönelik bakış açıları geliştirir, var olan durumun neden sonuç ilişkileri irdelenir ve karar destek sistemleri geliştirilir. Doğru modellerin ve istatistiklerin kullanılmaması durumunda ise, karar vermek bizleri yanlış sonuçlara yönlendirebileceği gibi, bilgi, zaman ve para kaybı gibi çok ciddi sorunlara da neden olabilir. Bu nedenle kullanılan istatistiksel modelin, eldeki bilgileri ne kadar yansıttığı ve hatta model varsayımlarının sağlanıp sağlanmadığı önemli bir soru olarak istatistikçilerin karşısına çıkar.

Klasik istatistiksel modelleri kullanarak tahmin yapabilmek için çeşitli varsayımların sağlanması gerekir. Bu varsayımlardan en önemlisi, eldeki verilerin belirli dağılım özelliklerini göstermesidir. Araştırmanın yapıldığı örneklemin belirli dağılıma sahip bir kitleden geldiğinin araştırılması gerekir. Bunu yapmanın en basit yolu, verilerin histogram vb. gibi grafikleri çizerek iddia edilen dağılımın teorik şekli ile göz yordamıyla karşılaştırmaktır [1]. Bu tür bir karşılaştırmada kişilerin kendi bakış açılarına göre grafiği yorumlaması sonuçları etkileyeceğinden, bu karşılaştırmaların hipotez testleri ile güçlendirilmesi çalışmanın güvenilirliğini artırır. Örneğin, en çok kullanılabilirlik yöntemi en sık kullanılan istatistiksel yöntemlerden biridir ve normallik varsayımının sağlanması bu yöntem için gereklidir. Benzer şekilde çeşitli gıdaların ihracat ve ithalatı için kalite kontrol kurallarının normal dağılıma, bakterilerin üreme sürelerinin üstel dağılıma uyum sağlaması kullanılacak modellerin belirlenmesinde önemli bir rol oynar.

Dağılım varsayımlarının sağlanmaması durumunda ilgili modelin kullanılması araştırmayı yanlış sonuçlara götürebilir. Bu durumda, alınacak kararlar, belirlenecek politikalar önemli derecede etkilenebilir. Bu nedenle örneklemin belirli bir kitleden gelip gelmediğini incelemek için Uyum İyiliği (Goodness-of-fit) testlerinden yararlanılması gerekir.

Uyum iyiliği testleri 1900'lü yıllardan itibaren birçok çalışmaya konu olmuştur. Pearson (1900), Cramer-von Mises (1928-1931), Kolmogorov-Smirnov (1933-

1939), Anderson-Darling (1952), Watson (1961), Kuiper (1962), Lilliefors (1967), Stephens (1974), Vasicek (1976), Cressie-Read (1984), D'agostino (1986), Owen (2001), Zhang (2002), Esteban vd. (2007) uyum iyiliği testleri üzerine çalışmış bazı önemli bilim insanlarıdır [1, 2].

Uyum iyiliği test istatistikleri üzerine bir literatür taraması yapıldığında, farklı dağılımlar ve varsayımlar altında uyum iyiliği test istatistiklerinin güç değerlerini karşılaştıran bir çok çalışma görülür. Stephens [3] yaptığı çalışmada Kolmogorov-Smirnov, Cramer-von Mises, Kuiper, Watson, Anderson-Darling uyum iyiliği test istatistiklerini Monte Carlo (MC) benzetim tekniği kullanarak test istatistiklerini güç değerlerine göre karşılaştırmıştır. Yazıcı ve Yolaçan [4] çalışmalarında on iki farklı normallik testini MC benzetim tekniğini yardımıyla I. tür hata ve güç yönünden karşılaştırmışlardır. Chaichatschwal ve Budsada [5] çalışmalarında Anderson-Darling, Shapiro-Wilk, Shapiro-Francia, Zhang uyum iyiliği testlerini kullanarak, test istatistiklerinin güç değerlerini hesaplamış ve seçenek dağılımlar için karşılaştırmalara yer vermişlerdir. Yap ve Sim [6] çalışmalarında Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors, Cramer-von Mises, Anderson-Darling, D'Agostino, Jarque-Bera ve Pearson Ki-kare uyum iyiliği testlerini kullanarak MC benzetim tekniği yardımıyla bu testlerin güç değerlerini elde etmişlerdir. Razali ve Wah [7] çalışmalarında Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors ve Anderson-Darling testlerinin güçlerini MC benzetim tekniğini kullanarak 0,05 ve 0,10 anlamlılık düzeylerinde hesaplamışlardır. Romao, Delgado ve Costa [8] çalışmalarında deneysel dağılım fonksiyonuna, momentlere, regresyon ve korelasyona dayalı otuz üç tane uyum iyiliği testini 0,05 ve 0,10 anlamlılık düzeylerinde farklı örneklem büyüklüklerinde incelemişlerdir. Noughabi ve Arghami [2] Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling, Kuiper, Jarque-Bera, Cramer-von Mises, Shapiro-Wilk, Vasicek uyum iyiliği test istatistiklerini farklı örneklem büyüklüklerinde MC benzetim tekniğini kullanarak güçleri bakımından karşılaştırmışlardır. Torabi, Montazeri ve Grane [9], otuz altı uyum iyiliği test istatistiğini, farklı seçenek dağılımlar altında, küçük örneklem büyüklüklerinde incelemişlerdir.

Cressie ve Read [10] olumsuzluk tablolarında model uyumunu incelemek için Cressie-Read (CR) güç iraksama ailesini önermişlerdir. Literatürde, CR istatistiğinin farklı çalışmalarda kullanıldığı görülmektedir. Cressie vd. [11] çalışmalarında CR istatistiğini kullanarak kesin ve asimptotik güç değerlerini elde etmişlerdir. Ogata ve

Taniguchi [12] CR istatistiğini zaman serileri modellerinde kullanmışlardır. Judge ve Mittelhammer [13] olasılık-örnekleme modellerinin yapısını ortaya koyabilmek adına CR güç iraksama ailesinin iki üyesini kullanarak daha yüksek performansa sahip tahmin ediciler elde etmişlerdir. Aktaş [14] çalışmasında yapısal sıfır içeren tamamlanmamış olumsuzluk tablolarında, yarı bağımsızlık modeli varsayımı altında CR güç iraksama ailesinin istatistiklerinin güç değerlerini karşılaştırmıştır.

Literatürde, CR güç iraksama ailesi istatistiklerinden elde edilebilen Pearson Ki-kare ve olabilirlik oran istatistiklerinin yeni uyum iyiliği test istatistiklerini elde etmede kullanıldığı da görülmektedir [15,16]. Zhang [15] olabilirlik oran istatistiklerini kullanarak elde ettiği deneysel dağılım fonksiyonuna dayalı yeni uyum iyiliği test istatistiklerini, literatürde yer alan diğer test istatistikleri karşılaştırmıştır. Esteban-Marhuenda-Morales-Sanchez çalışmalarında [16] güç iraksama ailesi istatistiklerini Zhang'ın yöntemini değiştirerek altı tane yeni uyum iyiliği testi geliştirmişler ve elde ettikleri test istatistiklerini diğer test istatistikleri ile güçleri yönünden karşılaştırmışlardır.

Bu tez çalışmasında ise, Cressie-Read istatistiği kullanılarak, farklı seçenek dağılımlar altında, güç değerleri literatürde yer alan diğer testlere göre daha yüksek olan yeni uyum iyiliği test istatistiklerinin önerilmesi hedeflenmiştir. Önerilen test istatistiklerinin kritik değerleri, I. tür hata ve güç değerleri MC benzetim tekniği kullanılarak elde edilmiş ve literatürde yer alan diğer uyum iyiliği testleri ile karşılaştırılmıştır.

Tez çalışmasının ikinci bölümünde deneysel dağılım fonksiyonu, bazı deneysel dağılım fonksiyonuna dayalı uyum iyiliği test istatistikleri ve uyum iyiliği testleri incelenmiştir. Bölüm 3'te güç ayrışım ailesi istatistikleri hakkında genel bilgi verilmiş, deneysel dağılım fonksiyonuna dayalı uyum iyiliği test istatistiklerinin güç ayrışım ailesi kullanılarak elde edilmesi ve literatürde yapılan benzer çalışmalar verilmiş ve güç ayrışım ailesi istatistiği kullanılarak elde edilen yeni uyum iyiliği test istatistikleri tanıtılmıştır. Bölüm 4'te önerilen yeni uyum iyiliği testlerinin kritik değerlerinin, I. tür hata ve güç değerlerinin Monte Carlo (MC) benzetim tekniği yardımıyla elde edilmesi için gerekli algoritma adımlarına yer verilmiş ve benzetim çalışmasında kullanılacak olan benzetim senaryolarına değinilmiştir. Bölüm 5'te, literatürde yer alan deneysel dağılım fonksiyonuna dayalı uyum iyiliği test istatistikleri ile tez çalışmasında önerilmiş olan yeni uyum iyiliği test istatistiklerinin I. tür hata ve güç

değerleri hesaplanmış, karşılaştırılmaları yer verilmiştir. Bölüm 6'da farklı örneklem büyüklüklerinde elde edilen sonuçlar tartışılmış, önerilere yer verilmiştir.

2. UYUM İYİLİĞİ TESTLERİ

Bilinmeyen bir kitleden çekilen n birimlik örneklemin hangi kitleye ait olduğunu araştırmak için uyum iyiliği (Goodness Of Fit - GOF) testlerinden yararlanılır.

Uyum iyiliği testlerinde, herhangi bir sıklık dağılımından elde edilen gözlenen sıklıklar, kitlenin dağılımından (Binom, Poisson, Üstel, Normal, ...) hesaplanan deneysel sıklıklar ile karşılaştırılır. Buna göre, H_0 yokluk hipotezi ve H_1 seçenek hipotez;

H_0 : Sıklık dağılımı ile olasılık dağılımı arasında fark yoktur. Örneklem dağılımı ile deneysel dağılım arasında fark yoktur. $F_X(x) = F_0(x), \forall x \in (-\infty, \infty)$.

H_1 : Sıklık dağılımı ile olasılık dağılımı arasında fark vardır. Örneklem dağılımı ile deneysel dağılım arasında fark vardır. $F_X(x) \neq F_0(x), \exists x \in (-\infty, \infty)$.

biçimindedir.

Yaygın olarak kullanılan GOF testlerinden bazıları Pearson Ki-kare, Cramer-von Mises, Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling, Shapiro-Wilk, Shapiro-Francia, Lilliefors, Jarque-Bera, D'Agostino-Pearson testleri olarak verilebilir. Günümüzde 40'dan fazla uyum iyiliği testi olduğu söylenebilir [17].

Uyum iyiliği testleri yapılarına göre farklı gruplar altında toplanabilir. Deneysel dağılım fonksiyonuna (empirical distribution function) dayalı olan testler Cramer-von Mises, Kolmogorov-Smirnov, Kuiper, sıralı istatistiğe dayalı olan testler Shapiro-Wilk, Shapiro-Francia, Ryan-Joiner, D'Agostino, momentlere dayalı olan testler (moment tests) çarpıklık testleri, basıklık testleri, Jarque-Bera, uzaklığa dayalı testler (spacing tests) Ajne, Rao's, Greenwood testleri örnek olarak verilebilir [6]. Bu tez çalışmasında, deneysel dağılım fonksiyonuna dayalı uyum iyiliği testleri ele alınmıştır.

Karl Pearson tarafından 1900'de önerilen Pearson Ki-kare test istatistiği uyum iyiliği testlerinin içerisinde en sık kullanılanıdır. Ki-kare uyum iyiliği test istatistiğinin uygulanabilir olması için elde edilen verilerin sınıflara ayrılmış olması gerekir. Bu noktada ilgilenilen verinin sürekli değişken özelliği taşıması durumunda verinin sınıflara ayrılması gerekir ve bu da bilgi kaybına neden olmaktadır [1].

Pearson Ki-kare test istatistiği hesaplanırken yokluk hipotezinin doğru olduğu kabul edilir. Yokluk hipotezinin doğru olduğu varsayım altında hesaplanan beklenen sıklık

değerleri ile sınıflarda gözlenen değerler arasındaki farkın en küçük olması beklenir. Sınıf sayısı k , i . sınıfta gözlenen sıklık değeri f_i ve i . sınıfta yokluk hipotezinin doğru olduğu varsayımı altında hesaplanan beklenen sıklık değerleri f_i' olmak üzere, Pearson Ki-kare test istatistiği,

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(f_i - f_i')^2}{f_i'} \quad (2.1)$$

olarak tanımlanır [1, 6, 18, 19].

Pearson Ki-kare test istatistiğinin küçük değerler alması gözlenen sıklık değerleri ile beklenen sıklık değerleri arasında uyum olduğunu yokluk hipotezinin kabul edileceğini belirtir. Test istatistiği büyüdükçe uyumun bozulması ve yokluk hipotezinin reddedilmesi beklenir.

2.1. Deneysel Dağılım Fonksiyonu

Aynı dağılımlı bağımsız raslantı değişkenleri X_1, X_2, \dots, X_n ve gözlenen değerleri x_1, x_2, \dots, x_n olsun. Bilinmeyen $F(x) = P(X \leq x)$ dağılım fonksiyonundan çekilen ve

$I(X_i \leq x) = \begin{cases} 1, & X_i \leq x \\ 0, & X_i > x \end{cases}$ indikatör fonksiyonu olmak üzere deneysel dağılım

fonksiyonu,

$$F_n(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I(X_i \leq x) \quad (2.2)$$

olarak tanımlanır.

Deneysel dağılım fonksiyonu, dağılım fonksiyonunun bir tahmin edicisidir ve aşağıdaki özelliklere sahiptir [20]:

➤ Sabit bir x değeri için, başarı olasılığı $F(x)$ olmak üzere $nF_n(x) \sim B(n, F(x))$ olarak tanımlanır ve $E[F_n(x)] = F(x)$ ve $V[F_n(x)] = \frac{F(x)(1-F(x))}{n}$ dir. Chebyshev eşitsizliğine göre,

$$P(|F_n(x) - F(x)| \geq \theta) \leq \frac{F(x)(1-F(x))}{n\theta^2}$$

biçiminde ifade edilebilir. Büyük sayılar yasasına göre örneklem büyüklüğü arttıkça deneysel dağılım fonksiyonu dağılım fonksiyonuna yakınsar.

- Merkezi limit teoremine göre, $P(|F_n(x) - F(x)| \geq \theta)$ ifadesinde $\frac{1}{\theta^2}$ yerine $e^{-\theta^2}$ ifadesi ile ölçeklendirilmesi halinde yakınsamanın Chebyshev eşitsizliğine göre daha hızlı olabileceği söylenebilir. $\theta > 0$ olması durumunda eşitsizlik Hoeffding's eşitsizliğine dönüşür ve aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$P(|F_n(x) - F(x)| \geq \theta) \leq 2e^{-2n\theta^2}.$$

- Glivenko-Cantelli teoremine göre deneysel dağılım fonksiyonu dağılım fonksiyonuna yakınsaması daha güçlü olacaktır.

$$\sup_{x \in \mathbb{R}} |F_n(x) - F(x)| \xrightarrow{a.s} 0$$

- Son olarak, $\theta > 0$ ve $n > 0$ olmak üzere Dvoretzky-Kiefer-Wolfowitz eşitsizliğine göre deneysel dağılım fonksiyonu ile dağılım fonksiyonu arasındaki yakınsama aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$P\left(\sup_{x \in \mathbb{R}} |F_n(x) - F(x)| \geq \theta\right) \leq 2e^{-2n\theta^2}.$$

2.2. Deneysel Dağılım Fonksiyonuna Dayalı Uyum İyiliği Testleri

Tez çalışmasının bu bölümünde deneysel dağılım fonksiyonuna bağlı olan Kolmogorov-Smirnov, Cramer-von Mises, Anderson-Darling, Zhang, Esteban vd. uyum iyiliği testlerine değinilmiştir. Bu testler ile çalışılırken deneysel dağılım fonksiyonu ile dağılım fonksiyonu arasındaki uyum incelenir [1].

Dağılım fonksiyonu $F(x)$ olan bir kitleden seçilen n birimlik rasgele örneklem X_1, X_2, \dots, X_n olsun. Uyum iyiliğini incelemek için kullanılan hipotezler aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$H_0: F_X(x) = F_0(x), \quad \forall x \in (-\infty, \infty)$$

$$H_1: F_X(x) \neq F_0(x), \quad \exists x \in (-\infty, \infty).$$

Yokluk hipotezinde $F_0(x)$ dağılım fonksiyonunu, $F_n(x)$ ise deneysel dağılım fonksiyonunu ifade etmektedir.

2.2.1. Kolmogorov-Smirnov Uyum İyiliği Test İstatistiği

Rus matematikçi Andrey N. Kolmogorov (1933) ve Nikolai V. Smirnov (1939) tarafından önerilen bu istatistik, dağılım fonksiyonu ile deneysel dağılım fonksiyonu arasındaki en büyük uzaklığı test istatistiği olarak ele alır [21, 22].

$H_0: F_X(x) = F_0(x)$ yokluk hipotezinin doğru olduğu varsayımı altında bulunan dağılım fonksiyonu $F_0(x)$ ile $F_n(x)$ deneysel dağılım fonksiyonu karşılaştırılır. Bu iki fonksiyon arasındaki mutlak uzaklık, Kolmogorov-Smirnov test istatistiği Eşitlik 2.3'te verildiği gibidir:

$$D_n = \sup_x |F_n(x) - F_0(x)| \quad (2.3)$$

n büyüklüğündeki örnekleme sıralı istatistikler $X_{(1)} \leq X_{(2)} \leq \dots \leq X_{(n)}$ olsun. Bu durumda Kolmogorov-Smirnov test istatistiği,

$$D_n = \max \left\{ \max_{1 \leq i \leq n} \left(F_0(X_{(i)}) - \frac{i-1}{n} \right), \max_{1 \leq i \leq n} \left(\frac{i}{n} - F_0(X_{(i)}) \right) \right\} \quad (2.4)$$

olarak tanımlanır.

Kolmogorov-Smirnov test istatistiğinin değeri kritik değer tablosunda verilen değerden büyük ise, $H_0: F_X(x) = F_0(x)$ yokluk hipotezi reddedilir [8].

Kolmogorov-Smirnov test istatistiğinin dağılımı sürekli fonksiyonlarda ve tüm parametrelerin bilindiği durumda elde edilebilir. Bu nedenle parametrelerden en az birinin bilinmemesi halinde Kolmogorov-Smirnov test istatistiği için kullanılan kritik değer tabloları geçersiz olur [9, 23-26].

Kolmogorov-Smirnov test istatistiğinin bir uyarlaması olan Lilliefors test istatistiği 1967-1969 yıllarında Hubert W. Lilliefors tarafından önerilmiştir [27, 28]. Lilliefors, Eşitlik 2.3'ü kullanarak, dağılım parametrelerinin bilinmemesi durumunda geçersiz olan kritik tablo değerlerini normal dağılım ve üstel dağılım için tekrar hesaplamıştır [6].

2.2.2. Cramer-von Mises Uyum İyiliği Test İstatistiği

Bu istatistik, Harold Cramer ve Richard Edler von Mises tarafından 1928-1930 yılları arasında tek örneklemin dağılımının deneysel bir dağılımla karşılaştırmak amacıyla önerilmiştir. Dağılımın kuyruklarına ağırlık veren ve dağılımdan bağımsız bir uyum iyiliği test istatistiğidir [29]. Eşitlik 2.6'da verilen karesel deneysel dağılım fonksiyonu;

$$n \int_{-\infty}^{+\infty} [F_n(x) - F_0(x)]^2 w(x) dF(x). \quad (2.6)$$

kullanılarak elde edilir.

n büyüklüğündeki örnekleme sıralı istatistikler $X_{(1)} \leq X_{(2)} \leq \dots \leq X_{(n)}$ olsun. $F_n(x)$ deneysel dağılım fonksiyonu, $H_0: F_X(x) = F_0(x)$ yokluk hipotezinin doğru olduğu varsayımı altındaki dağılım fonksiyonu ve $w(x) = 1$ olmak üzere, Cramer-von Mises test istatistiği Eşitlik 2.7'deki gibi tanımlanır:

$$C_n = n \int_{-\infty}^{+\infty} [F_n(x) - F_0(x)]^2 dF_0(x). \quad (2.7)$$

Cramer-von Mises test istatistiği Eşitlik 2.8'de verildiği gibi hesaplanabilir:

$$C_n = \frac{1}{12n} + \sum_{i=1}^n \left[F_0(X_{(i)}) - \frac{2i-1}{2n} \right]^2. \quad (2.8)$$

Cramer-von Mises test istatistiğinin değeri kritik değer tablosunda verilen değerden büyük ise, $H_0: F_X(x) = F_0(x)$ yokluk hipotezi reddedilir.

2.2.3. Anderson-Darling Uyum İyiliği Test İstatistiği

Cramer-von Mises test istatistiğinin bir uyarlaması olan bu test, Theodore Wilbur Anderson ve Donald A. Darling tarafından 1952'de önerilmiştir [30]. Anderson-Darling test istatistiğini, Cramer-von Mises test istatistiğinden ayıran en önemli nokta, dağılımın kuyruklarına daha fazla ağırlık vermesidir [31].

n büyüklüğündeki örnekleme sıralı istatistikler $X_{(1)} \leq X_{(2)} \leq \dots \leq X_{(n)}$ olsun. Eşitlik 2.6'da verilen karesel deneysel dağılım fonksiyonu kullanılarak elde edilir. $F_n(x)$ deneysel dağılım fonksiyonu, $H_0: F_X(x) = F_0(x)$ yokluk hipotezinin doğru olduğu

varsayımı altındaki dağılım fonksiyonu ve $w(x) = [F_0(x)(1 - F_0(x))]^{-1}$ olmak üzere, Anderson-Darling test istatistiği Eşitlik 2.9'daki gibi tanımlanır:

$$A_n = n \int_{-\infty}^{+\infty} [F_n(x) - F_0(x)]^2 w(F_0(x)) dF_0(x) \quad (2.9)$$

$$= n \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{[F_n(x) - F_0(x)]^2}{F_0(x)(1 - F_0(x))} dF_0(x).$$

Anderson-Darling test istatistiği,

$$A_n = - \frac{\sum_{i=1}^n (2i - 1) [\ln F_0(X_{(i)}) + \ln (1 - F_0(X_{(n+1-i)}))]}{n} - n. \quad (2.10)$$

eşitliği ile hesaplanır. Anderson-Darling istatistiğinin değeri kritik değer tablosunda verilen değerden büyük ise $H_0: F_X(x) = F_0(x)$ yokluk hipotezi reddedilir.

Anderson-Darling test istatistiğinin bir uyarlaması, 1986 yılında D'Agostino ve Stephens tarafından önerilmiştir [1]. Bu istatistik,

$$A_n^* = A_n \left(1 + \frac{0.75}{n} + \frac{2.24}{n^2} \right) \quad (2.10)$$

olarak tanımlanmıştır.

$H_0: F_X(x) = F_0(x)$ yokluk hipotezinde ele alınan dağılıma ilişkin dağılım parametrelerinin bilinmediği durumda, Anderson-Darling test istatistiğinin limit dağılımı tahmin edilen parametrelere göre değişiklik gösterir ve bu nedenle kritik değerler tabloları da değişir [3, 5].

2.2.4. Zhang Uyum İyiliği Test İstatistikleri

Jin Zhang 2001 yılında Kolmogorov-Smirnov, Cramer-von Mises ve Anderson-Darling test istatistiklerine benzeyen ve olabilirlik oranına dayanan üç uyum iyiliği test istatistiği önermiştir [15, 33-35].

Zhang'ın önerdiği test istatistikleri Eşitlik 2.11, Eşitlik 2.12 ve Eşitlik 2.13'ta verildiği gibidir:

$$Z_A = - \sum_{i=1}^n \left[\frac{\log F_0(X_{(i)})}{n-i+0.5} + \frac{\log(1-F_0(X_{(i)}))}{i-0.5} \right] \quad (2.11)$$

$$Z_C = \sum_{i=1}^n \left[\log \left(\frac{\frac{1}{F_0(X_{(i)})} - 1}{\frac{n-0.5}{i-0.75} - 1} \right) \right]^2 \quad (2.12)$$

$$Z_K = \max_{1 \leq i \leq n} \left[(i-0.5) \log \left(\frac{i-0.5}{nF_0(X_{(i)})} \right) + (n-i+0.5) \log \left(\frac{n-i+0.5}{n(1-F_0(X_{(i)}))} \right) \right] \quad (2.13)$$

Zhang test istatistiklerinin değerleri kritik değer tablolarında verilen değerden büyük ise $H_0: F_X(x) = F_0(x)$ yokluk hipotezi reddedilir. Zhang test istatistikleri ile ilgili daha detaylı bilgi Bölüm 3'te verilecektir.

2.2.5. Esteban-Marhuenda- Moralles-Sanchez Uyum İyiliği Test İstatistikleri

M. D. Esteban, Y. Marhuenda, D. Moralles ve A. Sanchez tarafından 2007 yılında yeni uyum iyiliği testleri önermişlerdir [16,36].

$S_{n,A}^* = \max_{i=1,2,\dots,n-1} \left\{ \max \left[\left(F_0(X_{(i)}) - \frac{i}{n} \right)^2, \left(F_0(X_{(i)}) - \frac{i+1}{n} \right)^2 \right] \right\}$ olmak üzere, Esteban vd. test istatistikleri Eşitlik 2.14, Eşitlik 2.15 ve Eşitlik 2.16'da verildiği gibidir.

$$S_{n,A}^1 = \max \left\{ \frac{1}{n^2}, S_{n,A}^*, (F_0(X_{(i)}) - 1)^2 \right\} \quad (2.14)$$

$$S_{n,B}^1 = n \sum_{i=1}^{n-1} \left[\left(F_0(X_{(i)}) \right)^2 \log \left(\frac{i+0.5}{i-0.5} \right) - \left(1 - F_0(X_{(i)}) \right)^2 \log \left(\frac{n-i-0.5}{n-i+0.5} \right) \right] \quad (2.15)$$

$$S_{n,C}^1 = n \sum_{i=1}^{n-1} \left[F_0(X_{(i)}) - \frac{i+0.5}{n} \right]^2 \quad (2.16)$$

Esteban vd. test istatistiklerinin değerleri kritik değer tablolarında verilen değerden büyük ise, $H_0: F_X(x) = F_0(x)$ yokluk hipotezi reddedilir. Esteban vd. test istatistikleri ile ilgili daha detaylı bilgi Bölüm 3'te verilecektir.

Normalliği test ederken dağılım parametrelerinin bilinmediği durumda, öncelikle parametrelerin örneklem yardımı ile tahmin edilmesi gerekmektedir. Kitle ortalamasının tahmin edicisi olarak örneklem ortalaması $(\bar{X} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n})$, kitle varyansının tahmin edicisi olarak da örneklem varyansı $S^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n-1}$ kullanılabilir. Bu durumda, kullanılan uyum iyiliği test istatistikleri parametreden bağımsız olma özelliğini kaybeder ve tahmin değerleri kullanıldığı için uyum iyiliği testinin güç değeri, parametrelerin bilindiği duruma kıyasla daha yüksek olur [33].

2.3. Literatür Taraması

Uyum iyiliği testlerinin literatür taraması incelendiğinde çok sayıda çalışma ile karşılaşılır. Çalışmalar, farklı dağılımlar, modeller ve varsayımlar altında hangi uyum iyiliği testinin gücünün daha yüksek olduğunu belirlemek için yapılmıştır. Bu nedenle, bu bölümde incelenen bazı makalelere yer verilecektir.

Stephens [3] yaptığı çalışmada Kolmogorov-Smirnov, Cramer-von Mises, Kuiper, Watson, Anderson-Darling uyum iyiliği test istatistiklerini MC benzetim tekniği kullanarak tek biçimli ve normal dağılım için testin gücü yönünden karşılaştırmıştır. Stephens çalışmasında dağılım fonksiyonlarının parametrelerinin bilindiği ve bilinmediği beş farklı durum için (parametreleri tamamen bilindiği, normal dağılımda ortalama parametresinin bilinmediği, normal dağılımda varyans parametresinin bilinmediği, normal dağılımda hem ortalama hem de varyans parametrelerinin bilinmediği ve üstel dağılımda ortalama parametresinin bilinmediği) incelemiştir. Kolmogorov-Smirnov test istatistiğinin gücünün diğerlerine göre düşük olduğunu, Cramer-von Mises ve Anderson-Darling test istatistiklerinin ise diğer test istatistiklerine göre daha güçlü olduklarını göstermiştir.

Yazıcı ve Yolaçan [4] çalışmalarında on iki farklı normallik testini MC benzetim tekniğini yardımıyla I. tür hata ve güç yönünden karşılaştırmışlardır. Normalliği incelemek için Pearson Ki-kare, Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling, Kuiper,

Shapiro-Wilk, Ajne, uyarlamalı Ajne, uyarlamalı Kuiper, D'Agostino, uyarlamalı Kolmogorov-Smirnov, Vasicek ve Jarque-Bera testlerini ele almışlardır. Çalışmalarında, gücün örneklem büyüklüğüne ve verinin yapısına göre değiştiğini belirtmişlerdir. Çalışmada normal dağılıma sahip kitleden seçilen farklı büyüklüklerdeki örneklemeler üzerinden hesaplanan testin güç değerleri incelendiğinde, Kuiper, Vasicek, Jarque-Bera testlerinin diğer testlere göre güçlerinin düşük, Anderson-Darling testinin ise farklı örneklem büyüklüklerinde tutarlı ve diğer testlere göre güçlü olduğunu söylemişlerdir. Benzetim çalışmasının devamında normal dağılımlı olmayan kitlelerden (Beta, Gamma, Log-normal, Weibull ve t) seçilen farklı büyüklüklerdeki örneklemeler üzerinde on iki normallik testi uygulanmış ve güç değerleri elde edilmiştir. Beta dağılımı için diğer testlere göre Vasicek testinin gücünün en düşük, Anderson-Darling testinin örneklem büyüklüğü ne olursa olsun gücünün en yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Jarque-Bera testinin ise, örneklem büyüklüğü arttıkça gücünün de arttığı belirtilmiştir. Gamma dağılımı için diğer testlere göre en düşük güce sahip olan testlerin Vasicek ve Shapiro-Wilk, en yüksek güce sahip olan testin ise Jarque-Bera testi olduğu gözlemlenmiştir. Diğer testlerde ise, örneklem büyüklüğü arttıkça gücünün de arttığını belirtilmiştir. Log-normal dağılım için, Jarque-Bera hariç bütün testlerin güçlerinin çok düşük olduğu gözlemlenmiştir. Weibull dağılımı için, Vasicek testi dışındaki testlerin gücünün genel olarak yüksek olduğu gözlemlenmiştir. t dağılımında ise Shapiro-Wilk ve D'Agostino testlerinin güçlerinin çok düşük olduğu belirtilmiştir. t dağılımda, Anderson-Darling testinin tercih edilebilir olduğu da çalışmada ifade edilmiştir.

Chaichatschwal ve Budsada [5] çalışmalarında Anderson-Darling, Shapiro-Wilk, Shapiro-Francia, Zhang uyum iyiliği testlerini kullanarak, parametreleri bilinmeyen normal dağılımdan, normal dağılıma yakın dağılımlardan (çarpıklığı 0 ve basıklığı 2,5 - 4,5 arasında olan dağılımlar), simetrik kalın kuyruklu dağılımlardan (çarpıklığı 0 ve basıklığı 4,5'den büyük olan dağılımlar), simetrik ince kuyruklu dağılımlardan (çarpıklığı 0 ve basıklığı 2,5'den küçük olan dağılımlar), simetrik olmayan kalın kuyruklu dağılımlardan (çarpıklığı mutlak değerce 0,3'ten büyük ve basıklığı 3'ten büyük olan dağılımlar) ve simetrik olmayan ince kuyruklu dağılımlardan (çarpıklığı mutlak değerce 0,3'ten büyük ve basıklığı 3'ten küçük olan dağılımlar) elde edilen kitlelerden seçilen farklı büyüklüklerde örneklemeleri ($n = 10, 20, 30, 50, 70, 100$), 0,05 anlamlılık düzeyinde, MC benzetim tekniği ile I. tür hata ve güç değerlerini

hesaplamışlardır. $n = 10$ büyüklüğündeki örneklerde Zhang'ın Z_A testinin normal dağılıma yakın dağılımlarda, simetrik kalın kuyruklu dağılımlarda ve simetrik olmayan kalın kuyruklu dağılımlarda, Z_C testinin ise, simetrik ince kuyruklu dağılımlarda ve simetrik olmayan ince kuyruklu dağılımlarda, $n = 30$ büyüklüğündeki örneklerde Zhang'ın Z_C testinin normal dağılıma yakın dağılımlarda, simetrik kalın kuyruklu dağılımlarda ve simetrik ince kuyruklu dağılımlarda, Z_A testinin ise simetrik olmayan kalın kuyruklu dağılımlarda ve simetrik olmayan ince kuyruklu dağılımlarda, $n = 50$ büyüklüğündeki örneklerde Shapiro-Francia testinin normal dağılıma yakın dağılımlarda ve simetrik kalın kuyruklu dağılımlarda, Shapiro-Wilk testinin simetrik ince kuyruklu dağılımlarda, Z_A testinin ise simetrik olmayan kalın kuyruklu dağılımlarda ve simetrik olmayan ince kuyruklu dağılımlarda, $n = 70$ büyüklüğündeki örneklerde Shapiro-Francia testinin normal dağılıma yakın dağılımlarda ve simetrik kalın kuyruklu dağılımlarda, Zhang'ın Z_C testinin simetrik olmayan ince kuyruklu dağılımlarda, Z_A testinin ise simetrik olmayan kalın kuyruklu dağılımlarda ve simetrik olmayan ince kuyruklu dağılımlarda, $n = 100$ büyüklüğündeki örneklerde Shapiro-Francia testinin normal dağılıma yakın dağılımlarda ve simetrik kalın kuyruklu dağılımlarda, Z_A testinin ise, simetrik ince kuyruklu dağılımlarda, simetrik olmayan kalın kuyruklu dağılımlarda ve simetrik olmayan ince kuyruklu dağılımlarda gücünün yüksek olduğunu saptamışlardır.

Yap ve Sim [6] çalışmalarında Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors, Cramer-von Mises, Anderson-Darling, D'Agostino, Jarque-Bera ve Pearson Ki-kare uyum iyiliği testlerini kullanarak MC benzetim tekniği yardımıyla bu testlerin güçlerini karşılaştırmışlardır. Benzetim çalışmalarında gücü çarpıklık ve basıklık katsayılarına göre seçenek dağılımlar (simetrik ince kuyruklu, simetrik kalın kuyruklu ve simetrik olmayan dağılımlar) belirlenmiş ve belirlenen bu dağılımlara göre güç değerleri, farklı örneklem büyüklükleri ($n = 10, 20, 30, 50, 100, 300, 500, 1000, 2000$) için elde edilmiştir. Simetrik ince kuyruklu dağılımlarda diğer testlere göre Pearson Ki-kare ve Kolmogorov-Smirnov testlerinin güçlerinin düşük, D'Agostino ve Shapiro-Wilk testlerinin güçlerinin yüksek, simetrik kalın kuyruklu dağılımlarda diğer testlere göre Jarque-Bera, D'Agostino ve Shapiro-Wilk testlerinin güçlerinin yüksek, simetrik olmayan dağılımlarda diğer testlere göre Shapiro-Wilk ve Anderson-Darling testlerinin güçlerinin yüksek olduğu görülmüştür.

Razali ve Wah [7] çalışmalarında Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors ve Anderson-Darling testlerinin güçlerini MC benzetim tekniğini kullanarak 0,05 ve 0,10 anlamlılık düzeylerinde, normal dağılımdan ve alternatif olarak kullanılan normal olmayan simetrik ve simetrik olmayan dağılımlara sahip kitlelerden farklı büyüklüklerdeki örneklemeler üzerinden hesaplamışlardır. Shapiro-Wilk testinin gücünün seçenek dağılım ve örneklem büyüklüğü ne olursa olsun diğer testlere göre yüksek, Kolmogorov-Smirnov testinin gücünün düşük olduğu sonucuna varılmıştır. Anderson-Darling testinin Shapiro-Wilk testi ile yakın sonuçlar elde ettiği, Lilliefors testinin ise Kolmogorov-Smirnov testine göre daha güçlü bir test olduğu da belirtilmiştir.

Romao, Delgado ve Costa [8] çalışmalarında deneysel dağılım fonksiyonuna (Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling, Zhang, Glen-Leemis-Barr), momentlere (D'Agostino-Pearson Ki-kare, Jarque-Bera, Doornik-Hansen, Gel-Gastwirth, Hosking L-momentleri, Bontemps-Meddahi, Brys-Huber-Struyf, Bonett-Seier, Cabana-Cabana), regresyon ve korelasyona (Shapiro-Wilk, Shapiro-Francia, D'Agostino D, Filliben korelasyon, Chen-Shapiro, Zhang Q) dayalı otuz üç tane uyum iyiliği testini 0,05 ve 0,10 anlamlılık düzeylerinde farklı örneklem büyüklüklerinde incelemişlerdir. Örneklem büyüklüğünün artmasının gücün üzerinde etkisi olduğunu, simetrik dağılımlarda tüm testlerin güçlerinin yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Normalliği test etmek için kullanılan testler içerisinde, simetrik dağılımlar için Gel-Miao-Gastwirth, Chen-Shapiro, Boett-Seier ve Coin, simetrik olmayan dağılımlar için Shapiro-Wilk, Zhang ve Chen-Shapiro uyum iyiliği test istatistiklerinin diğerlerine göre güçlü olduğunu saptamışlardır.

Noughabi ve Arghami [2] Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling, Kuiper, Jarque-Bera, Cramer-von Mises, Shapiro-Wilk, Vasicek uyum iyiliği test istatistiklerini farklı örneklem büyüklüklerinde ($n = 10, 20, 30, 50$) MC benzetim tekniğini kullanarak güçleri bakımından karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak, Jarque-Bera test istatistiğinin $(-\infty, +\infty)$ aralığında simetrik, Shapiro-Wilk test istatistiğinin $(-\infty, +\infty)$ aralığında simetrik olmayan, Vasicek ve Shapiro-Wilk test istatistiğinin $(0, +\infty)$ aralığındaki, Vasicek test istatistiğinin $(0, 1)$ aralığındaki dağılımlarda güçlerinin yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Yıldırım ve Gökpınar [36] çalışmalarında Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling, Jarque-Bera, Zhang ve Esteban'ın uyum iyiliği testlerini kullanarak 0,01, 0,05 ve

0,10 anlamlılık düzeylerinde MC benzetim tekniğini kullanarak farklı örneklem büyüklüklerinde seçenek dağılımlar için I. tür hata ve güç değerlerini hesaplamışlardır. $(0, +\infty)$ aralığında simetrik olmayan dağılımlar için tüm testlerin güçlerinin yüksek olduğu, özellikle küçük örneklem büyüklüklerinde Esteban ve Zhang testlerinin güçlerinin diğer testlere göre yüksek olduğu belirtilmiştir. Simetrik dağılımlarda örneklem büyüklüğü 20'nin üzerinde olduğunda Esteban ve Anderson-Darling testlerinin, 50'nin üzerinde olduğunda ise Jarque-Bera ve Esteban testlerinin güçlerinin yüksek olduğu saptanmıştır. $(-\infty, +\infty)$ aralığında simetrik olmayan dağılımlar söz konusu olduğunda ise örneklem büyüklüğü arttıkça Zhang testinin gücünün arttığı görülmüştür. Bunun yanı sıra Jarque-Bera ve Esteban testlerinin de güçlü testler olduğu ifade edilmiştir.

Torabi, Montazeri ve Grane [9] otuz altı uyum iyiliği test istatistiğini, farklı seçenek dağılımlar altında (ince kuyruklu, normal dağılıma yakın, kalın kuyruklu simetrik dağılımlar ile ince kuyruklu, kalın kuyruklu simetrik olmayan dağılımlar), küçük örneklem büyüklüklerinde ($n = 10, 20$) incelemiştir. Sağlam Jarque-Bera ve Gel-Miao-Gastwirth uyum iyiliği test istatistiklerinin diğer testlere göre daha güçlü sonuçlar verdiği yapılan çalışmada gösterilmiştir.

3. GÜÇ İRAKSAMA AİLESİ İSTATİSTİKLERİ VE UYUM İYİLİĞİ TEST İSTATİSTİKLERİ

3.1. Güç İraksama Ailesi İstatistikleri

Cressie ve Read [10] katlı terimli dağılımlı olumsuzluk tablolarında verinin ve modelin uyumunu incelemek için Cressie-Read (CR) güç iraksama ailesi istatistiklerini önermişlerdir.

Katlı terimli dağılımlı bağımsız raslantı değişkenleri X_1, X_2, \dots, X_n ve gözlenen değerleri x_1, x_2, \dots, x_n olsun. X raslantı değişkeninin dağılım fonksiyonuna kesikli yaklaşım (discrete approximation) yöntemine göre, $0 \leq \pi_i \leq 1$, $\sum_{i=1}^n \pi_i = 1$ olmak üzere $P(X = x_i) = \pi_i$ 'dir. $\boldsymbol{\pi} = (\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_n)$ olmak üzere olabilirlik fonksiyonu $L(\boldsymbol{\pi}) = \prod_{i=1}^n \pi_i$ ile elde edilir. $\hat{\boldsymbol{\pi}} = \left(\hat{\pi}_1 = \frac{1}{n}, \hat{\pi}_2 = \frac{1}{n}, \dots, \hat{\pi}_n = \frac{1}{n} \right)$, $\boldsymbol{\pi} = (\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_n)$ vektörünün bir tahmini olmak üzere deneysel olabilirlik fonksiyonu $L(\hat{\boldsymbol{\pi}}) = \prod_{i=1}^n \hat{\pi}_i = \prod_{i=1}^n \frac{1}{n}$ 'dir. Bu durumda deneysel olabilirlik oranı:

$$\frac{L(\boldsymbol{\pi})}{L(\hat{\boldsymbol{\pi}})} = \prod_{i=1}^n n\pi_i$$

deneysel olabilirlik oran istatistiği ise,

$$-2 \log \frac{L(\boldsymbol{\pi})}{L(\hat{\boldsymbol{\pi}})} = -2 \sum_{i=1}^n \log n\pi_i$$

olarak ifade edilir.

CR güç iraksama ailesi, k sınıf sayısı ve $\lambda \in (-\infty, \infty)$ olmak üzere, Eşitlik 3.1'de verildiği gibi tanımlanabilir:

$$CR(\lambda) = \frac{2}{\lambda(\lambda + 1)} \sum_{i=1}^k ((n\pi_i)^{-\lambda} - 1). \quad (3.1)$$

CR güç iraksama ailesinde $\lambda = 1$ Pearson ki-kare istatistiği, $\lambda = 0$ logaritmik olabilirlik oran istatistiği, $\lambda = -\frac{1}{2}$ Freeman-Tukey istatistiği, $\lambda = -1$ uyarlamalı logaritmik olabilirlik oran istatistiği, $\lambda = -2$ uyarlanmış Neyman istatistiği dağılımlarının asimptotik olarak $k-1$ serbestlik dereceli ki-kare dağılımına sahip

oldukları saptanmıştır. Aynı zamanda $\lambda = \frac{2}{3}$ olması durumunda CR istatistiği elde edilir.

$\lambda = 1$ olduğunda Pearson ki-kare istatistiği:

$$CR(1) = \sum_{i=1}^k \frac{(X_i - n\pi_i)^2}{n\pi_i}$$

$\lambda = 0$ olduğunda logaritmik olabilirlik oran istatistiği:

$$CR(0) = 2 \sum_{i=1}^k X_i \log \frac{X_i}{n\pi_i}$$

$\lambda = -\frac{1}{2}$ olduğunda Freeman-Tukey istatistiği:

$$CR\left(-\frac{1}{2}\right) = 4 \sum_{i=1}^k (\sqrt{X_i} - \sqrt{n\pi_i})^2$$

$\lambda = -2$ olduğunda uyarlamalı Neyman istatistiği:

$$CR(-2) = \sum_{i=1}^k \frac{(n\pi_i - X_i)^2}{X_i}$$

$\lambda = \frac{2}{3}$ olduğunda Cressie-Read istatistiği:

$$CR\left(\frac{2}{3}\right) = 2N \frac{9}{10} \sum_{i=1}^k X_i \left[\left(\frac{X_i}{n\pi_i} \right)^{\frac{2}{3}} - 1 \right]$$

elde edilebilir.

Literatürde, CR istatistiğinin farklı çalışmalarda kullanıldığı görülmektedir. Cressie vd. [11] çalışmalarında log-doğrusal modellerde Pearson ve olabilirlik oran temelli istatistikler ile CR istatistiğini kullanarak kesin ve asimptotik güç değerlerini karşılaştırmışlar ve CR istatistiğinin öne çıktığını belirtmişlerdir. Ogata ve Taniguchi [12] CR istatistiğini zaman serileri modellerinde kullanmışlardır. Vektör değerli Gauss olmayan durağan süreçlerde, skor fonksiyonu olarak genişletilmiş Whittle olabilirliği kullanılarak CR istatistiğinin asimptotik dağılımı elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar otokorelasyon ve AR modelinin katsayısı tahmini için kullanılmış ve CR istatistiği ile elde edilen güven aralıklarının diğer yöntemlere göre daha dar olduğu

gösterilmiştir. Judge ve Mittelhammer [13] olasılık-örnekleme modellerinin yapısını ortaya koyabilmek adına CR ailesinin iki üyesini kullanmışlardır. Çalışmada sonlu büyüklükte örneklemlerde CR ailesi kullanılarak elde edilen tahmin edicilerin performanslarının diğer tahmin edicilere göre daha iyi olduğu gösterilmiştir. Aktaş [14] çalışmasında yapısal sıfır içeren tamamlanmamış olumsuzluk tablolarında, yarı bağımsızlık modeli varsayımı altında CR güç iraksama ailesinin istatistiklerinin güç değerlerini karşılaştırmış ve CR istatistiğinin gücünün diğer istatistiklere göre yüksek olduğunu göstermiştir.

3.2. Güç Iraksama Ailesi İstatistikleri ve Deneysel Dağılım Fonksiyonu

Cressie-Read ailesi istatistikleri her ne kadar katlı terimli dağılımlı olumsuzluk tablolarında verinin ve modelin uyumunu incelemek için önerilmiş olsa da literatürde sürekli dağılımların uyum iyiliğini test etmek için kullanıldığı görülmektedir [15, 16]. Read ve Cressie [33] sıralı istatistiklerden faydalanarak, sürekli dağılımları da sınıflandırılmış olarak ele alınabileceğini, deneysel dağılım fonksiyonuna dayalı test istatistikleri geliştirilebileceğini belirtmişlerdir.

3.2.1. Zhang Uyum İyiliği Test İstatistikleri

Zhang [15] yokluk ve seçenek hipotezini herhangi bir $t \in (-\infty, \infty)$ noktasına göre $H_t: F(t) = F_0(t)$ ve $\bar{H}_t: F(t) \neq F_0(t)$ olarak iki parçaya ayırmıştır. Bu durumda orijinal yokluk ve seçenek hipotezleri,

$$H_0 = \bigcap_{t \in (-\infty, \infty)} H_t \quad \text{ve} \quad H_1 = \bigcup_{t \in (-\infty, \infty)} \bar{H}_t$$

şeklinde yazılabilir. Bu noktada $H_0: F(x) = F_0(x), \forall x \in (-\infty, \infty)$ ve $H_1: F(x) \neq F_0(x), \exists x \in (-\infty, \infty)$ hipotezini test etmek ile H_t ve \bar{H}_t hipotezini test etmek birbirine denktir [15, 33-35].

Cressie ve Read'in [10] çalışmalarında önerdikleri CR güç iraksama ailesi H_t ve \bar{H}_t hipotezlerine göre Eşitlik 3.2'de verildiği gibidir [10, 37]:

$$CR(\lambda) = \frac{2n}{\lambda(\lambda + 1)} \left\{ F_n(t) \left[\frac{F_n(t)}{F_0(t)} \right]^\lambda + [1 - F_n(t)] \left[\frac{1 - F_n(t)}{1 - F_0(t)} \right]^\lambda - 1 \right\} \quad (3.2)$$

Katlıterimli dağılım için uyum iyiliği testleri incelendiğinde Pearson ki-kare istatistiğinin asimptotik olarak olabilirlik oran istatistiğine yakınsadığı Cressie ve Read'in [10] çalışmasında belirtilmiştir. Bu nedenle büyük örneklerde, H_t yokluk hipotezi için ki-kare istatistiği ile olabilirlik oran istatistiğinin aynı olduğu söylenebilir, fakat seçenek hipotez düşünüldüğünde bu ifade doğru değildir.

Zhang [15] çalışmasında farklı ağırlık fonksiyonlarını seçerek Pearson ki-kare istatistiği ile elde ettiği deneysel dağılım fonksiyonlarına dayalı uyum iyiliği testleri olan Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling, Cramer-von Mises ve olabilirlik oran istatistiği kullanarak elde ettiği deneysel dağılım fonksiyonuna dayalı yeni uyum iyiliği testlerine yer vermiştir. Aynı zamanda normalliği test etmek için, elde ettiği deneysel dağılım fonksiyonuna dayalı yeni uyum iyiliği testlerinin, diğer testlere göre daha iyi sonuçlar verdiğini çalışmasında Monte Carlo benzetimi yaparak desteklemiştir.

Her sabit $t \in (-\infty, \infty)$ için ilgili rasgele örneklem $X_{1t}, X_{2t}, \dots, X_{nt}$ ve H_t ve \bar{H}_t hipotezinin test istatistiği Z_t olsun. Bu durumda $w(t)$ ağırlık fonksiyonu olmak üzere H_0 ve H_1 hipotezini test etmek için iki tür istatistik tanımlanabilir:

$$Z = \int_{-\infty}^{\infty} Z_t dw(t) \quad ve \quad Z_{max} = \sup_{t \in (-\infty, \infty)} [Z_t w(t)]. \quad (3.3)$$

Z ve Z_{max} istatistiklerinin büyük değerlere eşit olması durumunda $H_0: F_X(x) = F_0(x)$ yokluk hipotezi reddedilir. Z ve Z_{max} istatistiklerinin güçleri Z_t istatistiğine ve $w(t)$ ağırlık fonksiyonuna bağlıdır. Z_t istatistiği için önerilebilecek en iyi iki adaydan biri Pearson ki-kare test istatistiği, diğeri ise olabilirlik oran test istatistiğidir.

Orijinal rasgele örneklemin (X_1, X_2, \dots, X_n) deneysel dağılım fonksiyonu $F_n(t)$ ise, Eşitlik 3.2 kullanılarak Pearson ki-kare test istatistiği Eşitlik 3.4 ve olabilirlik oran test istatistiği Eşitlik 3.5'teki gibi yazılabilir:

$$\chi_t^2 = \frac{n[F_n(t) - F_0(t)]^2}{F_0(t)[1 - F_0(t)]} \quad (3.4)$$

$$G_t^2 = 2n \left\{ F_n(t) \log \frac{F_n(t)}{F_0(t)} + [1 - F_n(t)] \log \frac{1 - F_n(t)}{1 - F_0(t)} \right\}. \quad (3.5)$$

Uygun ağırlık fonksiyonu belirleyerek ve Z_t istatistiği olarak Pearson ki-kare istatistiği kullanılarak deneysel dağılım fonksiyonlarına dayalı Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling ve Cramer-von Mises test istatistiklerinin elde edilmesi için gereken algoritma adımları aşağıda verilmiştir:

1. Kolmogorov-Smirnov test istatistiğini elde etmek için izlenen adımlar;

Adım 1. Ağırlık fonksiyonu belirlenir. $w(t) = n^{-1}F_0(t)[1 - F_0(t)]$,

Adım 2. Eşitlik 3.3'te Z_{max} istatistiğinde bulunan Z_t istatistiği olarak Eşitlik 3.4'te yer alan Pearson ki-kare istatistiği kullanılır,

Adım 3. Kolmogorov-Smirnov test istatistiği elde edilir.

$$KS^2 = \left[\sup_{t \in (-\infty, \infty)} |F_n(t) - F_0(t)| \right]^2 = \left[\max_{1 \leq i \leq n} \left\{ \max \left[\frac{i}{n} - F_0(X_{(i)}), F_0(X_{(i)}) - \frac{i-1}{n} \right] \right\} \right]^2$$

2. Anderson-Darling test istatistiğini elde etmek için izlenen adımlar;

Adım 1. Ağırlık fonksiyonu belirlenir. $w(t) = F_0(t)$,

Adım 2. Eşitlik 3.3'te Z istatistiğinde bulunan Z_t istatistiği olarak Eşitlik 3.4'te yer alan Pearson ki-kare istatistiği kullanılır,

Adım 3. Anderson-Darling test istatistiği elde edilir.

$$AD = n \int_{-\infty}^{\infty} [F_n(t) - F_0(t)]^2 F_0(t)^{-1} [1 - F_0(t)]^{-1} dF_0(t) \\ = -\frac{2}{n} \sum_{i=1}^n \left[(i - 0.5) \log F_0(X_{(i)}) + (n - i + 0.5) \log [1 - F_0(X_{(i)})] \right] - n$$

3. Cramer-von Mises test istatistiğini elde etmek için izlenen adımlar;

Adım 1. Ağırlık fonksiyonu belirlenir. $dw(t) = F_0(t)[1 - F_0(t)]dF_0(t)$,

Adım 2. Eşitlik 3.3'te Z istatistiğinde bulunan Z_t istatistiği olarak Eşitlik 3.4'te yer alan Pearson ki-kare istatistiği kullanılır,

Adım 3. Cramer-von Mises test istatistiği elde edilir.

$$CVM = n \int_{-\infty}^{\infty} [F_n(t) - F_0(t)]^2 dF_0(t) = \sum_{i=1}^n \left[F_0(X_{(i)}) - \frac{i - 0.5}{n} \right]^2 + \frac{1}{12n}$$

Herhangi sürekli F_0 dağılım fonksiyonu için $U_i = F_0(X_i)$ ($i = 1, 2, \dots, n$) ise $U_{(i)} = F_0(X_{(i)})$ olur. X_1, X_2, \dots, X_n yalnız ve yalnız U_1, U_2, \dots, U_n standart tek biçimli dağılımdan çekilen aynı dağılımlı bağımsız değişkenler ise F_0 dağılım fonksiyonundan çekilen aynı dağılımlı bağımsız değişkenler olur. H_0 ve H_1 hipotezini test etmek için F_0 dağılım fonksiyonundan bağımsız $T(\dots)$ fonksiyonunda bir $T = T(U_1, U_2, \dots, U_n)$ istatistiği olsun. U_i ve $1 - U_i$ aynı dağılımlı olduğundan H_0 yokluk hipotezi altında

$$T(U_1, U_2, \dots, U_n) = T(1 - U_1, 1 - U_2, \dots, 1 - U_n)$$

koşulu sağlanması durumunda simetrik dağılımlı testler elde edilebilir [15].

$F_n(t)$ sürekli olduğu noktalarda uygun ağırlık fonksiyonu belirlenerek işlemler yapılırken, süreksiz olduğu noktalarda deneysel dağılım fonksiyonunda c sabiti $0 < c < 1$ olmak üzere $F_n(X_{(i)}) = \frac{(i-c)}{(n+1-2c)}$ süreklilik düzeltmesi yapılabilir. Burada c sabitinin sezgisel olarak 0,5 alınmasının uygun olacağı benzetim çalışmasında yapılan incelemelerle de gösterilmiştir.

Uygun ağırlık fonksiyonu belirleyerek ve Z_t istatistiği yerine olabilirlik oran istatistiği kullanılarak deneysel dağılım fonksiyonlarına dayalı yeni test istatistiklerinin elde edilmesi için gereken adımlar aşağıda verilmiştir:

1. Z_K test istatistiğini elde etmek için izlenen adımlar;

Adım 1. Ağırlık fonksiyonu belirlenir. $w(t) = 1$,

Adım 2. Eşitlik 3.3'te Z_{max} istatistiğinde bulunan Z_t istatistiği olarak Eşitlik 3.5'te yer alan olabilirlik oran istatistiği kullanılır,

Adım 3. Z_K test istatistiği Eşitlik 3.6'daki elde edilir.

$$Z_K = \max_{1 \leq i \leq n} \left[(i - 0,5) \log \frac{i - 0,5}{nF_0(X_{(i)})} + (n - i + 0,5) \log \frac{n - i + 0,5}{n[1 - F_0(X_{(i)})]} \right] \quad (3.6)$$

2. Z_A test istatistiğini elde etmek için izlenen adımlar;

Adım 1. Ağırlık fonksiyonu belirlenir. $dw(t) = F_n(t)^{-1}[1 - F_n(t)]^{-1}dF_n(t)$,

Adım 2. Eşitlik 3.3'te Z istatistiğinde bulunan Z_t istatistiği olarak Eşitlik 3.5'te yer alan olabilirlik oran istatistiği kullanılır,

Adım 3. Z_A test istatistiği Eşitlik 3.7'deki elde edilir.

$$Z_A = - \sum_{i=1}^n \frac{\log F_0(X_{(i)})}{n - i + 0,5} + \frac{\log[1 - F_0(X_{(i)})]}{i - 0,5} \quad (3.7)$$

3. Z_C test istatistiğini elde etmek için izlenen adımlar;

Adım 1. Ağırlık fonksiyonu belirlenir. $dw(t) = F_0(t)^{-1}[1 - F_0(t)]^{-1}dF_0(t)$,

Adım 2. Eşitlik 3.3'te Z istatistiğinde bulunan Z_t istatistiği olarak Eşitlik 3.5'te yer alan olabilirlik oran istatistiği kullanılır,

Adım 3. Z_C test istatistiği Eşitlik 3.8'deki elde edilir.

$$Z_C = \sum_{i=1}^n \left[\log \frac{\frac{1}{F_0(X_{(i)})} - 1}{\frac{(n - 0,5)}{(i - 0,75)} - 1} \right]^2 \quad (3.8)$$

Z_K, Z_A ve Z_C istatistiklerinin simetrik dağılımlı test istatistikleridir. Elde edilen yeni test istatistikleri her ne kadar Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling ve Cramer-von Mises testlerine benzeseler de daha güçlü oldukları benzetim çalışması ile de Zhang'ın çalışmasında belirtilmiştir [15, 33-35]. Aynı zamanda bu testlerin seçenek dağılımlarda konuma, ölçeğe ve biçime duyarlı olduğunu da gösterilmiştir.

Zhang [15] çalışmasında Z_K, Z_A ve Z_C test istatistikleri için belirli örneklem büyüklüklerinde kritik değerleri Monte Carlo benzetimi yardımıyla elde etmiştir. Parametreleri bilinmeyen $F_0(x)$ test edilmek istenen dağılım fonksiyonu olduğunda ise öncelikle parametrelerin tahmin edilmesi gerekmektedir. Bu noktada normal dağılım için kitle ortalamasının tahmini için örneklem ortalaması, kitle varyansının tahmini için örneklem varyansı kullanılarak uyum iyiliği testleri uygulanabilir. Yine Z_K, Z_A ve Z_C test istatistikleri için belirli örneklem büyüklüklerinde kritik değerleri Monte Carlo benzetimi yardımıyla elde edilebilir.

3.2.2. Esteban-Marhuenda- Moralles-Sanchez Uyum İyiliği Test İstatistikleri

Cressie ve Read'in ve Zhang'in yaptığı çalışmalardan etkilenen Esteban-Marhuenda-Moralles-Sanchez, çalışmalarında [16] güç iraksama ailesi istatistiklerini Zhang'ın yöntemini değiştirerek altı tane yeni uyum iyiliği testi geliştirmişlerdir.

$\forall \pi \in (0,1)$ olmak üzere yüzdellik fonksiyon $F_0^{-1}(\pi) = \inf\{x: F_0(x) > \pi\}$ olarak tanımlansın. Esteban vd. önerdikleri yeni test istatistiklerinin elde edilmesi için gereken algoritma adımları aşağıda verilmiştir:

1. $S_{n,A}^1$ test istatistiğini elde etmek için izlenen adımlar;

Adım 1. Ağırlık fonksiyonu belirlenir. $w(\pi) = n^{-1}\pi[1 - \pi]$,

Adım 2. Eşitlik 3.3'te Z_{max} istatistiğinde bulunan Z_t istatistiği olarak Eşitlik 3.4'te yer alan Pearson ki-kare istatistiği kullanılır,

Adım 3. $S_{n,A}^{1*} = \max_{i=1, \dots, n-1} \left[\max \left\{ \left(F_0(X_{(i)}) - \frac{i}{n} \right)^2, \left(F_0(X_{(i)}) - \frac{i+1}{n} \right)^2 \right\} \right]$ olmak üzere $S_{n,A}^1$ test istatistiği elde edilir.

$$S_{n,A}^1 = \max \left\{ \frac{1}{n^2}, S_{n,A}^{1*}, \left(F_0(X_{(i)}) - 1 \right)^2 \right\} \quad (3.9)$$

2. $S_{n,B}^1$ test istatistiğini elde etmek için izlenen adımlar;

Adım 1. Ağırlık fonksiyonu belirlenir. $dw(\pi) = d\pi$,

Adım 2. Eşitlik 3.3'te Z istatistiğinde bulunan Z_t istatistiği olarak Eşitlik 3.4'te yer alan Pearson ki-kare istatistiği kullanılır,

Adım 3. $S_{n,B}^1$ test istatistiği elde edilir.

$$S_{n,B}^1 = n \sum_{i=1}^{n-1} \left[F_0^2(X_{(i)}) \ln \frac{i+0,5}{i-0,5} - \left(1 - F_0(X_{(i)}) \right)^2 \ln \frac{n-i-0,5}{n-i+0,5} \right] \quad (3.10)$$

3. $S_{n,C}^1$ test istatistiğini elde etmek için izlenen adımlar;

Adım 1. Ağırlık fonksiyonu belirlenir. $dw(t) = \pi[1 - \pi]d\pi$,

Adım 2. Eşitlik 3.3'te Z istatistiğinde bulunan Z_t istatistiği olarak Eşitlik 3.4'te yer alan Pearson ki-kare istatistiği kullanılır,

Adım 3. $S_{n,C}^1$ test istatistiği elde edilir.

$$S_{n,C}^1 = \sum_{i=1}^{n-1} \left(F_0(X_{(i)}) - \frac{i + 0,5}{n} \right)^2 \quad (3.11)$$

4. $S_{n,D}^0$ test istatistiğini elde etmek için izlenen adımlar;

Adım 1. Ağırlık fonksiyonu belirlenir. $w(\pi) = 1$,

Adım 2. Eşitlik 3.3'te Z_{max} istatistiğinde bulunan Z_t istatistiği olarak Eşitlik 3.5'te yer alan olabirlik oran istatistiği kullanılır,

Adım 3.

$$S_{n,D}^{0*} = F_0(X_{(n)}) \ln \frac{nF_0(X_{(n)})}{n-0,5} + (1 - F_0(X_{(n)})) \ln 2n (1 - F_0(X_{(n)})) \quad \text{ve}$$

$$g(\pi) = F_0(X_{(i)}) \ln \frac{F_0(X_{(i)})}{\pi} + (1 - F_0(X_{(i)})) \ln \frac{1-F_0(X_{(i)})}{1-\pi} \quad \text{iken}$$

$$h_{Di} = \begin{cases} g\left(\frac{i+0,5}{n}\right) & , F_0(X_{(i)}) > \frac{i+0,5}{n} \text{ ise} \\ 0 & , \frac{i-0,5}{n} \leq F_0(X_{(i)}) \leq \frac{i+0,5}{n} \text{ ise,} \\ g\left(\frac{i-0,5}{n}\right) & , F_0(X_{(i)}) < \frac{i-0,5}{n} \text{ ise} \end{cases} \quad \text{olmak üzere}$$

$S_{n,D}^0$ test istatistiği Eşitlik 3.12'deki elde edilir.

$$S_{n,D}^0 = 2n \max \left\{ -\ln \left(1 - \frac{1}{2n} \right), \max_{i=1, \dots, n-1} h_{Di}, S_{n,D}^{0*} \right\} \quad (3.12)$$

5. $S_{n,E}^0$ test istatistiğini elde etmek için izlenen adımlar;

Adım 1. $dW(\pi) = F_0(F_n^{-1}(\pi))^{-1} [1 - F_0(F_n^{-1}(\pi))]^{-1} dF_0(F_n^{-1}(\pi))$, ağırlık fonksiyonu belirlenir.

Adım 2. Eşitlik 3.3'te Z istatistiğinde bulunan Z_t istatistiği olarak Eşitlik 3.5'te yer alan olabilirlik oran istatistiği kullanılır,

Adım 3. $S_{n,E}^0$ test istatistiği Eşitlik 3.13'teki elde edilir.

$$S_{n,E}^0 = 2n \left[\sum_{i=1}^n \frac{F_0(X_{(i)}) - F_0(X_{(i-1)})}{1 - F_0(X_{(i)})} \left(\ln \frac{nF_0(X_{(i)})}{i - 0.5} \right) + \sum_{i=1}^n \frac{F_0(X_{(i)}) - F_0(X_{(i-1)})}{F_0(X_{(i)})} \left(\ln \frac{n(1 - F_0(X_{(i)}))}{n - i + 0.5} \right) \right] \quad (3.13)$$

6. $S_{n,F}^0$ test istatistiğini elde etmek için izlenen adımlar;

Adım 1. Ağırlık fonksiyonu belirlenir. $dW(\pi) = \frac{d\pi}{\pi(1-\pi)}$,

Adım 2. Eşitlik 3.3'te Z istatistiğinde bulunan Z_t istatistiği olarak Eşitlik 3.5'te yer alan olabilirlik oran istatistiği kullanılır,

Adım 3.

$$a_{n,F} = -2n \left[\int_0^{1/n} \frac{\ln(1-\pi)}{\pi(1-\pi)} d\pi + \int_{1/2n}^{1-1/2n} \frac{\ln(\pi)}{\pi(1-\pi)} d\pi \right],$$

$$L_{Fi} = \ln \frac{(i+0,5)(n-i+0,5)}{(i-0,5)(n-i-0,5)} \text{ iken}$$

$$h_{Fi} = 2n \left[F_0(X_{(i)}) \ln F_0(X_{(i)}) + (1 - F_0(X_{(i)})) \ln (1 - F_0(X_{(i)})) \right] L_{Fi} \text{ olmak üzere,}$$

$S_{n,F}^0$ test istatistiği Eşitlik 3.14'teki elde edilir.

$$S_{n,F}^0 = a_{n,F} + \sum_{i=1}^{n-1} \left[n(1 - F_0(X_{(i)})) \left(\left(\ln \frac{i + 0,5}{n - i - 0,5} \right)^2 - \left(\ln \frac{i - 0,5}{n - i + 0,5} \right)^2 \right) + h_{Fi} \right] \quad (3.14)$$

$S_{n,A}^1, S_{n,B}^1, S_{n,C}^1, S_{n,D}^0, S_{n,E}^0$ ve $S_{n,F}^0$ istatistikleri simetrik dağılımlı test istatistikleridir. Elde edilen yeni test istatistikleri her ne kadar Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling ve Cramer-von Mises testlerine benzeseler de daha güçlü oldukları benzetim çalışması

ile Esteban vd. çalışmalarında belirtilmiştir. Yapılan çalışmada test istatistikleri için belirli örneklem büyüklüklerinde kritik değerler, MC benzetimi yardımıyla elde edilmiştir.

3.2.3. Yeni Uyum İyiliği Test İstatistikleri

Orijinal rasgele örneklemin (X_1, X_2, \dots, X_n) deneysel dağılım fonksiyonu $F_n(t)$ ise, Eşitlik 3.2 kullanılarak CR güç iraksama ailesi test istatistiği Eşitlik 3.15'te gibi elde edilir:

$$CR\left(\frac{2}{3}\right) = \frac{9n}{5} \left[\frac{F_n(t)^{5/3}}{F_0(t)^{2/3}} + \frac{(1 - F_n(t))^{5/3}}{(1 - F_0(t))^{2/3}} - 1 \right]. \quad (3.15)$$

Uygun ağırlık fonksiyonunu belirleyerek ve Z_t istatistiği yerine CR güç iraksama ailesi test istatistiği kullanılarak deneysel dağılım fonksiyonlarına dayalı yeni test istatistiklerinin elde edilmesi için gereken algoritma adımları aşağıda verilmiştir:

1. DB_1 test istatistiğini elde etmek için izlenen adımlar;

Adım 1. Ağırlık fonksiyonu belirlenir. $w(t) = n^{-1}F_0(t)[1 - F_0(t)]$,

Adım 2. Eşitlik 3.3'te Z_{max} istatistiğinde bulunan Z_t istatistiği olarak Eşitlik 3.15'te yer alan $CR\left(\frac{2}{3}\right)$ istatistiği kullanılır,

Adım3. DB_1 test istatistiği Eşitlik 3.16'daki gibi elde edilir.

$$\begin{aligned} DB_1 &= \sup_{t \in (-\infty, \infty)} \left\{ \frac{9n}{5} \left[\frac{F_n(t)^{5/3}}{F_0(t)^{2/3}} + \frac{(1 - F_n(t))^{5/3}}{(1 - F_0(t))^{2/3}} - 1 \right] \frac{1}{n} F_0(t)[1 - F_0(t)] \right\} \\ &= \max_{1 \leq i \leq n} \left\{ \left(\frac{i - 0,5}{n} \right)^{5/3} F_0(X_{(i)})^{1/3} (1 - F_0(X_{(i)})) \right. \\ &\quad \left. + \left(\frac{n - i + 0,5}{n} \right)^{5/3} F_0(X_{(i)}) (1 - F_0(X_{(i)}))^{1/3} \right. \\ &\quad \left. - F_0(X_{(i)}) (1 - F_0(X_{(i)})) \right\} \end{aligned} \quad (3.16)$$

2. DB_2 test istatistiğini elde etmek için izlenen adımlar;

Adım 1. Ağırlık fonksiyonu belirlenir. $w(t) = F_0(t)$,

Adım 2. Eşitlik 3.3'te Z istatistiğinde bulunan Z_t istatistiği olarak Eşitlik 3.15'te yer alan $CR\left(\frac{2}{3}\right)$ istatistiği kullanılır,

Adım 3. DB_2 test istatistiği Eşitlik 3.17'deki gibi elde edilir.

$$\begin{aligned}
 DB_2 &= \int_{-\infty}^{\infty} \frac{9n}{5} \left[\frac{F_n(t)^{5/3}}{F_0(t)^{2/3}} + \frac{(1 - F_n(t))^{5/3}}{(1 - F_0(t))^{2/3}} - 1 \right] dF_0(t) \\
 &= \frac{9n}{5} \sum_{i=1}^n \left[\left(\frac{i - 0,5}{n} \right)^{5/3} 3F_0(X_{(i)})^{1/3} \right. \\
 &\quad \left. + \left(\frac{n - i + 0,5}{n} \right)^{5/3} \left(1 - 3F_0(X_{(i)})^{1/3} \right) - F_0(X_{(i)}) \right]
 \end{aligned} \tag{3.17}$$

3. DB_3 test istatistiğini elde etmek için izlenen adımlar;

Adım 1. Ağırlık fonksiyonu belirlenir. $dw(t) = F_0(t)[1 - F_0(t)]dF_0(t)$,

Adım 2. Eşitlik 3.3'te Z istatistiğinde bulunan Z_t istatistiği olarak Eşitlik 3.15'te yer alan $CR\left(\frac{2}{3}\right)$ istatistiği kullanılır,

Adım 3. DB_3 test istatistiği Eşitlik 3.18'deki gibi elde edilir.

$$\begin{aligned}
 DB_3 &= \int_{-\infty}^{\infty} \frac{9n}{5} \left[\frac{F_n(t)^{5/3}}{F_0(t)^{2/3}} + \frac{(1 - F_n(t))^{5/3}}{(1 - F_0(t))^{2/3}} - 1 \right] F_0(t)[1 - F_0(t)]dF_0(t) \\
 &= \frac{9n}{5} \sum_{i=1}^n \left[\left(\frac{i - 0,5}{n} \right)^{5/3} \left(-\frac{3}{28} \right) F_0(X_{(i)})^{4/3} (4F_0(X_{(i)}) - 7) \right. \\
 &\quad \left. + \left(\frac{n - i + 0,5}{n} \right)^{5/3} \left(-\frac{3}{28} \right) (1 - F_0(X_{(i)}))^{4/3} (4F_0(X_{(i)}) + 3) \right. \\
 &\quad \left. - \frac{F_0(X_{(i)})^2}{2} + \frac{F_0(X_{(i)})^3}{3} \right]
 \end{aligned} \tag{3.18}$$

4. DB_4 test istatistiğini elde etmek için izlenen adımlar;

Adım 1. Ağırlık fonksiyonu belirlenir. $w(t) = 1$,

Adım 2. Eşitlik 3.3'te Z_{max} istatistiğinde bulunan Z_t istatistiği olarak Eşitlik 3.15'te yer alan $CR\left(\frac{2}{3}\right)$ istatistiği kullanılır,

Adım 3. DB_4 test istatistiği Eşitlik 3.19'daki gibi elde edilir.

$$\begin{aligned}
 DB_4 &= \sup_{t \in (-\infty, \infty)} \left\{ \frac{9n}{5} \left[\frac{F_n(t)^{5/3}}{F_0(t)^{2/3}} + \frac{(1 - F_n(t))^{5/3}}{(1 - F_0(t))^{2/3}} - 1 \right] \right\} \\
 &= \max_{1 \leq i \leq n} \left\{ n \left(\frac{i - 0,5}{n} \right)^{5/3} F_0(X_{(i)})^{-2/3} \right. \\
 &\quad \left. + \left(\frac{n - i + 0,5}{n} \right)^{5/3} (1 - F_0(X_{(i)}))^{-2/3} - n \right\} \tag{3.19}
 \end{aligned}$$

5. DB_5 test istatistiğini elde etmek için izlenen adımlar;

Adım 1. Ağırlık fonksiyonu belirlenir. $dw(t) = F_n(t)^{-1}[1 - F_n(t)]^{-1}dF_n(t)$,

Adım 2. Eşitlik 3.3'te Z istatistiğinde bulunan Z_t istatistiği olarak Eşitlik 3.15'te yer alan $CR\left(\frac{2}{3}\right)$ istatistiği kullanılır,

Adım 3. DB_5 test istatistiği Eşitlik 3.20'deki gibi elde edilir.

$$\begin{aligned}
 A_i &= \frac{1}{2} \left\{ (-3) \left(\frac{i-0,5}{n} \right)^{2/3} + \log \left[\left(\frac{i-0,5}{n} \right)^{2/3} + \left(\frac{i-0,5}{n} \right)^{1/3} + 1 \right] - 2 \log \left(1 - \left(\frac{i-0,5}{n} \right)^{1/3} \right) - \right. \\
 &\quad \left. 2\sqrt{3} \tan^{-1} \left(\frac{2 \left(\frac{i-0,5}{n} \right)^{1/3} + 1}{\sqrt{3}} \right) \right\}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 B_i &= \frac{3}{2} \left\{ \left(\frac{n-i+0,5}{n} \right)^{2/3} + \log \left[1 - \left(\frac{n-i+0,5}{n} \right)^{1/3} \right] - \frac{1}{2} \log \left(\left(\frac{n-i+0,5}{n} \right)^{2/3} + \left(\frac{n-i+0,5}{n} \right)^{1/3} + 1 \right) + \right. \\
 &\quad \left. \sqrt{3} \tan^{-1} \left(\frac{2 \left(\frac{n-i+0,5}{n} \right)^{1/3} + 1}{\sqrt{3}} \right) \right\}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
DB_5 &= \int_{-\infty}^{\infty} \frac{9n}{5} \left[\frac{F_n(t)^{5/3}}{F_0(t)^{2/3}} + \frac{(1-F_n(t))^{5/3}}{(1-F_0(t))^{2/3}} - 1 \right] F_n(t)^{-1} [1-F_n(t)]^{-1} dF_n(t) \\
&= \frac{9n}{5} \sum_{i=1}^n \left[A_i \cdot F_0(X_{(i)})^{-2/3} + B_i \cdot (1-F_0(X_{(i)}))^{-2/3} \right. \\
&\quad \left. - \log\left(\frac{i-0,5}{n}\right) + \log\left(\frac{n-i+0,5}{n}\right) \right] \tag{3.20}
\end{aligned}$$

6. DB_6 test istatistiğini elde etmek için izlenen adımlar;

Adım 1. Ağırlık fonksiyonu belirlenir. $dw(t) = F_0(t)^{-1} [1-F_0(t)]^{-1} dF_0(t)$,

Adım 2. Eşitlik 3.3'te Z istatistiğinde bulunan Z_t istatistiği olarak Eşitlik 3.15'te yer alan $CR\left(\frac{2}{3}\right)$ istatistiği kullanılır,

Adım 3. DB_6 test istatistiği Eşitlik 3.21'deki gibi elde edilir.

$$\begin{aligned}
C_i &= \frac{1}{2} \left\{ (-3)F_0(X_{(i)})^{-2/3} + \log \left[F_0(X_{(i)})^{2/3} + F_0(X_{(i)})^{1/3} + 1 \right] - 2 \log \left(1 - \right. \right. \\
&\quad \left. \left. F_0(X_{(i)})^{1/3} \right) + 2\sqrt{3} \tan^{-1} \left(\frac{2F_0(X_{(i)})^{1/3} + 1}{\sqrt{3}} \right) \right\} \\
D_i &= \frac{3}{2} \left\{ (1-F_0(X_{(i)}))^{-2/3} + \log \left[1 - (1-F_0(X_{(i)}))^{1/3} \right] - \frac{1}{2} \log \left((1-F_0(X_{(i)}))^{2/3} + \right. \right. \\
&\quad \left. \left. (1-F_0(X_{(i)}))^{1/3} + 1 \right) - \sqrt{3} \tan^{-1} \left(\frac{2(1-F_0(X_{(i)}))^{1/3} + 1}{\sqrt{3}} \right) \right\} \\
DB_6 &= \int_{-\infty}^{\infty} \frac{9n}{5} \left[\frac{F_n(t)^{5/3}}{F_0(t)^{2/3}} + \frac{(1-F_n(t))^{5/3}}{(1-F_0(t))^{2/3}} - 1 \right] F_0(t)^{-1} [1-F_0(t)]^{-1} dF_0(t) \\
&= \frac{9n}{5} \sum_{i=1}^n \left[C_i \cdot \left(\frac{i-0,5}{n} \right)^{5/3} + D_i \cdot \left(\frac{n-i+0,5}{n} \right)^{5/3} \right. \\
&\quad \left. - \log F_0(X_{(i)}) + \log (1-F_0(X_{(i)})) \right] \tag{3.21}
\end{aligned}$$

4. BENZETİM ÇALIŞMASI

Kolmogorov-Smirnov (D_n), Cramer-von Mises (C_n), Anderson-Darling (A_n), Zhang'ın Z_A, Z_C, Z_K test istatistikleri, Esteban vd.'nin ($S_{n,A}^1, S_{n,B}^1, S_{n,C}^1, S_{n,D}^0, S_{n,E}^0, S_{n,F}^0$) test istatistikleri ile önerilen yeni uyum iyiliği test istatistikleri ($DB_1, DB_2, DB_3, DB_4, DB_5, DB_6$) normalliği incelemek üzere ele alınmıştır. Test istatistiklerinin I. tür hata ve güç değerleri MATLAB R2017b programı kullanılarak karşılaştırılmıştır.

Benzetim çalışmasında MC benzetim tekniği yardımıyla analizler yapılmış ve tekrar sayısı 100000 ve 1000000 olarak alınmıştır. Yapılan çalışmanın sonucunda tekrar sayıları arasında farklılık olmadığı görülmüş ve bu nedenle tekrar sayısı 100000 olduğu durum bu tez çalışmasında verilmiştir.

Benzetim çalışmasında anlamlılık düzeyi (α) 0,01, 0,05, 0,10 olarak alınmıştır. Yapılan çalışmanın sonucunda anlamlılık düzeyleri arasında farklılık olmadığı görülmüş ve bu nedenle anlamlılık düzeyinin 0,05 olduğu durum bu tez çalışmasında verilmiştir.

Uyum iyiliği test istatistiklerinin farklı örneklem büyüklüklerinde nasıl tepki verdiğini görmek adına, örneklem büyüklüğü 10, 20, 30, 50, 100 ve 1000 olarak belirlenmiştir.

Seçenek hipotezin dağılımları için dört grup belirlenmiştir. Bu gruplar;

Grup 1: $(-\infty, +\infty)$ aralığında simetrik dağılımlar:

Cauchy(0,1), t_3

Grup 2: $(-\infty, +\infty)$ aralığında simetrik olmayan dağılımlar:

Gumbel(0,1), Gumbel(0,2)

Grup 3: $(0, +\infty)$ aralığındaki dağılımlar:

Üstel(1), Gamma(2,1), Gamma($\frac{1}{2}$,1), Lognormal(0,1), Lognormal(0,2)

Grup 4: $(0,1)$ aralığındaki dağılımlar:

Uniform(0,1), Beta(2,2)

4.1. Uyum iyiliği Test İstatistiklerinin Kritik Değerlerinin Elde Edilmesi

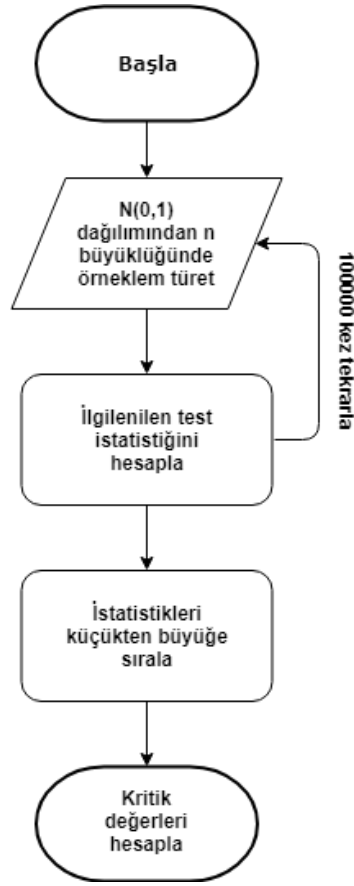
Uyum iyiliği testlerinin kritik değerlerinin hesaplanmasında öncelikle dikkat edilmesi gereken nokta, dağılımın parametrelerinin bilinmesi durumunda test istatistiklerinin dağılımdan bağımsız olmasıdır. Eğer dağılım parametreleri bilinmiyorsa, bu parametreler için elde edilecek tahminler nedeniyle test istatistiklerinin dağılımdan bağımsız olduğu düşünülemez. Bu nedenle yeni kritik değer tabloları oluşturulmalıdır [18].

Ele alınan uyum iyiliği testlerinin kritik değerlerinin MC benzetim tekniği ile hesaplanması gerektiğine literatürde yer verilmiştir. Uyum iyiliği test istatistiklerinin asimptotik dağılımlarının elde edilmesinin analitik olarak zor olmasının yanı sıra asimptotik dağılımlardan elde edilen kritik değerlerin, benzetim tekniği ile elde edilen kritik değerlere kıyasla yokluk hipotezini daha çok kabul ettiği görülmüştür. Bunu yanı sıra, bazı testlerin asimptotik dağılımlarından elde edilen kritik değerler ile benzetim yoluyla elde edilen kritik değerler arasında fark olmadığı da birçok çalışmada kanıtlanmıştır [8, 15, 16].

MC benzetim tekniği kullanılarak kritik değerler elde edilmek istenirse izlenecek algoritma adımları aşağıdaki gibidir:

- Adım 1. Standart normal dağılımlı n büyüklüğünde örneklemeler türetilir.
- Adım 2. Türetilen örneklemeler için test istatistikleri hesaplanır.
- Adım 3. Adım 1 ve Adım 2 adımları 100000 kez tekrarlanır.
- Adım 4. Elde edilen değerler küçükten büyüğe doğru sıralanır.
- Adım 5. İlgilenilen testin sol kuyruklu, sağ kuyruklu ve iki kuyruklu olup olmamasına göre kritik değerler elde edilir.

Algoritma adımlarına ait akış şemasına Şekil 4.1'de yer verilmiştir.



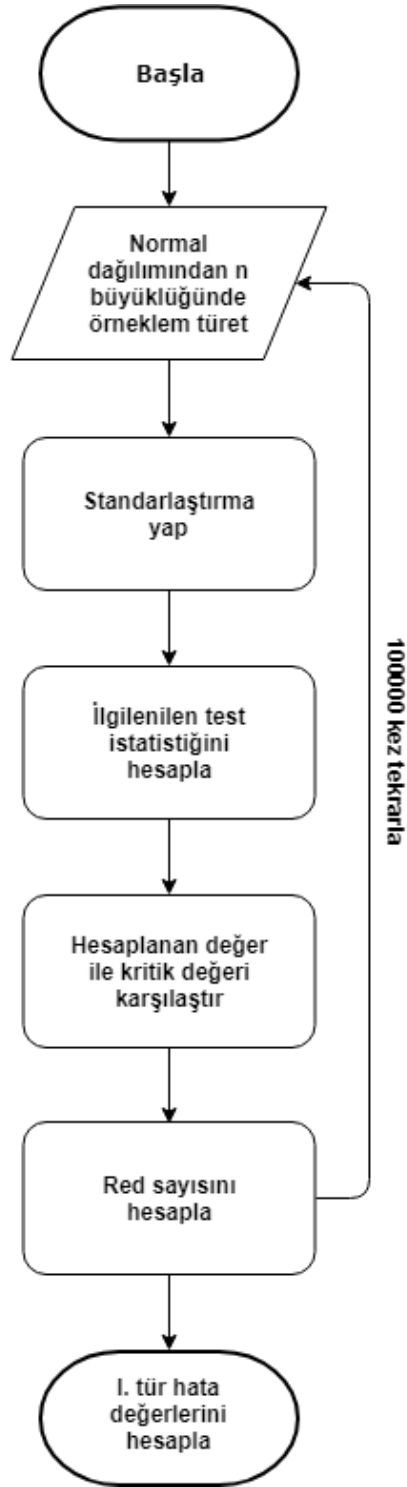
Şekil 4.1. Uyum iyiliği test istatistiklerinin kritik değerlerinin elde edilmesinde kullanılan algoritmanın akış şeması

4.2. Uyum İyiliği Test İstatistiklerinin I. Tür Hata Değerlerinin Elde Edilmesi

Bir test istatistiğinin I. tür hata değeri yokluk hipotezi doğru iken yokluk hipotezinin reddedilmesi olasılığıdır. Uyum iyiliği test istatistiklerinin MC benzetim tekniği kullanılarak I. tür hata değerleri elde edilmek istenirse izlenecek algoritma adımları aşağıdaki gibidir:

- Adım 1. Normal dağılımlı n büyüklüğünde örneklem türetilir.
- Adım 2. Standartlaştırma yapılır.
- Adım 3. Türetilen örneklem için test istatistikleri hesaplanır.
- Adım 4. Hesaplanan değerler ile kritik değerler karşılaştırılır.
- Adım 5. Yokluk hipotezinin red sayısı belirlenir.
- Adım 6. Yukarıdaki adımlar 100000 kez tekrarlanır.
- Adım 7. Red sayısı, tekrar sayısına bölünerek I. tür hata değerleri elde edilir.

Algoritma adımlarına ait akış şemasına Şekil 4.2'de yer verilmiştir.

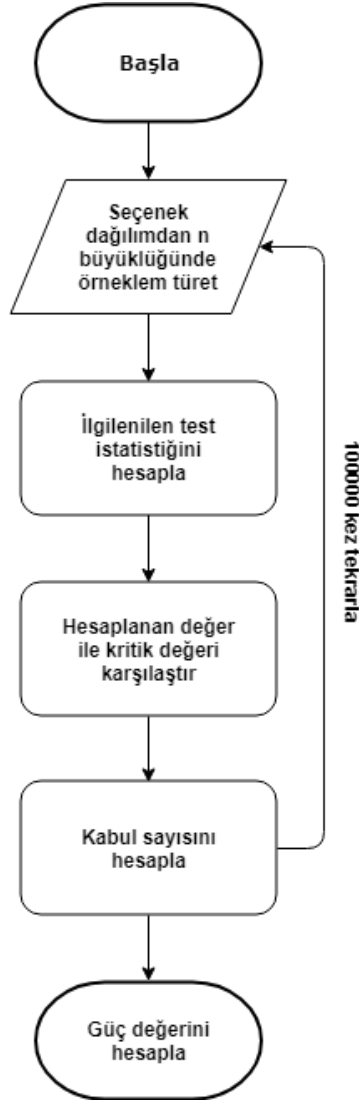


Şekil 4.2. Uyum iyiliği test istatistiklerinin I. tür hata değerlerinin elde edilmesinde kullanılan algoritmanın akış şeması

4.3. Uyum iyiliği Test İstatistiklerinin Güç Değerlerinin Elde Edilmesi

Bir test istatistiğinin güç değeri seçenek hipotez doğru iken seçenek hipotezin kabul edilme olasılığıdır. Uyum iyiliği testlerinin MC benzetim tekniği kullanılarak güç değerleri elde edilmek istenirse izlenecek algoritma adımları aşağıdaki gibidir:

- Adım 1. Seçenek dağılımdan n büyüklüğünde örneklemeler türetilir.
- Adım 2. Türetilen örneklemeler için test istatistikleri hesaplanır.
- Adım 3. Hesaplanan değerler ile kritik değerler karşılaştırılır.
- Adım 4. Seçenek hipotezinin kabul sayısı belirlenir.
- Adım 5. Yukarıdaki adımlar 100000 defa tekrarlanır.
- Adım 6. Kabul sayısı, tekrar sayısına bölünerek güç değerleri elde edilir.



Şekil 4.3. Uyum iyiliği test istatistiklerinin güç değerlerinin elde edilmesinde kullanılan algoritmanın akış şeması

5. BENZETİM ÇALIŞMASI SONUÇLARI

5.1. Uyum İyiliği Test İstatistiklerinin I. Tür Hata Değerlerinin Karşılaştırılması

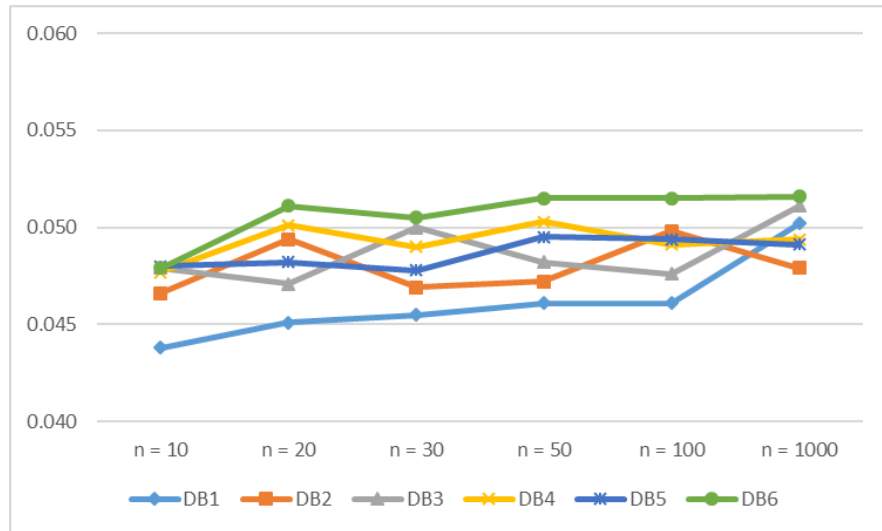
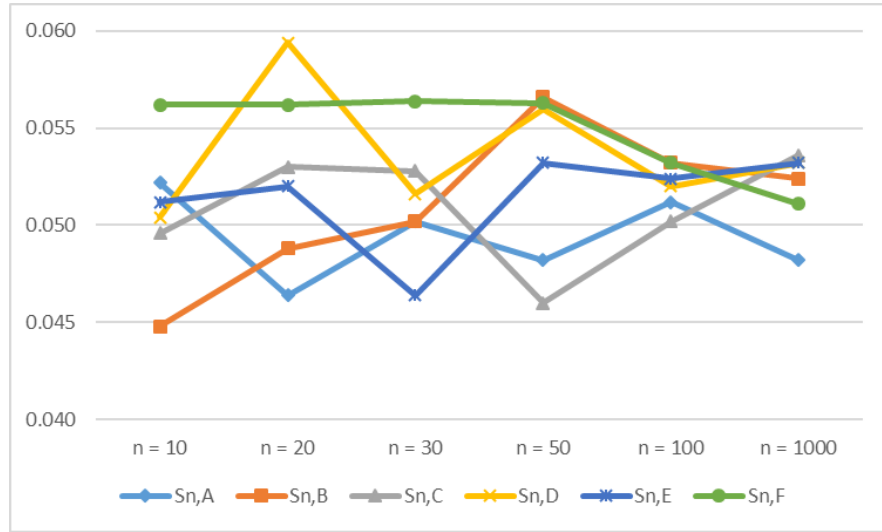
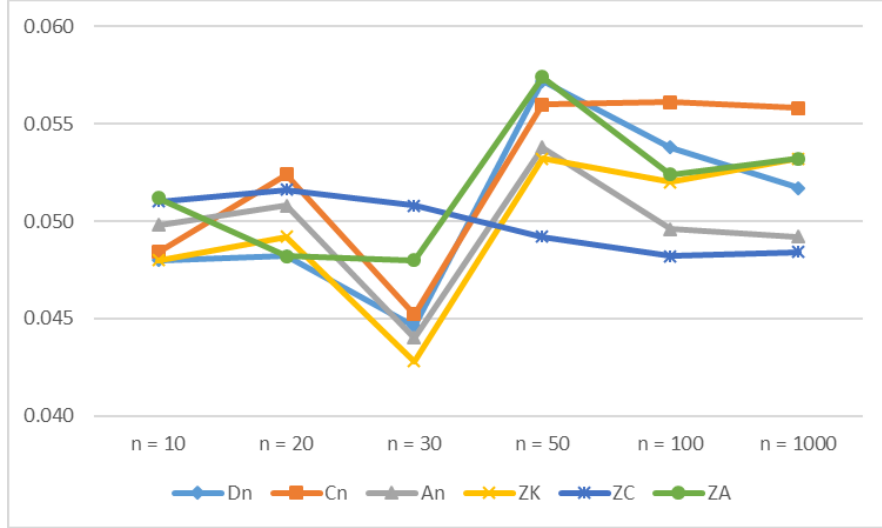
Normal dağılımlı kitlelerden veri türetildiğinde elde edilen I. tür hata değerleri Çizelge 5.1'de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Normallik testi için I. tür hata değerleri ($\alpha = 0,05$)

	$n = 10$	$n = 20$	$n = 30$	$n = 50$	$n = 100$	$n = 1000$
D_n	0,0480	0,0482	0,0446	0,0572	0,0538	0,0517
C_n	0,0484	0,0524	0,0452	0,0560	0,0561	0,0558
A_n	0,0498	0,0508	0,0440	0,0538	0,0496	0,0492
Z_K	0,0480	0,0492	0,0428	0,0532	0,0520	0,0532
Z_C	0,0510	0,0516	0,0508	0,0492	0,0482	0,0484
Z_A	0,0512	0,0482	0,0480	0,0574	0,0524	0,0532
$S_{n,A}^1$	0,0522	0,0464	0,0502	0,0482	0,0512	0,0482
$S_{n,B}^1$	0,0448	0,0488	0,0502	0,0566	0,0532	0,0524
$S_{n,C}^1$	0,0496	0,0530	0,0528	0,0460	0,0502	0,0536
$S_{n,D}^0$	0,0504	0,0594	0,0516	0,0560	0,0520	0,0532
$S_{n,E}^0$	0,0512	0,0520	0,0464	0,0532	0,0524	0,0532
$S_{n,F}^0$	0,0562	0,0562	0,0564	0,0563	0,0532	0,0511
DB_1^*	0,0438	0,0451	0,0455	0,0461	0,0461	0,0502
DB_2^*	0,0466	0,0494	0,0469	0,0472	0,0498	0,0479
DB_3^*	0,0479	0,0471	0,0500	0,0482	0,0476	0,0511
DB_4^*	0,0477	0,0501	0,0490	0,0503	0,0491	0,0494
DB_5^*	0,0480	0,0482	0,0478	0,0495	0,0494	0,0491
DB_6^*	0,0479	0,0511	0,0505	0,0515	0,0515	0,0516

*Bu çalışmada önerilen yeni uyum iyiliği test istatistikleridir.

Şekil 5.1'de on sekiz uyum iyiliği test istatistiğinin farklı örneklem büyüklükleri için hesaplanan deneysel I. tür hata değerleri verilmiştir. Çizelge 5.1 ve Şekil 5.1 de görüleceği üzere Z_C , DB_5 ve DB_6 test istatistiklerinin deneysel I. tür hata değerlerinin, I. tür hata olasılığına ($\alpha = 0,05$) yakın değerler aldığı gözlemlenmiştir.



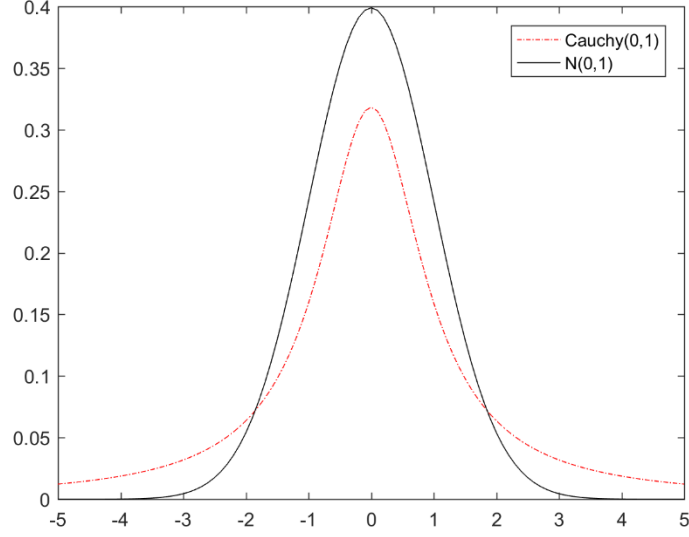
Şekil 5.1. Uyum iyiliği test istatistiklerinin I. tür hata değeri ($\alpha = 0,05$)

5.2. Uyum İyiliği Test İstatistiklerinin Güç Değerlerinin Karşılaştırılması

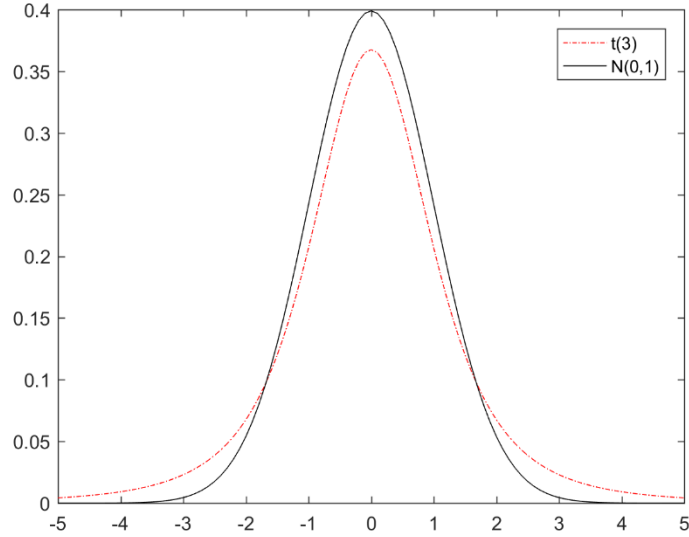
Grup 1: $(-\infty, +\infty)$ aralığında simetrik dağılımlar:

Cauchy(0,1), t_3

olarak ele alınmıştır. $(-\infty, +\infty)$ aralığında simetrik dağılımlara ait grafikler Şekil 5.2 ve Şekil 5.3'te verilmiştir.



Şekil 5.2. $N(0,1)$ dağılımı ile $Cauchy(0,1)$ dağılımının grafiği



Şekil 5.3. $N(0,1)$ dağılımı ile t_3 dağılımının grafiği

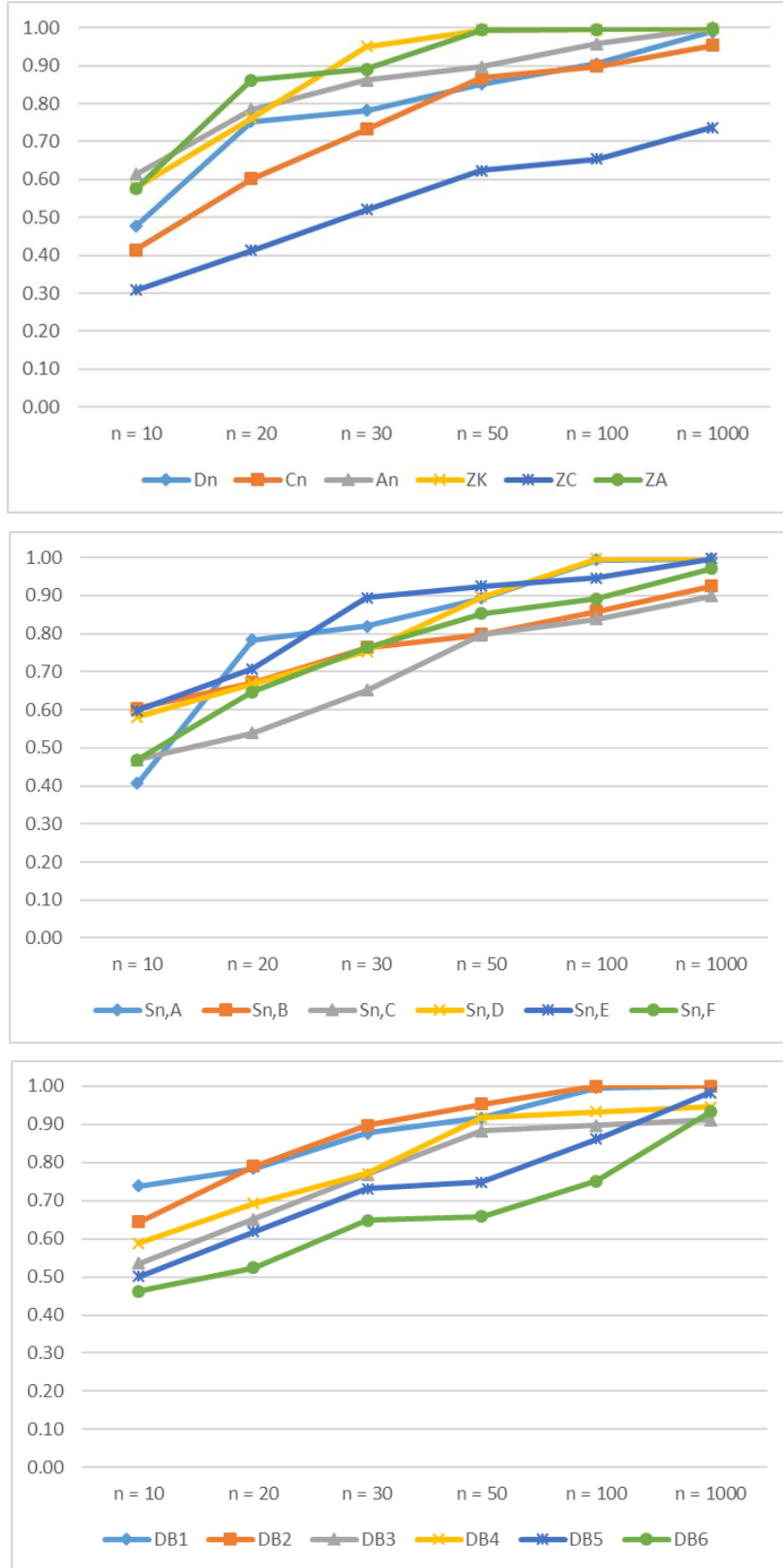
$(-\infty, +\infty)$ aralığında simetrik ve kalın kuyruklu seçenek dağılımlar söz konusu olduğunda, uyum iyiliği test istatistiklerinin güç değerleri Çizelge 5.2'de, Şekil 5.4 ve Şekil 5.5'te verilmiştir. Çizelge 5.2'de, en yüksek güç değerine sahip olan beş uyum iyiliği test istatistiği koyu yazılmıştır.

Çizelge 5.2. $(-\infty, +\infty)$ aralığında simetrik dağılımlar için güç değerleri

		$n = 10$	$n = 20$	$n = 30$	$n = 50$	$n = 100$	$n = 1000$
Cauchy(0,1)	D_n	0,476	0,753	0,781	0,851	0,905	0,989
	C_n	0,414	0,601	0,732	0,867	0,898	0,953
	A_n	0,613	0,785	0,862	0,897	0,958	0,999
	Z_K	0,579	0,761	0,950	0,994	0,995	0,997
	Z_C	0,308	0,413	0,520	0,623	0,653	0,736
	Z_A	0,576	0,861	0,891	0,994	0,995	0,998
	$S_{n,A}^1$	0,407	0,784	0,819	0,893	0,994	0,996
	$S_{n,B}^1$	0,604	0,671	0,764	0,798	0,859	0,925
	$S_{n,C}^1$	0,469	0,539	0,651	0,796	0,838	0,899
	$S_{n,D}^0$	0,581	0,669	0,753	0,896	0,997	0,998
	$S_{n,E}^0$	0,598	0,707	0,895	0,925	0,946	0,996
	$S_{n,F}^0$	0,469	0,647	0,763	0,853	0,892	0,971
	DB_1^*	0,738	0,784	0,877	0,917	0,996	0,999
	DB_2^*	0,643	0,789	0,896	0,952	0,999	0,999
	DB_3^*	0,535	0,651	0,768	0,883	0,897	0,911
	DB_4^*	0,588	0,693	0,771	0,917	0,932	0,945
	DB_5^*	0,501	0,618	0,731	0,748	0,861	0,982
	DB_6^*	0,462	0,524	0,648	0,658	0,751	0,932
t_3	D_n	0,164	0,272	0,354	0,493	0,558	0,741
	C_n	0,184	0,314	0,414	0,570	0,684	0,782
	A_n	0,191	0,334	0,452	0,611	0,671	0,791
	Z_K	0,169	0,357	0,471	0,629	0,728	0,797
	Z_C	0,104	0,123	0,223	0,329	0,424	0,458
	Z_A	0,169	0,367	0,481	0,639	0,714	0,842
	$S_{n,A}^1$	0,128	0,223	0,309	0,447	0,579	0,657
	$S_{n,B}^1$	0,176	0,359	0,456	0,606	0,775	0,806
	$S_{n,C}^1$	0,109	0,292	0,398	0,558	0,668	0,863
	$S_{n,D}^0$	0,189	0,345	0,458	0,632	0,762	0,861
	$S_{n,E}^0$	0,218	0,401	0,520	0,685	0,783	0,790
	$S_{n,F}^0$	0,162	0,374	0,463	0,466	0,528	0,588
	DB_1^*	0,298	0,440	0,609	0,697	0,799	0,929
	DB_2^*	0,303	0,419	0,536	0,652	0,770	0,883
	DB_3^*	0,295	0,411	0,528	0,643	0,757	0,901
	DB_4^*	0,274	0,353	0,565	0,677	0,792	0,805
	DB_5^*	0,161	0,278	0,291	0,368	0,501	0,692
	DB_6^*	0,122	0,197	0,208	0,238	0,331	0,592

*Bu çalışmada önerilen yeni uyum iyiliği test istatistikleridir.

$(-\infty, +\infty)$ aralığında simetrik olan Cauchy(0,1) dağılımı için güç değerleri Şekil 5.4'te verilmiştir.

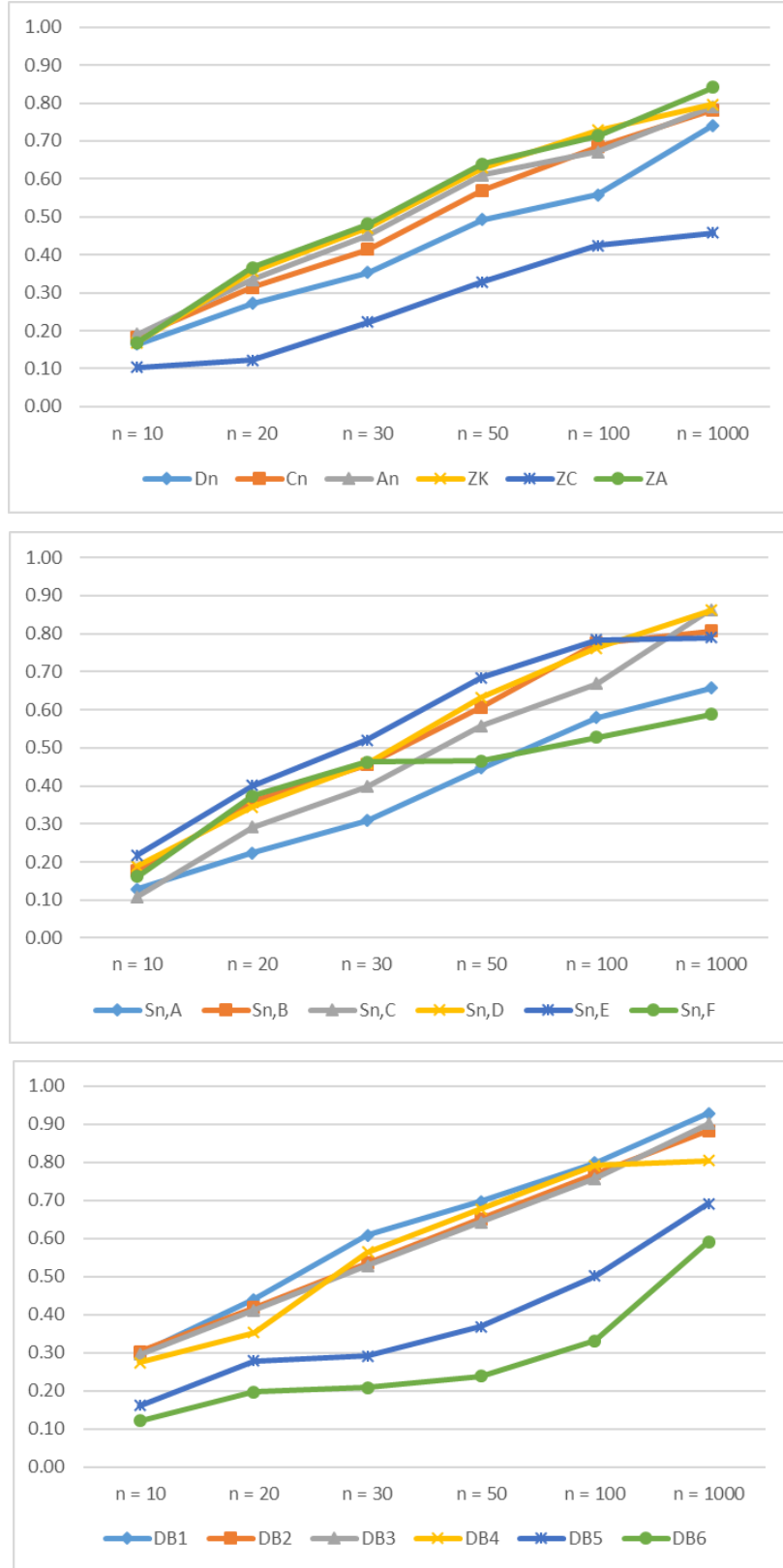


Şekil 5.4. Cauchy(0,1) dağılımı için uyum iyiliği testlerinin güç değerlerinin grafikleri

$(-\infty, +\infty)$ aralığında simetrik olan Cauchy(0,1) dağılımı için;

- $n = 10$ büyüklüğündeki örneklerde en yüksek güce sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri sırası ile $DB_1, DB_2, A_n, S_{n,B}^1, S_{n,E}^0$ test istatistikleridir. En düşük güce sahip uyum iyiliği test istatistikleri ise sırası ile $Z_C, S_{n,A}^1, C_n, DB_6, S_{n,C}^1$ test istatistikleridir.
- $n = 20$ büyüklüğündeki örneklerde en yüksek güce sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri sırası ile $Z_A, DB_2, A_n, DB_1, S_{n,A}^1$ test istatistikleridir. En düşük güce sahip uyum iyiliği test istatistikleri ise sırası ile $Z_C, DB_6, S_{n,C}^1, C_n, DB_5$ test istatistikleridir.
- $n = 30$ büyüklüğündeki örneklerde en yüksek güce sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri sırası ile $Z_K, DB_2, S_{n,E}^0, Z_A, DB_1$ test istatistikleridir. En düşük güce sahip uyum iyiliği test istatistikleri ise sırası ile $Z_C, DB_6, S_{n,C}^1, DB_5, C_n$ test istatistikleridir.
- $n = 50$ büyüklüğündeki örneklerde en yüksek güce sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri sırası ile $Z_K, Z_A, DB_2, S_{n,E}^0, DB_1$ test istatistikleridir. En düşük güce sahip uyum iyiliği test istatistikleri ise sırası ile $Z_C, DB_6, DB_5, S_{n,C}^1, S_{n,B}^1$ test istatistikleridir.
- $n = 100$ büyüklüğündeki örneklerde en yüksek güce sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri sırası ile $DB_2, S_{n,D}^0, DB_1, Z_K, Z_A$ test istatistikleridir. En düşük güce sahip uyum iyiliği test istatistikleri ise sırası ile $Z_C, DB_6, S_{n,C}^1, S_{n,B}^1, DB_5$ test istatistikleridir.
- $n = 1000$ büyüklüğündeki örneklerde en yüksek güce sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri sırası ile $DB_2, DB_1, A_n, S_{n,D}^0, Z_A$ test istatistikleridir. En düşük güce sahip uyum iyiliği test istatistikleri ise sırası ile $Z_C, S_{n,C}^1, DB_3, S_{n,B}^1, DB_6$ test istatistikleridir.
- Cressie-Read test istatistiği kullanılarak elde edilen yeni uyum iyiliği test istatistikleri ile olabilirlik oran test istatistiği kullanılarak elde edilen test istatistiklerinin, Pearson Ki-kare test istatistiği kullanılarak elde edilen test istatistiklerine göre güç değerlerinin daha yüksek olduğu söylenebilir.

$(-\infty, +\infty)$ aralığında simetrik olan t_3 dağılımı için güç değerleri Şekil 5.5'te verilmiştir.



Şekil 5.5. t_3 dağılımı için uyum iyiliği testlerinin güç değerlerinin grafikleri

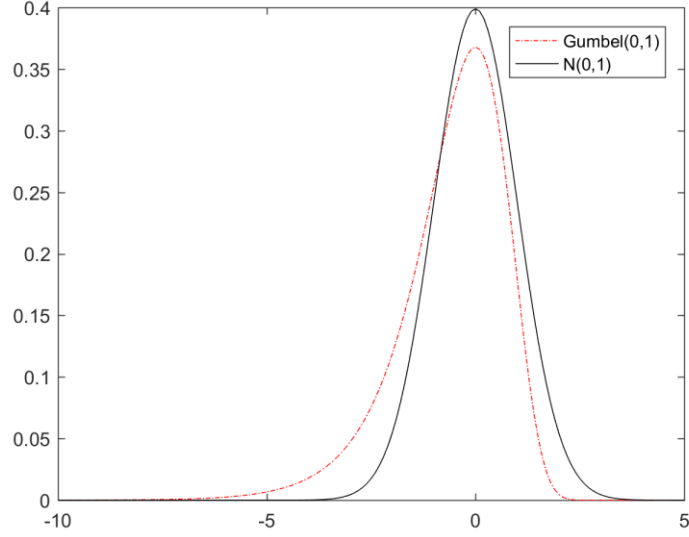
$(-\infty, +\infty)$ aralığında simetrik olan t_3 dağılımı için;

- $n = 10$ büyüklüğündeki örneklerde en yüksek güce sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri sırası ile $DB_1, DB_3, DB_2, S_{n,C}^1, S_{n,D}^0$ test istatistikleridir. En düşük güce sahip uyum iyiliği test istatistikleri ise sırası ile $Z_C, S_{n,F}^0, DB_6, S_{n,A}^1, DB_5$ test istatistikleridir.
- $n = 20$ büyüklüğündeki örneklerde en yüksek güce sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri sırası ile $DB_1, DB_2, DB_3, S_{n,E}^0, S_{n,F}^0$ test istatistikleridir. En düşük güce sahip uyum iyiliği test istatistikleri ise sırası ile $Z_C, DB_6, S_{n,A}^1, D_n, DB_5$ test istatistikleridir.
- $n = 30$ büyüklüğündeki örneklerde en yüksek güce sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri sırası ile $DB_1, DB_4, DB_2, DB_3, S_{n,E}^0$ test istatistikleridir. En düşük güce sahip uyum iyiliği test istatistikleri ise sırası ile $DB_6, Z_C, DB_5, S_{n,A}^1, D_n$ test istatistikleridir.
- $n = 50$ büyüklüğündeki örneklerde en yüksek güce sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri sırası ile $DB_1, S_{n,E}^0, DB_4, DB_2, DB_3$ test istatistikleridir. En düşük güce sahip uyum iyiliği test istatistikleri ise sırası ile $DB_6, Z_C, DB_5, S_{n,A}^1, S_{n,F}^0$ test istatistikleridir.
- $n = 100$ büyüklüğündeki örneklerde en yüksek güce sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri sırası ile $DB_1, DB_4, S_{n,E}^0, S_{n,B}^1, DB_2$ test istatistikleridir. En düşük güce sahip uyum iyiliği test istatistikleri ise sırası ile $DB_6, Z_C, DB_5, S_{n,F}^0, D_n$ test istatistikleridir.
- $n = 1000$ büyüklüğündeki örneklerde en yüksek güce sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri sırası ile $DB_1, DB_3, DB_2, S_{n,C}^1, S_{n,D}^0$ test istatistikleridir. En düşük güce sahip uyum iyiliği test istatistikleri ise sırası ile $Z_C, S_{n,F}^0, DB_6, S_{n,A}^1, DB_5$ test istatistikleridir.
- Cressie-Read test istatistiği kullanılarak elde edilen yeni uyum iyiliği test istatistikleri ile olabilirlik oran test istatistiği kullanılarak elde edilen test istatistiklerinin, Pearson Ki-kare test istatistiği kullanılarak elde edilen test istatistiklerine göre güç değerlerinin daha yüksek olduğu söylenebilir.

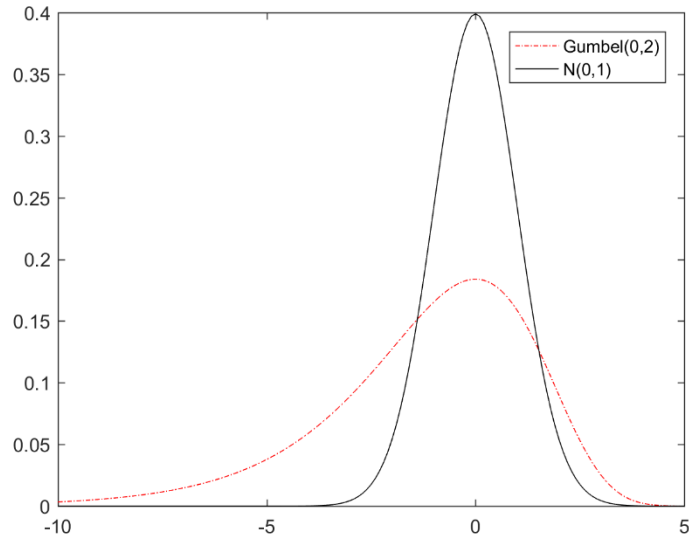
Grup 2: $(-\infty, +\infty)$ aralığında simetrik olmayan dağılımlar:

Gumbel(0,1), Gumbel(0,2)

olarak ele alınmıştır. $(-\infty, +\infty)$ aralığında simetrik olmayan dağılımlara ait grafikler Şekil 5.6 ve Şekil 5.7'de verilmiştir.



Şekil 5.6. N(0,1) dağılımı ile Gumbel(0,1) dağılımının grafiği



Şekil 5.7. N(0,1) dağılımı ile Gumbel(0,2) dağılımının grafiği

$(-\infty, +\infty)$ aralığında simetrik olmayan seçenek dağılımlar söz konusu olduğunda, uyum iyiliği test istatistiklerinin güç değerleri Çizelge 5.3'te, Şekil 5.8 ve Şekil 5.9'da verilmiştir. Çizelge 5.3'te, en yüksek güç değerine sahip olan beş uyum iyiliği test istatistiği koyu yazılmıştır.

Çizelge 5.3. $(-\infty, +\infty)$ aralığında simetrik olmayan dağılımlar için güç değerleri

		$n = 10$	$n = 20$	$n = 30$	$n = 50$	$n = 100$	$n = 1000$
Gumbel(0,1)	D_n	0,122	0,230	0,297	0,460	0,496	0,623
	C_n	0,138	0,242	0,355	0,532	0,624	0,721
	A_n	0,137	0,274	0,392	0,596	0,674	0,689
	Z_K	0,117	0,236	0,359	0,573	0,695	0,697
	Z_C	0,103	0,215	0,227	0,301	0,365	0,531
	Z_A	0,143	0,307	0,453	0,671	0,711	0,745
	$S_{n,A}^1$	0,011	0,014	0,056	0,157	0,254	0,356
	$S_{n,B}^1$	0,036	0,185	0,355	0,596	0,699	0,712
	$S_{n,C}^1$	0,008	0,038	0,181	0,293	0,398	0,499
	$S_{n,D}^0$	0,281	0,469	0,493	0,596	0,597	0,598
	$S_{n,E}^0$	0,298	0,567	0,648	0,695	0,696	0,696
	$S_{n,F}^0$	0,169	0,247	0,363	0,453	0,524	0,671
	DB_1^*	0,438	0,445	0,466	0,489	0,517	0,621
	DB_2^*	0,482	0,596	0,613	0,629	0,646	0,661
	DB_3^*	0,435	0,551	0,568	0,683	0,697	0,731
	DB_4^*	0,280	0,393	0,451	0,489	0,537	0,706
	DB_5^*	0,201	0,258	0,331	0,368	0,401	0,632
DB_6^*	0,162	0,237	0,254	0,308	0,371	0,532	
Gumbel(0,2)	D_n	0,127	0,231	0,294	0,457	0,578	0,621
	C_n	0,136	0,252	0,368	0,535	0,684	0,782
	A_n	0,132	0,276	0,404	0,601	0,651	0,781
	Z_K	0,149	0,316	0,468	0,673	0,708	0,739
	Z_C	0,034	0,152	0,209	0,354	0,424	0,478
	Z_A	0,118	0,235	0,362	0,564	0,654	0,782
	$S_{n,A}^1$	0,017	0,019	0,053	0,163	0,569	0,647
	$S_{n,B}^1$	0,045	0,189	0,256	0,503	0,705	0,816
	$S_{n,C}^1$	0,012	0,042	0,114	0,298	0,648	0,843
	$S_{n,D}^0$	0,189	0,345	0,458	0,632	0,762	0,861
	$S_{n,E}^0$	0,218	0,401	0,520	0,685	0,783	0,798
	$S_{n,F}^0$	0,262	0,374	0,463	0,476	0,498	0,508
	DB_1^*	0,126	0,259	0,279	0,399	0,563	0,679
	DB_2^*	0,148	0,293	0,421	0,613	0,670	0,683
	DB_3^*	0,225	0,393	0,460	0,525	0,639	0,793
	DB_4^*	0,140	0,335	0,347	0,359	0,374	0,387
	DB_5^*	0,122	0,253	0,381	0,589	0,621	0,642
DB_6^*	0,137	0,297	0,417	0,510	0,581	0,692	

*Bu çalışmada önerilen yeni uyum iyiliği test istatistikleridir.

$(-\infty, +\infty)$ aralığında simetrik olmayan Gumbel(0,1) dağılımı için güç değerleri Şekil 5.8'de verilmiştir.

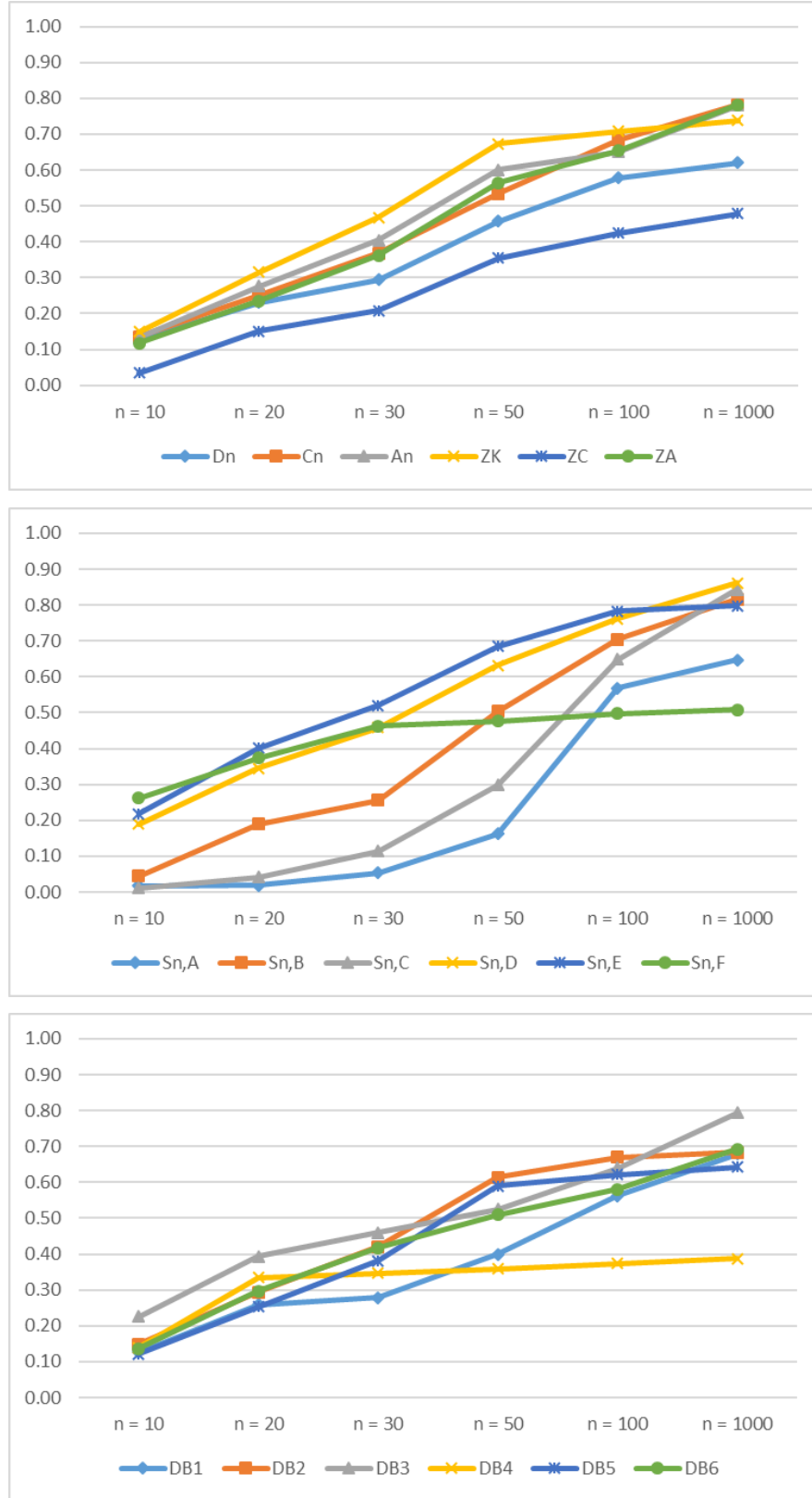


Şekil 5.8. Gumbel(0,1) dağılımı için uyum iyiliği testlerinin güç değerlerinin grafikleri

$(-\infty, +\infty)$ aralığında simetrik olmayan Gumbel(0,1) dağılımı için;

- $n = 10$ büyüklüğündeki örneklerde en yüksek güce sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri sırası ile $DB_2, DB_1, DB_3, S_{n,E}^0, S_{n,D}^0$ test istatistikleridir. En düşük güce sahip uyum iyiliği test istatistikleri ise sırası ile $S_{n,C}^1, S_{n,A}^1, S_{n,B}^1, Z_C, Z_K$ test istatistikleridir.
- $n = 20$ büyüklüğündeki örneklerde en yüksek güce sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri sırası ile $DB_2, S_{n,E}^0, DB_3, S_{n,D}^0, DB_1$ test istatistikleridir. En düşük güce sahip uyum iyiliği test istatistikleri ise sırası ile $S_{n,A}^1, S_{n,C}^1, S_{n,B}^1, Z_C, D_n$ test istatistikleridir.
- $n = 30$ büyüklüğündeki örneklerde en yüksek güce sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri sırası ile $S_{n,E}^0, DB_2, DB_3, S_{n,D}^0, DB_1$ test istatistikleridir. En düşük güce sahip uyum iyiliği test istatistikleri ise sırası ile $S_{n,A}^1, S_{n,C}^1, Z_C, DB_6, D_n$ test istatistikleridir.
- $n = 50$ büyüklüğündeki örneklerde en yüksek güce sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri sırası ile $S_{n,E}^0, DB_3, Z_A, DB_2, S_{n,D}^0$ test istatistikleridir. En düşük güce sahip uyum iyiliği test istatistikleri ise sırası ile $S_{n,A}^1, S_{n,C}^1, Z_C, DB_6, DB_5$ test istatistikleridir.
- $n = 100$ büyüklüğündeki örneklerde en yüksek güce sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri sırası ile $Z_A, S_{n,B}^1, DB_3, S_{n,E}^0, Z_K$ test istatistikleridir. En düşük güce sahip uyum iyiliği test istatistikleri ise sırası ile $S_{n,A}^1, Z_C, DB_6, S_{n,C}^1, DB_5$ test istatistikleridir.
- $n = 1000$ büyüklüğündeki örneklerde en yüksek güce sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri sırası ile $Z_A, DB_3, C_n, S_{n,B}^1, DB_4$ test istatistikleridir. En düşük güce sahip uyum iyiliği test istatistikleri ise sırası ile $S_{n,A}^1, S_{n,C}^1, Z_C, DB_6, S_{n,D}^0$ test istatistikleridir.
- Cressie-Read test istatistiği kullanılarak elde edilen yeni uyum iyiliği test istatistikleri ile olabilirlik oran test istatistiği kullanılarak elde edilen test istatistiklerinin, Pearson Ki-kare test istatistiği kullanılarak elde edilen test istatistiklerine göre güç değerlerinin daha yüksek olduğu söylenebilir.

$(-\infty, +\infty)$ aralığında simetrik olmayan Gumbel(0,2) dağılımı için güç değerleri Şekil 5.9'da verilmiştir.



Şekil 5.9. Gumbel(0,2) dağılımı için uyum iyiliği testlerinin güç değerlerinin grafikleri

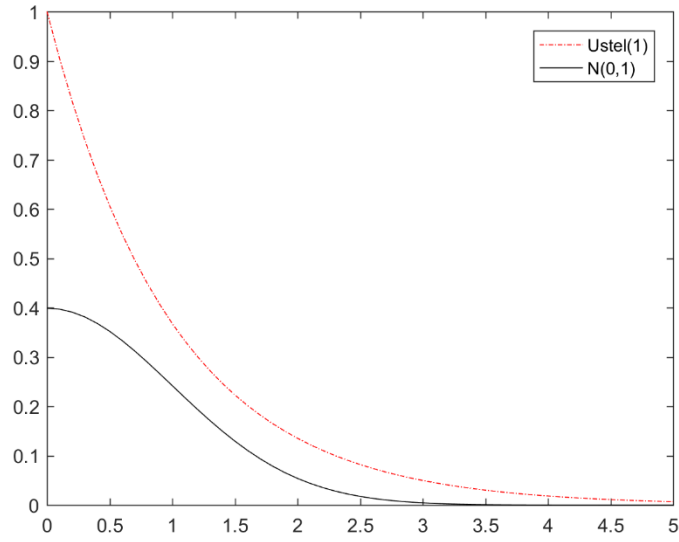
$(-\infty, +\infty)$ aralığında simetrik olmayan Gumbel(0,2) dağılımı için;

- $n = 10$ büyüklüğündeki örneklerde en yüksek güce sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri sırası ile $S_{n,F}^0, DB_3, S_{n,E}^0, S_{n,D}^0, Z_K$ test istatistikleridir. En düşük güce sahip uyum iyiliği test istatistikleri ise sırası ile $S_{n,C}^1, S_{n,A}^1, Z_C, S_{n,B}^1, Z_A$ test istatistikleridir.
- $n = 20$ büyüklüğündeki örneklerde en yüksek güce sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri sırası ile $S_{n,E}^0, DB_3, S_{n,F}^0, S_{n,D}^0, DB_4$ test istatistikleridir. En düşük güce sahip uyum iyiliği test istatistikleri ise sırası ile $S_{n,A}^1, S_{n,C}^1, Z_C, S_{n,B}^1, D_n$ test istatistikleridir.
- $n = 30$ büyüklüğündeki örneklerde en yüksek güce sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri sırası ile $S_{n,E}^0, Z_K, S_{n,F}^0, DB_3, S_{n,D}^0$ test istatistikleridir. En düşük güce sahip uyum iyiliği test istatistikleri ise sırası ile $S_{n,A}^1, S_{n,C}^1, Z_C, S_{n,B}^1, DB_1$ test istatistikleridir.
- $n = 50$ büyüklüğündeki örneklerde en yüksek güce sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri sırası ile $S_{n,E}^0, Z_K, S_{n,D}^0, DB_2, A_n$ test istatistikleridir. En düşük güce sahip uyum iyiliği test istatistikleri ise sırası ile $S_{n,A}^1, S_{n,C}^1, Z_C, DB_4, DB_1$ test istatistikleridir.
- $n = 100$ büyüklüğündeki örneklerde en yüksek güce sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri sırası ile $S_{n,E}^0, S_{n,D}^0, Z_K, S_{n,B}^1, C_n$ test istatistikleridir. En düşük güce sahip uyum iyiliği test istatistikleri ise sırası ile $DB_4, Z_C, S_{n,F}^0, DB_1, S_{n,A}^1$ test istatistikleridir.
- $n = 1000$ büyüklüğündeki örneklerde en yüksek güce sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri sırası ile $S_{n,D}^0, S_{n,C}^1, S_{n,B}^1, S_{n,E}^0, DB_3$ test istatistikleridir. En düşük güce sahip uyum iyiliği test istatistikleri ise sırası ile $DB_4, Z_C, S_{n,F}^0, D_n, DB_5$ test istatistikleridir.
- Cressie-Read test istatistiği kullanılarak elde edilen yeni uyum iyiliği test istatistikleri ile olabilirlik oran test istatistiği kullanılarak elde edilen test istatistiklerinin, Pearson Ki-kare test istatistiği kullanılarak elde edilen test istatistiklerine göre güç değerlerinin daha yüksek olduğu söylenebilir.

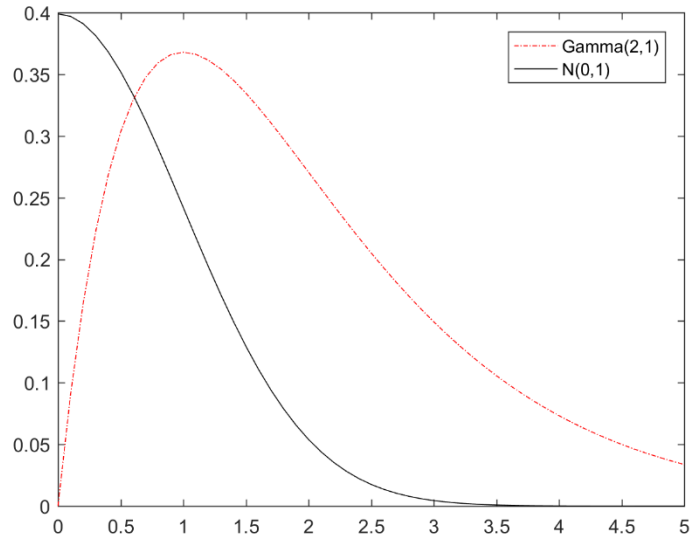
Grup 3: $(0, +\infty)$ aralığında yer alan dağılımlar:

Üstel(1), Gamma(2,1), Gamma($\frac{1}{2}$,1), Lognormal(0,1), Lognormal(0,2)

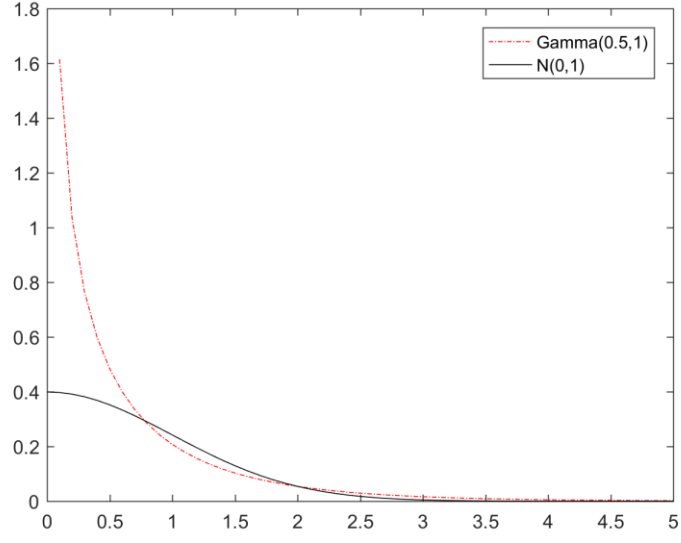
olarak ele alınmıştır. $(0, +\infty)$ aralığında yer alan dağılımlara ait grafikler Şekil 5.10-5.14'te verilmiştir.



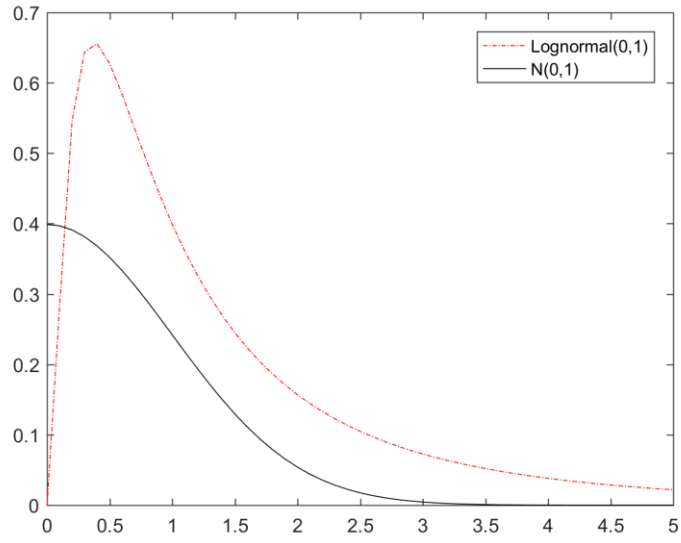
Şekil 5.10. $N(0,1)$ dağılımı ile Üstel(1) dağılımının grafiği



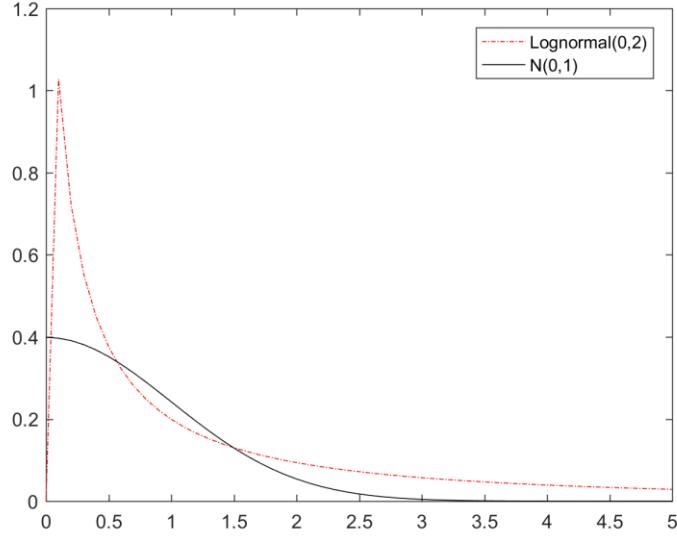
Şekil 5.11. $N(0,1)$ dağılımı ile Gamma(2,1) dağılımının grafiği



Şekil 5.12. $N(0,1)$ dağılımı ile $\text{Gamma}(1/2,1)$ dağılımının grafiği



Şekil 5.13. $N(0,1)$ dağılımı ile $\text{Lognormal}(0,1)$ dağılımının grafiği



Şekil 5.14. $N(0,1)$ dağılımı ile Lognormal(0,2) dağılımının grafiği

$(0, +\infty)$ aralığında yer alan seçenek dağılımlar söz konusu olduğunda, uyum iyiliği test istatistiklerinin güç değerleri Çizelge 5.4'te verilmiştir. Çizelge 5.4'te, en yüksek güç değerlerine sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri koyu yazılmıştır.

Çizelge 5.4. $(0, +\infty)$ aralığında yer alan dağılımlar için güç değerleri

		$n = 10$	$n = 20$	$n = 30$	$n = 50$	$n = 100$	$n = 1000$
Üstel(1)	D_n	0,303	0,576	0,785	0,957	0,967	0,984
	C_n	0,397	0,718	0,901	0,988	0,994	0,996
	A_n	0,424	0,773	0,938	0,996	0,997	0,999
	Z_K	0,342	0,794	0,968	0,999	1,000	1,000
	Z_C	0,206	0,278	0,347	0,469	0,624	0,678
	Z_A	0,362	0,738	0,970	0,998	1,000	1,000
	$S_{n,A}^1$	0,407	0,713	0,867	0,965	0,963	0,978
	$S_{n,B}^1$	0,442	0,795	0,950	0,998	1,000	1,000
	$S_{n,C}^1$	0,530	0,853	0,958	0,995	0,997	0,999
	$S_{n,D}^0$	0,503	0,616	0,794	0,917	0,999	1,000
	$S_{n,E}^0$	0,486	0,695	0,843	0,852	0,870	0,886
	$S_{n,F}^0$	0,362	0,378	0,436	0,587	0,672	0,784
	DB_1^*	0,638	0,794	0,869	0,934	0,994	1,000
	DB_2^*	0,743	0,959	0,976	1,000	1,000	1,000
	DB_3^*	0,835	0,951	0,968	0,989	1,000	1,000
	DB_4^*	0,780	0,863	0,905	1,000	1,000	1,000
	DB_5^*	0,601	0,718	0,761	0,821	0,889	0,917
DB_6^*	0,562	0,637	0,648	0,694	0,757	0,852	

*Bu çalışmada önerilen yeni uyum iyiliği test istatistikleridir.

Çizelge 5.4. $(0, +\infty)$ aralığında yer alan dağılımlar için güç değerleri (Devamı)

		$n = 10$	$n = 20$	$n = 30$	$n = 50$	$n = 100$	$n = 1000$
Gamma(2,1)	D_n	0,124	0,234	0,325	0,535	0,612	0,683
	C_n	0,142	0,293	0,408	0,665	0,704	0,782
	A_n	0,152	0,334	0,462	0,735	0,861	0,908
	Z_K	0,123	0,291	0,446	0,761	0,845	0,903
	Z_C	0,024	0,108	0,203	0,308	0,467	0,485
	Z_A	0,163	0,379	0,552	0,828	0,886	0,897
	$S_{n,A}^1$	0,194	0,336	0,452	0,641	0,741	0,786
	$S_{n,B}^1$	0,195	0,360	0,472	0,752	0,793	0,805
	$S_{n,C}^1$	0,248	0,466	0,607	0,795	0,806	0,852
	$S_{n,D}^0$	0,189	0,245	0,358	0,432	0,562	0,661
	$S_{n,E}^0$	0,218	0,401	0,520	0,685	0,683	0,694
	$S_{n,F}^0$	0,362	0,374	0,463	0,466	0,468	0,488
	DB_1^*	0,126	0,259	0,390	0,599	0,663	0,679
	DB_2^*	0,231	0,367	0,481	0,613	0,679	0,783
	DB_3^*	0,259	0,447	0,565	0,678	0,781	0,803
	DB_4^*	0,140	0,235	0,347	0,559	0,774	0,887
	DB_5^*	0,122	0,253	0,381	0,589	0,621	0,642
	DB_6^*	0,137	0,297	0,417	0,610	0,631	0,892
Gamma($\frac{1}{2}, 1$)	D_n	0,697	0,969	0,999	1,000	1,000	1,000
	C_n	0,817	0,991	1,000	1,000	1,000	1,000
	A_n	0,841	0,995	1,000	1,000	1,000	1,000
	Z_K	0,801	0,997	1,000	1,000	1,000	1,000
	Z_C	0,314	0,457	0,670	0,780	0,870	0,940
	Z_A	0,869	0,997	1,000	1,000	1,000	1,000
	$S_{n,A}^1$	0,780	0,977	0,999	1,000	1,000	1,000
	$S_{n,B}^1$	0,825	0,995	1,000	1,000	1,000	1,000
	$S_{n,C}^1$	0,880	0,996	1,000	1,000	1,000	1,000
	$S_{n,D}^0$	0,619	0,925	0,992	1,000	1,000	1,000
	$S_{n,E}^0$	0,561	0,845	0,955	1,000	1,000	1,000
	$S_{n,F}^0$	0,615	0,906	0,988	1,000	1,000	1,000
	DB_1^*	0,681	0,937	0,992	1,000	1,000	1,000
	DB_2^*	0,677	0,969	0,999	1,000	1,000	1,000
	DB_3^*	0,694	0,969	0,999	1,000	1,000	1,000
	DB_4^*	0,597	0,969	0,999	1,000	1,000	1,000
	DB_5^*	0,464	0,780	0,931	0,994	1,000	1,000
	DB_6^*	0,763	0,942	1,000	1,000	1,000	1,000

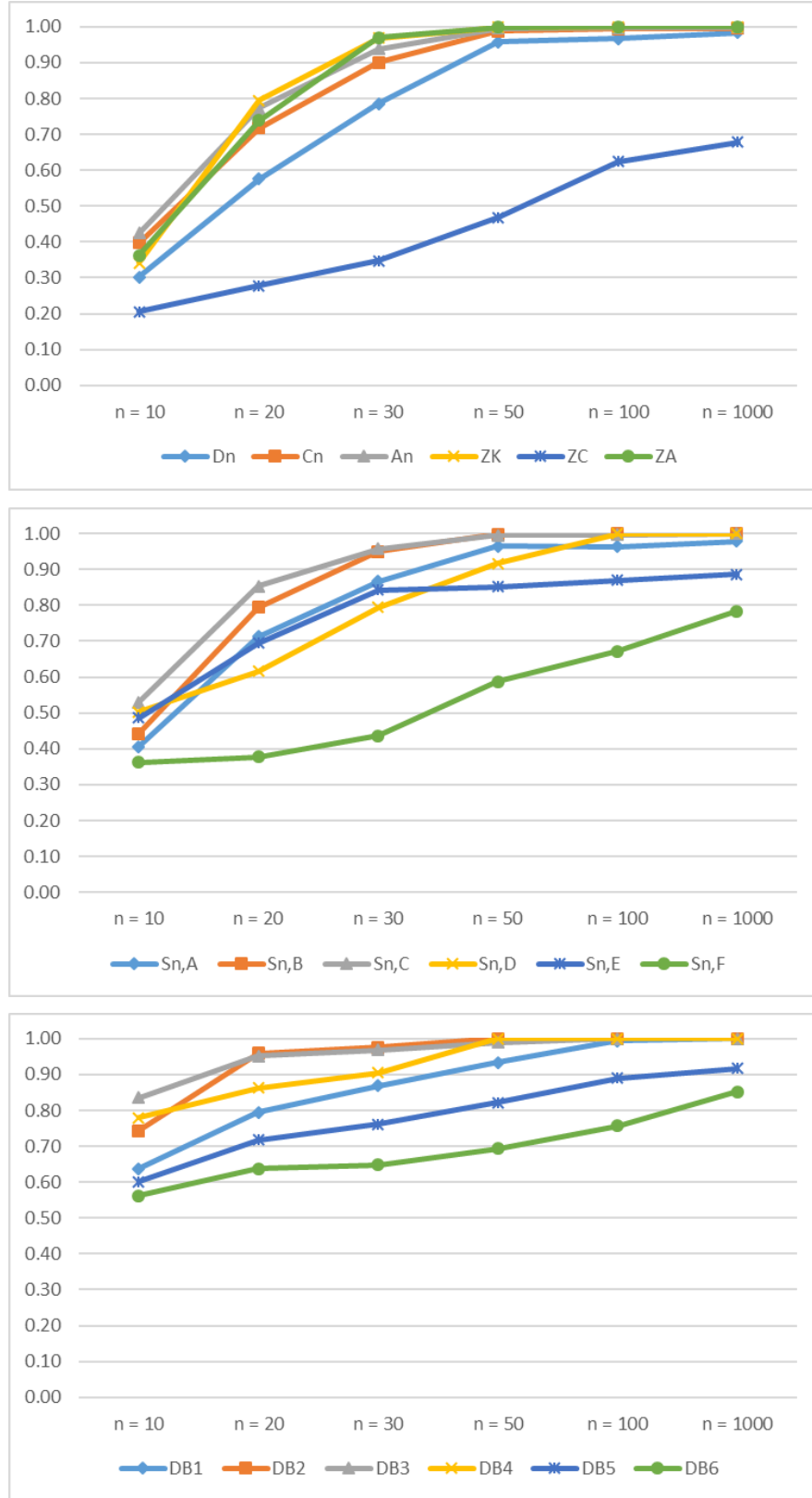
*Bu çalışmada önerilen yeni uyum iyiliği test istatistikleridir.

Çizelge 5.4. $(0, +\infty)$ aralığında yer alan dağılımlar için güç değerleri (Devamı)

		$n = 10$	$n = 20$	$n = 30$	$n = 50$	$n = 100$	$n = 1000$
Lognormal(0,1)	D_n	0,464	0,780	0,931	0,994	1,000	1,000
	C_n	0,564	0,878	0,974	0,999	1,000	1,000
	A_n	0,589	0,901	0,985	1,000	1,000	1,000
	Z_K	0,501	0,897	0,992	1,000	1,000	1,000
	Z_C	0,402	0,602	0,714	0,743	0,842	0,881
	Z_A	0,619	0,925	0,992	1,000	1,000	1,000
	$S_{n,A}^1$	0,561	0,845	0,955	0,996	1,000	1,000
	$S_{n,B}^1$	0,615	0,906	0,988	1,000	1,000	1,000
	$S_{n,C}^1$	0,681	0,937	0,992	1,000	1,000	1,000
	$S_{n,D}^0$	0,496	0,836	0,971	0,994	1,000	1,000
	$S_{n,E}^0$	0,342	0,451	0,520	0,685	0,683	0,694
	$S_{n,F}^0$	0,869	0,997	1,000	1,000	1,000	1,000
	DB_1^*	0,501	0,867	0,920	0,998	1,000	1,000
	DB_2^*	0,579	0,901	0,985	1,000	1,000	1,000
	DB_3^*	0,780	0,977	0,999	1,000	1,000	1,000
	DB_4^*	0,673	0,920	0,985	1,000	1,000	1,000
DB_5^*	0,511	0,870	0,992	0,998	1,000	1,000	
DB_6^*	0,542	0,668	0,769	0,841	0,865	0,974	
Lognormal(0,2)	D_n	0,820	0,910	0,975	0,998	0,999	0,999
	C_n	0,651	0,728	0,795	0,847	0,876	0,898
	A_n	0,894	0,998	0,999	1,000	1,000	1,000
	Z_K	0,871	0,969	0,978	0,989	0,998	0,999
	Z_C	0,678	0,745	0,847	0,897	0,914	0,947
	Z_A	0,918	0,979	0,999	1,000	1,000	1,000
	$S_{n,A}^1$	0,589	0,901	0,985	1,000	1,000	1,000
	$S_{n,B}^1$	0,904	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000
	$S_{n,C}^1$	0,936	0,998	1,000	1,000	1,000	1,000
	$S_{n,D}^0$	0,789	0,945	1,000	1,000	1,000	1,000
	$S_{n,E}^0$	0,295	0,360	0,472	0,752	0,893	0,987
	$S_{n,F}^0$	0,248	0,466	0,607	0,795	0,906	0,991
	DB_1^*	0,819	0,947	0,996	0,998	0,999	1,000
	DB_2^*	0,780	0,898	0,999	1,000	1,000	1,000
	DB_3^*	0,869	0,996	0,998	1,000	1,000	1,000
	DB_4^*	0,709	0,997	1,000	1,000	1,000	1,000
DB_5^*	0,569	0,637	0,739	0,973	0,999	1,000	
DB_6^*	0,768	0,899	0,972	0,998	1,000	1,000	

*Bu çalışmada önerilen yeni uyum iyiliği test istatistikleridir.

$(0, +\infty)$ aralığında yer alan Üstel(1) dağılımı için güç değerleri Şekil 5.15'te verilmiştir.

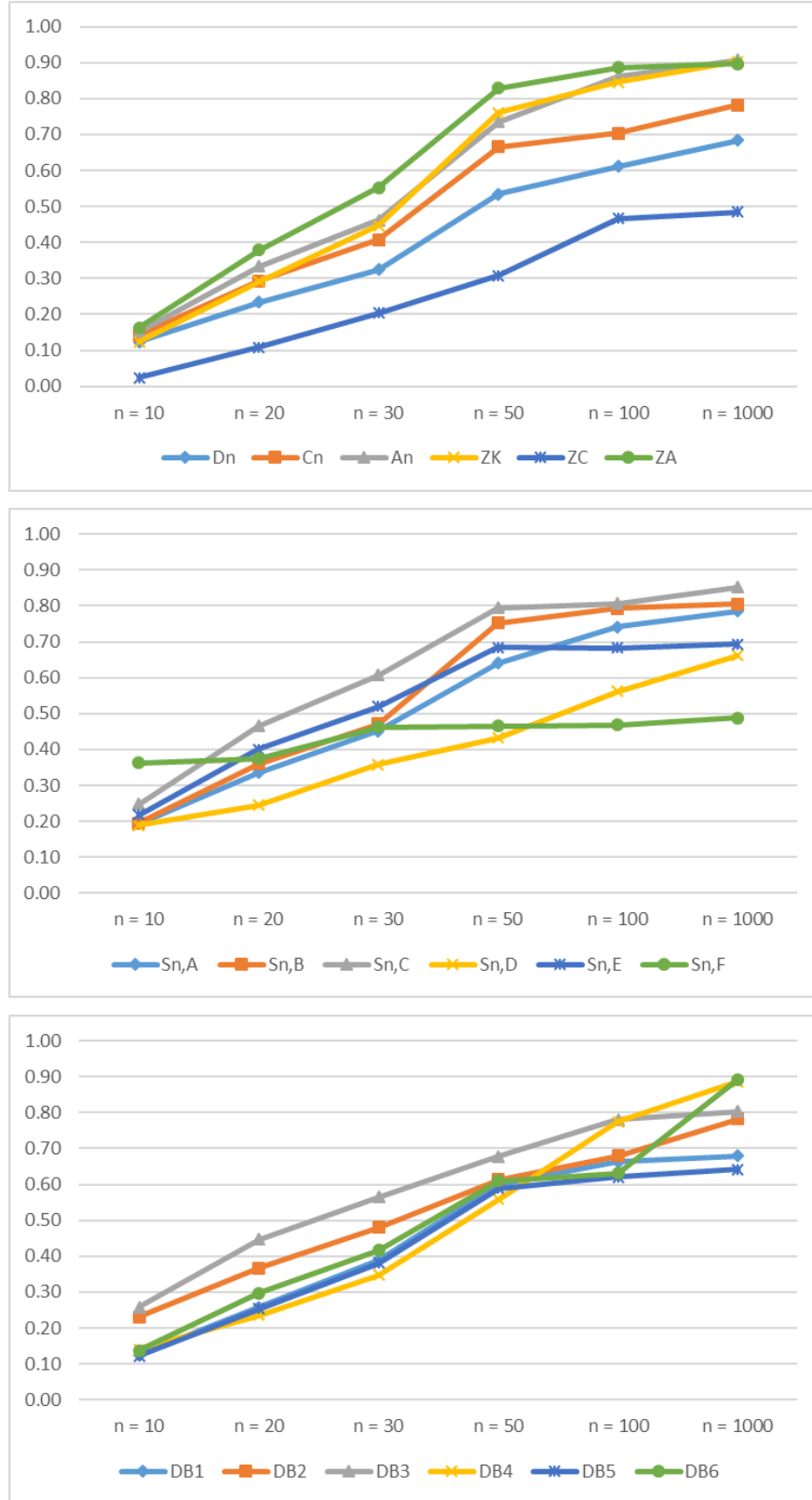


Şekil 5.15. Üstel(1) dağılımı için uyum iyiliği testlerinin güç değerlerinin grafikleri

(0, +∞) aralığında yer alan Üstel(1) dağılımı için;

- $n = 10$ büyüklüğündeki örneklerde en yüksek güce sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri sırası ile $DB_3, DB_4, DB_2, DB_1, DB_5$ test istatistikleridir. En düşük güce sahip uyum iyiliği test istatistikleri ise sırası ile $Z_C, D_n, Z_K, S_{n,F}^0, Z_A$ test istatistikleridir.
- $n = 20$ büyüklüğündeki örneklerde en yüksek güce sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri sırası ile $DB_2, DB_3, DB_4, S_{n,C}^1, S_{n,B}^1$ test istatistikleridir. En düşük güce sahip uyum iyiliği test istatistikleri ise sırası ile $Z_C, S_{n,F}^0, D_n, S_{n,D}^0, DB_6$ test istatistikleridir.
- $n = 30$ büyüklüğündeki örneklerde en yüksek güce sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri sırası ile $DB_2, Z_A, DB_3, Z_K, S_{n,C}^1$ test istatistikleridir. En düşük güce sahip uyum iyiliği test istatistikleri ise sırası ile $Z_C, S_{n,F}^0, DB_6, DB_5, D_n$ test istatistikleridir.
- $n = 50$ büyüklüğündeki örneklerde en yüksek güce sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri $DB_2, DB_3, DB_4, Z_K, S_{n,B}^1, Z_A$ test istatistikleridir. En düşük güce sahip uyum iyiliği test istatistikleri ise sırası ile $Z_C, S_{n,F}^0, DB_6, DB_5, S_{n,E}^0$ test istatistikleridir.
- $n = 100$ büyüklüğündeki örneklerde en yüksek güce sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri $DB_2, DB_3, DB_4, Z_K, S_{n,B}^1, Z_A$ test istatistikleridir. En düşük güce sahip uyum iyiliği test istatistikleri ise sırası ile $Z_C, S_{n,F}^0, DB_6, DB_5, S_{n,E}^0$ test istatistikleridir.
- $n = 1000$ büyüklüğündeki örneklerde tüm test istatistiklerinin güç değerleri yüksektir. En yüksek güce sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri $DB_1, DB_2, DB_3, DB_4, Z_A, Z_K, S_{n,B}^1, S_{n,D}^0$ test istatistikleridir.
- Cressie-Read test istatistiği kullanılarak elde edilen yeni uyum iyiliği test istatistikleri ile olabilirlik oran test istatistiği kullanılarak elde edilen test istatistiklerinin, Pearson Ki-kare test istatistiği kullanılarak elde edilen test istatistiklerine göre güç değerlerinin daha yüksek olduğu söylenebilir.

(0, +∞) aralığında yer alan Gamma(2,1) dağılımı için güç değerleri Şekil 5.16'da verilmiştir.

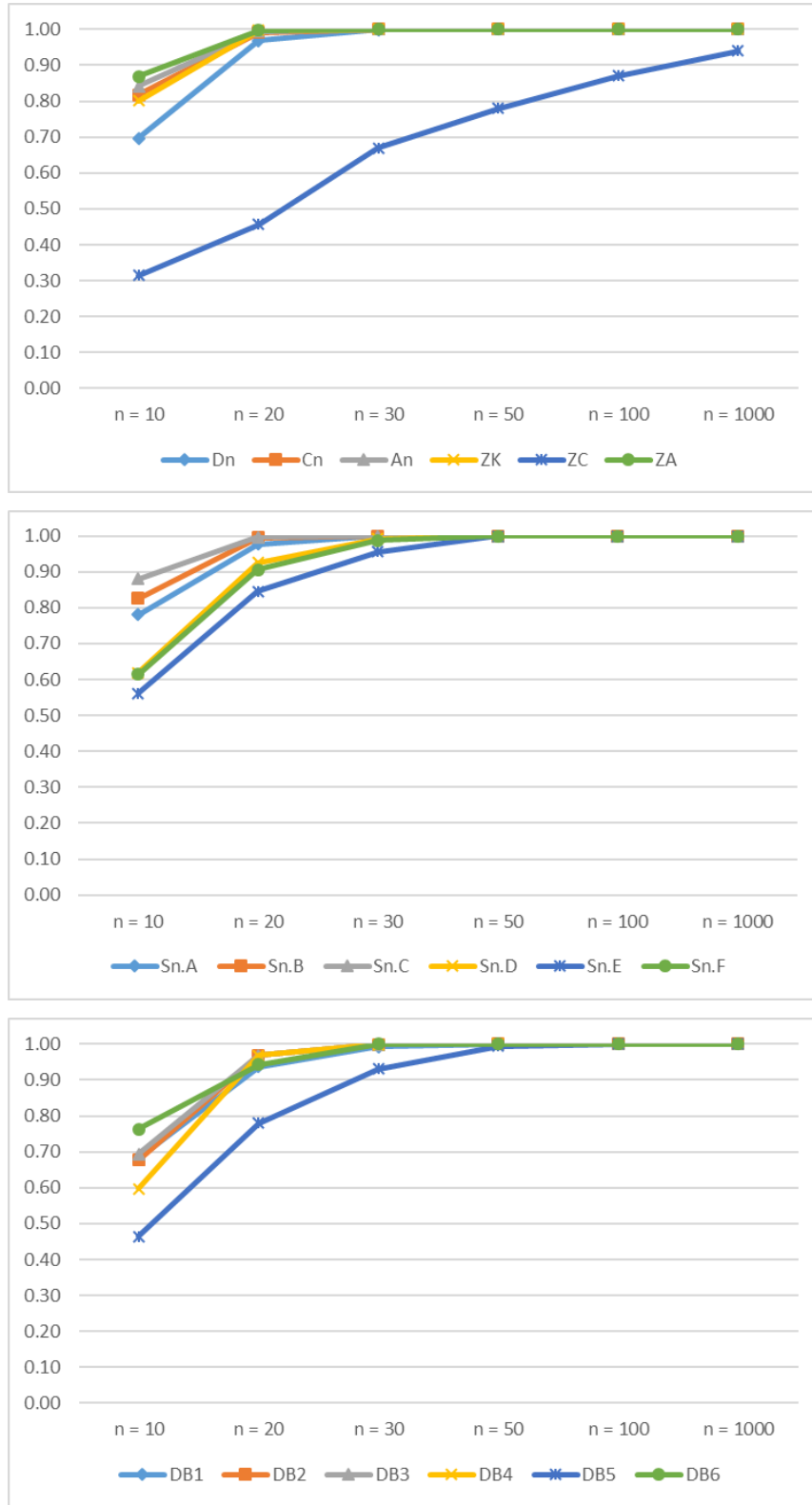


Şekil 5.16. Gamma(2,1) dağılımı için uyum iyiliği testlerinin güç değerlerinin grafikleri

(0, +∞) aralığında yer alan Gamma(2,1) dağılımı için;

- $n = 10$ büyüklüğündeki örneklerde en yüksek güce sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri sırası ile $S_{n,F}^0, DB_3, S_{n,C}^1, DB_2, S_{n,E}^0$ test istatistikleridir. En düşük güce sahip uyum iyiliği test istatistikleri ise sırası ile $Z_C, DB_5, Z_K, D_n, DB_1$ test istatistikleridir.
- $n = 20$ büyüklüğündeki örneklerde en yüksek güce sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri sırası ile $S_{n,C}^1, DB_3, S_{n,E}^0, Z_A, S_{n,F}^0$ test istatistikleridir. En düşük güce sahip uyum iyiliği test istatistikleri ise sırası ile $Z_C, D_n, DB_4, S_{n,D}^0, DB_5$ test istatistikleridir.
- $n = 30$ büyüklüğündeki örneklerde en yüksek güce sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri sırası ile $S_{n,C}^1, DB_3, Z_A, S_{n,E}^0, DB_2$ test istatistikleridir. En düşük güce sahip uyum iyiliği test istatistikleri ise sırası ile $Z_C, D_n, DB_4, S_{n,D}^0, DB_5$ test istatistikleridir.
- $n = 50$ büyüklüğündeki örneklerde en yüksek güce sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri sırası ile $Z_A, S_{n,C}^1, Z_K, S_{n,B}^1, A_n$ test istatistikleridir. En düşük güce sahip uyum iyiliği test istatistikleri ise sırası ile $Z_C, S_{n,D}^0, S_{n,F}^0, D_n, DB_4$ test istatistikleridir.
- $n = 100$ büyüklüğündeki örneklerde en yüksek güce sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri sırası ile $Z_A, A_n, Z_K, S_{n,C}^1, S_{n,B}^1$ test istatistikleridir. En düşük güce sahip uyum iyiliği test istatistikleri ise sırası ile $Z_C, S_{n,F}^0, S_{n,D}^0, D_n, DB_5$ test istatistikleridir.
- $n = 1000$ büyüklüğündeki örneklerde en yüksek güce sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri sırası ile $A_n, Z_K, Z_A, DB_6, DB_4$ test istatistikleridir. En düşük güce sahip uyum iyiliği test istatistikleri ise sırası ile $Z_C, S_{n,F}^0, DB_5, S_{n,D}^0, DB_1$ test istatistikleridir.
- Cressie-Read test istatistiği kullanılarak elde edilen yeni uyum iyiliği test istatistikleri ile olabilirlik oran test istatistiği kullanılarak elde edilen test istatistiklerinin, Pearson Ki-kare test istatistiği kullanılarak elde edilen test istatistiklerine göre güç değerlerinin daha yüksek olduğu söylenebilir.

(0, +∞) aralığında yer alan $\text{Gamma}(\frac{1}{2}, 1)$ dağılımı için güç değerleri Şekil 5.17'de verilmiştir.

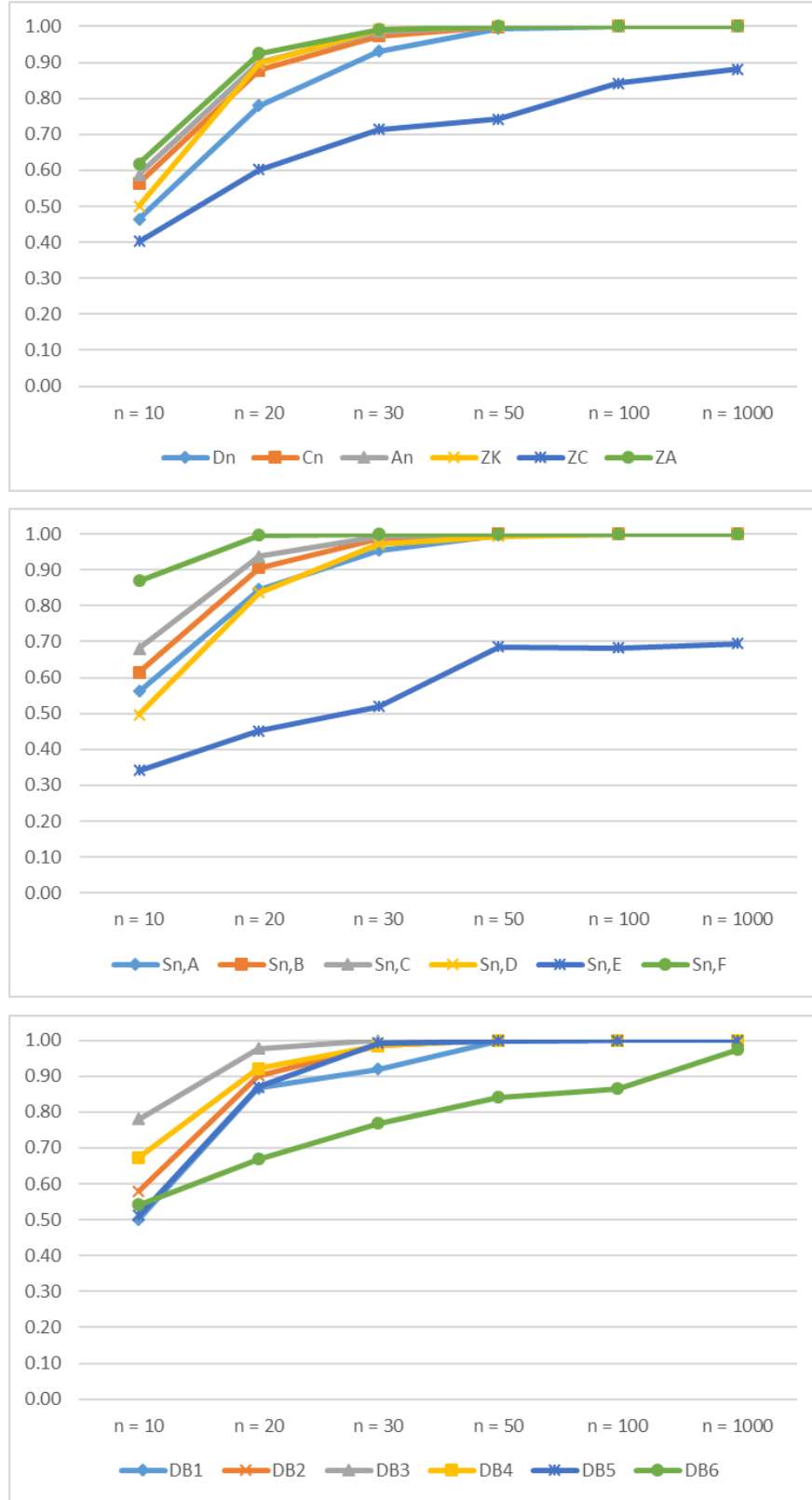


Şekil 5.17. $\text{Gamma}(\frac{1}{2}, 1)$ dağılımı için uyum iyiliği testlerinin güç değerlerinin grafikleri

$(0, +\infty)$ aralığında yer alan $\text{Gamma}(\frac{1}{2}, 1)$ dağılımı için;

- $n = 10$ büyüklüğündeki örneklerde en yüksek güce sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri sırası ile $S_{n,C}^1, Z_A, A_n, S_{n,B}^1, C_n$ test istatistikleridir. En düşük güce sahip uyum iyiliği test istatistikleri ise sırası ile $Z_C, DB_5, S_{n,E}^0, DB_4, S_{n,F}^0$ test istatistikleridir.
- $n = 20$ büyüklüğündeki örneklerde en yüksek güce sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri sırası ile $Z_A, Z_K, S_{n,C}^1, A_n, S_{n,B}^1$ test istatistikleridir. En düşük güce sahip uyum iyiliği test istatistikleri ise sırası ile $Z_C, DB_5, S_{n,E}^0, S_{n,F}^0, S_{n,D}^0$ test istatistikleridir.
- $n = 30$ büyüklüğündeki örneklerde en yüksek güce sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri $Z_A, Z_K, S_{n,C}^1, A_n, S_{n,B}^1, C_n, DB_6$ test istatistikleridir. En düşük güce sahip uyum iyiliği test istatistiği ise Z_C test istatistiğidir.
- $n = 50$ büyüklüğündeki örneklerde Z_C test istatistiği dışındaki tüm test istatistiklerinin güç değerleri yüksektir.
- $n = 100$ büyüklüğündeki örneklerde tüm test istatistiklerinin güç değerleri yüksektir.
- $n = 1000$ büyüklüğündeki örneklerde tüm test istatistiklerinin güç değerleri yüksektir.
- Cressie-Read test istatistiği kullanılarak elde edilen yeni uyum iyiliği test istatistikleri ile olabilirlik oran test istatistiği kullanılarak elde edilen test istatistiklerinin, Pearson Ki-kare test istatistiği kullanılarak elde edilen test istatistiklerine göre güç değerlerinin daha yüksek olduğu söylenebilir.

$(0, +\infty)$ aralığında yer alan Lognormal(0,1) dağılımı için güç değerleri Şekil 5.18’de verilmiştir.

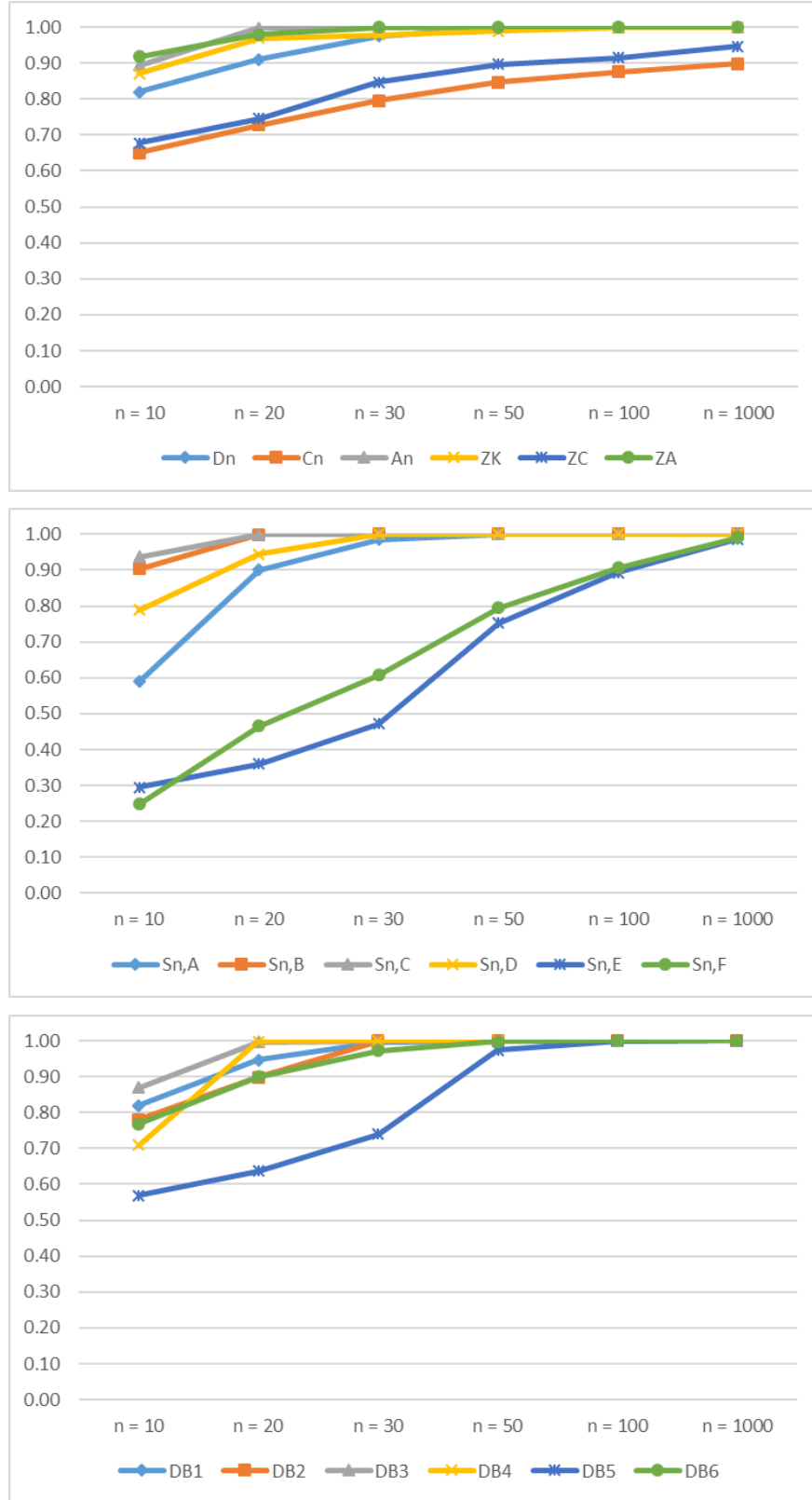


Şekil 5.18. Lognormal(0,1) dağılımı için uyum iyiliği testlerinin güç değerlerinin grafikleri

(0, +∞) aralığında yer alan Lognormal(0,1) dağılımı için;

- $n = 10$ büyüklüğündeki örneklerde en yüksek güce sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri sırası ile $S_{n,F}^0, DB_3, S_{n,C}^1, DB_4, Z_A$ test istatistikleridir. En düşük güce sahip uyum iyiliği test istatistikleri ise sırası ile $S_{n,E}^0, Z_C, D_n, S_{n,D}^0, DB_1, Z_K$ test istatistikleridir.
- $n = 20$ büyüklüğündeki örneklerde en yüksek güce sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri sırası ile $S_{n,F}^0, DB_3, S_{n,C}^1, Z_A, DB_4$ test istatistikleridir. En düşük güce sahip uyum iyiliği test istatistikleri ise sırası ile $S_{n,E}^0, Z_C, DB_6, D_n, S_{n,D}^0$ test istatistikleridir.
- $n = 30$ büyüklüğündeki örneklerde en yüksek güce sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri sırası ile $S_{n,F}^0, DB_3, S_{n,C}^1, Z_A, Z_K, DB_5$ test istatistikleridir. En düşük güce sahip uyum iyiliği test istatistikleri ise sırası ile $S_{n,E}^0, Z_C, DB_6$ test istatistikleridir.
- $n = 50$ büyüklüğündeki örneklerde en yüksek güce sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri $S_{n,F}^0, DB_3, S_{n,C}^1, Z_A, Z_K, DB_5, S_{n,B}^1, DB_4, A_n, DB_2$ test istatistikleridir. En düşük güce sahip uyum iyiliği test istatistikleri ise sırası ile $S_{n,E}^0, Z_C, DB_6$ test istatistikleridir.
- $n = 100$ büyüklüğündeki örneklerde $S_{n,E}^0, Z_C, DB_6$ test istatistikleri dışındaki tüm test istatistiklerinin güç değerleri yüksektir.
- $n = 1000$ büyüklüğündeki örneklerde $S_{n,E}^0, Z_C$ test istatistikleri dışındaki tüm test istatistiklerinin güç değerleri yüksektir.
- Cressie-Read test istatistiği kullanılarak elde edilen yeni uyum iyiliği test istatistikleri ile olabilirlik oran test istatistiği kullanılarak elde edilen test istatistiklerinin, Pearson Ki-kare test istatistiği kullanılarak elde edilen test istatistiklerine göre güç değerlerinin daha yüksek olduğu söylenebilir.

(0, +∞) aralığında yer alan Lognormal(0,2) dağılımı için güç değerleri Şekil 5.19'da verilmiştir.



Şekil 5.19. Lognormal(0,2) dağılımı için uyum iyiliği testlerinin güç değerlerinin grafikleri

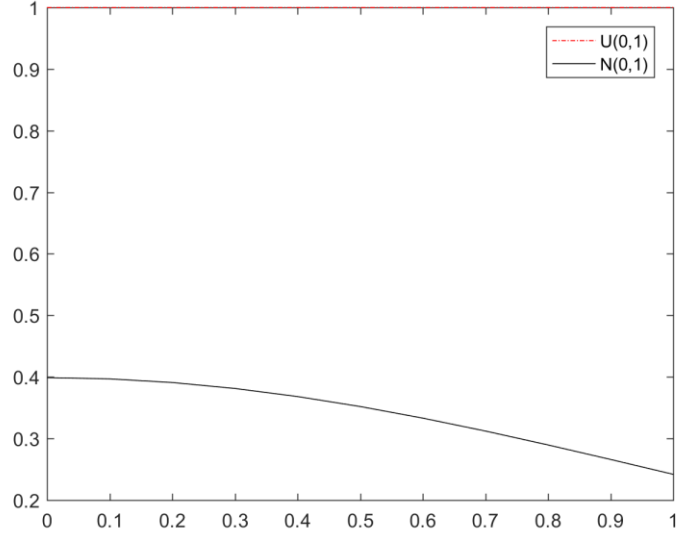
(0, +∞) aralığında yer alan Lognormal(0,2) dağılımı için;

- $n = 10$ büyüklüğündeki örneklerde en yüksek güce sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri sırası ile $S_{n,C}^1, Z_A, S_{n,B}^1, A_n, Z_K$ test istatistikleridir. En düşük güce sahip uyum iyiliği test istatistikleri ise sırası ile $S_{n,E}^0, S_{n,F}^0, DB_5, S_{n,A}^1, C_n$ test istatistikleridir.
- $n = 20$ büyüklüğündeki örneklerde en yüksek güce sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri sırası ile $S_{n,B}^1, S_{n,C}^1, A_n, DB_4, DB_3$ test istatistikleridir. En düşük güce sahip uyum iyiliği test istatistikleri ise sırası ile $S_{n,E}^0, S_{n,F}^0, DB_5, C_n, Z_C$ test istatistikleridir.
- $n = 30$ büyüklüğündeki örneklerde en yüksek güce sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri $S_{n,B}^1, S_{n,C}^1, DB_4, S_{n,D}^0, A_n, Z_A, DB_2$ test istatistikleridir. En düşük güce sahip uyum iyiliği test istatistikleri ise sırası ile $S_{n,E}^0, S_{n,F}^0, DB_5, C_n, Z_C$ test istatistikleridir.
- $n = 50$ büyüklüğündeki örneklerde en yüksek güce sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri $S_{n,B}^1, S_{n,C}^1, DB_4, S_{n,D}^0, A_n, Z_A, DB_2, DB_3, S_{n,A}^1$ test istatistikleridir. En düşük güce sahip uyum iyiliği test istatistikleri ise sırası ile $S_{n,E}^0, S_{n,F}^0, C_n, Z_C, DB_5$ test istatistikleridir.
- $n = 100$ büyüklüğündeki örneklerde en yüksek güce sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri $S_{n,B}^1, S_{n,C}^1, DB_4, S_{n,D}^0, A_n, Z_A, DB_2, DB_3, S_{n,A}^1, DB_6$ test istatistikleridir. En düşük güce sahip uyum iyiliği test istatistiği ise C_n test istatistiğidir.
- $n = 1000$ büyüklüğündeki örneklerde tüm uyum iyiliği test istatistiklerinin güç değerleri yüksektir.
- Cressie-Read test istatistiği kullanılarak elde edilen yeni uyum iyiliği test istatistikleri ile olabilirlik oran test istatistiği kullanılarak elde edilen test istatistiklerinin, Pearson Ki-kare test istatistiği kullanılarak elde edilen test istatistiklerine göre güç değerlerinin daha yüksek olduğu söylenebilir.

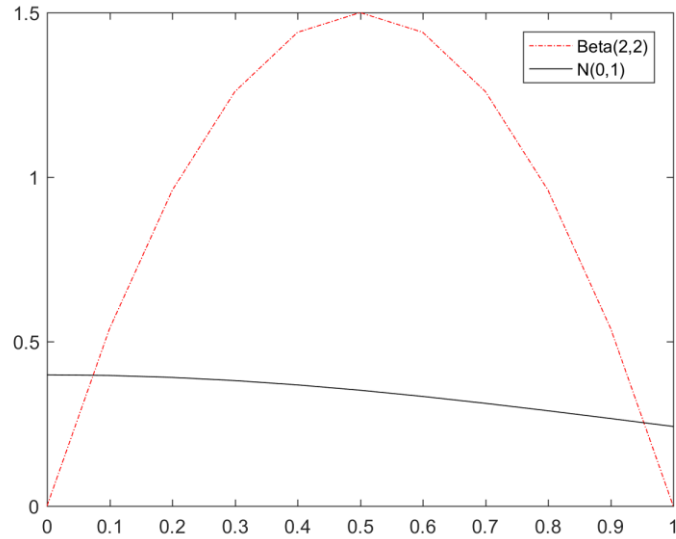
Grup 4: (0,1) aralığındaki dağılımlar:

Uniform(0,1), Beta(2,2)

olarak ele alınmıştır. (0,1) aralığında yer alan dağılımlara ait grafikler Şekil 5.20-21'de verilmiştir.



Şekil 5.20. N(0,1) dağılımı ile Uniform (0,1) dağılımının grafiği



Şekil 5.21. N(0,1) dağılımı ile Beta(2,2) dağılımının grafiği

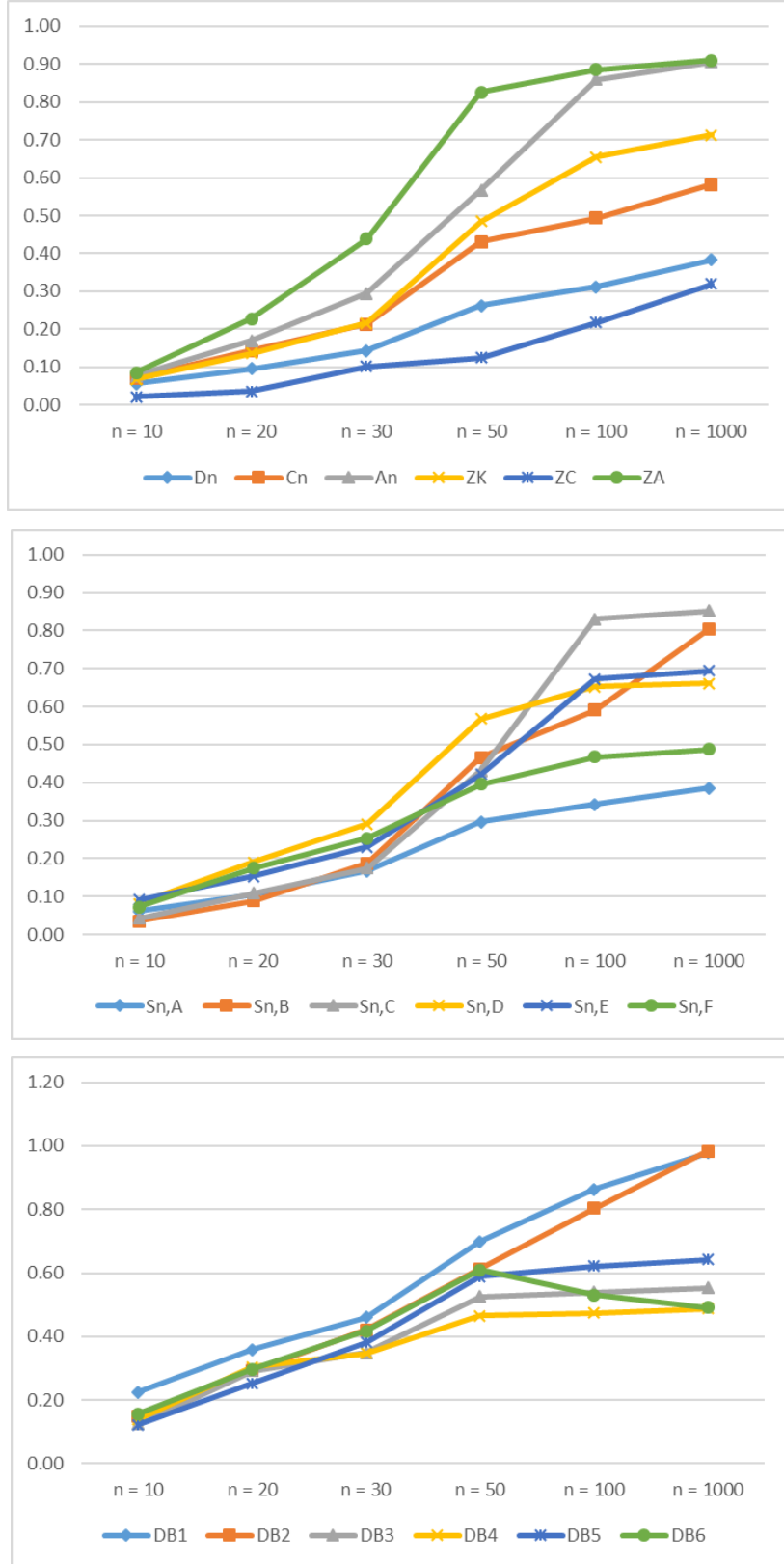
(0,1) aralığında yer alan seçenek dağılımlar söz konusu olduğunda, Z_C test istatistiği dışındaki tüm test istatistiklerinin örneklem büyüklüğü arttıkça güçlerinin az da olsa arttığı Çizelge 5.5'te görülmektedir. Çizelge 5.5'te, en yüksek güç değerine sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri koyu yazılmıştır.

Çizelge 5.5. (0,1) aralığında yer alan dağılımlar için güç değerleri

		$n = 10$	$n = 20$	$n = 30$	$n = 50$	$n = 100$	$n = 1000$
Uniform (0,1)	D_n	0,057	0,096	0,143	0,263	0,312	0,383
	C_n	0,071	0,144	0,213	0,431	0,494	0,582
	A_n	0,076	0,170	0,295	0,567	0,859	0,906
	Z_K	0,068	0,136	0,216	0,485	0,655	0,713
	Z_C	0,022	0,036	0,102	0,124	0,218	0,319
	Z_A	0,086	0,228	0,438	0,826	0,886	0,910
	$S_{n,A}^1$	0,061	0,104	0,168	0,297	0,342	0,386
	$S_{n,B}^1$	0,035	0,089	0,188	0,466	0,591	0,805
	$S_{n,C}^1$	0,043	0,108	0,175	0,432	0,831	0,852
	$S_{n,D}^0$	0,081	0,191	0,291	0,567	0,652	0,661
	$S_{n,E}^0$	0,091	0,153	0,231	0,421	0,673	0,694
	$S_{n,F}^0$	0,072	0,174	0,253	0,396	0,468	0,488
	DB_1^*	0,226	0,359	0,460	0,699	0,863	0,979
	DB_2^*	0,148	0,293	0,421	0,613	0,803	0,983
	DB_3^*	0,125	0,293	0,349	0,525	0,539	0,553
	DB_4^*	0,140	0,305	0,347	0,465	0,474	0,487
	DB_5^*	0,122	0,253	0,381	0,589	0,621	0,642
	DB_6^*	0,157	0,297	0,417	0,610	0,531	0,492
Beta(2,2)	D_n	0,040	0,147	0,259	0,477	0,608	0,687
	C_n	0,032	0,106	0,171	0,312	0,443	0,590
	A_n	0,071	0,188	0,296	0,533	0,741	0,858
	Z_K	0,043	0,109	0,206	0,384	0,543	0,649
	Z_C	0,045	0,098	0,145	0,189	0,345	0,536
	Z_A	0,108	0,251	0,383	0,578	0,778	0,897
	$S_{n,A}^1$	0,047	0,107	0,171	0,283	0,347	0,457
	$S_{n,B}^1$	0,023	0,030	0,040	0,095	0,123	0,130
	$S_{n,C}^1$	0,040	0,050	0,067	0,097	0,140	0,165
	$S_{n,D}^0$	0,106	0,258	0,380	0,427	0,546	0,758
	$S_{n,E}^0$	0,091	0,164	0,280	0,391	0,448	0,494
	$S_{n,F}^0$	0,097	0,197	0,329	0,407	0,531	0,707
	DB_1^*	0,193	0,260	0,391	0,612	0,794	0,917
	DB_2^*	0,167	0,218	0,299	0,563	0,736	0,868
	DB_3^*	0,043	0,109	0,160	0,284	0,443	0,549
	DB_4^*	0,045	0,104	0,123	0,208	0,345	0,520
	DB_5^*	0,038	0,051	0,083	0,178	0,238	0,251
	DB_6^*	0,087	0,157	0,271	0,483	0,647	0,757

*Bu çalışmada önerilen yeni uyum iyiliği test istatistikleridir.

(0,1) aralığında yer alan Uniform(0,1) dağılımı için güç değerleri Şekil 5.22'de verilmiştir.

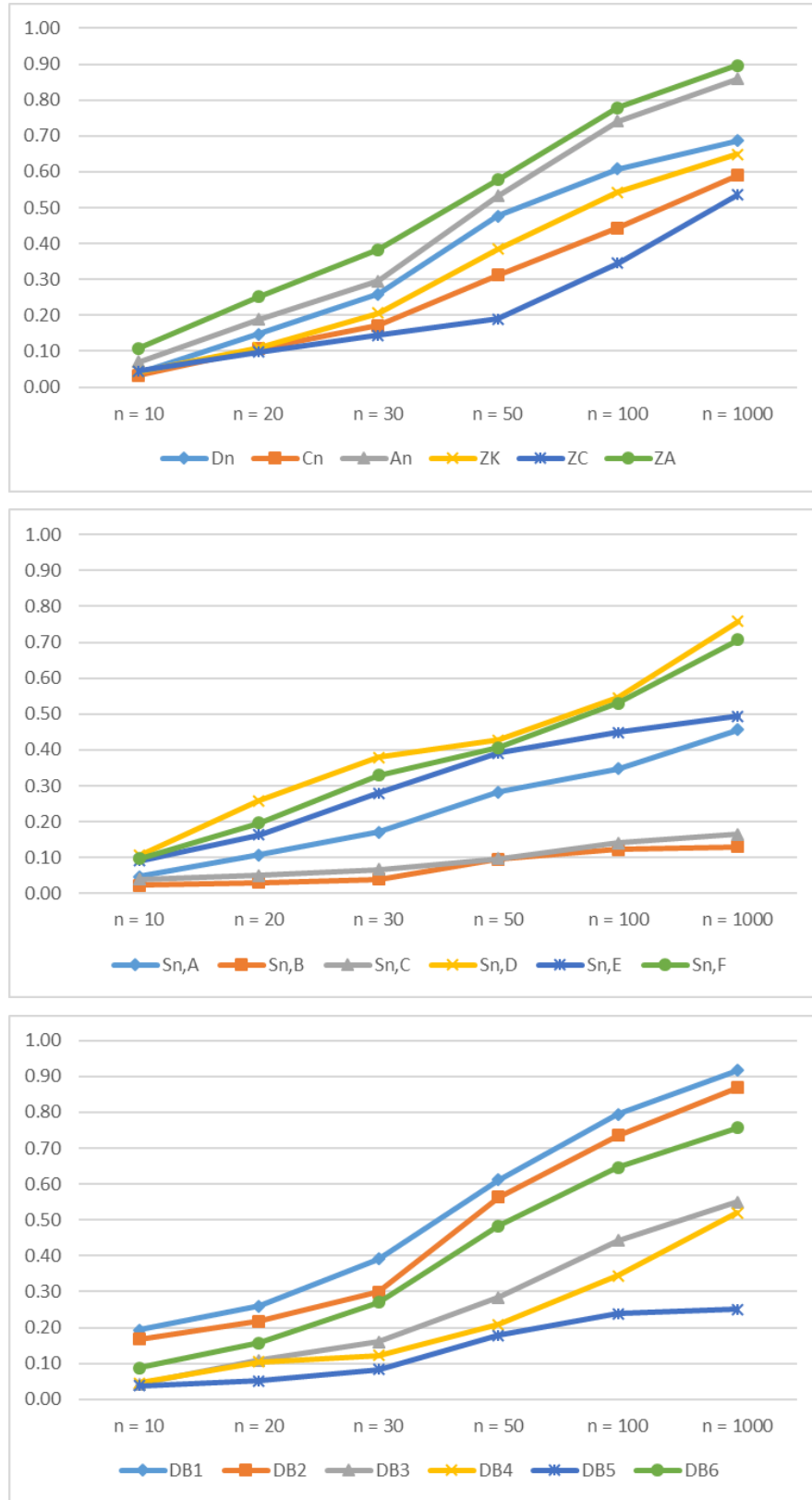


Şekil 5.22. Uniform(0,1) dağılımı için uyum iyiliği testlerinin güç değerlerinin grafikleri

(0,1) aralığında yer alan Uniform(0,1) dağılımı için;

- $n = 10$ büyüklüğündeki örneklerde en yüksek güce sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri sırası ile $DB_1, DB_6, DB_2, DB_4, DB_3$ test istatistikleridir. En düşük güce sahip uyum iyiliği test istatistikleri ise sırası ile $Z_C, S_{n,B}^1, S_{n,C}^1, D_n, S_{n,A}^1$ test istatistikleridir.
- $n = 20$ büyüklüğündeki örneklerde en yüksek güce sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri sırası ile $DB_1, DB_4, DB_6, DB_2, DB_3$ test istatistikleridir. En düşük güce sahip uyum iyiliği test istatistikleri ise sırası ile $Z_C, S_{n,B}^1, D_n, S_{n,A}^1, S_{n,C}^1$ test istatistikleridir.
- $n = 30$ büyüklüğündeki örneklerde en yüksek güce sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri sırası ile $DB_1, Z_A, DB_2, DB_6, DB_5$ test istatistikleridir. En düşük güce sahip uyum iyiliği test istatistikleri ise sırası ile $Z_C, D_n, S_{n,A}^1, S_{n,C}^1, S_{n,B}^1$ test istatistikleridir.
- $n = 50$ büyüklüğündeki örneklerde en yüksek güce sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri sırası ile $Z_A, DB_1, DB_2, DB_6, DB_5$ test istatistikleridir. En düşük güce sahip uyum iyiliği test istatistikleri ise sırası ile $Z_C, D_n, S_{n,A}^1, S_{n,F}^0, S_{n,E}^0$ test istatistikleridir.
- $n = 100$ büyüklüğündeki örneklerde en yüksek güce sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri sırası ile $Z_A, DB_1, A_n, S_{n,C}^1, DB_2$ test istatistikleridir. En düşük güce sahip uyum iyiliği test istatistikleri ise sırası ile $Z_C, D_n, S_{n,A}^1, S_{n,F}^0, DB_4$ test istatistikleridir.
- $n = 1000$ büyüklüğündeki örneklerde en yüksek güce sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri sırası ile $DB_2, DB_1, Z_A, A_n, S_{n,C}^1$ test istatistikleridir. En düşük güce sahip uyum iyiliği test istatistikleri ise sırası ile $Z_C, D_n, S_{n,A}^1, DB_4, S_{n,F}^0$ test istatistikleridir.
- Cressie-Read test istatistiği kullanılarak elde edilen yeni uyum iyiliği test istatistikleri ile olabirlik oran test istatistiği kullanılarak elde edilen test istatistiklerinin, Pearson Ki-kare test istatistiği kullanılarak elde edilen test istatistiklerine göre güç değerlerinin daha yüksek olduğu söylenebilir.

(0,1) aralığında yer alan Beta(2,2) dağılımı için güç değerleri Şekil 5.23'te verilmiştir.



Şekil 5.23. Beta(2,2) dağılımı için uyum iyiliği testlerinin güç değerlerinin grafikleri

(0,1) aralığında yer alan Beta(2,2) dağılımı için;

- $n = 10$ büyüklüğündeki örneklerde en yüksek güce sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri sırası ile $DB_1, DB_2, Z_A, S_{n,D}^0, S_{n,F}^0$ test istatistikleridir. En düşük güce sahip uyum iyiliği test istatistikleri ise sırası ile $S_{n,B}^1, C_n, DB_5, S_{n,C}^1, D_n$ test istatistikleridir.
- $n = 20$ büyüklüğündeki örneklerde en yüksek güce sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri sırası ile $DB_1, S_{n,D}^0, Z_A, DB_2, S_{n,F}^0$ test istatistikleridir. En düşük güce sahip uyum iyiliği test istatistikleri ise sırası ile $S_{n,B}^1, S_{n,C}^1, DB_5, Z_C, DB_4$ test istatistikleridir.
- $n = 30$ büyüklüğündeki örneklerde en yüksek güce sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri sırası ile $DB_1, Z_A, S_{n,D}^0, S_{n,F}^0, DB_2$ test istatistikleridir. En düşük güce sahip uyum iyiliği test istatistikleri ise sırası ile $S_{n,B}^1, S_{n,C}^1, DB_5, DB_4, Z_C$ test istatistikleridir.
- $n = 50$ büyüklüğündeki örneklerde en yüksek güce sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri sırası ile $DB_1, Z_A, DB_2, A_n, DB_6$ test istatistikleridir. En düşük güce sahip uyum iyiliği test istatistikleri ise sırası ile $S_{n,B}^1, S_{n,C}^1, DB_5, Z_C, DB_4$ test istatistikleridir.
- $n = 100$ büyüklüğündeki örneklerde en yüksek güce sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri sırası ile $DB_1, Z_A, A_n, DB_2, DB_6$ test istatistikleridir. En düşük güce sahip uyum iyiliği test istatistikleri ise sırası ile $S_{n,B}^1, S_{n,C}^1, DB_5, Z_C, DB_4$ test istatistikleridir.
- $n = 1000$ büyüklüğündeki örneklerde en yüksek güce sahip olan uyum iyiliği test istatistikleri sırası ile $DB_1, Z_A, DB_2, A_n, S_{n,D}^0$ test istatistikleridir. En düşük güce sahip uyum iyiliği test istatistikleri ise sırası ile $S_{n,B}^1, S_{n,C}^1, DB_5, S_{n,A}^1, S_{n,E}^0$ test istatistikleridir.
- Cressie-Read test istatistiği kullanılarak elde edilen yeni uyum iyiliği test istatistikleri ile olabilirlik oran test istatistiği kullanılarak elde edilen test istatistiklerinin, Pearson Ki-kare test istatistiği kullanılarak elde edilen test istatistiklerine göre güç değerlerinin daha yüksek olduğu söylenebilir.

6. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında, literatürde yer alan deneysel dağılım fonksiyonuna dayalı uyum iyiliği testlerinin üzerinde durulmuş ve yeni uyum iyiliği test istatistikleri önerilmiştir. Literatürde yer alan uyum iyiliği test istatistikleri ile önerilen uyum iyiliği test istatistiklerinin I. tür hata ve güç değerleri MATLAB R2017b programı yardımı ile hesaplanmış, karşılaştırmalar yapılmıştır.

Çalışmanın amacına uygun olarak, deneysel dağılım fonksiyonu, deneysel dağılım fonksiyonuna dayalı uyum iyiliği test istatistikleri (Kolmogorov-Smirnov, Cramer-von Mises, Anderson-Darling), Cressie-Read güç iraksama ailesi ve ve bu aileden türetilen Zhang'ın Z_A, Z_C, Z_K test istatistikleri, Esteban vd.'nin $(S_{n,A}^1, S_{n,B}^1, S_{n,C}^1, S_{n,D}^0, S_{n,E}^0, S_{n,F}^0)$ test istatistikleri tanıtılmıştır.

Zhang'ın [15] Z ve Z_{max} istatistikleri için farklı ağırlık fonksiyonları ile Cressie-Read güç iraksama ailesi istatistiklerinden elde edilebilen Cressie-Read test istatistiği kullanılarak yeni uyum iyiliği test istatistikleri $(DB_1, DB_2, DB_3, DB_4, DB_5, DB_6)$ elde edilmiştir.

Benzetim çalışmasında örneklem büyüklüğü arttıkça, güç değerlerinin de arttığı görülmektedir.

$(-\infty, +\infty)$ aralığında simetrik kalın kuyruklu dağılımlar söz konusu olduğunda örneklem büyüklüğü ne olursa olsun, önerilen yeni uyum iyiliği test istatistiklerinden DB_1 ve DB_2 test istatistiklerinin güç değerlerinin yüksek olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra olabilirlik oran istatistiği kullanılarak elde edilen test istatistiklerinin de (Zhang'ın Z_A, Z_K ve Esteban vd.'nin $S_{n,D}^0, S_{n,E}^0, S_{n,F}^0$) güç değerlerinin yüksek olduğu benzetim çalışmasında verilmiştir. Z_C ve DB_6 test istatistiklerinin ise Grup 1 söz konusu olduğunda güçlerinin düşük olduğu belirlenmiştir.

$(-\infty, +\infty)$ aralığında simetrik olmayan dağılımlar söz konusu olduğunda, küçük örneklemelerde ($n = 10, 20, 30$) $DB_3, S_{n,E}^0, S_{n,D}^0$ test istatistiklerinin güç değerlerinin yüksek olduğu, örneklem büyüklüğü arttıkça $Z_A, Z_K, S_{n,B}^1$ test istatistiklerinin de güç değerlerinin de arttığı gözlemlenmiştir. Önerilen test istatistiklerinin güç değerleri, her ne kadar diğer test istatistiklerinin güç değerlerine göre yüksek olsa da küçük örneklemelerde güç değerlerinin 0,7'yi geçemediği görülmektedir. Grup 2'de ele alınan dağılımlarda, Z_C test istatistiğinin güç değerinin düşük olduğu tespit edilmiştir.

$(0, +\infty)$ aralığında yer alan dağılımlar söz konusu olduğunda, DB_3 ve DB_4 test istatistiklerinin güç değerlerinin yüksek olduğu örneklem büyüklüğü arttıkça diğer

test istatistiklerinin de güçlerinin arttığı görülmektedir. Ele alınan dağılımlarda çarpıklık katsayısı arttıkça önerilen test istatistiklerinin küçük örneklerde çok iyi bir performans göstermedikleri belirlenmiştir. Bunun yanı sıra Z_C test istatistiğinin güç değerinin düşük olduğu tespit edilmiştir.

(0,1) aralığında yer alan dağılımlar söz konusu olduğunda ise, önerilen test istatistiklerinin güçlerinin yüksek olduğu saptanmıştır. Önerilen test istatistiklerinin güç değerleri, her ne kadar diğer test istatistiklerinin güç değerlerine göre yüksek olsa da küçük örneklerde güç değerlerinin 0,5'i geçmediği görülmektedir. Zhang'ın önerdiği Z_C istatistiği ile Esteban vd. tarafından önerilen test istatistiklerinin güçlerinin düşük olduğu belirlenmiştir.

Tez çalışmasında önerilen test istatistikleri, tek örnekte normal dağılıma olan uyumu incelemek için elde edilmiştir. Çalışmayı daha da ileri götürmek için farklı ve daha karmaşık yapıdaki dağılımlara uyumun incelenmesi için yeni istatistikler elde edilebilir. Benzer şekilde iki ve daha fazla örneklem söz konusu olduğunda, Cressie-Read istatistiği kullanılarak yeni çok değişkenli uyum iyiliği istatistikleri de elde edilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] D'Agostino, R.B., Stephens, M.A., *Goodness-of-fit Techniques*, Marcel Dekker Inc., New York, **1986**.
- [2] Noughabi, H.A., Arghami, N.R., Monte Carlo Comparison of Seven Normality Tests, *Journal of Statistical Computation and Simulation*, Vol. 81, No. 8, 965-972, **2011**.
- [3] Stephens, M.A., EDF Statistics for Goodness of Fit and Some Comparisons, *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 69, No. 347, 730-737, **1974**.
- [4] Yazici, B., Yolacan, S., A Comparison of Various Tests of Normality, *Journal of Statistical Computation and Simulation*, Vol. 77, No. 2, 175-183, **2007**.
- [5] Chaichatschwal, R., Budsaba, K., A Power Comparison of Goodness-of-fit Tests for Normality Based on the Likelihood Ratio and the Non-likelihood Ratio, *Thailand Statistician*, Vo. 5, 57-68, **2007**.
- [6] Yap, B., Sim, C., Comparison of Various Type of Normality Tests, *Journal of Statistical Computation and Simulation*, Vol. 81, No. 12, 2141-2155, **2010**.
- [7] 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*, Vol. 2, No. 1, 21-33, **2011**.
- [8] Romao, X., Delgado, R., Costa, A., An Empirical Power Comparison of Univariate Goodness-of-fit Tests for Normality, *Journal of Statistical Computation and Simulation*, Vol. 80, No. 5, 545-591, **2010**.
- [9] Torabi, H., Montazeri, N.H., Grane, A., A Test for Normality Based on the Empirical Distribution Function, *SORT*, Vol. 40, No. 1, 55-88, **2016**.
- [10] Cressie, N.A.C., Read, T.R.C., Multinomial Goodness-of-fit Tests, *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, Vol. 46, No. 3, **1984**.
- [11] Cressie, N., Pardo, L., del Carmen Pardo, M., Size and power considerations for testing loglinear models using ϕ -divergence test statistics, *Statistica Sinica*, 13, 555-570, **2003**.
- [12] Ogata, H., Taniguchi, M., Cressie-Read Power-Divergence Statistics for Non-Gaussian Vector Stationary Processes. *Scandinavian Journal of Statistics*, 36(1), 141-156, **2009**.
- [13] Judge, G. G., Mittelhammer, R. C., Implications of the Cressie-Read family of additive divergences for information recovery. *Entropy*, 14(12), 2427-2438, **2012**.

- [14] Aktaş, S., Power Divergence Statistics under Quasi Independence Model for Square Contingency Tables. *Sains Malaysiana*, 45(10), 1573-1578, **2016**.
- [15] Zhang, J., *Powerful Goodness-of-Fit and Multi-Sample Tests*, Graduate Programme in Statistics, York University, Toronto, **2001**.
- [16] Esteban, M. D., Marhuenda, Y., Moralles, D., Sanchez, A., New Goodness-of-Fit Tests Based on Sample Quantiles, *Communications in Statistics-Simulation and Computation*, Vol. 36, 631-642, **2007**.
- [17] Dufour, J. M., Farhat, A., Gardiol, L., Khalaf, L., Simulation-based Finite Sample Normality Tests in Linear Regression, *Econometrics Journal*, Vol. 1, 154-173, **1998**.
- [18] Gibbons, J.D., Chakraborti, S., *Nonparametric Statistical Inference Fifth Edition*, Chapman and Hall/CRC, New York, **2010**.
- [19] Gamgam, H., Altunkaynak, B., *Parametrik Olmayan İstatistiksel Yöntemler*, Seçkin Yayıncılık, Ankara, **2012**.
- [20] Castro, R., Lecture Notes in Applied Statistics, <http://www.win.tue.nl/~rmcastro/AppStat2013/files/lecture1.pdf> (Nisan, **2017**).
- [21] Kolmogorov, A.N., Sulla Determinazione Empirica di Una Legge di Distribuzione, *Giornale dell' Instituto Italiano degli Attuari*, Vol. 4, 83-91, **1933**.
- [22] Smirnov, N.V., On the Estimation of the Discrepancy between Empirical Curves of Distribution for Two Independent Samples, *Bulletin of Moscow University*, Vol. 2, 3-16, **1939**.
- [23] Köle, C., *Üstel Dağılım İçin Uyum İyiliği Testleri ve Bir Karşılaştırma*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, **2014**.
- [24] Govindarajulu, Z. *Nonparametric Inference*, World Scientific Publishing, London, **2007**.
- [25] Okatan, B.G., *Uyum İyiliği için Damico Tek-Örnek Testi ve Diğer Uyum İyiliği Testleri ile Karşılaştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, **2007**.
- [26] Lecture Notes, <https://ocw.mit.edu/courses/mathematics/18-443-statistics-for-applications-fall-2006/lecture-notes/lecture14.pdf> (Nisan, **2017**).
- [27] Lilliefors, H.W., On the Kolmogorov-Smirnov Test for Normality with Mean and Vairance Unknown, *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 64, 534-544, **1967**.

- [28] Lilliefors, H.W., On the Kolmogorov-Smirnov Test for the Exponential Distribution with Mean Unknown, *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 62, 534-544, **1969**.
- [29] Cramer, H., On the Composition of Elementary Errors, *Skandinavisk Aktuarietidskrift*, Vol. 11, 13-74/141-180, **1928**.
- [30] Anderson, T.W., Darling, D.A., A Test of Goodness of Fit, *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 49, No. 268, 765-769, **1954**.
- [31] Farrell, P. J., Stewart, K. R., Comprehensive Study of Tests for Normality and Symmetry: Extending the Spiegelhalter Test, *Journal of Statistical Computation and Simulation*, Vol. 76, No. 9, 803-816, **2006**.
- [32] Stephens, M.A., Asymptotic Results For Goodness of Fit Statistics with Unknown parameters, *The Annals of Statistics*, 357-369, **1976**.
- [33] Zhang, J., Wu, Y., A Family of Simple Distribution Functions to Approximate Complicated Distributions, *Journal of Statistical Computation and Simulation*, Vol. 70, 257-266, **2001**.
- [34] Zhang, J., Powerful Goodness of Fit Tests Based on the Likelihood Ratio, *Journal of the Royal Statistical Society Series B (Statistical Methodology)*, Vol. 64, No. 2, 281-294, **2002**.
- [35] Zhang, J., Wu, Y., Likelihood-ratio Tests for Normality, *Computational Statistics and Data Analysis*, Vol. 49, 709-721, **2005**.
- [36] Yıldırım, N., Gökpınar, F., Bazı Normallik Testlerinin 1. Tip Hataları ve Güçleri Bakımından Kıyaslanması, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 16(1), 109-115, **2012**.
- [37] Read, T.R.C., Cressie, N.A.C., *Goodness-of-Fit Statistics for Discrete Multivariate Data*, Springer-Verlag, New York, **1988**.

EKLER

EK 1. Önerilen Uyum İyiliği Test İstatistiklerinin Kritik Değerleri

Çizelge EK1.1. DB_1 test istatistiğinin kritik tablo değerleri

Çizelge EK1.2. DB_2 test istatistiğinin kritik tablo değerleri

Çizelge EK1.3. DB_3 test istatistiğinin kritik tablo değerleri

Çizelge EK1.4. DB_4 test istatistiğinin kritik tablo değerleri

Çizelge EK1.5. DB_5 test istatistiğinin kritik tablo değerleri

Çizelge EK1.6. DB_6 test istatistiğinin kritik tablo değerleri

EK 2. Seçenek Hipotezde Kullanılan Dağılımlar

EK 1. Önerilen Uyum İyiliği Test İstatistiklerinin Kritik Değerleri

Bölüm 3.2.3'te Eşitlik 3.16'da verilen DB_1 uyum iyiliği testinin kritik tablo değerleri Bölüm 4.1'de verilen MC benzetim tekniği yardımıyla Çizelge EK1.1'deki gibi bulunmuştur.

Çizelge EK1.1. DB_1 test istatistiğinin kritik tablo değerleri

n	$\alpha = 0,20$	$\alpha = 0,15$	$\alpha = 0,10$	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,01$
4	0,341569	0,443909	0,546249	0,648589	0,750929
5	0,388785	0,491125	0,593465	0,695805	0,798145
6	0,398734	0,501074	0,603414	0,705754	0,808094
7	0,416329	0,518669	0,621009	0,723349	0,825689
8	0,499790	0,602130	0,704470	0,806810	0,909150
9	0,512723	0,615063	0,717403	0,819743	0,922083
10	0,512790	0,615130	0,717470	0,826419	0,928759
11	0,513165	0,615505	0,717845	0,820185	0,922525
12	0,514854	0,617194	0,719534	0,821874	0,924214
13	0,517771	0,620111	0,722451	0,824791	0,927131
14	0,517957	0,620297	0,722637	0,824977	0,927317
15	0,517974	0,620314	0,722654	0,824994	0,927334
16	0,499790	0,602130	0,704470	0,806810	0,909150
17	0,518167	0,620507	0,722847	0,825187	0,927527
18	0,512205	0,614545	0,716885	0,819225	0,921565
19	0,518232	0,620572	0,722912	0,825252	0,927592
20	0,518377	0,620717	0,723057	0,825397	0,927737
21	0,507469	0,609809	0,712149	0,814489	0,916829
22	0,518830	0,621170	0,723510	0,825850	0,928190
23	0,499788	0,602128	0,704468	0,806808	0,909148
24	0,519030	0,621370	0,723710	0,826050	0,928390
25	0,509299	0,611639	0,713979	0,816319	0,918659
30	0,519790	0,622130	0,796248	0,898588	0,923654
35	0,520763	0,623103	0,725443	0,827783	0,930123
40	0,521719	0,624059	0,744359	0,779249	0,979249
50	0,522700	0,625040	0,745340	0,780230	0,980230
60	0,524194	0,626534	0,746834	0,781724	0,981724
70	0,536816	0,639156	0,759456	0,794346	0,994346
80	0,538557	0,640897	0,761197	0,796087	0,996087
90	0,539979	0,642319	0,762619	0,797509	0,997509
100	0,540949	0,643289	0,763589	0,798479	0,998479

Bölüm 3.2.3'te Eşitlik 3.17'de verilen DB_2 uyum iyiliği testinin kritik tablo değerleri Bölüm 4.1'de verilen MC benzetim tekniği yardımıyla Çizelge EK1.2'deki gibi bulunmuştur.

Çizelge EK1.2. DB_2 test istatistiğinin kritik tablo değerleri

n	$\alpha = 0,20$	$\alpha = 0,15$	$\alpha = 0,10$	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,01$
4	20,930215	24,205095	27,479975	30,754855	34,029735
5	22,441133	25,716043	28,990893	32,265773	35,540653
6	22,759495	26,034375	29,309255	32,584135	35,859015
7	23,322519	26,597399	29,872279	33,147159	36,422039
8	25,993272	29,268152	32,543032	35,817918	39,092792
9	26,407137	29,682017	32,956897	36,231777	39,506657
10	26,409272	29,684152	32,959032	36,445406	39,720286
11	26,574638	29,849518	33,124398	36,399278	39,674158
12	26,575176	29,850056	33,124936	36,399816	39,674696
13	25,993272	29,268152	32,543032	35,817912	39,092792
14	26,581345	29,856224	33,131105	36,405982	39,680865
15	26,390572	29,665452	32,940332	36,215212	39,490092
16	26,583412	29,858297	33,133172	36,408052	39,682932
17	26,588054	29,862934	33,137814	36,412694	39,687574
18	26,239009	29,513889	32,788769	36,063649	40,338529
19	26,602574	29,877454	33,152334	36,427214	40,702094
20	25,993208	29,268088	32,542968	35,817848	40,092728
21	26,608955	29,883835	33,158715	36,433595	39,708475
22	26,297578	29,572451	32,847338	36,122218	41,397098
23	26,618144	29,893024	33,167904	36,442784	42,717664
24	26,648964	29,923842	33,198724	37,018063	46,292943
25	26,649578	29,924458	33,199338	36,474218	49,749098
30	27,755487	31,030360	44,305268	47,580127	51,855080
35	29,664420	31,939300	44,214180	46,489060	49,763940
40	28,695019	33,969898	45,819499	54,935979	58,335979
50	30,126399	37,001279	47,850879	55,967359	61,367359
60	30,774200	38,049080	47,898680	58,015160	67,415160
70	30,978122	38,453002	48,302602	53,419082	66,819082
80	31,023832	39,108712	48,358312	59,474792	66,874792
90	33,279331	39,554211	48,403811	62,520291	67,920291
100	33,310361	39,585241	48,434841	65,551321	67,951321

Bölüm 3.2.3'te Eşitlik 3.18'de verilen DB_3 uyum iyiliği testinin kritik tablo değerleri Bölüm 4.1'de verilen MC benzetim tekniği yardımıyla Çizelge EK1.3'teki gibi bulunmuştur.

Çizelge EK1.3. DB_3 test istatistiğinin kritik tablo değerleri

n	$\alpha = 0,20$	$\alpha = 0,15$	$\alpha = 0,10$	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,01$
4	4,448570	4,573970	5,032670	6,106968	6,907363
5	4,568789	4,694189	5,152889	6,227187	7,027582
6	4,648290	4,773690	5,232390	6,306688	7,107083
7	5,844659	5,970059	6,428759	7,503057	8,303452
8	5,651892	5,236943	6,235992	7,310290	8,110685
9	4,995254	5,120654	5,579354	6,653652	7,454047
10	5,469772	5,595172	6,053872	7,128170	7,928565
11	5,673791	5,799191	6,257891	7,332189	8,132584
12	6,761597	6,886997	7,345697	8,419995	9,220390
13	7,642119	7,767519	8,226219	9,300517	10,100912
14	7,545887	7,671287	8,129987	9,204285	10,004680
15	7,615784	7,741184	8,199884	9,274182	10,074577
16	7,315487	7,440887	7,899587	8,973885	9,774280
17	8,761597	8,886997	9,345697	10,419995	11,220390
18	8,773044	9,357144	9,357144	10,431442	11,231837
19	8,796435	8,921835	9,380535	10,454833	11,255228
20	9,008578	9,133978	9,592678	10,666976	11,467371
21	9,044880	9,628980	9,628980	10,703278	11,503673
22	10,464987	10,590387	11,049087	12,123385	12,923780
23	10,467972	10,593372	11,052072	12,126370	12,926765
24	11,679784	11,805184	12,263884	13,338182	14,138577
25	11,347979	11,473379	11,932079	13,006377	13,806772
30	11,975720	12,559820	12,559820	13,634118	14,434513
35	12,034697	12,160097	12,618797	13,693095	14,493490
40	14,064970	14,190370	14,649070	15,723368	16,523763
50	15,077979	15,203379	15,662079	16,736377	17,536772
60	15,676724	15,802124	16,260824	17,335122	18,135517
70	15,767248	15,892648	16,351348	17,425646	18,226041
80	15,976797	16,102197	16,560897	17,635195	18,435590
90	15,978543	16,103943	16,562643	17,636941	18,437336
100	15,997213	16,122613	16,581313	17,655611	18,456006

Bölüm 3.2.3'te Eşitlik 3.19'da verilen DB_4 uyum iyiliği testinin kritik tablo değerleri Bölüm 4.1'de verilen MC benzetim tekniği yardımıyla Çizelge EK1.4'teki gibi bulunmuştur.

Çizelge EK1.4. DB_4 test istatistiğinin kritik tablo değerleri

n	$\alpha = 0,20$	$\alpha = 0,15$	$\alpha = 0,10$	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,01$
4	0.535392	0.637732	0.758032	0.792922	0.992922
5	0.535505	0.637845	0.758145	0.793035	0.993035
6	0.535881	0.638221	0.758521	0.793411	0.993411
7	0.536445	0.638785	0.759085	0.793975	0.993975
8	0.536446	0.638786	0.759086	0.793976	0.993976
9	0.536816	0.639156	0.759456	0.794346	0.994346
10	0.536931	0.639271	0.759571	0.794461	0.994461
11	0.537111	0.639451	0.759751	0.794641	0.994641
12	0.537418	0.639758	0.760058	0.794948	0.994948
13	0.538047	0.640387	0.760687	0.795577	0.995577
14	0.538062	0.640402	0.760702	0.795592	0.995592
15	0.538077	0.640417	0.760717	0.795607	0.995607
16	0.536816	0.639156	0.759456	0.794346	0.994346
17	0.538379	0.640719	0.761019	0.795909	0.995909
18	0.538409	0.640749	0.761049	0.795939	0.995939
19	0.538557	0.640897	0.761197	0.796087	0.996087
20	0.538726	0.641066	0.761366	0.796256	0.996256
21	0.538739	0.641079	0.761379	0.796269	0.996269
22	0.537629	0.639969	0.760269	0.795159	0.995159
23	0.538974	0.641314	0.761614	0.796504	0.996504
24	0.539202	0.641542	0.761842	0.796732	0.996732
25	0.539405	0.641745	0.762045	0.796935	0.996935
30	0.548763	0.651103	0.771403	0.806293	1.006293
35	0.539830	0.642170	0.762470	0.797360	0.997360
40	0.539858	0.642198	0.762498	0.797388	0.997388
50	0.539979	0.642319	0.762619	0.797509	0.997509
60	0.540193	0.642533	0.762833	0.797723	0.997723
70	0.540302	0.642642	0.762942	0.797832	0.997832
80	0.540488	0.642828	0.763128	0.798018	0.998018
90	0.540505	0.642845	0.763145	0.798035	0.998035
100	0.540942	0.643282	0.763582	0.798472	0.998472

Bölüm 3.2.3'te Eşitlik 3.20'de verilen DB_5 uyum iyiliği testinin kritik tablo değerleri Bölüm 4.1'de verilen MC benzetim tekniği yardımıyla Çizelge EK1.5'teki gibi bulunmuştur.

Çizelge EK1.5. DB_5 test istatistiğinin kritik tablo değerleri

n	$\alpha = 0,20$	$\alpha = 0,15$	$\alpha = 0,10$	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,01$
4	6,398413	8,547350	11,696288	13,845225	15,994163
5	6,632890	8,781827	11,930765	14,079702	16,228640
6	6,624839	8,773776	11,922714	14,071651	16,220589
7	6,726890	8,875827	12,024765	14,173702	16,322640
8	6,756981	8,905918	12,054856	14,203793	16,352731
9	6,763282	8,912219	12,061157	14,210094	16,359032
10	6,998475	9,147412	12,296350	14,445287	16,594225
11	7,056348	9,205285	12,354223	14,503160	16,652098
12	7,036841	9,185778	12,334716	14,483653	16,632591
13	7,155499	9,304436	12,453374	14,602311	16,751249
14	7,236480	9,385417	12,534355	14,683292	16,832230
15	7,506248	9,655185	12,804123	14,953060	17,101998
16	7,560214	9,709151	12,858089	15,007026	17,155964
17	7,620148	9,769085	12,918023	15,066960	17,215898
18	7,630142	9,779079	12,928017	15,076954	17,225892
19	7,620148	9,769085	12,918023	15,066960	17,215898
20	7,710364	9,859301	13,008239	15,157176	17,306114
21	7,743211	9,892148	13,041086	15,190023	17,338961
22	7,762189	9,911126	13,060064	15,209001	17,357939
23	7,785214	9,934151	13,083089	15,232026	17,380964
24	7,902591	10,051528	13,200466	15,349403	17,498341
25	7,913240	10,062177	13,211115	15,360052	17,508990
30	7,992014	10,140951	13,289889	15,438826	17,587764
35	8,012467	10,161404	13,310342	15,459279	17,608217
40	8,020015	10,168952	13,317890	15,466827	17,615765
50	8,034840	10,183777	13,332715	15,481652	17,630590
60	8,045684	10,194621	13,343559	15,492496	17,641434
70	8,076325	10,225262	13,374200	15,523137	17,672075
80	8,079258	10,228195	13,377133	15,526070	17,675008
90	8,089589	10,238526	13,387464	15,536401	17,685339
100	8,093258	10,242195	13,391133	15,540070	17,689008

Bölüm 3.2.3'te Eşitlik 3.21'de verilen DB_6 uyum iyiliği testinin kritik tablo değerleri Bölüm 4.1'de verilen MC benzetim tekniği yardımıyla Çizelge EK1.6'daki gibi bulunmuştur.

Çizelge EK1.6. DB_6 test istatistiğinin kritik tablo değerleri

n	$\alpha = 0,20$	$\alpha = 0,15$	$\alpha = 0,10$	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,01$
4	10,984130	32,473505	63,962880	85,452255	106,941630
5	13,328900	34,818275	66,307650	87,797025	109,286400
6	13,248390	34,737765	66,227140	87,716515	109,205890
7	14,268900	35,758275	67,247650	88,737025	110,226400
8	14,569810	36,059185	67,548560	89,037935	110,527310
9	14,632820	36,122195	67,611570	89,100945	110,590320
10	16,984750	38,474125	69,963500	91,452875	112,942250
11	17,563480	39,052855	70,542230	92,031605	113,520980
12	17,368410	38,857785	70,347160	91,836535	113,325910
13	18,554990	40,044365	71,533740	93,023115	114,512490
14	19,364800	40,854175	72,343550	93,832925	115,322301
15	22,062480	43,551855	75,041230	96,530605	118,019980
16	22,602140	44,091515	75,580890	97,070265	118,559642
17	23,201480	44,690855	76,180230	97,669605	119,158980
18	23,301420	44,790795	76,280170	97,769545	119,258923
19	23,201480	44,690855	76,180230	97,669605	119,158980
20	24,103640	45,593015	77,082390	98,571765	120,061140
21	24,432110	45,921485	77,410860	98,900235	120,389610
22	24,621890	46,111265	77,600640	99,090012	120,579390
23	24,852140	46,341515	77,830890	99,320265	120,809640
24	26,025910	47,515285	79,004660	100,494039	121,983410
25	26,132400	47,621775	79,111150	100,600525	122,089900
30	26,920140	48,409515	79,898890	101,388265	122,877640
35	27,124670	48,614045	80,103420	101,592797	123,082170
40	27,200150	48,689525	80,178900	102,668275	123,157650
50	27,348400	48,837775	80,327150	102,816523	123,305900
60	27,456840	48,946215	80,435590	101,924961	123,414340
70	27,763250	49,252625	80,742000	103,231375	127,720751
80	27,792580	50,281955	80,771330	104,260705	127,750080
90	28,895890	51,385265	80,874640	104,364010	128,853390
100	28,932580	54,421955	80,911330	105,400705	128,890080

EK 2. SEÇENEK HİPOTEZDE KULLANILAN DAĞILIMLAR

Seçenek hipotezde kullanılan dağılımların olasılık yoğunluk fonksiyonları Çizelge EK1.67'de verilmiştir.

Çizelge EK1.7. Seçenek Hipotezde Kullanılan Dağılımların Olasılık Yoğunluk Fonksiyonları

Dağılım	Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu	
Cauchy(μ, σ)	$f(x; \mu, \sigma) = \frac{1}{\pi\sigma \left[1 + \left(\frac{x - \mu}{\sigma}\right)^2\right]}$	$-\infty < x < \infty$ $-\infty < \mu < \infty, \sigma > 0$
t_v	$f(x; v) = \frac{\Gamma\left(\frac{v+1}{2}\right)}{\sqrt{v\pi}\Gamma\left(\frac{v}{2}\right)} \left(1 + \frac{x^2}{v}\right)^{-\frac{v+1}{2}}$	$-\infty < x < \infty$ $v > 0$
Gumbel(μ, σ)	$f(x; \mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma} \exp\left[\frac{x - \mu}{\sigma} - \exp\left(\frac{x - \mu}{\sigma}\right)\right]$	$-\infty < x < \infty$ $-\infty < \mu < \infty, \sigma > 0$
Üstel(λ)	$f(x; \lambda) = \frac{1}{\lambda} \exp\left(-\frac{x}{\lambda}\right)$	$x > 0$ $\lambda > 0$
Gamma(α, β)	$f(x; \alpha, \beta) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)\beta^\alpha} x^{\alpha-1} \exp\left(-\frac{x}{\beta}\right)$	$x > 0$ $\alpha > 0, \beta > 0$
Lognormal(μ, σ)	$f(x; \mu, \sigma) = \frac{1}{x\sqrt{2\pi\sigma}} \exp\left(-\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma}\right)$	$x > 0$ $-\infty < \mu < \infty, \sigma > 0$
Uniform(α, β)	$f(x; \alpha, \beta) = \frac{1}{\beta - \alpha}$	$\alpha < x < \beta$ $-\infty < \alpha < \beta < \infty$
Beta(α, β)	$f(x; \alpha, \beta) = \frac{\Gamma(\alpha + \beta)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)} x^{\alpha-1} (1 - x)^{\beta-1}$	$0 < x < 1$ $\alpha > 0, \beta > 0$

ÖZGEÇMİŞ

Kimlik Bilgileri

Adı Soyadı : Deniz Alptekin
Doğum Yeri : Keçiören
Medeni Hali : Evli
E-posta : deniztasci@hacettepe.edu.tr
Adresi : Hacettepe Üniversitesi, İstatistik Bölümü,
Beytepe, Çankaya, Ankara

Eğitim

Lisans : Hacettepe Üniversitesi, Fen Fakültesi,
İstatistik Bölümü (2004-2009)
Yüksek Lisans : Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,
İstatistik Anabilim Dalı (2009-2012)
Doktora : Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,
İstatistik Anabilim Dalı (2012-2018)

Yabancı Dil ve Düzeyi

İngilizce : 86,25 (YÖKDİL 2017)
78,75 (2017 YDS İlkbahar Dönemi)

İş Deneyimi

Aralık 2010 – Mayıs 2018 : Hacettepe Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstatistik Bölümü

Deneyim Alanları

Uygulamalı İstatistik
Kategorik Veri Çözümülemesi
Bayesci İstatistik
Yöneylem Araştırması
Sezgisel Algoritmalar

Tezden Üretilmiş Projeler ve Bütçesi

-

Tezden Üretilmiş Yayınlar

-

Tezden Üretilmiş Tebliğ ve/veya Poster Sunumu ile Katıldığı Toplantılar

- Taşçı, D., Günay, S., Küçük Örneklerde Normallik Testlerinin Güçleri Yönünden Karşılaştırılması, International 9th Statistics Congress, Türkiye, **2015**.
- Alptekin, D., Deneysel Dağılım Fonksiyonuna Dayalı Uyum İyiliği Testlerinin Karşılaştırılması, 18th International Symposium on Econometrics, Operational Research and Statistics, Türkiye, **2017**.
- Alptekin D., Günay, S., A New Goodness of Fit Test for Normality, 4th International Researchers, Statisticians and Young Statisticians Congress, Türkiye, **2018**.



HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS/DOKTORA TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İSTATİSTİK ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA

Tarih: 05/06/2018

Tez Başlığı / Konusu: DENEYSEL DAĞILIM FONKSİYONUNA DAYALI YENİ UYUM İYİLİĞİ TESTLERİ

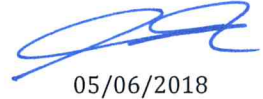
Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler, d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 73 sayfalık kısmına ilişkin, 05/06/2018 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 9 'dur.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1- Kaynakça hariç
- 2- Alıntılar hariç/dâhil
- 3- 5 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Çalışması Orjinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.



05/06/2018

Adı Soyadı: Deniz Alptekin

Öğrenci No: N11243053

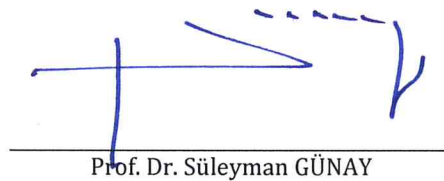
Anabilim Dalı: İstatistik

Programı: İstatistik Doktora Programı

Statüsü: Y.Lisans Doktora Bütünleşik Dr.

DANIŞMAN ONAYI

UYGUNDUR.



Prof. Dr. Süleyman GÜNAY

