

**UÇ DEĞERLER TEORİSİ ve TÜRKİYE DEPREM VERİSİ
ÜZERİNE BİR UYGULAMA**

**EXTREME VALUE THEORY and an APPLICATION on
TURKISH EARTHQUAKE DATA**

SERPİL GÜNEY AKKOYUN

DOÇ. DR. SERPİL AKTAŞ ALTUNAY

Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

İstatistik Anabilim Dalı İçin Öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır.

2015

SERPİL GÜNEY AKKOYUN' un hazırladığı **“Uç Değerler Teorisi ve Türkiye Deprem Verisi Üzerine Bir Uygulama”** adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **İSTATİSTİK ANABİLİM DALI'** nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Ufuk YOLCU

Başkan

.....

Doç. Dr. Serpil AKTAŞ ALTUNAY

Danışman

.....

Doç. Dr. Ayten YİĞİTER

Üye

.....

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

Prof. Dr. Fatma SEVİN DÜZ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

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 üniversitede veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

/ /2015

SERPİL GÜNEY AKKOYUN

ÖZET

UÇ DEĞERLER TEORİSİ ve TÜRKİYE DEPREM VERİSİ ÜZERİNE BİR UYGULAMA

SERPİL GÜNEY AKKOYUN

Yüksek Lisans, İstatistik Bölümü

Tez Danışmanı: Doç. Dr. SERPİL AKTAŞ ALTUNAY

Mayıs 2015, 63 Sayfa

Bu çalışmada, Uç Değer Teorisi (UDT) geniş olarak incelenmiştir. Uygulamada günümüzde popüler olan hidroloji, meteoroloji ve ekonomi üzerine yapılan çalışmaların aksine Türkçe literatürde daha önce uygulaması bulunmayan UDT'nin deprem verileri üzerine analizi yapılmıştır.

UDT geçmişte meydana gelen sınırlı sayıdaki beklenmeyen uç olaylardan hareketle gelecekte bu olayın meydana gelme olasılığını bilimsel bir yolla açıklamaktadır. Gerçekleşme olasılığı çok düşük fakat etkileri çok büyük olan bu olayların tahmini son derecede önemlidir. Özellikle ülkemiz gibi doğal afetlerle iç içe yaşayan ülkelerde belirlenen bir zaman aralığında belirli bir büyüklüğün üzerinde deprem olma olasılığının, belli hata payı içerisinde tahmini gerek kamu sektörü gerekse de özel sektör için ekonomik ve sosyal yönden çok büyük avantaj sağlayacaktır.

Çalışmamızda 1900-2014 yıllarında meydana gelen deprem verileri esas alınmış ve UDT tahmin yöntemlerinden Bloktaki Değerlerin En Büyüğü (BDEB) ve Eşik Seviyesini Aşan Değerler (ESAD) yöntemleri kullanılarak 50 ve 100 yıllık tahminler elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Uç Değerler Teoremi, Bloktaki Değerlerin En Büyüğü Yöntemi, Eşik Seviyesini Aşan Değerler Yöntemi, Deprem.

ABSTRACT

EXTREME VALUE THEORY and an APPLICATION on TURKISH EARTHQUAKE DATA

SERPİL GÜNEY AKKOYUN

Master of Science, Department of Statistics

Supervisor: Doç. Dr. SERPİL AKTAŞ ALTUNAY

Mayıs 2015, 63 Pages

In this study, Extreme Value Theory (EVT) has been studied broadly. In practice, contrary to the popular applications (hydrology, meteorology, economy, etc.) we did an analysis of the seismic data which is new in the Turkish literature.

EVT describe the possibility of occurring the future movements of extreme events which formed in the past in a limited number. It is extremely important to estimate probability of realization of these events which is very low probability but huge effects. Especially like our country, countries intertwined with natural disasters, the estimate of possible earthquakes size and time interval is very important and also provide a great advantage to public and private sector.

In our study data were basis of earthquakes in the years 1900-2014. With using the EVT estimation methods (BM(Blok Maksima) and POT(Peak Over Threshold)) obtained 50 and 100 years estimations.

Key Words: Extreme Value Theory, Blok Maksima, Peak Over Threshold, Earthquake.

TEŞEKKÜR

Tez alıőmamda bilgisini, deneyimini ve emeğini esirgemeyen ok değerli danışman hocam
Do. Dr. Serpil AKTAŞ ALTUNAY'a

alıőmamın uygulama bۆlümünde deneyimini ve yardımlarını esirgemeyen Arő. Gör. Emrah
ALTUN'a

Çalıőmam esnasına daima bana cesaret veren ve desteğini esirgemeyen eőim Yılmaz
AKKOYUN'a

Bu gۆnlere gelmemde sonsuz emeęi olan, hayatımdaki en bۆyk destekçim annem Cemile
GÜNEY'e,

Çalıőmalarımda beni hep destekleyen ablam Selin GÜNEY'e

sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR TARAMASI.....	3
3. UÇ DEĞERLER TEORİSİ	6
3.1. Uç Değer Dağılımları	7
3.2. BDEB Yöntemi ve GUD Dağılımı.....	8
3.2.1. Uç Değerler Teorisine Uyan Dağılımlar	14
3.2.1.1. Weibull Dağılımı	14
3.2.1.2. Beta Dağılımı.....	16
3.2.1.3. Gumbel Dağılımı	17
3.2.1.4. Lognormal Dağılım	18
3.2.1.5. Frechet Dağılımı	18
3.2.1.6. Pareto Dağılımı.....	19
3.3. ESAD Yöntemi ve GPD	20
3.4. GPD’de Eşik Değerin Tespit Edilmesi	25
3.4.1. Ortalama Aşım Grafiği Yöntemi	26
3.4.2. Hill Tahmin Yöntemi	27
3.5. GPD’de Parametre Tahmini	28

3.5.1. Pickands Tahmin Yöntemi (PY).....	28
3.5.2. Olasılık Ağırlıklı Momentler Yöntemi (OAMY).....	29
3.5.3. Moment Yöntemi (MY)	30
3.5.4. En Çok Olabilirlik Yöntemi (EÇOY)	30
4. SAYISAL ÖRNEK.....	32
5. UYGULAMA	37
5.1. Afet Türü Olarak Deprem ve Ekonomik Etkisi.....	38
5.2. Türkiye'nin Doğal Afetler ve Deprem Yönünden Analizi.....	38
5.3. Türkiye'nin Deprem Haritası ve Türkiye'de Meydana Gelen Depremler	41
5.4. Türkiye'de Meydana Gelen Önemli Depremler	42
5.5. Uç Değerler Teorisinin Çeşitli Büyüklükteki Türkiye Deprem Verilerine Uygulanması (1900-2014)	44
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	56
KAYNAKLAR.....	59
ÖZGEÇMİŞ.....	63

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1. Uç Değerler Teorisi Yöntemleri.....	7
Şekil 3.2. Uç Değerler Teorisi ve Merkezi Limit Teoremi	9
Şekil 3.3. Frechet, Weibull ve Gumbel dağılımlarının olasılık yoğunluk fonksiyonları.....	10
Şekil 3.4. Weibull dağılımının $\alpha = 10$, $\beta = 5$ için olasılık yoğunluk fonksiyonu grafiği ..	15
Şekil 3.5. Beta dağılımının $\alpha = 2$, $\beta = 3$ için olasılık yoğunluk fonksiyonu grafiği.....	16
Şekil 3.6. Lognormal dağılımının olasılık yoğunluk fonksiyonu grafiği ($\mu = 2, \sigma = 0,5$)..	18
Şekil 3.7. GPD' de F dağılım fonksiyonu ve $F_u(y)$ koşullu dağılım fonksiyonu	21
Şekil 3.8. Genelleştirilmiş Pareto Dağılımı ($\sigma = 1$).....	22
Şekil 3.9. Farklı şekil parametreleri için GPD'nin olasılık yoğunluk fonksiyonu ve dağılım fonksiyonu	24
Şekil 3.10. Ortalama aşım grafiği örneği.....	26
Şekil 3.11. Eşik değeri belirlenmesinde Hill grafiği örneği	28
Şekil 3.12. Şekil parametresi için Pickands tahmin yöntemi grafiği örneği.....	29
Şekil 4.1. 100 metre koşu verilerine ait kutu grafiği	32
Şekil 4.2. BDEB yöntemi için elde edilen grafikler... ..	33
Şekil 4.3. 100 metre verisi için ortalama aşım grafiği.....	35
Şekil 4.4. 100 metre verisi için 1051 adet aşım ile GPD'ye uygunluğunun Q-Q grafiği.....	35
Şekil 5.1. Türkiye'deki doğal afet olay sayıları	40
Şekil 5.2. Türkiye'deki afet türlerine göre ölüm oranları(1900-2014).....	40
Şekil 5.3. Türkiye'deki afet türlerine göre meydana gelen toplam maddi hasarlar (1900-2014)	41
Şekil 5.4. Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası.....	42
Şekil 5.5. 1903-1999 yılları arası depremlerde meydana gelen toplam ölüm sayısı.....	43

Şekil 5.6. Türkiye ve yakın coğrafyasında meydana gelen depremler (1900-2010).....	43
Şekil 5.7a. GUD dağılımına uyum grafikleri	46
Şekil 5.7b. GUD dağılımına uyum grafikleri	47
Şekil 5.8. Parametre durağanlık grafiği	49
Şekil 5.9. GPD'ye uyum grafikleri	50
Şekil 5.10. GUD dağılımına uyum grafikleri	52
Şekil 5.11. Parametre durağanlık grafiği	54
Şekil 5.12. GPD'ye uyum grafikleri	55

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 4.1. BDEB yöntemi için parametre tahminleri.....	34
Çizelge 4.2. EÇOY tahmin edicileri için güven aralıkları.....	34
Çizelge 4.3. EÇOY ve OAMY tahmin edicileri.....	36
Çizelge 5.1. Afet türlerine göre Türkiye'nin profili (1900-2014).....	39
Çizelge 5.2. GUD dağılımı parametre tahminleri.....	45
Çizelge 5.3. Parametre tahminlerine ait kovaryans matrisi.....	46
Çizelge 5.4. GUD dağılımına uyum (%95 güven düzeyinde).....	47
Çizelge 5.5. GPD parametre tahminleri.....	49
Çizelge 5.6. GUD dağılımı parametre tahminleri.....	51
Çizelge 5.7. GUD dağılımına uyum (%95 güven düzeyinde).....	53
Çizelge 5.8. GPD parametre tahminleri.....	54

KISALTMALAR

UDT	Uç Değerler Teorisi
MLT	Merkezi Limit Teoremi
BDEB	Bloktaki Değerlerin En Büyüğü
ESAD	Eşik Seviyesini Aşan Değerler
GPD	Genelleştirilmiş Pareto Dağılımı
GUD	Genelleştirilmiş Uç Değerler
RMD	Riske Maruz Değer
EÇOY	En Çok Olabilirlik Yöntemi
MY	Momentler Yöntemi
OAMY	Olasılık Ağırlıklı Momentler Yöntemi
PY	Pickands Yöntemi
UDSEP	Ulusal Deprem Stratejisi ve Eylem Planı
AIC	Akaike Bilgi Kriteri
BIC	Bayes Bilgi Kriteri

1. GİRİŞ

Uç Değerler Teorisi (UDT) geçmişte meydana gelen ekstrem olaylardan hareketle gelecekte bu olayların meydana gelme olasılığını araştıran sıra istatistiklerinin bir dalıdır. UDT, Merkezi Limit Teoremine (MLT) benzemekle beraber MLT'nin aksine dağılımın kuyruk kısmını modellemek amacıyla kullanılmaktadır. İstatistik biliminde UDT 20. yüzyılın başlarında gelişim göstermeye başlamıştır. UDT'nin uygulamalardaki önemi, şüphesiz Gumbel'in 1958 yılında *Statistics of Extremes* adlı kitabının yayımlanmasından sonra daha çok anlaşılmıştır [1]. Bu kitap birçok çalışmada ve uygulamada kullanılmış, günümüzde halen kullanılmaktadır. Günümüzde ekonomiden hidroloji bilimine dek çok sayıda bilimin uygulama alanlarında UDT'nin geniş bir kullanım alanı mevcuttur.

UDT'de örneklemin bütünü yerine aşırı uç değerlerle ilgilenilir ve bu değerlerin modellenmesi amaçlanır. Dağılımın kuyruk kısmını oluşturan bu verileri UDT ile modellerken normallik şartı aranmamaktadır.

UDT'de sınırlı sayıda veri kullanarak nadir olaylar hakkında istatistiksel çıkarımlar yapabilmek için bazı tekniklere gereksinim doğmuştur. Teoride yaygın olarak kullanılan iki yöntem mevcuttur. Bunlardan ilki Bloktaki Değerlerin En Büyüğü (BDEB) Yöntemi, ikincisi ise Eşik Seviyesini Aşan Değerler (ESAD) Yöntemidir.

Bu çalışmanın amacı; UDT'yi Türkiye deprem verilerine uygulayarak öngörü modeli elde etmektir. Bu nedenle bu çalışmada kullanıcı dostu, açık kaynak yazılım olan R programı kullanılmıştır.

Çalışmanın İkinci Bölüm'ünde, ekonomiden meteorolojiye, yer biliminden spora dek pek çok kullanım alanı olan UDT için geniş bir literatür taraması yapılmış ve teoride önde gelen çalışmalara bölüm içerisinde yer verilmiştir.

Üçüncü Bölüm'de ise Uç Değerler Teoremi geniş bir şekilde ele alınmış ve teoride kullanılan yöntemler ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır. Dördüncü Bölüm'de UDT ile ilgili deprem dışı bir örnek verilmiştir.

Beşinci Bölüm olan uygulama kısmında, deprem ve Türkiye'de deprem ele alınarak ülkemizdeki doğal afetlerle karşılaştırılmış ve istatistiklerle desteklenmiştir. Daha sonra çalışmanın ana kısmını oluşturan 1900-2014 Türkiye deprem verileri üzerine öngörü uygulamasına yer verilmiştir. Analiz öncesi veri setinin istatistikî özellikleri incelenmiştir. Bu bölümde 1900-2014 yıllarında meydana gelen deprem verileri kullanılarak UDT tahmin

yöntemlerinden BDEB ve ESAD Yöntemleri kullanılarak 50 ve 100 yıllık tahminler elde edilmiştir

Çalışmanın son bölümü, Sonuç ve Öneriler Bölümü olup, çalışma süresince elde edilen sonuçların özetlendiği bölümdür.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Uç değerler teorisi, sıradışı olayların stokastik sürecinin sayısallaştırılması için önemli bir istatistiksel yöntem olarak ortaya çıkmıştır. UDT asimptotik teori ile sıradışı olayların olasılığını tahmin etmekte ve dağılımın kuyruk davranışının tanımlanmasında kullanılmaktadır [2]. Temeli 18. yüzyıla dayanan UDT'nin teorik temeli 1928 yılında Fisher ve Tippet tarafından atılmıştır. Yirminci yüzyılın başlarında Fisher ve Tippet uç değerlerin dağılım fonksiyonunun üç çeşit limit dağılımından birine ait olduğunu göstermişlerdir. 1974 yılında Balkema ve de Haan önerdikleri yöntemle belirlenen bir eşiği aşan uç değerlerin genelleştirilmiş Pareto dağılımına yakınsadığını göstermişlerdir.

Schenkova [3], UDT'yi Avrupa ve Balkanlarda meydana gelen depremler dizisine birinci ve üçüncü asimptotik dağılımlara göre uygulamıştır. Gumbel I. tip dağılımın normal ve üstel popülasyonlardan gelen uç değerler için geçerli olduğunu ve uç değer yaklaşımının kısıtlamaları olmasına rağmen şiddeti büyük depremlerin olma olasılığı veya geri dönüş süreci için istatistiksel olarak açıklayıcı sonuçlar sunduğu sonucuna varmıştır.

Al-Abbasi ve Fahmi [4], UDT'yi Irak'ta meydana gelen büyük depremlerin maksimumunu tahmin etmek için kullanmışlardır. Araştırmacılar, 1905-1982 deprem verilerini Gumbel I. tip ve III. tip asimptotik dağılım parametreleri ile modelleyerek, depremlerin tekrarlama ilişkilerini belirlemişlerdir.

Burton ve Makropoulos [5], çalışmalarında Pasifik ve çevresinde meydana gelen deprem verileri ile uç değer dağılımında Gumbel'in III. tip asimptotik dağılımını istatistiksel model almışlardır. Bölgenin depremsellik sonuçlarına bakıldığında tüm alanlarda yıllık verilerde maksimum 7.6 büyüklüğünde olmak üzere Japonya'nın Kurile bölgesinde 7.0'dan büyük depremlerin görüldüğü gözlemlenmiş olup en riskli bölgenin kuzeybatı bölgesi olduğu belirlenmiştir.

Kim [6], yapmış olduğu çalışmada III. Tip Gumbel Dağılımını kullanarak Tokyo, Guatemala ve Los Angeles gibi alanların sismik tehlikelerini tahmin etmiştir. 1985 yılında yaptığı çalışmada oldukça önemli sonuçlar elde etmiş, I. Tip Gumbel Dağılımının sismik tehlikelerin tahmininde çok daha iyi sonuçlar verdiği sonucuna varmıştır.

Jansen ve De Vries [7], hisse senedi fiyatı getirilerinin kuyruk dağılımını belirleyen kuyruk endeksini tahmin ederek, etkisi büyük sıradışı olayların olasılıklarını hesaplamışlardır.

De Haan vd. UDT'yi kullanarak kantil (yüzdeler) tahmini üzerinde çalışmışlardır. Metodolojik açıdan, UDT'nin kapsamlı tanıtımı Embrechts vd. ile Beirlant vd. çalışmaları ile literatüre önemli bir katkı sağlamışlardır [8].

McNeil [9], Uç Değer Teorisinin geniş bir özetini içeren çalışmasını yayınlamıştır. McNeil ve Frey [10], belirsizlik hâli nedeniyle sıradışı olayların kümeleşmesini düzelteren koşullu modellerin, mevcut volatilitenin (dalgalanma derecesi) dinamiklerini koşullu olmayan modellere göre daha iyi uyum sağladığını göstermişlerdir. Longin [11], çalışmasında UDT'yi RMD hesaplamalarına uygulamıştır.

Han [12], Uç Değerler Teorisini örneklerle açıklamış, UDT'nin klasik sonuçlarını gözden geçirdikten sonra güncel istatistiksel metotları kullanarak araştırma yaklaşımlarını sunmuştur. Geçtiğimiz yüzyılın kasırga verilerini ESAD yöntemini kullanarak hasar analizi yapmıştır.

Gençay vd. [13], gelişmekte olan dokuz farklı piyasaya ait günlük hisse senedi getirilerini incelemiş ve UDT ile RMD tahminlerini elde etmişlerdir.

Çifter vd. [14], verilerini GPD ve beklenen kuyruk kaybı ile modellemişler ve söz konusu modellerin öngörü performanslarını karşılaştırmışlardır.

Zimbidins vd. [15], Yunanistan'ın yerleşim bölgelerinde meydana gelen deprem verilerini analiz etmişler ve UDT'nin ileri tekniklerini kullanarak büyük depremlerin risk dinamikleri hakkında güvenilir bir model oluşturmuş ve deprem tahvilleri fiyatlandırması üzerine faydalı sonuçlar elde etmişlerdir.

Çelik [16], IMKB-100 endeksi için RMD hesaplamaları yapmış ve UDT yardımıyla hesaplanan RMD tahminlerinin belirsizliğin yüksek olduğu durumlarda daha güvenilir olduğunu vurgulamıştır.

Penelva vd. [1], UDT'nin günümüzde geniş bir uygulama alanı olduğunu, uç değerleri tam olarak modellemenin ve geçerli sonuçlar almanın önemini vurgulamış ve çalışmada kullanıcı dostu R programını kullanmıştır.

Pisarenko vd. [17], UDT'yi Fenno-İskandinavya bölgesi deprem verilerine uygulamış, bilinmeyen parametre tahmini için Genelleştirilmiş Uç Değerler (GUD) ve Genelleştirilmiş Pareto Dağılımı (GDP) için iki limit teoremini içeren bir metot önermişler ve sonuçların hem bilimsel uygulamalarda hem de risk değerlendirmelerinde uygulanabilirliğini göstermişlerdir.

Villa [18], çalışmasında özgün yansız önsel GPD için eşik değeri (özellikle kalın kuyruklu veri uygulamalarında) tartışmış, farklı senaryolarda simülasyon çalışması yaparak frekans olasılıklarını önsel düzgün dağılıma göre karşılaştırmıştır.

3. UÇ DEĞERLER TEORİSİ

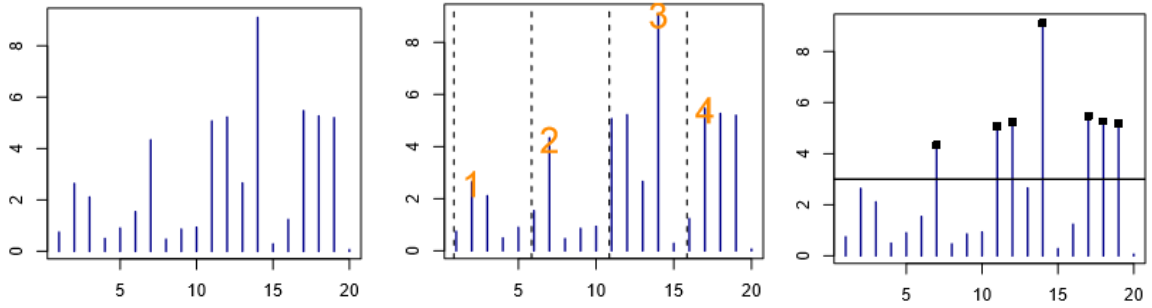
UDT uygulamalı bilimler için çok önemli bir istatistiksel yöntem olarak ortaya çıkmıştır [19]. UDT önceden gözlemlenen herhangi bir olaydan daha uç olan sıra dışı (ekstrem) olayların olasılığını hesaplamayı amaçlar. Başka bir deyişle UDT verinin bütünü yerine dağılımın kuyruk bölümünü oluşturan değerleri modellemeyi amaçlar. Teori az sayıda gözlem içeren veri setlerinde etkin sonuç vermeyen geleneksel istatistiksel yöntemlere alternatif olarak geliştirilmiştir. UDT'nin mühendislik, ekonomi, yer bilimi, hava tahmini ve jeoloji mühendisliği gibi birçok kullanım alanı bulunmaktadır.

UDT gerçekleşme ihtimali çok düşük olan olayların sıklığı ve büyüklüğü ile ilgilenir [20]. UDT esasında, sıra dışı olaylara ilişkin geçmişte elde edilen verilerden geleceğe yönelik tahmin yapmak amacıyla kullanılmaktadır [21]. Sıra dışı olayların, meydana gelme olasılığı ve görülme sıklığı diğer olaylara oranla çok düşük olduğu için çok küçük bir veri setiyle çalışmayı gerektirir. Meydana gelme ihtimalleri oldukça düşük olmasına rağmen etkileri oldukça büyük olan bu olayların ölçülmesi ve modellenmesi ile ilgilenmekte olan UDT, bu alanda faydalı bir araç olarak görülmektedir. UDT temelde örneklemedeki en büyük (ya da en küçük) değerlerin kullanımına dayanmaktadır [22].

UDT'de normallik varsayımının aranmadığı kalın kuyruklu dağılımlarda dağılımın bütünü için değil yalnızca uç değerlerin bulunduğu kuyruk bölümlerine karşılık gelen olasılıkların modellenmesi gerçekleştirilmektedir [23]. Mevcut parametrik ve parametrik olmayan istatistiksel yöntemler model tahmininde gözlem sayısı yeterli büyüklükte ise çok iyi sonuçlar vermektedir. Fakat uç değerlerin dağılımlarını tahmin etmede ve model kurma konusunda zayıf kalmaktadır. Bunun sebebi UDT'nin gözlenen verilerin çoğunluğunun modellenmesi ile değil, meydana gelme olasılığı düşük olan ve dağılımın kuyruk kısmını oluşturan verilerin modellenmesi ile ilgilenilmesidir. [24].

UDT geçmişte mevcut sınırlı sayıdaki sıra dışı olaylara ait veriler ile bu olaylara ait uç değerleri modellemede kullanılan istatistiksel bir yöntemdir. Uç değerlerin analizinde kullanılan BDEB yönteminde veriler birbirlerinden bağımsız eşit uzunlukta olan zaman dilimlerine ayrılmakta ve her bir zaman dilimindeki en büyük (ya da en küçük) değerler belirlenmektedir. Bu yaklaşımla seçilen uç değerlerin, teoride belirtilen uç dağılımlardan birine uyduğu varsayılmaktadır. Yöntemin dezavantajı çok sayıda gözleme ihtiyaç duyulmasıdır.

20. yüzyılın ikinci yarısında Pickands, Balkema ve De Haan BDEB yöntemine alternatif olarak ESAD yöntemi olarak adlandırılan ikinci bir yöntem geliştirmişlerdir. Yöntemde araştırmacı tarafından çoğunlukla grafiksel yöntemlerle belirlenen yüksek bir eşik değerin üzerinde kalan değerler uç değer olarak belirlenerek GPD'ye göre modellenmektedir. Modern yaklaşım olarak bilinen ESAD yöntemi, BDEB yönteminden sonra geliştirilmiş, genellikle sınırlı sayıda olan sıra dışı verilerin daha etkin kullanımını sağladığından uygulamada daha pratik olarak kabul edilmekte ve nispeten daha kolay olduğu için daha çok tercih edilmektedir. Yöntemde uygun eşik değerin belirlenmesi oldukça önemli olup, yüksek seçilen eşik değeri bazı uç değerlerin analize katılmaması sorununu doğururken, düşük seçilen eşik değeri ise yeterli büyüklükte olmayan verilerin analize dahil edilmesine sebep olacaktır. Şekil 3.1'de sırasıyla örnek veri seti, BDEB ve ESAD yöntemlerine göre veri seçimi verilmektedir;



Şekil 3.1. Uç Değerler Teorisi Yöntemleri

Şekilde 3.1'de görüldüğü üzere, BDEB yöntemi ile belirlenen zaman aralıklarında ölçülen maksimum değerler, ESAD yönteminde ise belirlenen bir eşik değerin (u) üzerindeki değerler kullanılmaktadır. UDT'de gerek sıra dışı verilerin azlığı, gerek kuyruk şekline (kalın, ince yada sonsuz kuyruklu) göre parametre tahmini, gerekse de eşik değerin belirlenmesi olsun birçok zorlukla karşılaşılmaktadır.

3.1. Uç Değer Dağılımları

Uç değerler teorisi; sıradışı olayların GUD dağılımı ve GPD olmak üzere iki dağılım yöntemi ile modellenmesine dayanmaktadır [25]. UDT, örnek veri setinin maksimum ya da minimum değerlerinden elde edilen serilerin asimptotik dağılımının modellenmesidir ve benzer koşullar altında, standartlaştırılmış maksimum ya da minimum serilerinin Gumbel, Frechet ya da Weibull dağılımlarından birine yakınsadığını göstermektedir [26]. Bu üç limit

dağılımını standartlaştırılmış tek bir dağılım altında toplamak mümkün olup bu dağılıma GUD dağılımı denilmektedir.

UDT'de ikinci yöntem ise veri setinde uç değerleri belirlemek için araştırmacı tarafından veri için uygun bir eşik değeri belirlenmesine dayanmaktadır. Belirlenen eşik değeri geçen verilerin dağılımları bir limit dağılımına yaklaşır ve bu dağılım bir GPD'dir.

UDT çoğunlukla simetrik olmayan kuyruklu dağılımlarda daha iyi uyum sağladığı için bu şekilde veri setlerinde sıklıkla kullanılmaktadır. Bundan dolayı normal dağılım ve t dağılımı gibi simetrik dağılımları modellemede kullanılan yöntemlerden çok daha iyi sonuç vermektedir [27].

UDT ile sıra dışı olayları modellemede dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

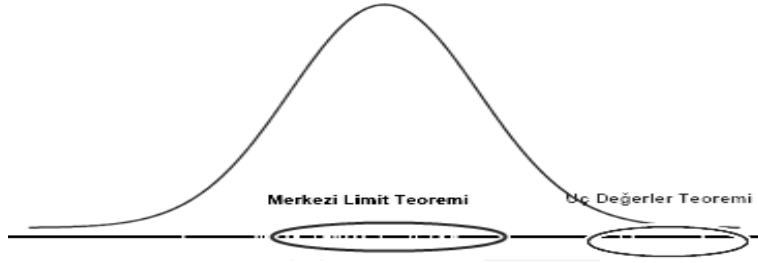
- Öncelikle veri setinin UDT'ye uygulayabilmek için ihtiyaç duyulan kalın ya da ince kuyruğa sahip olup olmadığına bakılmalıdır.
- Verinin özelliğine göre uygun blok uzunluğu seçilmelidir. Uygulamalarda çoğunlukla blok uzunluğu bir yıl olarak seçilmektedir.
- Verinin GPD'ye uyumuna bakılacak ise, eşik değerinin belirlenmesi çok önemli olup, araştırmacının seçtiği eşik değeri, uç değerleri temin edebilecek kadar büyük ve uç olmayan verileri analiz dışında bırakacak kadar küçük olmalıdır. Burada araştırmacının seçimi çok önemlidir.

GUD dağılımında blokların hangi dönem aralığında belirleneceği (yıllık, çeyreklik, aylık, vb.) sorunu bulunurken, GPD'de eşik değerin hangi yöntemle belirleneceği ve yeterli büyüklükte olup olmadığına ilişkin sorun bulunmaktadır [25].

3.2. BDEB Yöntemi ve GUD Dağılımı

GUD dağılımının temelleri ilk olarak yirminci yüzyılın başında Fisher, Tippett ve ardından Gnedenko tarafından ortaya konulan uç değer limit yasalarına dayanmaktadır [23]. Nasıl ki normal dağılım örneklem ortalamaları için önemli bir limit dağılımı ise, uç değer dağılımları da örneklemin uç değerleri için limit dağılımı olarak önemlidir. Her iki teoremden örneklemden yola çıkarak ana kütleye ait çıkarımlar yapmaktadır. Şekil 3.2'de model tahmininde MLT ile UDT arasındaki fark gösterilmektedir. Şekilde de görüldüğü üzere MLT örneklemdeki verilerin çoğunluğunun yoğunlaştığı bölgeyi modellemeyi amaçlarken, UDT

sadece kuyruk kısmında bulunan uç verilerle ilgilenir ve dağılımın kuyruk kısmını modellemeyi amaçlar.



Şekil 3.2. Uç Değerler Teorisi ve Merkezi Limit Teoremi

BDEB yöntemi temeli aşağıda ayrıntılı olarak bahsedilen GUD dağılımına dayanmaktadır. Yöntemde örnek veri seti, dönem aralığı eşit (n) olan m adet alt bloklara bölünür. Burada belirtilen dönem aralıkları yıllık, mevsimlik, aylık veya günlük olabilmektedir. Her bloğa ait maksima (maksimum ya da minimum) değerleri yönteme adını veren blok maksimaları oluşturmaktadır. Yöntemde blok uzunluğunun belirlenmesi son derece önemli olup, literatüre bakıldığında blok uzunluğu çoğunlukla bir yıl olarak belirlenmiş, blok maksima serisi yıllık maksimum ya da minimumlardan oluşmaktadır. Blok maksimaları oluşturduktan sonra yeni örnekleminiz olan bu değerlerin hangi GUD dağılımına uyduğuna bakılır.

X_1, X_2, \dots, X_n ortalaması μ , varyansı σ^2 olan ve $F(x) = P(X \leq x)$ şeklinde bilinen bir dağılım fonksiyonuna sahip bağımsız ve aynı dağılıma sahip raslantı değişkenler olsun. Bu raslantı değişkenlerin bloktaki en büyük (ya da en küçük) değerinin $M_n = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ olduğu varsayılır. Tüm x değerleri için dağılımı standartlaştırmak için kullanılacak uygun sabitler $a_n > 0$ ve $b_n \in \mathbb{R}$ için aşağıdaki koşulu sağlayacak bir limit yasası bulunmuştur:

$$\frac{M_n - b_n}{a_n} \xrightarrow{d} H$$

(3.1)

$$P \left\{ \frac{M_n - b_n}{a_n} \leq x \right\} = F^n(a_n x + b_n) \xrightarrow{n \rightarrow \infty} H(x)$$

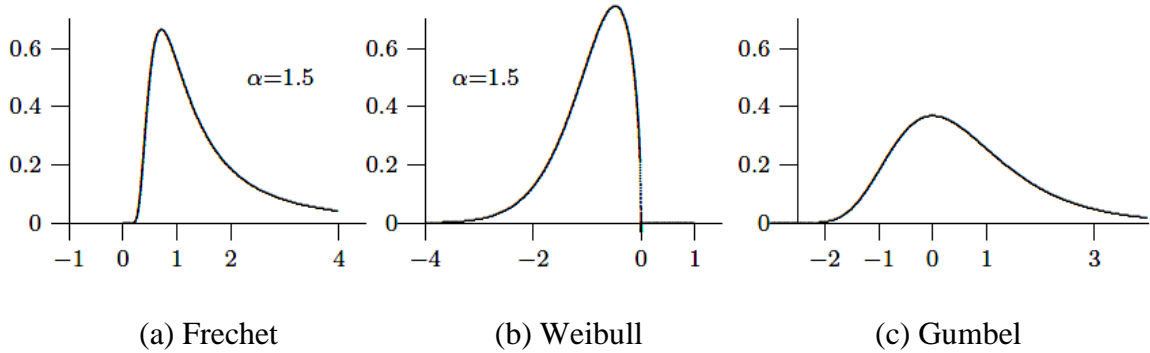
Eşitlik (3.1)'deki koşulu sağlayan dejenere olmayan (yoğunluğu tek bir noktada toplanmayan) bir $H(x)$ dağılım fonksiyonu mevcut ise Fisher, Tippet ve Gnedenko, $H(x)$ dağılım fonksiyonunun aşağıdaki üç dağılımdan birisine ait olduğunu göstermişlerdir:

$$\text{Frechet} \quad \Phi_{\alpha}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ \exp(-x^{-\alpha}), & x > 0, \alpha > 0 \end{cases}$$

$$\text{Weibull} \quad \Psi_{\alpha}(x) = \begin{cases} \exp[-|x|^{\alpha}], & x \leq 0, \alpha < 0 \\ 1, & x > 0 \end{cases} \quad (3.2)$$

$$\text{Gumbel} \quad \Lambda(x) = \exp[-e^{-x}], \quad x \in \mathbb{R}$$

Eşitlik (3.2)' de görüldüğü üzere eşitlik (3.1) de yer alan $H(x)$ sırasıyla, Frechet, Weibull ve Gumbel dağılımları ile temsil edilmektedir. Bu üç limit dağılımı yirminci yüzyılın ortalarında Jenkinson ve von Mises tarafından birleştirilerek GUD dağılımı elde edilmiştir [28]. Bu sayede uç değerlerin bu üç limit dağılımından hangisine uyduğu daha güvenilir ve pratik bir şekilde elde edilmektedir.



Şekil 3.3. Frechet, Weibull ve Gumbel dağılımları olasılık yoğunluk fonksiyonları

Şekil 3.3'te sırasıyla Frechet, Weibull ve Gumbel dağılımlarına ait olasılık yoğunluk fonksiyon grafikleri gösterilmektedir. Şekilde görüldüğü üzere, Frechet dağılımı bir kuvvet fonksiyonuna göre azalmakta bunun sonucu olarak da çarpık dağılımlara uymaktadır.

Weibull dağılımı sonlu noktalı limit dağılımı özelliği göstermektedir. Son olarak Gumbel dağılımı ise üstel olarak azalmakta ve ince kuyruklu dağılımlara uymaktadır. [28].

Jenkinson ve von Mises $\xi = \frac{1}{\alpha}$ alındığında farklı kuyruk özelliklerine sahip bu üç limit dağılımı için tek bir parametre ile gösterebilen bir limit dağılımı önermiştir. Bu dağılım GUD dağılımıdır. GUD dağılımı örnek maksimaların bir limit dağılımı olup aşağıdaki şekilde tanımlanır:

$$H_{\xi,\mu,\sigma}(x) = \begin{cases} \exp\left\{-\left(1 + \xi \frac{x-\mu}{\sigma}\right)^{-\frac{1}{\xi}}\right\}, & \xi \neq 0 \text{ ve } 1 + \xi \frac{x-\mu}{\sigma} > 0 \\ \exp\left\{-\exp\left(-\frac{x-\mu}{\sigma}\right)\right\}, & \xi = 0 \end{cases} \quad (3.3)$$

$$H_{\xi,\mu,\sigma}(x) = \begin{cases} \exp\left\{-(1 + \xi x)^{-\frac{1}{\xi}}\right\}, & \xi \neq 0 \text{ ve } 1 + \xi x > 0 \\ \exp\{-\exp(-x)\}, & \xi = 0 \end{cases}$$

GUD dağılımında üç önemli parametre bulunmaktadır. Bunlar; μ konum parametresi, σ ölçek parametresi ve ξ şekil parametresidir. ξ şekil parametresi F dağılımının ($F_{\mu,\sigma}(x) = F[(x - \mu)/\sigma]$) uç değer endeksi olarak adlandırılır. Burada ξ ile α arasında önemli bir ilişki vardır, $\alpha = \frac{1}{\xi}$ kuyruk endeksi olarak adlandırılır ve dağılımın kuyruk davranışı ve formu hakkında bilgi verir.

ξ şekil parametresi değeri dağılımın üç tip limit dağılımdan hangisine ait olduğunu gösterir ve bu sayede gözlenen verilerin F dağılımının kuyruk davranışı belirlenir:

- $\xi = 0$ ($\alpha = \infty$) ise H_{ξ} , Gumbel tipi dağılım fonksiyonudur ve F dağılımının kuyruğu üssel olarak azalan bir görünüm sergiler. Gumbel dağılım fonksiyonu ince kuyruklu özellik gösterir. İnce kuyruklu dağılımların tüm momentleri sonludur. Bu tip dağılımlara örnek olarak, Gamma, Üstel, Normal ve Lognormal tipi dağılımlar verilebilir.

- $\xi > 0$ ($\alpha > 0$) ise H_ξ dağılımı Frechet tipi dağılım fonksiyonu özelliği göstermekte olup, bu tip fonksiyonlar kalın kuyruklu ve F dağılımının kuyruğu bir kuvvet fonksiyonuna göre azalır,

$$1 - F(x) = c \cdot x^{-\frac{1}{\xi}} = x^{-\alpha} \quad (3.4)$$

Burada c sabit parametreyi ve H_ξ dağılımı da Frechet tipi dağılım fonksiyonunu göstermektedir ve $\xi > 0$ olur. Kalın kuyruklu dağılımlara örnek olarak Pareto, Cauchy, t dağılımları verilebilir. Bu tip dağılımların tüm momentleri mevcuttur.

- $\xi < 0$ ($\alpha < 0$) durumunda ise H_ξ dağılımı Weibull tipi dağılım özelliği göstermekte ve F dağılımının kuyruğu sonlu kuyruklu olmaktadır. Weibull tipi dağılımlara örnek olarak uniform dağılım ve beta dağılımı verilebilir. Sonlu kuyruklu dağılımların tüm momentleri mevcuttur [16].

Bunlara ek olarak verilerin basıklık veya sivrilik özelliğine bakılarak verilere ait dağılımın kalın veya ince kuyruk şekli gösterip göstermediği anlaşılabilir. Örneğin basıklık, dağılımımızın normal dağılıma göre daha kalın kuyruklu olduğunu göstermektedir.

BDEB yönteminin aşamaları aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

1. X_1, X_2, \dots, X_n birbirinden bağımsız ve aynı dağılımlı rasgele gözlemler serisi, her birinin uzunluğu eşit (n) olan m sayıda bloğa ayrılır. Blok uzunluğu n ve blok sayısı m yeterli büyüklükte olmalıdır.
2. Tüm bloklar için ayrı ayrı blok içi en büyük ya da en küçük değerler belirlenerek blok maksimalar ($M_{n,1}, \dots, M_{n,m}$) oluşturulur. Uygulamada blok uzunluğu genellikle 1 yıl seçilip elde edilen blok maksima serisi yıllık maksimum ya da minimum gözlemlerden oluşmaktadır.
3. Son olarak elde edilen blok maksimalardan oluşan yeni veri seti için parametre tahminleri yapılarak hangi GUD dağılımına uyduğuna bakılır.

Burada her veri seti için oluşturulacak modele bağlı olarak blok seçimi çok büyük önem kazanmaktadır. Araştırmacının blok uzunluğunu belirlerken tarafsızlık ve yüksek varyanstan kaçınmak için dikkat etmesi gereken birkaç husus vardır. Çok küçük seçilen blok uzunluğu yanlış ve dışa düşen tahmine neden olmakta, tam tersi çok büyük seçilen blok uzunluğu ise; yetersiz sayıda blok maksima oluşmasına, bu da tahminin varyansının yüksek çıkmasına sebep olmaktadır.

BDEB yönteminde yüzdeler (kantil) değeri ve geri dönüş seviyesi değerinin tahmini yapılabilmektedir. Yüzdeler tahmini, $0 < p < 1$ aralığında değer aldığı [29],

$$H(x_p) = 1 - p \quad (3.5)$$

$$x_p = H^{-1}(1 - p)$$

$$\widehat{x}_p = \begin{cases} \hat{\mu} - \frac{\hat{\sigma}}{\hat{\xi}} [1 - \{-\log(1 - p)\}^{-\hat{\xi}}], & \hat{\xi} \neq 0 \\ \hat{\mu} - \hat{\sigma} \log\{-\log(1 - p)\}, & \hat{\xi} = 0 \end{cases} \quad (3.6)$$

şeklinde elde edilir. Eşitlik (3.5)'de x_p geri dönüş seviyesi, $1/p$ değeri ise geri dönüş periyodu olarak adlandırılır. Uygun bir güven düzeyinde geri dönüş periyodu olan $1/p$ değeri, x_p değerinin her $1/p$ yılda (blok uzunluklarının yıllık alındığı varsayımıyla) ortalama bir kere aşılması beklendiğini gösterir [29]. Yani belirlenen bir dönemde belirlenen bir değerin aşılma olasılığı elde edilmiş olunur. Bu da gerek doğal afetler gerekse de ekonomik çöküşler için çok önemli bir göstergedir.

Blok maksimalardan oluşan verilerimizin GUD dağılımına uydurulmasında ve kuyruk şeklinin belirlenmesinde (konum parametresi μ , ölçek parametresi σ , şekil parametresi ξ için $\hat{\mu}, \hat{\sigma}, \hat{\xi}$ tahmin değerleri hesaplanır) kullanılan parametre tahmin yöntemleri şu şekilde sıralanabilir:

- En Çok Olabilirlik Yöntemi (EÇOY)
- Momentler Yöntemi (MY)
- Olasılık Ağırlıklı Momentler Yöntemi (OAMY)

Uç Değer Modellerinde parametre tahminleri için birçok tahmin yöntemi bulunmakla beraber her yöntemin kendine göre iyi ve kötü yönleri bulunmaktadır. Geçmiş uygulamalara bakıldığında analizlerde çoğunlukla EÇOY'nin tercih edildiği görülmektedir. Coles [29] yapmış olduğu çalışmada, $\hat{\xi} > -0.5$ olduğu durumda EÇOY ile elde edilen tahmincilerin asimptotik özellik gösterdiği için diğer yöntemlere göre tercih edilmesi gerektiğini göstermiştir.

UDT'de sıra dışı olayların istatistiksel olarak modellenmesinde verilere en iyi uyan dağılımın seçilmesi ve parametrelerinin tahmin edilmesi önemli bir yer tutmaktadır. Çalışmanın bu bölümünde GUD dağılımında şekil parametresine göre örnek verilerin uyumlaştırıldığı dağılımlar kısaca açıklanacaktır.

3.2.1. Uç Değerler Teorisine Uyan Dağılımlar

Bu bölümde UDT'ye uyan Weibull, Beta, Gumbel, Lognormal, Frechet ve Pareto dağılımları verilecektir.

3.2.1.1. Weibull Dağılımı

Weibull dağılımı, sürekli bir olasılık dağılımı olup ilk olarak Frechet (1927) tarafından tanımlanmış daha sonrasında Rosin Rammer (1933) tarafından parçacık boyutunun dağılımını modellemek için uygulanmıştır. Dağılımın isim babası olan Wallodi Weibull ise 1939 yılında materyallerin çekme gerilmesininin dağılımını modellemek için Weibull dağılımını kullanmıştır [30] .

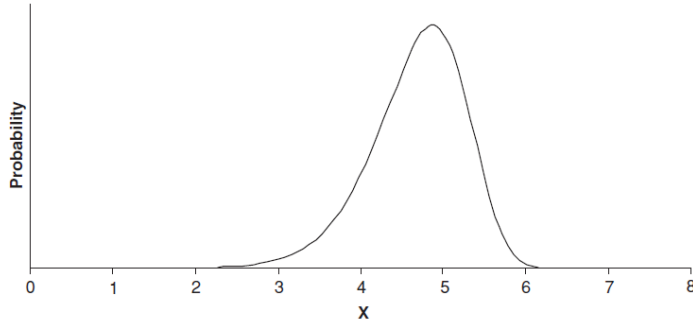
İki parametrelili Weibull dağılımının olasılık yoğunluk fonksiyonu ve dağılım fonksiyonu:

$$f(x; \alpha, \beta) = \begin{cases} \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{x}{\beta}\right)^{\alpha-1} e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^{\alpha}}, & x \geq 0 \\ 0, & x < 0 \end{cases} \quad (3.7)$$

$$F(x; \beta, \alpha) = \begin{cases} 1 - e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^{\alpha}}, & x \geq 0 \\ 0, & x < 0 \end{cases} \quad (3.8)$$

şeklinde elde edilir.

Burada $\alpha > 0$ ölçek parametresi ve $\beta > 0$ şekil parametresidir. Weibull dağılımı şekil parametresine bağlı olarak grafiği farklı şekiller alan oldukça esnek bir dağılımdır. Weibull dağılımının parametrelerine ilişkin literatürde birçok çalışma bulunmaktadır. Weibull dağılımı $\beta = 1$ iken üstel dağılıma dönüşür. Eğer $\beta = 3,4$ ise, Weibull dağılımı yaklaşık simetriktir ve normal dağılıma benzerlik gösterir. Şekil parametresinin sıfıra yakın değerleri için aşırı derecede sağa, $\beta > 3.4$ değerleri için sola çarpıktır. Şekil 3.4’de $\beta = 5$ olan Weibull dağılımının olasılık yoğunluk fonksiyonu grafiği verilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi dağılım sola çarpıktır [30,31].



Şekil 3.4. Weibull dağılımının $\alpha = 10$, $\beta = 5$ için olasılık yoğunluk fonksiyonu grafiği

Weibull Dağılımının ortalama ve varyansı sırasıyla:

$$E(X) = \alpha \Gamma(1 + 1/\beta) \quad (3.9)$$

$$V(X) = \alpha^2 [\Gamma(1 + 2/\beta) - \Gamma^2(1 + 1/\beta)] \quad (3.10)$$

şeklinde elde edilir, burada $\Gamma(.)$ bir Gamma fonksiyonudur.

Weibull olasılık dağılımının parametreleri, grafik yöntemi, en küçük kareler yöntemi ve moment yöntemi gibi tahmin yöntemleri ile elde edilebilir[32].

GUD dağılımının kuyruğu sonlu ise, o zaman GUD dağılımı Weibull türünü göstermektedir. Weibull türündeki dağılımlar tekbiçimli dağılım ve beta dağılımıdır.

3.2.1.2. Beta Dağılımı

Beta dağılımı şeklini kontrol eden iki parametreye (α, β) sahip sürekli bir olasılık dağılımıdır. X , $0 \leq x \leq 1$ aralığında değer alan sürekli raslantı değişkeni olmak üzere beta dağılımının olasılık yoğunluk fonksiyonu ve dağılım fonksiyonu:

$$f(x) = \frac{x^{\alpha-1}(1-x)^{\beta-1}}{B(\alpha, \beta)} = \frac{\Gamma(\alpha+\beta)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)} x^{\alpha-1} (1-x)^{\beta-1} \quad \alpha > 0, \beta > 0 \quad (3.11)$$

$$F(x) = \frac{B_x(\alpha, \beta)}{B(\alpha, \beta)} = I_x(\alpha, \beta) \quad (3.12)$$

şeklinindedir. Burada $B_x(\alpha, \beta)$ tamamlanmamış beta fonksiyonu, $I_x(\alpha, \beta)$ ise düzenlenmiş beta fonksiyonudur.

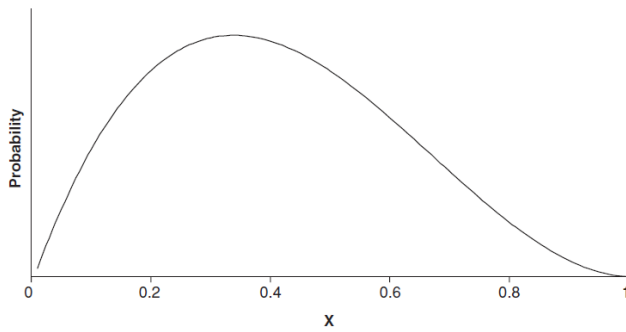
Beta dağılımının ortalaması ve varyansı [33]:

$$E(X) = \frac{\alpha}{\alpha+\beta} \quad (3.13)$$

$$V(X) = \frac{\alpha\beta}{(\alpha+\beta)^2(\alpha+\beta+1)} \quad (3.14)$$

şeklinde elde edilir.

Şekil 3.5’de Beta dağılımının şekil parametrelerinden $\alpha = 2$ ve $\beta = 3$ durumu için olasılık yoğunluk fonksiyonu grafiği verilmektedir.



Şekil 3.5. Beta dağılımının $\alpha = 2$, $\beta = 3$ için olasılık yoğunluk fonksiyonu grafiği

3.2.1.3. Gumbel Dağılımı

Gumbel 1958 yılında tekrarlanan örneklemelerdeki en küçük veya en büyük değerlerden oluşan rastgele değişkenlerin olasılık dağılımlarını göz önüne alarak UDT'yi geliştirmiştir. Gumbel'a göre örnekleme dahil edilecek bir yıllık (365 adet) gözlemin uç değeri bu örneklemin en büyük veya en küçük değeridir.

Gumbel dağılımı, çeşitli dağılımlardan gelen örneklerin maksimum veya minimum değerlerini modellemek için kullanılan sürekli bir olasılık dağılımıdır. Su taşkınları, şiddetli sağanaklar gibi ekstrem (en büyük) değerlerin frekans analizinde çok sık kullanılan teorik dağılım olan Gumbel dağılımı, Fisher - Tippet Tip I dağılımı olarak da bilinmektedir. Gumbel dağılımının olasılık yoğunluk fonksiyonu ve dağılım fonksiyonu:

$$f(x) = \frac{1}{\beta} \exp \left[\frac{x-\alpha}{\beta} - \exp \left(\frac{x-\alpha}{\beta} \right) \right], \quad -\infty < \alpha < \infty, \quad \beta > 0 \quad (3.15)$$

$$F(x) = 1 - \exp \left[- \exp \left(\frac{x-\alpha}{\beta} \right) \right] \quad (3.16)$$

şeklinde elde edilir.

Dağılımın ortalaması ve varyansı sırasıyla aşağıdaki gibidir:

$$E(X) = \alpha - \gamma\beta \quad (3.17)$$

$$V(X) = \frac{1}{6} \pi^2 \beta^2 \quad (3.18)$$

Eşitlik (3.17)'de γ Euler-Mascheroni sabitidir.

$\alpha = 0$ ve $\beta = 1$ olduğu durumda standart Gumbel dağılımı elde edilir. Standart Gumbel dağılımına ait dağılım fonksiyonu,

$$F(x) = e^{-e^{-x}} \quad (3.19)$$

ve olasılık yoğunluk fonksiyonu,

$$f(x) = e^{-(x+e^{-x})} \quad (3.20)$$

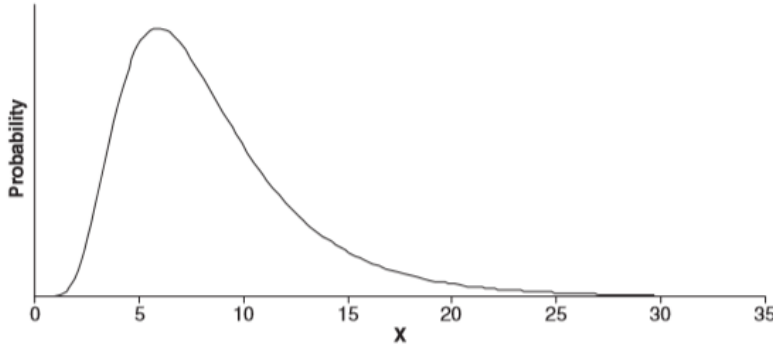
şeklinde elde edilir.

GUD dağılımının özel dağılımının kuyruğu üssel olarak azalıyorsa, o zaman GUD dağılımı Gumbel tipi dağılım fonksiyonuna uymaktadır. Gumbel tipi dağılım fonksiyonu ince

kuyruklu dağılım özelliği göstermektedir. Normal, Lognormal, Üssel ve Gamma tipi dağılımlar bu sınıfa girmektedir.

3.2.1.4. Lognormal Dağılım

Lognormal dağılımda normal dağılımın aksine negatif değerler kullanılmamaktadır. Bu dağılım ekonomi verilerinin modellenmesinde daha çok kullanılmaktadır. Şekil 3.6'da Lognormal dağılımına ait $\mu = 2$, $\sigma = 0,5$ durumu için olasılık yoğunluk fonksiyonu grafiği verilmiştir.



Şekil 3.6. Lognormal dağılımının olasılık yoğunluk fonksiyonu ($\mu = 2, \sigma = 0,5$)

Lognormal dağılımının olasılık yoğunluk fonksiyonu ve dağılım fonksiyonu [33]:

$$f(x) = \frac{1}{x\beta\sqrt{2\pi}} \exp\left(\frac{-[(-\log(x/\alpha))]^2}{2\beta^2}\right) \quad (3.21)$$

$$F(x) = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \operatorname{erf}\left(\frac{(-\log(x/\alpha))}{\beta\sqrt{2}}\right) \quad (3.22)$$

şeklindedir. Lognormal dağılımının ortalama ve varyansı:

$$E(X) = e^{\frac{1}{2}\beta^2} \quad (3.23)$$

$$V(X) = \alpha\sqrt{(c^2 - c)}, \quad c = e^{\beta^2} \quad (3.24)$$

şeklinde elde edilir.

3.1.2.5. Frechet Dağılımı

Frechet dağılımı GUD dağılımının özel bir durumudur. GUD dağılımında şekil parametresi $\xi > 0$ olduğunda dağılım Frechet dağılımını göstermektedir. Frechet tipi dağılım fonksiyonu

kalın kuyruk özelliği göstermektedir. Cauchy, Pareto, t dağılımlarına ait modeller bu türdedir [29].

Dağılım ilk olarak 1927 yılında ismini aldığı Maurice Frechet tarafından tanımlanmıştır. Frechet dağılımı daha sonra 1928 yılında Gumbel ve 1958 yılında da Fisher ve Tippet tarafından geliştirilmiştir.

Frechet dağılımına ait dağılım fonksiyonu,

$$F(x) = e^{-x^{-\alpha}}, \quad x > 0, \alpha > 0 \quad (3.25)$$

şeklindedir. Burada konum parametresi μ (minimum) ve bir ölçek parametresi $\sigma > 0$ içerecek şekilde dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonu,

$$f(x) = \frac{\alpha}{\sigma} \left(\frac{x-\mu}{\sigma} \right)^{-1-\alpha} e^{-\left(\frac{x-\mu}{\sigma} \right)^{-\alpha}} \quad (3.26)$$

şeklinde elde edilir. Dağılıma ait beklenen değer ve varyans :

$$E[X] = \begin{cases} \mu + \sigma \Gamma\left(1 - \frac{1}{\alpha}\right) & , \alpha > 1 \\ \infty & , \alpha \leq 1 \end{cases} \quad (3.27)$$

$$V[X] = \begin{cases} \sigma^2 \left(\Gamma\left(1 - \frac{2}{\alpha}\right) - \left(\Gamma\left(1 - \frac{1}{\alpha}\right) \right)^2 \right) & , \alpha > 2 \\ \infty & , \alpha \leq 2 \end{cases} \quad (3.28)$$

şeklindedir.

3.2.1.6. Pareto Dağılımı

Pareto dağılımı adını çevre bilimci, ekonomist ve sosyalist Vilfredo Pareto'dan almaktadır. Pareto dağılımı çarpık ve kalın kuyruk özelliği göstermektedir. Dağılım isim babası Vilfredo Pareto tarafından ekonomide bireysel servet dağılımını ölçmek için kullanılmıştır. Dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonu, dağılım fonksiyonu, ortalama ve varyansı:

$$f(x) = \frac{\lambda \beta^\lambda}{x^{\lambda+1}}, \quad x > \beta > 0, \lambda > 0 \quad (3.29)$$

$$F(x) = 1 - \frac{\beta^\lambda}{x^\lambda}, \quad x > \beta > 0, \quad \lambda > 0 \quad (3.30)$$

$$E(X) = \frac{\lambda\beta}{\lambda-1}, \quad \lambda > 1 \quad (3.31)$$

$$V(X) = \frac{\beta^2\lambda}{(\lambda-1)^2(\lambda-2)}, \quad \lambda > 2 \quad (3.32)$$

şeklinde elde edilir.

3.3. ESAD Yöntemi ve GPD

Uç Değerler Teorisinde, araştırmacı tarafından belirlenen bir eşik değeri aşan gözlemler GPD kullanarak modellenmektedir. Herhangi bir istatistiksel analizde, parametre veya model belirsizliği gibi çeşitli sorunlar mevcut iken, UDT’de, bu belirsizlikler uç verilerin sıra dışı zamanlarda ortaya çıkmasından ötürü daha da artmaktadır. UDT örneklemedeki verilerin çoğunluğunu modellemek yerine kuyruk kısmını oluşturan uç değerlere odaklanmakta ve bu uç değerleri modellemeyi amaçlamaktadır. UDT esasında birbirinden bağımsız ve aynı dağılıma sahip raslantı değişkenlere ait maksimum ya da minimum değerlerin stokastik davranışları ile ilgilenir. Blok maksima yönteminde veri bloklara ayrıştırılmakta ve bloklardaki maksimum veya minimum değerlerin limit dağılımı belirlenmeye çalışılmaktadır. Blok maksima yöntemi pratik bir yol olmadığından Balkema, Haan ve Pickands (1975) bu modele alternatif olarak ESAD yöntemini geliştirmişlerdir [10]. GPD’de GUD dağılımından farklı olarak gözlemlerin en küçüğü veya büyüğüyle değil, belirlenen eşiği aşan gözlemlerle ilgilenilmektedir. ESAD yöntemi, uç değerlerden oluşan dağılımın kuyruk kısmının modellenmesinde kullanılır. ESAD yönteminde belirlenen bir eşik seviyesinin üzerindeki verilerin dağılımı GPD’ye uydurularak parametre tahminleri gerçekleştirilir.

ESAD yöntemi belirlenen yeterli büyüklükteki eşik değeri aşan gözlemlerin limit dağılımını bulmamıza yarayan bir yöntemdir. Yöntemde X_t , $t=1,2,\dots,n$ olan ve dağılım fonksiyonu $F(x) = P(X_t \leq x)$ şeklinde verilen raslantı değişkenlerinin önceden belirlenen bir eşikten yüksek olup olmadığına bakılmaktadır. Eşik noktasına u denilirse, $X_1, X_2, \dots, X_t > u$ olduğu durumda aşma söz konusudur.

Aşma durumunun sayısal ifadesi “aşma miktarı” $Y_i = X_i - u$ olarak tanımlanır. Artık yeni verilerimiz eşik seviyesini aşan X ’lerin aşım miktarlarını gösteren Y raslantı değişkenleridir.

Y raslantı değişkeninin dağılım fonksiyonu (eşik noktasını geçen X raslantı değişkeninin koşullu dağılım fonksiyonu) aşağıdaki gibidir:

$$F_u(y) = P(X \leq u + y \mid X > u) \quad , y > 0 \quad (3.33)$$

Eşitlik (3.33)'de X raslantı değişkeni, u eşik değeri olmak üzere,

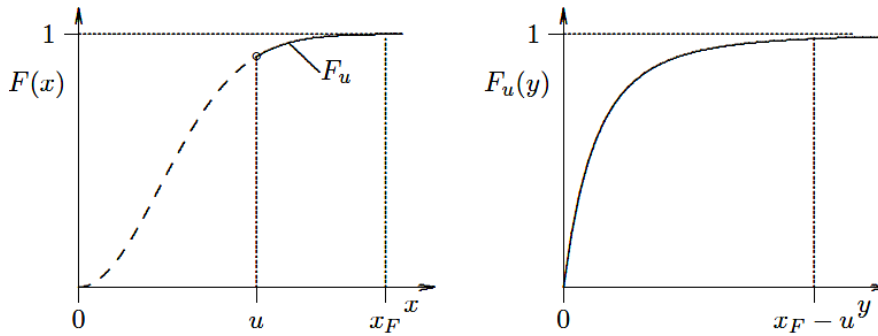
$$F_u(y) = \frac{F(y+u) - F(u)}{1 - F(u)} \quad , y > 0 \quad (3.34)$$

şeklindedir.

$X > u$ durumu için $x = y + u$ olur. Bu durumda aşağıdaki eşitlik elde edilir:

$$F(x) = [1 - F(u)]F_u(y) + F(u) \quad (3.35)$$

Eşitlik (3.35)'de $F(u)$, eşik seviyesinde F 'nin ampirik dağılımını ifade etmektedir. Şekil 3.7'de sırasıyla F dağılım fonksiyonu ve F_u koşullu dağılım fonksiyonuna ait grafikler verilmiştir.



Şekil 3.7. GPD'de F dağılım fonksiyonu ve $F_u(y)$ koşullu dağılım fonksiyonu

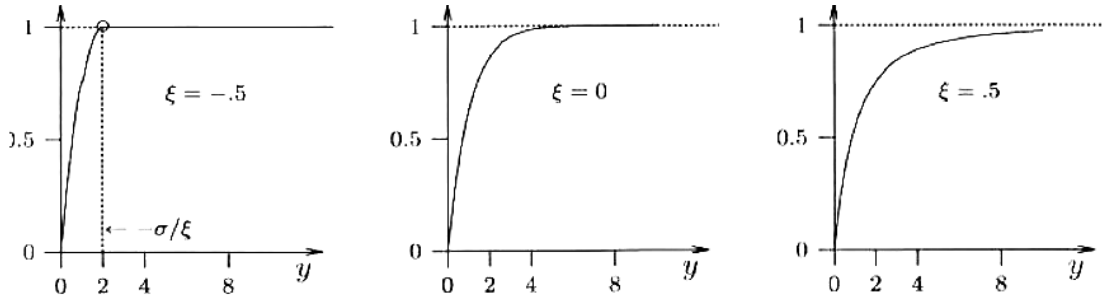
20. yüzyılın son çeyreğinde Balkema, de Haan ve Pickands tarafından ortaya konulan bu yöntemle göre yeterli büyüklükteki u eşiği için, aşım noktalarının dağılımı GPD'ye yakınsamaktadır. Fisher-Tippett Teoreminde veri önce bloklara ayrılıyor daha sonra bloklardaki maksimum ya da minimum değerlerin yakınsadığı limit dağılımı bulunuyordu. Verileri bu şekilde bloklara ayırmak ve blok maksimaları bulmak oldukça zahmetli bir iş olduğundan Balkema ve arkadaşları GPD'yi geliştirmişlerdir. GPD, $\sigma > 0$ durumu için:

$$u \rightarrow \infty, \quad F_u(y) \rightarrow G_{\xi, \sigma}(y)$$

$$G_{\xi, \sigma}(y) = \begin{cases} 1 - \left(1 + \frac{\xi}{\sigma} y\right)^{-\frac{1}{\xi}}, & \xi \neq 0 \\ 1 - e^{-\frac{y}{\sigma}}, & \xi = 0 \end{cases} \quad (3.36)$$

şeklinde elde edilir.

Eşitlik (3.36)'da ξ şekil parametresi, $\alpha = \frac{1}{\xi}$ kuyruk endeksi ve σ ölçek parametresi olarak adlandırılır. Görüldüğü üzere BDEB yönteminde şekil, ölçek ve konum parametreleri olmak üzere üç önemli parametre mevcutken, ESAD yönteminde şekil ve ölçek parametresi olmak üzere iki parametre bulunmaktadır. $\sigma = 1$ alındığında Genelleştirilmiş Pareto dağılımı bilinen Pareto dağılımına eşittir. Genelleştirilmiş Pareto Dağılımı, $\xi > 0$ durumunda $k > \frac{1}{\xi}$ için $E[X^k]$ sonsuzdur. Öneğin $\xi = 0.5$ ve $\xi = 0.25$ için GPD sonsuz varyansa sahiptir. Buda dağılımın kalın kuyruklu olduğunun bir göstergesi olarak kabul edilebilir. $\xi = 0$ için GPD, üstel dağılıma, $\xi < 0$ için ise Pareto II. tip dağılımına yakınsar [13]. Şekil 3.8'de farklı şekil parametreleri için $\sigma = 1$ durumunda GPD grafikleri verilmektedir.



Şekil 3.8. Genelleştirilmiş Pareto Dağılımı ($\sigma = 1$)

Görüldüğü üzere ξ şekil parametresi GPD'nin kuyruk özelliği hakkında yani dağılımın kalın kuyruklu mu ince kuyruklu mu olduğu hakkında bilgi vermektedir. ξ parametresi ne kadar büyükse dağılım o kadar kalın kuyruklu bir yapıya sahiptir [28].

$\xi > -0.5$ için Hosking ve Wallis en çok olabilirlik koşullarının sağlandığını ve tahmin edicilerin asimptotik olarak normal dağıldığını göstermişlerdir. Buradan, ξ 'nin yaklaşık olarak standart hataları en çok olabilirlikten sağlanabilmektedir [16].

Kuyruk tahmini için eşitlik (3.35)'de, u eşik değerinin yeterli büyüklükte olduğu durumda $F_u(y)$ GPD'ye $(G_{\xi, \sigma}(x))$ yakınsamaktadır. Burada $x = y + u$, $x > u$ durumu için eşitlikte $F_u(y)$ yerine GPD ve $F(u)$ olasılığı yerine $\frac{n-n_u}{n}$ yazılarak (3.39) numaralı eşitlikte gösterilen $F(x)$ 'in tahmin edicisini elde ederiz.

$$\hat{F}(x) = (1 - \frac{n-n_u}{n}) G_{\xi,\sigma}(y) + \frac{n-n_u}{n} \quad (3.37)$$

$$\hat{F}(x) = (\frac{n_u}{n}) G_{\xi,\sigma}(y) + \frac{n-n_u}{n} \quad (3.38)$$

$$\hat{F}(x) = 1 + \frac{n_u}{n} (G_{\xi,\sigma,\omega}(y-1)) \quad (3.39)$$

Buradan kuyruk tahmini,

$$G_{\xi,\sigma}(x) = 1 - (1 + \xi \frac{y}{\sigma})^{-1/\xi} \quad (3.40)$$

eşitliği verildiğinde,

$$\hat{F}(x) = 1 - \frac{n_u}{n} (1 + \hat{\xi} \frac{y}{\hat{\sigma}})^{-1/\hat{\xi}} \quad (3.41)$$

biçiminde elde edilir. Yukarıdaki eşitlikteki $\hat{\xi}$ ve $\hat{\sigma}$ sırasıyla şekil ve ölçek parametrelerinin en çok olabilirlik tahmin edicileri, n_u ise eşik değeri u 'yu aşan değerlerin sayısını göstermektedir.

GPD'deki şekil parametresi ξ ile GUD dağılımının şekil parametresi ξ aynıdır. Eşik seviyesi u , blok büyüklüğü n 'den bağımsızdır [29]. Bilindiği üzere ξ şekil parametresi hem GPD hem de GUD dağılımında dağılımın kuyruğunun yapısını hakkında bilgi sahibi olmamızı sağlar. GUD dağılımı $(H_{\xi,\mu,\sigma})$, blok maksima değerlerinin limit dağılımı iken, GPD $(G_{\xi,\sigma})$ önceden belirlenmiş bir eşik değeri (u) aşan verilerin limit dağılımıdır. GUD Dağılımı ile GPD arasında,

$\log H_{\xi,\mu,\sigma} > -1$ iken

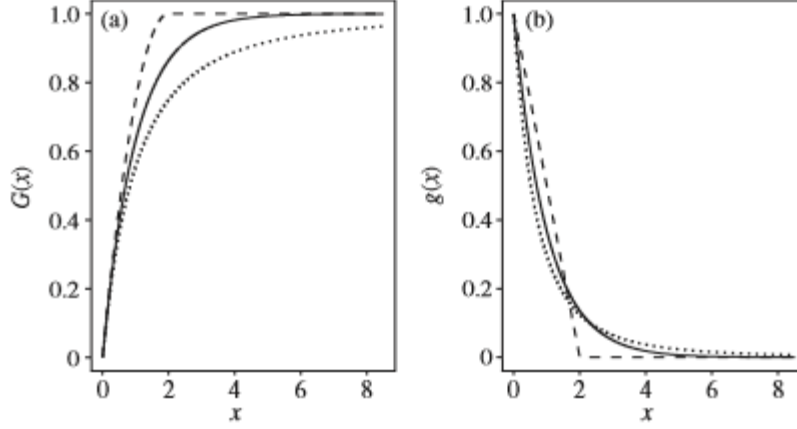
$$G_{\xi,\sigma} = 1 + \log H_{\xi,\mu,\sigma} \quad (3.42)$$

şeklinde bir ilişki vardır [13].

Bu durumda aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilir [9],

- $\xi = 0$ iken $H_{\xi,\mu,\sigma}$ Gumbell dağılımı, $G_{\xi,\sigma,\omega}$ Üstel dağılımlıdır,
- $\xi > 0$ iken $H_{\xi,\mu,\sigma}$ Frechet dağılımı, $G_{\xi,\sigma,\omega}$ Pareto dağılımlıdır,

- $\xi < 0$ iken $H_{\xi,\mu,\sigma}$ Weibull dağılımı, $G_{\xi,\sigma,\omega}$ Pareto II dağılımlıdır.
- $\xi = -1$ iken $G_{\xi,\sigma,\omega}$ Uniform dağılımlıdır.



Şekil 3.9. Farklı şekil parametreleri için GPD'nin olasılık yoğunluk fonksiyonu ve dağılım fonksiyonu

Şekil 3.9'da ölçek parametresi 1 iken farklı şekil parametreleri için GPD'nin dağılım fonksiyonu (solda) ve olasılık yoğunluk fonksiyonu (sağda) grafikleri verilmektedir. $\xi = 0$ durumu (GPD'nin Üstel dağılıma uyumu) düz çizgi ile gösterilmiştir. $\xi = 0.5$ durumu (GPD'nin Pareto dağılıma uyumu) noktalı çizgi ile gösterilmektedir. Son olarak kesik çizgi ile ifade edilen $\xi = -0.5$ durumu (GPD'nin Pareto II dağılıma uyumu) görülmektedir [10].

Her iki limit dağılım içinde şekil parametresi ξ 'nin değeri son derece önemli olup, UDT'de dağılımın çarpıklığı ve kuyruk şekli hakkında pratik bir şekilde bilgi sahibi olmamızı sağlar. ξ 'nin aşırı büyümesi dağılımın kuyruk kalınlığının artığının bir gösteresidir.

ESAD yönteminin aşamaları aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

1. X_1, X_2, \dots, X_n değerlerinden oluşan veri seti için yeterli büyüklükte bir eşik değeri (u) seçilir.
2. Belirlenen eşik değeri aşan değerler ($Y_j = X_i - u \geq 0$) belirlenerek yeni bir veri seti oluşturulur.

3. Belirlenen eşik değerini geçen veri sayısı olan n_u tespit edilir.
4. Oluşturulan yeni bir veri setinin limit dağılımının GPD dağılımı olduğu varsayımı altında GPD'nin parametreleri için uygun tahmin yöntemleriyle parametre tahminleri elde edilir.
5. Eşik değeri aşan verilerimizin GPD'ye uydurulmasında ve kuyruk şeklinin belirlenmesinde (ölçek parametresi σ , şekil parametresi ξ için $\hat{\sigma}$, $\hat{\xi}$ tahmin değerleri hesaplanır) kullanılan parametre tahmin yöntemleri şu şekilde sıralanabilir:
 - Pickands Yöntemi (PY)
 - En Çok Olabilirlik Yöntemi (EÇÖY)
 - Momentler Yöntemi (MY)
 - Olasılık Ağırlıklı Momentler Yöntemi (OAMY)
6. Eşik değerinden büyük x değerleri ($x > u$) için, F dağılımının kuyruk tahmini ($\hat{F}(x)$) hesaplanır.

3.4. GPD'de Eşik Değerin Tespit Edilmesi

ESAD yönteminde eşik değeri u 'nun belirlenmesi son derece önemlidir. Eşik değer belirlenmesinde araştırmacı BDEB yönteminde olduğu gibi yanlılık ve yüksek varyans arasında bir tercih yapmalıdır. Bunun sebebi küçük seçilen eşik değeri, çok sayıda eşik değeri geçen gözlem elde etmemize bu da yanlı tahmin ediciler elde etmemize sebep olacaktır. Aksine yüksek seçilen eşik değeri ise az sayıda eşik değeri geçen gözlem elde etmemize bu da tahmin edicilerin varyansının büyümesine neden olacaktır [29]. Bu nedenle, eşik değerin belirlenmesi için bazı yöntemler geliştirilmiştir. Klasik yöntemler grafiksel yöntemler olup bu yöntemler araştırmacıya veri hakkında bilgi sahibi olmada pratiklik sağlar. Bu yöntemlerin dezavantajı deneyim gerektirmesi ve veri seti büyük olduğunda çok zaman almasıdır [34]. Eşik değerin tahmininde kullanılan yöntemler çoğunlukla görsel yöntemler olmakla beraber en çok kullanılan iki yöntem, Hill tahmin yöntemi ve ortalama aşım grafiği yöntemidir. Bunların dışında parametre durağanlık grafiği ve Q-Q grafikleri de kullanılan diğer yöntemlerdir.

3.4.1. Ortalama Aşım Grafiği Yöntemi

Ortalama aşım grafiği yöntemi eşik değeri belirlenmesinde araştırmacılar tarafından çok sıklıkla tercih edilen bir metottür. Yöntem ortalama aşım fonksiyonu $e(u)$ 'nin GPD için doğrusal olmasına dayanmaktadır [35]. Başka bir ifadeyle $e(u)$ eşik değeri olan u değerinin üzerindeki doğrusal ortalama aşım grafiğidir.

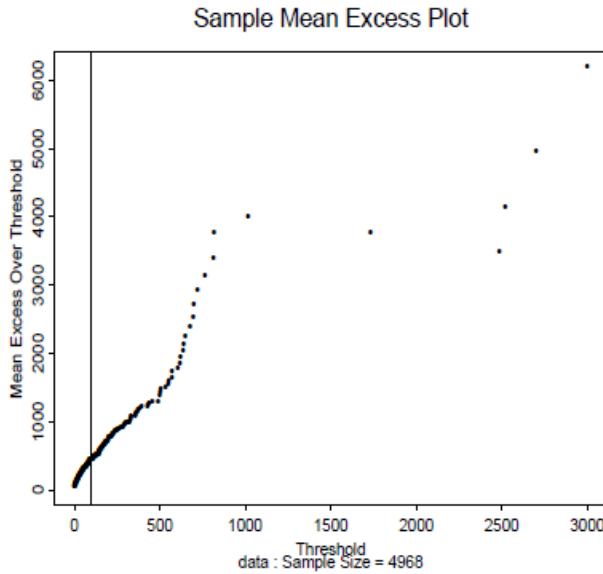
X_1, \dots, X_n raslantı değişkenleri ve u_0 eşik değeri olmak üzere,

$$e(u) = E(X - u_0 | X > u_0) = \frac{\sigma_{u_0}}{1-\xi}, \quad \xi < 1 \quad (3.43)$$

$u > u_0$ durumunda $e(u)$ aşağıdaki şekilde hesaplanır,

$$e(u) = E(X - u_0 | X > u_0) = \frac{\sigma_u}{1-\xi} = \frac{\sigma_{u_0} - \xi u}{1-\xi}, \quad \sigma_{u_0} - \xi u > 0 \text{ olduğu durumda.}$$

Burada σ_{u_0} , u_0 eşik noktasını aşan ölçek parametresidir. Buna ek olarak $E(X - u_0 | X > u_0)$, eşik değeri aşan değerlerin ortalamasıdır. Ortalama aşım grafiği, $e(u)$ ile u 'nun grafiğidir [36]. Veriler GPD'ye uygun ise u eşik noktasının grafiği eşik noktasından sonra hemen hemen sabit bir eğimle düz bir çizgiyi takip etmelidir. Grafiğin doğrusal olmaya başladığı yerde u eşik değeri belirlenebilir. Başka bir ifadeyle eşik değeri $x \geq u$ için Ortalama aşım grafiğini doğrusal yapan değer olarak belirlenir [10,33].



Şekil 3.10. Ortalama aşım grafiği örneği [36]

Şekil 3.10’da örnek büyüklüğü 4968 olan bir veri seti için ortalama aşım grafiği verilmiştir. Grafik çizilirken örnek veri seti için en büyük birkaç veri, şekli çarpıttığı için ihmal edilmiştir. Burada görüldüğü üzere sadece yüksek değerlerin küçük bir kısmı hariç tüm grafik yaklaşık olarak doğrusaldır. Bu durumda eşik değeri küçük seçildiğinde eşik değeri aşan değerlerin dağılımı GPD’ye uyacaktır. Bu örnekte farklı eşik değerleri için GPD’ye uyum analizleri yapılmış ve bunun sonucunda eşik değeri 100 olarak seçildiğinde GPD’ye uyumun eşik değeri 300 seçildiğinde elde edilen uyumdan çok daha iyi olduğu görülmüştür [37].

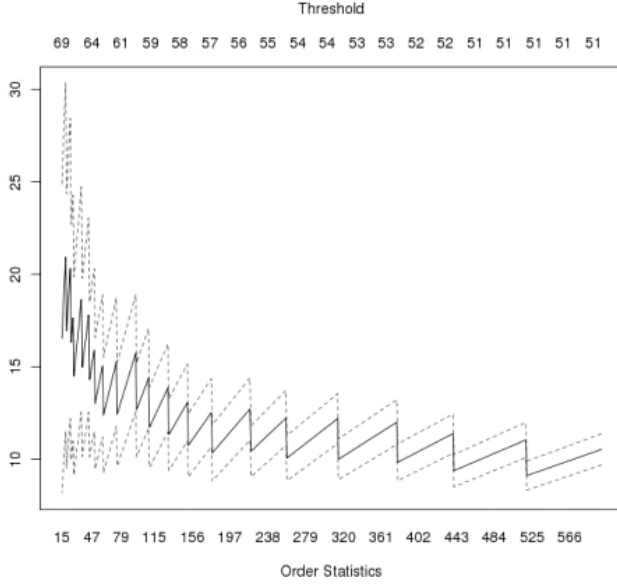
3.4.2. Hill Grafiği Yöntemi

Eşik değerin belirlenmesinde kullanılan bir diğer popüler yöntem 1975 yılında Hill tarafından geliştirilen Hill grafiği yöntemidir. Yöntem yukarıda belirtildiği üzere UDT’de ESAD yönteminde eşik değerin tespitinde kullanılmaktadır. Yöntem aynı zamanda UDT’de şekil parametresi tahmininde de kullanılmaktadır. Model için en uygun eşik değeri, çizilen Hill grafiğinde kuyruk endeksinin doğrusal olduğu bölgeye denk gelen değer olarak belirlenir [26].

X_1, X_2, \dots, X_n bağımsız ve aynı dağılımlı raslantı değişkenleri aldıkları değerlere göre $X_1 < X_2 < \dots < X_n$ olacak şekilde sıralandığında ξ için Hill tahmin edicisi eşitlik (3.44)’deki şekilde ifade edilir.

$$\hat{\xi} = \frac{1}{k} \sum_{i=j}^k \log X_{j,n} - \log X_{k,n} \quad (3.44)$$

Burada n örneklem büyüklüğünü, k aşım sayısını göstermektedir. Hill grafiği, verilerin kuyruk davranışının belirlenmesinde kullanılmaktadır [34].



Şekil 3.11. Eşik değeri belirlenmesinde Hill grafiği örneği

Şekil 3.11’de Hill grafiği ile örnek bir veri seti üzerinden eşik değeri belirlenmiştir. Bu örnekte eşik değeri eğrinin doğrusal olmaya başladığı 58 değeri olarak belirlenmiştir.

3.5. GPD’de Parametre Tahmini

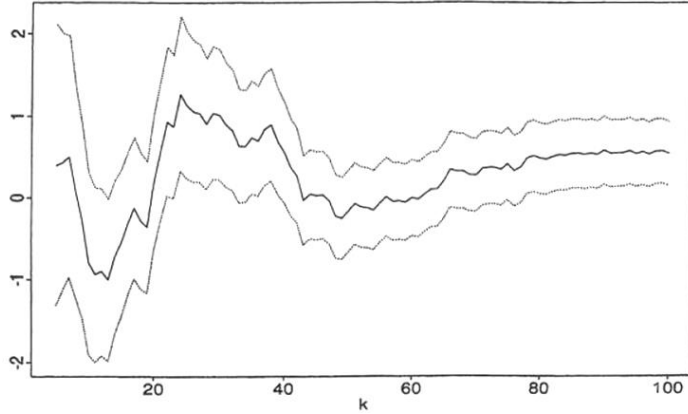
3.5.1. Pickands Tahmin Yöntemi (PY)

GUD dağılımı ve GPD’deki şekil parametresinin tahmin yöntemlerinden en eski ve en kolay olan metot Pickands tahmin yöntemidir ve 1975 yılında adını veren Pickands tarafından UDT’de kuyruk hareketini belirleyen şekil parametresi için geliştirilmiştir [38]. Şekil (ξ) parametresinin Pickands tahmin edicisinin asimptotik olarak normal ve tutarlı bir tahmin edicisidir [39]. Bilindiği gibi şekil parametresi ve dolayısıyla kuyruk endeksi, GUD dağılımı için dağılımın Frechet, Gumbel veya Weibull dağılımlarından hangisi yönünde hareket ettiğinin; GPD için ise Üstel, Pareto veya Pareto II dağılımlarından hangisine limit dağılım olarak yaklaştığının göstergesidir.

X_1, X_2, \dots, X_n bağımsız ve aynı dağılımlı raslantı değişkenlerine ait dağılımın şekil parametresi ξ ’nin Pickands yöntemi ile tahmini (3.45) numaralı eşitlikte görüldüğü gibidir.

$$\widehat{\xi}_{k,n}^{(P)} = \frac{1}{\ln 2} \ln \frac{X_{n-k+1} - X_{n-2k+1}}{X_{n-2k+1} - X_{n-4k+1}} \quad (3.45)$$

Burada k , n gözlem için dağılımın kuyruğunda yer alan gözlem sayısını göstermektedir. Pickands grafiği kullanılarak şekil parametresinin yaklaşık değeri görsel olarak bulunabilmektedir. Bunun için şekil parametresinin k eşik değerini aşan değerine göre, Pickands grafiği çizilerek grafiğin doğrusal olmaya başladığı yerde ξ şekil parametresinin hangi değere yakın olduğu belirlenebilir [35].



Şekil 3.12. Şekil parametresi için Pickands tahmin yöntemi grafiği örneği

Şekil 3.12’de k , belirlenen eşik değerini aşanların sayısı olmak üzere, Pickands yöntemine göre şekil parametresi tahmin grafiği görülmektedir. Burada şekil parametresi, grafiğin doğrusal olmaya başladığı değer olarak belirlenebilmektedir. Bu örnekte bu değer 0 ile -0.5 aralığında bir değer olduğu görülmektedir.

3.5.2. Olasılık Ağırlıklı Momentler Yöntemi (OAMY)

Olasılık ağırlıklı moment yöntemi ilk olarak 1979 yılında Greenwood vd. tarafından geliştirilmiş, 1985 yılında ise Hosking vd. tarafından UDT’ye uyarlanarak GPD parametrelerinin bu yöntem ile tahmin edilebileceği gösterilmiştir. Bu yöntem bilinmeyen dağılım parametrelerinin kütle momentleri ile tahmin edilebileceği temeline dayanmaktadır. GPD’nin olasılık ağırlıklı momentler tahmin edicileri, \hat{m}_1 ve \hat{m}_2 örnekleme ait birinci ve ikinci moment tahminlerini göstermek üzere aşağıdaki şekilde elde edilmektedir [40, 41].

$$\hat{\sigma} = \frac{2\hat{m}_1\hat{m}_2}{\hat{m}_1-2\hat{m}_2} \quad (3.46)$$

$$\hat{\xi} = 2 - \frac{\hat{m}_1}{\hat{m}_1-2\hat{m}_2} \quad (3.47)$$

3.5.3. Moment Yöntemi (MY)

Moment Yöntemi ilk olarak 20. Yüzyılın sonlarında Hosking ve Wallis tarafından önerilmiştir. Yöntemin UDT'ye uyarlanarak GPD parametrelerinin tahmini, verilerin ilk k momentinin örneklem momentine denk şekilde belirlenmesini içermektedir [42].

X_1, X_2, \dots, X_n bağımsız ve aynı dağılımlı raslantı değişkenlerine ait örneklem, örneklem ortalaması \bar{x} , varyansı s^2 olan GPD'den gelmiş olsun. Bu durumda GPD için moment tahmincileri :

$$\hat{\xi} = \frac{\left(\frac{\bar{x}^2}{s^2} - 1\right)}{2} \quad (3.48)$$

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{x} \left(\frac{\bar{x}^2}{s^2} - 1\right)}{2} \quad (3.49)$$

şekilde elde edilir.

3.5.4. En Çok Olabilirlik Yöntemi (EÇOY)

En Çok Olabilirlik Yöntemi ilk olarak 20. yüzyılın sonlarında Davison vd. tarafından geliştirilmiş ve UDT'ye uyarlanmıştır.

Belirlenen eşik değeri olan u değeri verildiğinde, bu eşik değeri aşan gözlemlerin dağılımı GPD olmak üzere, tek bir gözlem için, log-olabilirlik fonksiyonu [43],

$$\log f(x_i) = -\log(\sigma) - \frac{1+\xi}{\xi} \log \left(1 + \xi \left(\frac{x_i - u}{\sigma} \right) \right) \quad (3.50)$$

$$\log f(x_i) = -\log(\sigma) - \frac{1}{\sigma} \log(x_i - u) \quad , \xi = 0$$

n gözlem için log olabilirlik fonksiyonu,

$$l((\xi, \sigma); x_i - u) = -n \log(\sigma) - \left(\frac{1}{\xi} + 1 \right) \sum_{i=1}^n \left(1 + \frac{\xi}{\sigma} (x_i - u) \right) \quad (3.51)$$

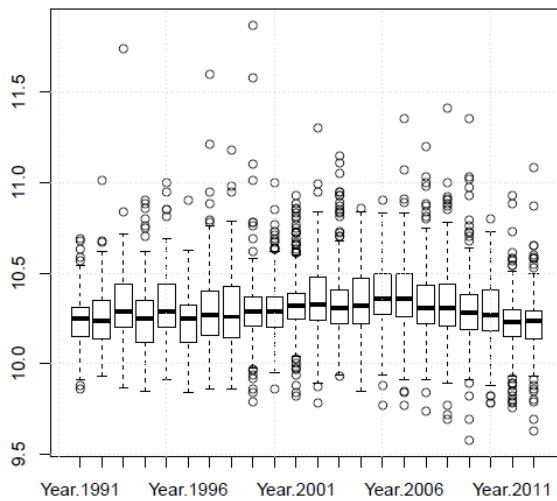
şeklinde elde edilir. Buradan şekil ve ölçek parametrelerinin en çok olabilirlik tahmin edicileri elde edilebilir. Bu şekilde şekil (ξ) ve ölçek (σ) parametreleri belirlenen uygun eşik değere göre en çok olabilirlik yöntemi ile hesaplanır[35].

1987 yılında Hosking vd. yaptıkları çalışmalarda, EÇÖY ve OAMY'yi karşılaştırmışlar ve bunun sonucunda küçük örneklem için şekil parametresi ξ 'nin $0 \leq \xi \leq 0.4$ aralığında olması durumunda OAMY ile yapılan tahminlerin hata kareleri ortalamasının daha düşük çıktığını görmüşlerdir. Bu çalışmaya göre örneklem büyüklüğü arttıkça iki yöntem arasındaki fark azalmaktadır. Ayrıca $\xi > 0.5$ durumunda kalın kuyruklu dağılımlarda EÇÖY daha uygun olduğunu tespit etmişlerdir [9]. Uygulamada EÇÖY daha yaygın olarak kullanılmaktadır.

4. SAYISAL ÖRNEK

Çalışmanın bu bölümünde Uç Değerler Teorisinin spor üzerine yapılmış bir uygulaması incelenecektir [44]. Atletizm alanında 100 metre yarışları en popüler ve prestijli spor dalıdır. Seksenlerin ünlü sürat koşucusu Carl Lewis nasıl hala hatırlanıyorsa, günümüzde 2009 yılında 9.58 saniye ile dünya rekorunu elinde tutan Usein Bolt'da 100 metre yarışlarına damga vurarak adını altın harflerle yazdırmış ve popülerliğini halen korumaktadır. Dolayısıyla bu alandaki kayıtlar İstatistik dahil birçok alanın dikkatini çekmektedir. Bir atletin 100 metre mesafeyi en kısa zamanda koşma olasılığı UDT ile yakından ilişkilidir.

Uygulamada mümkün olduğunca homojen bir atlet popülasyonu oluşturulmuş ve uygulamanın sonuçlarını saptırabilecek potansiyel değişkenler kontrol altına alınmıştır. Sonuç olarak popülasyondan 1184 tane erkek atlet seçilmiş ve bu atletlerin 1991-2012 yılları arasında elde ettikleri 100 metre rekorları ondalıklı olarak (virgülden sonra son iki hane alınmıştır) kaydedilmiştir. 1991 yılından öncesi için de veriler mevcut olmasına rağmen Vicente [44], başlangıç noktası olarak 1991 yılı olmasına karar vermiştir. Uygulama verisi 1184 atletin yıl başına mevcut bir adet rekoru alınarak 1991-2014 yılları için elde edilmiştir. Eğer bir atletin aynı yılda birden fazla kaydı bulunuyor ise bu durumda o yılki en iyi zaman (yani en düşük kayıt) alınmıştır. Bu şekilde aynı yıl aynı atlete ait kayıtlarda oluşacak korelasyondan kaçınılmıştır. Şekil 4.1'de verilen örnek verilere ait kutu grafiğine bakıldığında; durağanlık koşulu göz ardı edilerek atletlerin koşu zamanlarında azalan (atletlerin performansı açısından artan) bir eğilim olduğu görülmüştür.



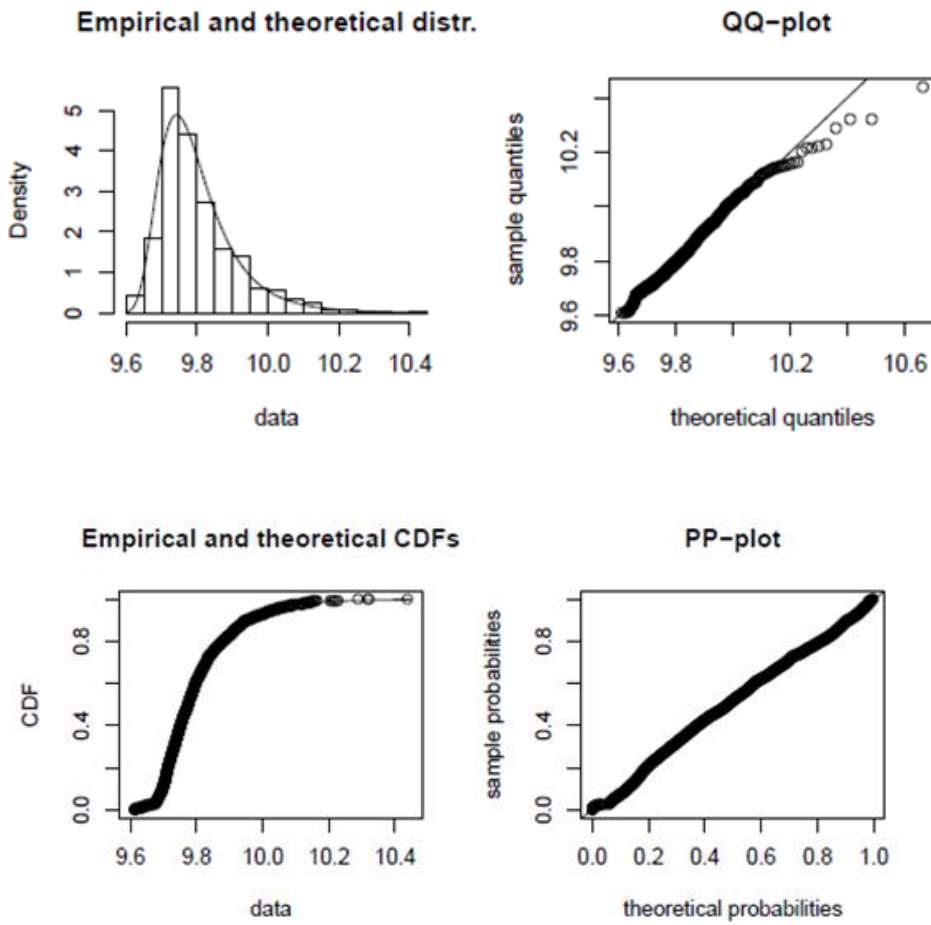
Şekil 4.1. 100 metre koşu verilerine ait kutu grafiği

Uygulamada maksimum uç değerler ile ilgilenildiği için veriler aşağıdaki şekilde dönüştürülmüştür:

$$l_i = \frac{100}{t_i}, \quad i = 1, 2, \dots, 1184.$$

Burada l_i hızı, t_i ise düzeltilmiş zamanı göstermektedir. Bu dönüşüm sayesinde analizde atlete ait en düşük zamanı seçtiğimizde, atletin 100 metrede elde ettiği en yüksek koşu kaydına ulaşılacaktır.

BDEB yöntemi için blok uzunluğu bir yıl olarak alındığında elde edilen grafikler ve parametre tahminleri şu şekildedir,



Şekil 4.2. BDEB yöntemi için elde edilen grafikler

Şekil 4.2’de verilen BDEB yöntemine göre elde edilen grafikler incelendiğinde, ampirik ve teorik yüzdeliklerin birbiriyle uyumluluğunu gösteren Q-Q grafiği ağırlıklı olarak doğrusal model sergilemektedir. Buradan örnek dağılımının GUD’ye uyduğu anlaşılmaktadır.

Burada grafiğin üst kısmında hafif sapma görülmektedir. Bunun sebebi veri alanındaki büyük değişkenliktir.

BDEB yöntemi için OAMY ve EÇÖY göre elde edilen şekil ($\hat{\xi}$), konum ($\hat{\mu}$) ve ölçek ($\hat{\sigma}$) parametreleri tahmin değerleri Çizelge 4.1’de görüldüğü gibidir.

Çizelge 4.1. BDEB yöntemi için parametre tahminleri.

Tahmin Yöntemi	$\hat{\xi}$	$\hat{\mu}$	$\hat{\sigma}$
EÇÖBY	0.1064495	9.750348	0.07570596
OAMY	0.1398049	9.748983	0.07337964

EÇÖY’ye göre parametreler için elde edilen güven aralıkları, (95%)

Çizelge 4.2. EÇÖY tahmin edicileri için güven aralıkları

	Alt Sınır	Üst Sınır
$\hat{\mu}$	9.7455725	9.7551860
$\hat{\sigma}$	0.0722167	0.0794508
$\hat{\xi}$	0.0664785	0.1480332

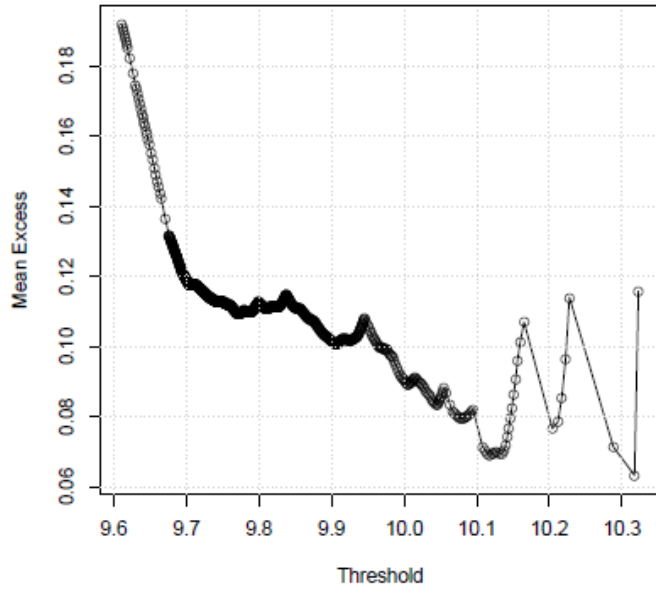
şeklindedir. Şekil parametresinin tahmin değeri $\hat{\xi} > 0$ olduğundan örnek dağılımı kalın kuyruklu dağılım olan Frechet dağılımına benzemektedir. ξ şekil parametresinin EÇÖY’ye göre elde edilen güven aralığı “0” değerini içermemektedir bu da dağılımın Gumbel modeline uygun olmadığını göstermektedir.

$\xi > 0$ iken uygun bir uç yüzdeliğin aşılma olasılığı hesaplanabilmektedir. Örneğin, Jamaikalı Usain Bolt’a ait olan son rekor 9.58 saniye idi bu da yaklaşık olarak maksimum koşu hızını 10.438m/s yapmaktadır. $P(Y > 10.438)$ olasılığını EÇÖY ve OAMY tahmin edicileri ile bulmak istediğimizde aşağıdaki sonuçları elde ederiz,

EÇÖY: $P(Y > 10.438) = 0.0017370$

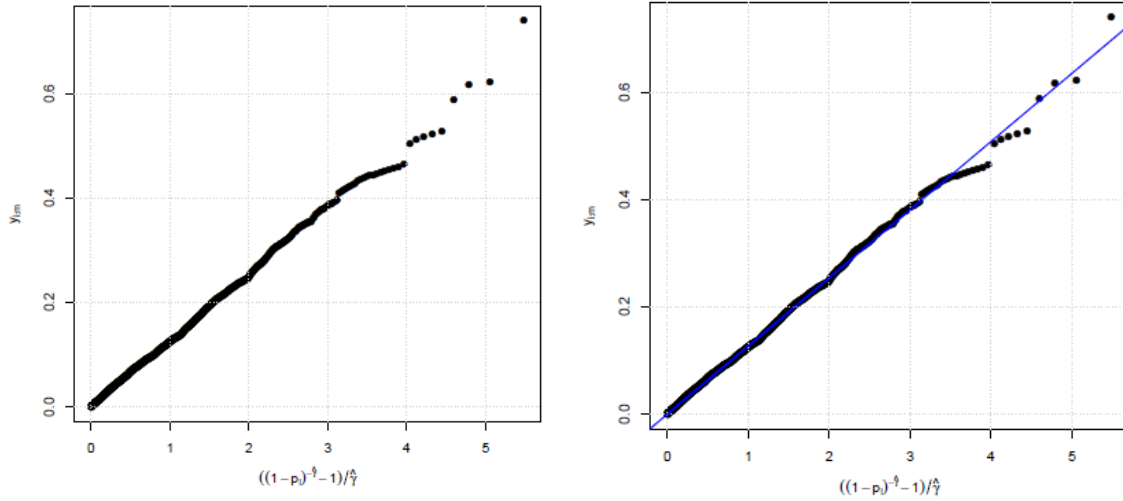
OAMY: $P(Y > 10.438) = 0.0024828$

100 metre verileri için GPD'ye uyumun araştırıldığı ESAD yöntemine göre elde edilen grafikler ve parametre tahminleri şu şekildedir:



Şekil 4.3. 100 metre verisi için ortalama aşım grafiği

Şekil 4.3'de verilen ortalama aşım grafiğine bakılarak eşik değeri 9.7 olarak belirlenmiştir. Buna göre 9.7 değerini aşan veriler GPD'ye uymaktadır.



Şekil 4.4. 100 metre verisi için 1051 adet aşımla GPD'ye uygunluğunun Q-Q grafiği

Şekil 4.4’de 100 metre verileri için 1051 adet aşımınla GPD’ye uygunluğunun Q-Q grafiği verilmektedir. Grafikler incelendiğinde solda uyum çizgisi ile verilen grafikte eşik değeri aşan verilerin çok küçük sapmalarla birlikte GPD’ye uyduğu görülmektedir.

EÇÖY ve OAMY’ye göre elde edilen GPD parametre tahminleri aşağıda verilmektedir,

Çizelge 4.3. EÇÖY ve OAMY tahmin edicileri

Tahmin Yöntemi	$\hat{\xi}$ (şekil)	$\hat{\sigma}$ (ölçek)
EÇÖY	-0.0951046	0.1303735
OAMY	-0.1085283	0.1319759

Burada OAMY’ye ait tahminlerle EÇÖY’ye ait parametre tahminleri birbirlerine çok yakındır. Yeterli büyüklükte örneklem seçildiğinde iki yöntemde sağlıklı sonuçlar vermektedir. GUD dağılımı ve GPD parametrik yaklaşımlarında benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Çalışmayı istatistiksel model seçiminde kullanılan üç tane en sık kullanılan uyum iyiliği testleriyle bitirecek olursak, yokluk hipotezinin üstel dağılıma uygunluğu araştıran Kolmogorov-Smirnov testi sonucu,

Kolmogorov –Smirnov İstatistiği: 0.0348079

GPD’ye uygunluğu araştıran Cramer-von Mises ve Anderson-Darling istatistikleri,

Cramer-von Mises İstatistiği: 0.0896070

Anderson-Darling İstatistiği: 0.5375702

şeklinde elde edilmiştir.

Bu sonuçlara bakıldığında verilerin üstel dağılıma uyduğu söylenebilir ($p > 0.05$).

5. UYGULAMA

Deprem, insan hayatını sosyal ve ekonomik olarak etkileyen en önemli doğal afetlerden birisi olarak kabul edilebilir. Bu sebeple üzerine birçok bilimsel araştırma yapılmış bir konudur. Gerek uluslararası gerekse ulusal çerçevede depreme yönelik yürütülen çalışmalarda ekonomik imkanlar dahilinde can kayıplarının önlenmesi amacıyla bilimsel açıdan önemli mesafeler kat edilmiştir. Ülkemizde ise 1999 yılında yaşanan Gölcük depremi, depreme karşı bilimsel ve sistematik olarak yaklaşma noktasında milat olarak kabul edilebilir. Gölcük depremi, kaybedilen on binlerce insan hayatı ile birlikte telafisi uzun zaman alan ekonomik kayıplara da sebebiyet vermiştir. Gerek ölüm sebebiyle sosyal açıdan, gerekse ekonomik olarak ülke vatandaşlarının hayatını bölgesel ya da ulusal düzeyde devam ettirme noktasında göz ardı edilemez etkileri bulunmaktadır. Her ne sebeple olursa olsun deprem sonrası her türlü kaybın ülkeye derin ve telafi edilemez hasarlar bıraktığı açık bir gerçek olarak ülke gündeminde yerini korumaktadır.

Bu noktada, depreme karşı iki türlü tedbir almak söz konusudur. Birincisi riskin gerçekleşikten sonra uygulanabilecek tedbirler (lojistik destek, arama kurtarma hizmetleri gibi), ikincisi ise deprem riskinin gerçekleşmesi durumunda hasarın minimize edilmesini sağlayacak altyapı tedbirleri olarak ifade etmek mümkündür. Her iki önleminde riskin gerçekleştiği anda en iyi şekilde uygulanması riskten kaynaklanan kayıpları minimize etmede önemli yapı taşları olmaktadır.

Türkiye'nin yaşamış olduğu 1999 yılı Gölcük depremi sonrası ekonomik kayıpların telafi edilmesi uzun bir zaman almıştır. Bu kapsamda, deprem riskine bağlı hasarların oluşmasını önlemek ve oluşan hasarları minimuma indirmek için Ulusal Deprem Stratejisi ve Eylem Planı (UDSEP) hayata geçirilmiştir [45]. İlgili strateji belgesi 2023 yılı hedefleriyle uygulamaya geçirilmiştir. Görüldüğü üzere, depreme yönelik olarak alınabilecek tedbirlerin zaman planlaması uzun vadeli olmaktadır. Dolayısıyla deprem riskinin en azından tahmin edilebilir bir zaman aralığında olması, alınacak tedbirleri planlamada da önemli faydalar sağlayacaktır.

Tüm bu anlatılanlar çerçevesinde, UDT deprem riskinin gerçekleşme olasılığını araştırmada önemli bir model olarak karşımıza çıkmaktadır. UDT, geçmiş veriler ışığında olası deprem şiddeti ve zaman aralığı noktasında ileri düzeyde tahmin yürütülmesine olanak sağlamaktadır. Bu modelin uygulanabilirliği geleceğe yönelik kısa, orta ve uzun vadeli planlama yapma açısından kritik bir öneme sahiptir.

Bu çalışma ile Türkçe literatürde yeni olan bu konunun deprem riski açısından değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Depreme karşı alınan somut önlemler kadar depremin tahmin edilebilirliği de bir o kadar önem taşımaktadır. Bu bağlamda, sırasıyla; afet türü olarak deprem ve Türkiye’de yaşanan depremler, alınabilecek tedbirler ve UDT’nin deprem verileri üzerinde uygulanması ve elde edilen bulguların anlatımı yapılacaktır.

5.1. Afet Türü Olarak Deprem ve Ekonomik Etkisi

Doğal afet olarak depremin yıkıcı etkisi üst düzeyde olabilmektedir. Deprem yaratabileceği can kaybı ve hasar nedeniyle ciddiye alınması gereken doğal bir olaydır. Doğal afetlerin genelinde doğrudan ve dolaylı olmak üzere iki tür etki meydana gelmektedir. Bu bölüme verilebilecek en iyi örnek 1999 Gölcük depreminin bırakmış olduğu fiziki ve sosyo-ekonomik hasardır. Yaklaşık olarak o dönemin ekonomik verileri ışığında 16 ila 20 milyar \$’lık bir hasar meydana gelmiş, bu rakam ise o dönemin GSYİH’nın %7 ila 9’una denk gelmektedir. Rakamlardan da anlaşılacağı üzere afetlere karşı alınabilecek tedbirlere yapılacak harcamalar riskin meydana gelmesinde oluşturacağı hasarı telafi etmede kritik öneme sahip olmaktadır [46].

Depremlerin yarattığı doğrudan ve dolaylı etkilerin sonucu ortaya çıkan ikincil etkilerin ortadan kaldırılması ya da etkilerinin hafifletilmesi gerekli önlemlerin alınması ile mümkündür. Depreme karşı insanların bilinçli davranış göstermesi bu yıkımların etkilerini azaltmada başarılı olunmasını sağlamaktadır.

5.2. Türkiye’nin Doğal Afetler ve Deprem Yönünden Analizi

Türkiye bilindiği üzere sık sık deprem yaşayan bir ülkedir. Bu çerçevede konunun öneminin anlaşılması açısından depreme yönelik bilgi paylaşılması faydalı olacaktır.

Doğal afetler, bilindiği üzere, sel, toprak kayması gibi çok çeşitlilik göstermektedir. Bu afetler içerisinde depremler ayrı bir önem arz etmektedir.

Çizelge 5.1’de depremlerin neden ayrı bir öneme sahip olduğunu özetlemektedir:

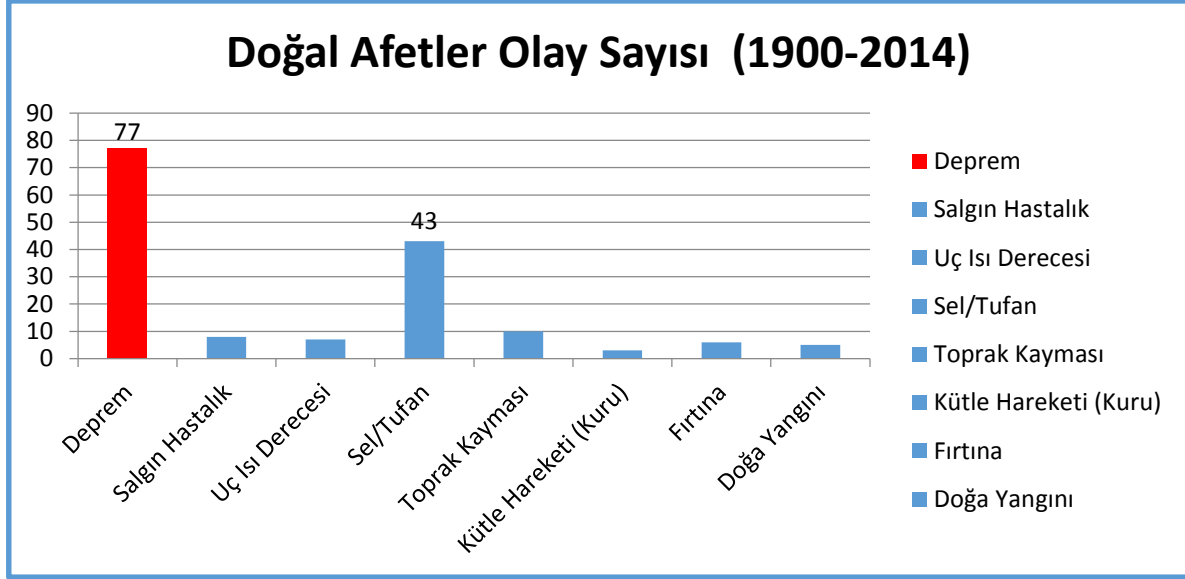
Çizelge 5.1. Afet türlerine göre Türkiye’nin profili (1900-2014) [47]

Afet Türü	Afet Türü (Alt Başlık)	Olay Sayısı	Toplam Ölüm Sayısı	Toplam Etkilenen Sayısı	Toplam Maddi Hasar (Bin Amerikan Doları)
Deprem	Yer Hareketi	77	89.236	6.924.329	24.685.400
Salgın Hastalık	Bakteriyel	1	11	150	-
	Virütik	5	602	104.705	-
	Parazit (Asalak)	2	-	100.000	-
Uç Isı Derecesi	Sert Kış Soğukları	2	17	8.150	-
	Soğuk Hava Dalgası	3	69	-	-
	Sıcak Hava Dalgası	2	14	300	1.000
Sel/Tufan	Su Baskını	10	243	1.341.382	1.892.000
	Nehir Taşması	18	202	64.521	238.500
	Diğer	15	946	372.620	65.000
Toprak Kayması	Toprak Kayması	10	293	13.481	26.000
Kütle Hareketi (Kuru)	Çığ	3	407	1.075	-
Fırtına	Konvektif Fırtına	6	51	13.636	2.200
Doğa Yangını	Orman Yangını	5	15	1.150	-

Çizelge 5.1 incelendiğinde afet türlerinin oldukça çeşitli olduğu görülmektedir. Uluslararası sınıflandırmaya uygun olarak doğal afetler; deprem, salgın hastalık, uç ısı derecesi, sel/tufan, toprak kayması, kütle hareketi (kuru), fırtına ve doğa yangını şeklinde alt bölümlere ayrılmıştır. Ayrıca her bir ayırım, ihtiyaca göre alt başlıklar olarak da bölümlere ayrılmıştır. İlgili sınıflandırmaya göre her bir doğal afet olay sayısı, ölüm sayısı, doğal afetten etkilenen sayısı ve toplam maddi hasar parametreleri açısından ele alınmıştır.

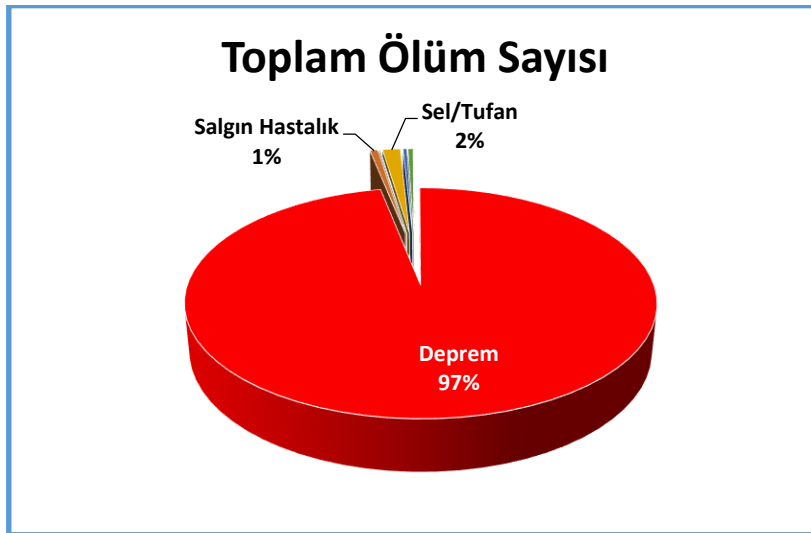
Çizelge 5.1’de yer alan değerler incelendiğinde, 1900-2014 yılları aralığında meydana gelen depremleri (en az 10 kişinin ölü kaydedildiği, en az 100 kişinin etkilendiği, uluslararası yardım alınan) kapsayan deprem sayısının her parametrede birinci sırada yer aldığı görülebilmektedir. Daha açık ifade edilebilmesi açısından aşağıdaki afet sayısı, toplam ölüm

sayısı ve toplam maddi hasar açısından doğal afetlerin kıyaslandığı grafiklere bakılması gerekmektedir.



Şekil 5.1. Türkiye’deki doğal afet olay sayıları [47]

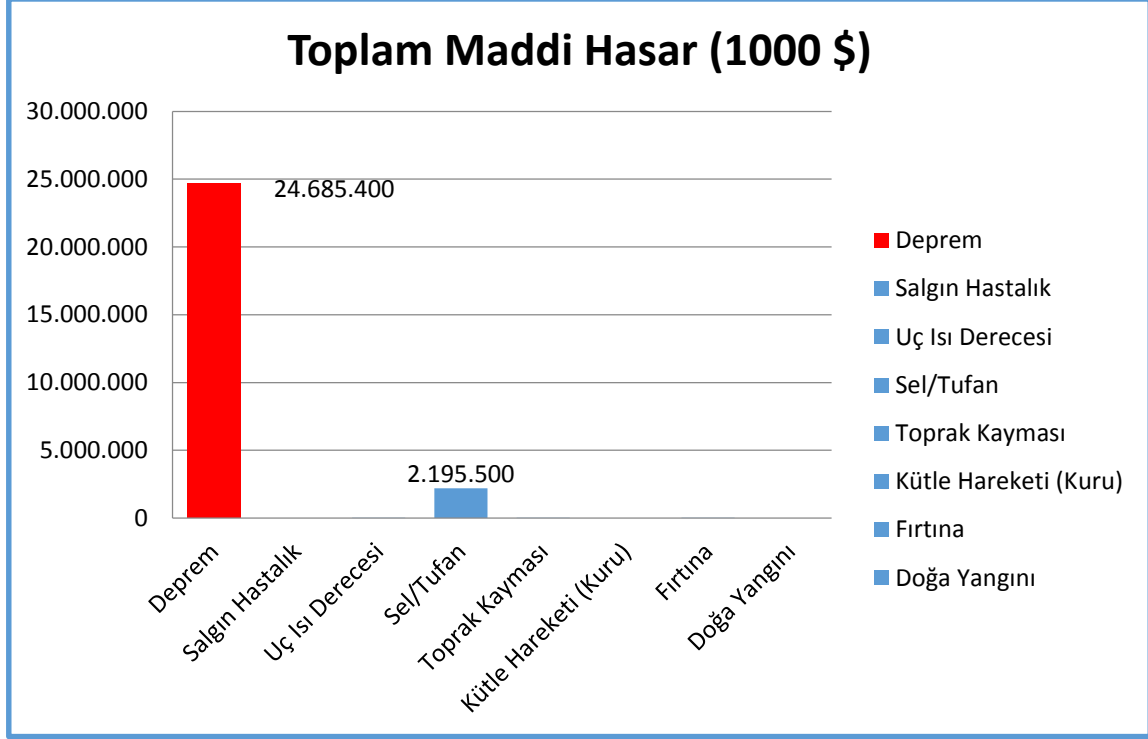
Şekil 5.1’de 1900 yılından 2014 yılına kadar Türkiye’de gerçekleşen doğal afetlerin meydana gelme sayısı incelendiğinde deprem kaynaklı doğal afet sayılarının açık ara (77 olay) önde yer aldığı görülmektedir. Depreme en yakın doğal afet ise 43 olay sayısı ile sel/tufan olmaktadır.



Şekil 5.2. Türkiye’deki afet türlerine göre ölüm oranları (1900-2014)

Doğal afetler ile ilgili ikinci grafikte ise; 1900-2014 yılları arasında toplam ölüm sayısı bakımından afet türleri birbirleri ile kıyaslanmıştır. İlgili grafikte ölümlerin %97’sinin depremden kaynaklandığı ve yalnızca %3’lük kısmın diğer afet türlerinden kaynaklandığı

görülmektedir. Özellikle bu grafik deprem konusu üzerinde neden ayrıca durulması gerektiğini gösteren önemli bir göstergedir.



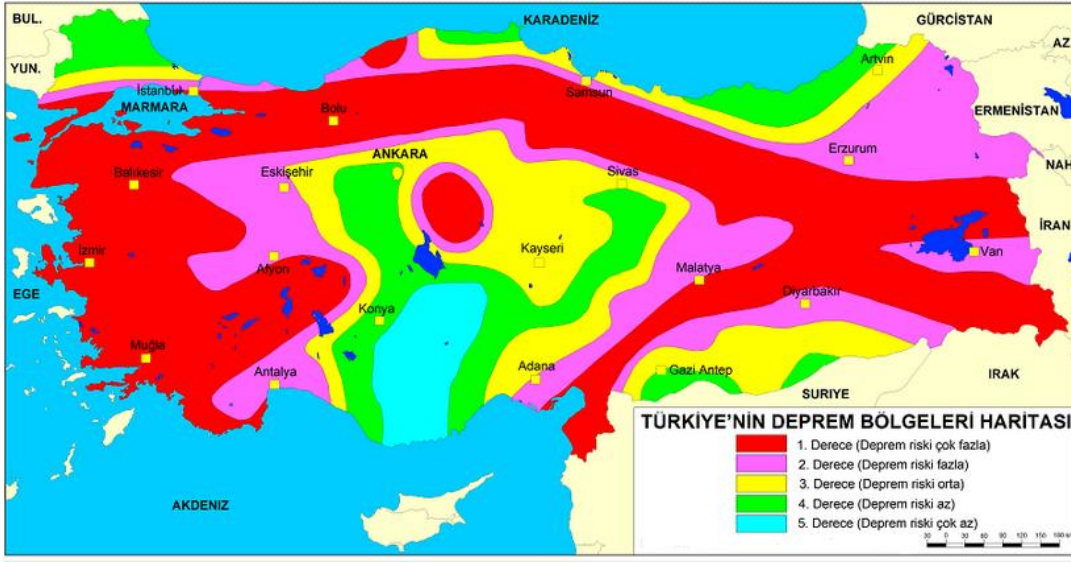
Şekil 5.3. Türkiye’deki afet türlerine göre meydana gelen toplam maddi hasarlar(1900-2014) [47]

Şekil 5.3’te ise; 1900 ile 2014 yılları arasında Türkiye’de meydana gelen doğal afetlerin meydana getirmiş olduğu maddi hasarlar gösterilmiştir. Diğer parametrelerde olduğu gibi bu grafikte de depremden kaynaklanan maddi hasar tutarı oldukça yüksek bir düzeydedir (24 milyar 685 milyon 400 bin Amerikan doları (\$)). Bu grafikte depremin ortaya çıkardığı yüksek maddi hasara vurgu yapmaktan ziyade depreme karşı alınabilecek önlemlerin maliyet unsuru olarak görülmemesi gerektiği ve daha az harcama ile maddi risklerin azaltılabileceğinin gösterilmesi amaçlanmıştır.

5.3. Türkiye’nin Deprem Haritası ve Türkiye’de Meydana Gelen Depremler

Türkiye’de özellikle 1990’lı yıllar ve devamında depreme yönelik olarak ciddi çalışmalar yürütülmektedir. Bunlardan bir tanesi de Bakanlar Kurulu kararı ile uygulamaya alınmış olan Deprem Bölgeleri Haritasıdır [48]. Harita yakından incelendiğinde Türkiye’nin deprem riski açısından 5 dereceye ayrıldığı ve en yüksek risk düzeyine sahip birinci derece deprem bölgelerinin kırmızı ile boyandığı görülmektedir. Sadece birinci risk bölgelerine

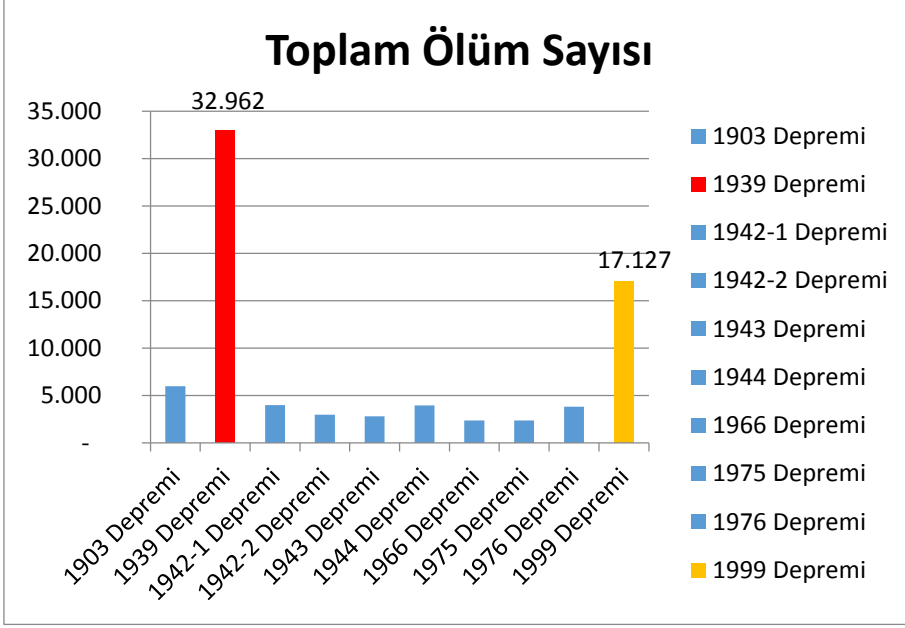
bakıldığında bile Türkiye'nin geniş bir coğrafyasının ve ekonomik olarak önemli sanayi bölgelerinin yüksek risk ile karşı karşıya olduğu görülmektedir.



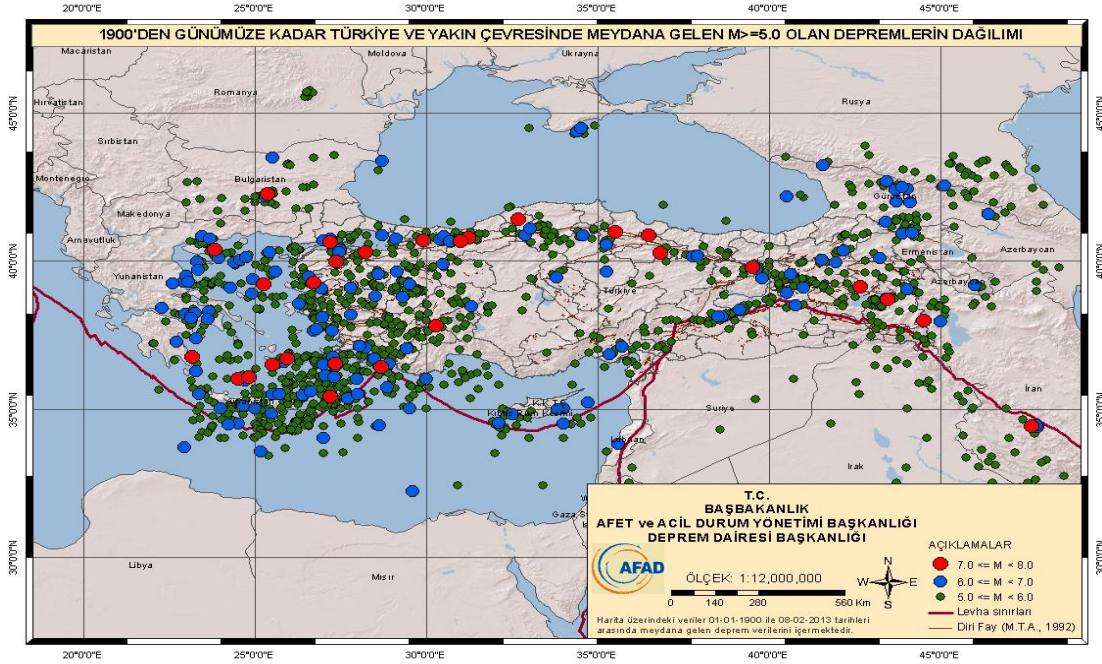
Şekil 5.4. Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası

5.4. Türkiye'de meydana gelen önemli depremler

Deprem Dairesi Başkanlığı verilerine göre Türkiye'de 1900 yılından bugüne kadar 48 adet hasar yapan büyük deprem meydana gelmiştir. Bu depremler sonucu ciddi boyutta can ve mal kaybı meydana gelmiştir. Şekil 5.5'te ülkemizde meydana gelen depremler ve neden oldukları toplam ölüm sayıları verilmektedir. Buradan 32.962 ölüm ile en çok can kaybının 1939 yılında meydana gelen 7.9 büyüklüğündeki Erzincan depreminde olduğu görülmektedir.



Şekil 5.5. 1903-1999 yılları arası depremlerde meydana gelen toplam ölüm sayısı



Şekil 5.6. Türkiye ve yakın coğrafyasında meydana gelen depremler (1900-2010)

Şekil 5.6'da 1900 ile 2010 yılları arasında meydana gelen 5 ve üzeri büyüklükteki depremler görülmektedir. Özellikle kırmızı ile belirtilen deprem bölgeleri fay hatlarının hareketleri açısından ve yüksek risk açısından önceki haritaya benzer şekilde bir görünüm sergilemektedir. Bununla birlikte bulunduğumuz coğrafyada özellikle batıda olmak üzere oldukça yüksek sayıda yer hareketliliği olduğu ve şiddeti yüksek depremlerin de bu bölgelerde yoğunlaştığı görülmektedir. Tüm anlatılanların özeti olarak, depremin her

yönüyle önemli bir gerçek olduğu bu gerçeğe yine bilimsel olarak yaklaşılması ile kalıcı çözümlerin üretilebileceği düşünülmektedir.

5.5. Uç Değerler Teorisinin Çeşitli Büyüklükteki Türkiye Deprem Verilerine Uygulanması (1900-2014)

Uç değerler teorisinin deprem üzerine uygulanması da yine bu noktada önemli bir bilimsel yaklaşım olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu bölümün devamında UDT'nin Türkiye'de meydana gelen 1900 ve sonrası yıllarda meydana gelen depremler üzerine yürütülen çalışması anlatılacaktır. UDT deprem verileri uygulamasının, geçmiş veriler ışığında olası büyük şiddette depremler hakkında bilgi sahibi olmamızı ve belli bir aralıkta tahmin yürütmemize imkân sağlaması planlanmaktadır.

Uygulamada günümüzde popüler olan hidroloji, meteoroloji ve finans üzerine yapılan uygulamaların aksine Türkçe literatürde daha önce bulunmayan UDT'nin deprem verileri üzerine analizi yapılmıştır. Veriler Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Deprem İzleme Merkezinden elektronik ortamda alınmış olup 1900-2014 yıllarını kapsamaktadır. Çalışmamızda kullanıcı dostu bir ara yüze sahip R programının büyük doğa olayları için tasarlanmış Extreme Toolkit ara yüzü kullanılmış olup çeşitli deprem büyüklükleri için BDEB yöntemi ve ESAD yöntemine göre parametre tahminleri bulunarak örnek dağılımların kuyruk özellikleri hakkında bilgi edinilmiştir. Uygulamada 1900-2014 yılları arasında 5.0 ve üzeri deprem verileri ile 4.5 ve üzeri deprem verileri olmak üzere iki veri seti üzerinde UDT analizleri yapılacak ve sonuçlar karşılaştırılacaktır.

- 1900-2014 yılları 5.0 ve daha büyük şiddetteki deprem verileri için analiz aşamaları,

1081 adet veri incelendiğinde,

Minimum Değer : 5.0

1. Çeyreklik : 5.2

Medyan : 5.3

Ortalama : 5.4

3. Çeyreklik : 5.6

Maksimum Değer : 7.9

elde edilmiştir.

GUD dağılımının parametrelerinin elde edilebilmesi için kullanılan BDEB yönteminde blok büyüklüğü olarak yıllar seçilmiştir. GUD dağılımının parametrelerinin EÇOY'ye göre sırasıyla şekil, konum ve ölçek parametreleri tahmin değerleri çizelge 5.2'de görüldüğü gibidir:

Çizelge 5.2. GUD dağılımı parametre tahminleri

Tahmin Yöntemi	$\hat{\xi}$	$\hat{\mu}$	$\hat{\sigma}$
EÇOY	0.2793572	5.2433365	0.2474985
Standart Hata	0.0333227	0.0096258	0.0080313
Z	8.38	544.72	30.82

Log-olabilirlik Değeri : 310.0999

Burada şekil parametresi $\hat{\xi} > 0$ olduğundan örnek dağılımımızın kalın kuyruklu dağılım olan Frechet dağılımına uyduğu anlaşılmaktadır.

Parametre tahminlerine ait kovaryans matrisi ve model seçim yöntemlerinden Akaike bilgi kriteri (AIC) ve Bayes bilgi kriteri (BIC) aşağıdaki gibidir:

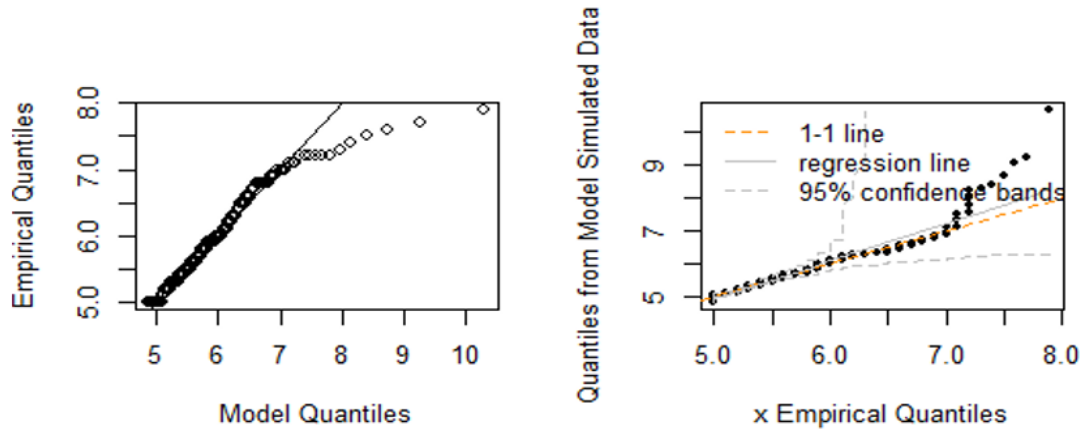
Çizelge 5.3. Parametre tahminlerine ait kovaryans matrisi

	Konum	Ölçek	Şekil
Konum	9.265723e-05	4.994748e-05	-0.0001177078
Ölçek	4.994748e-05	6.450309e-05	-0.0000358964
Şekil	-1.177078e-04	-3.589640e-05	0.0011104047

AIC = 626.1998

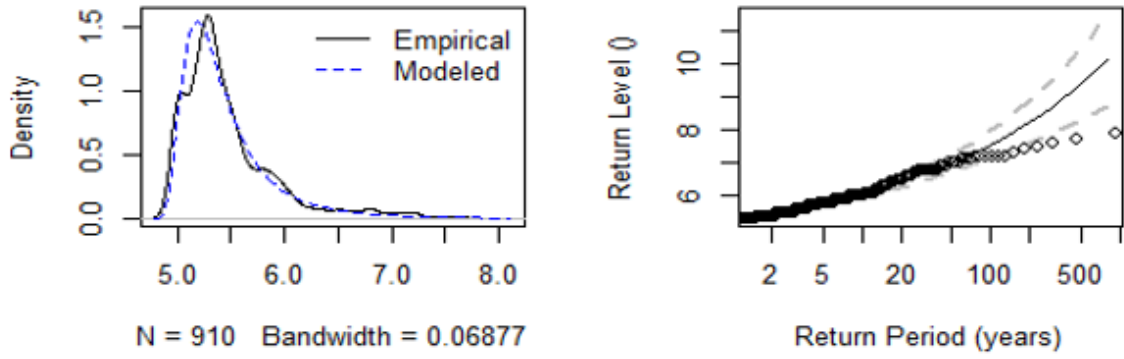
BIC = 640.6402

GUD dağılımına uygunluğun tespitinde kullanılan grafikler şekil 5.7a ve şekil 5.7b'de gösterilmektedir.



Şekil 5.7a. GUD dağılımına uyum grafikleri

Şekil 5.7a'da sol köşede bulunan grafik, örnek veriler ile GUD dağılımına uygun modelin yüzdelik değerlerine ait Q-Q grafiğidir. Burada blok uzunlukları 1 yıl olarak alınmıştır. Bu grafikte verilerin belirtilen düz çizgide ilerlemesi GUD dağılımına uygunluk varsayımlarının sağlandığını gösterir. Bu çizgide sapmalar olması UDT'de çok sık görülen bir durumdur. Bunun sebebi UDT epey belirsiz olan sıradışı değerler ile çalışılmasıdır. Bundan dolayı bu tarz sapmalar varsayımların karşılanmadığı anlamına gelmemelidir. Sağ köşedeki grafik, GUD dağılımına uygun rasgele üretilen veriler ile örnek verilere ait yüzdeliklerin %95 güven aralığındaki Q-Q grafiğidir.



Şekil 5.7b. GUD dağılımına uyum grafikleri

Şekil 5.7b’de sol köşedeki grafik, gözlenmiş yıllık maksimaların ampirik yoğunluğu ile GUD dağılımının yoğunluk grafiğidir ve ampirik yoğunluğun GUD dağılımına uygunluğunun güzel bir göstergesidir. Son olarak, dönüş seviyesi grafiğimiz konkav yani içbükey şekildedir. Buradan da dağılımın kalın kuyruklu dağılım özelliği gösterdiği anlaşılmaktadır.

Çizelge 5.4. GUD dağılımına uyum (%95 güven düzeyinde)

	Alt Sınır	Tahmin	Üst Sınır
Konum	5.2244702	5.2433365	5.2622029
Ölçek	0.2317573	0.2474985	0.2632397
Şekil	0.2140458	0.2793572	0.3446685

Çizelge 5.4’te GUD dağılımı için yıllık deprem verilerinin parametre tahminleri ve %95 güven düzeyinde aldıkları en düşük ve en yüksek değerler verilmektedir.

Dönüş Seviyesi 100 yıl ve 50 yıl olarak belirlendiğinde, %95 güven düzeyinde 100 yıllık ve 50 yıllık deprem tahminleri aşağıda belirtildiği gibidir.

100 Yıllık 7.1 7.6 8.0

Dönüş Seviyesi

50 Yıllık 6.7 7.0 7.3

Dönüş Seviyesi

Buna göre %95 güven düzeyinde önümüzdeki 100 yıl içerisinde 7.6, 50 yıl içerisinde ise 7.0 büyüklüğünde deprem olması beklenmektedir.

$\xi > 0$ iken uygun bir uç yüzdeliğin aşılma olasılığı hesaplanabilmektedir. Örneğin, verimizde gerçekleşen maksimum deprem büyüklüğü 7.9 idi. $P(X > 7.9)$ olasılığını EÇOB tahmincisi ile bulmak istediğimizde aşağıdaki sonuçları elde ederiz,

EÇOB: $P(X > 7.9) = 0.007$

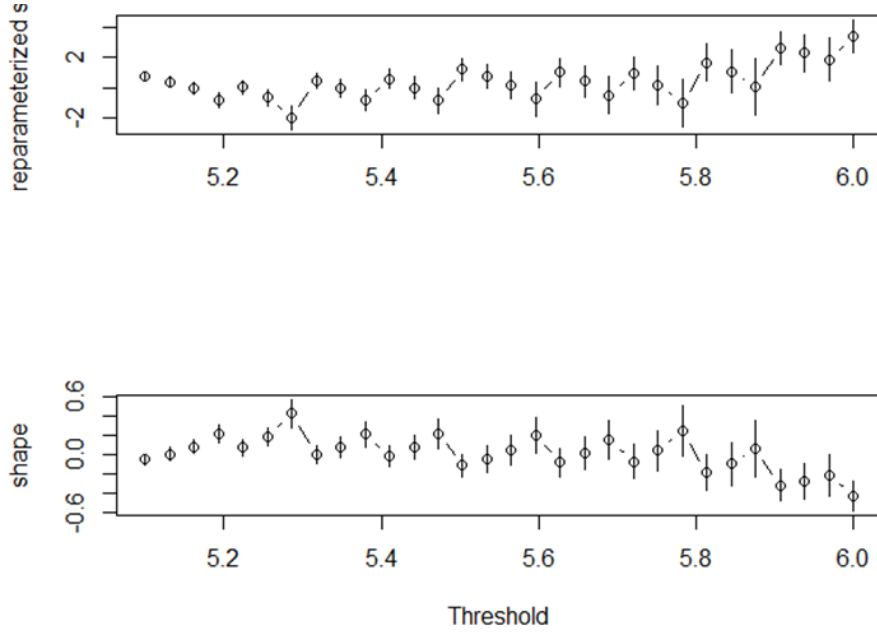
Aynı şekilde 7.6 ve 7.0 deprem büyüklükleri için sonuçlar,

EÇOB: $P(X > 7.6) = 0.01$

EÇOB: $P(X > 7.0) = 0.02$

Buradan önümüzdeki 100 yıl içerisinde 7.6 büyüklüğünde bir deprem olma olasılığı 0.01 ve 7.0 büyüklüğünde deprem olma olasılığı ise 0.02 olarak elde edilmiştir.

ESAD yönteminde, GPD parametre tahmini için eşik değeri belirlemek amacıyla, şekil 5.8’de verilen parametre durağanlık grafiğine bakılarak belli bir aralıkta seçilen eşik değerlerin (5.1-6.0) dizisini içeren grafikte stabilitenin bozulduğu nokta eşik değeri olarak seçilmektedir. Buna göre eşik değeri 5.2 olarak belirlenmiştir.



Şekil 5.8. Parametre durağanlık grafiği

GPD'nin parametrelerinin EÇÖY'ye göre sırasıyla şekil ve ölçek parametreleri tahmin değerleri çizelge 5.5'te görüldüğü gibidir,

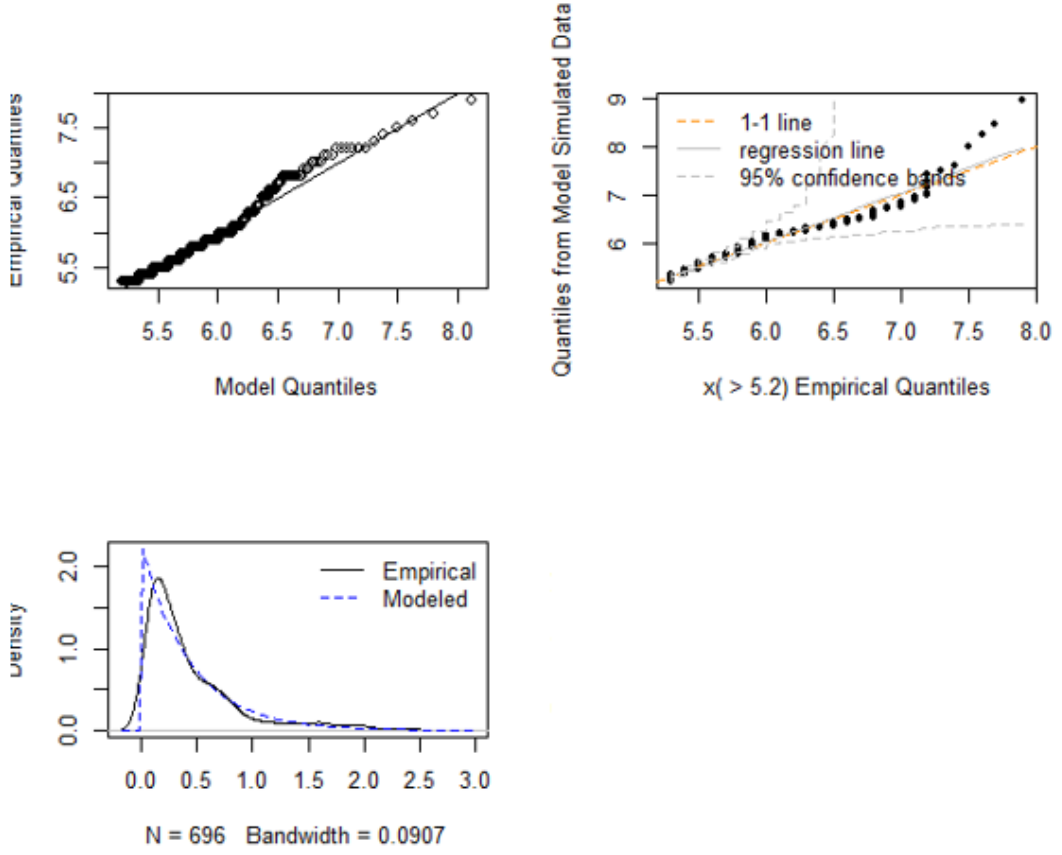
Çizelge 5.5. GPD parametre tahminleri

Tahmin Yöntemi	$\hat{\xi}$	$\hat{\sigma}$
EÇÖY	0.0093079	0.4325732
Standart Hata	0.0375550	0.0230809
Z	0.25	18.74

Log-olabilirlik Değeri : 119.2277

AIC = 242.4554

BIC = 251.5461



Şekil 5.9. GPD'ye uyum grafikleri

GPD'ye uygunluğun incelendiği şekil 5.9'daki grafikler incelendiğinde eşik seviyesini aşan verilerin GPD'ye uyumunun oldukça iyi olduğu görülmektedir. Özellikle sol üst köşede bulunan grafik olan örnek veriler ile GPD'ye uygun modelin yüzdelerine ait Q-Q grafiğinde noktalar referans doğrusu üzerinde kümelendiğinden eşik noktalarını aşan verilerin GPD'ye uyduğu anlaşılmaktadır.

5.0 ve üzeri deprem verileri için BDEB yöntemi ve ESAD yöntemi için elde edilen tahminleri Akaike ve Bayes bilgi kriterlerine göre karşılaştırıldığında, daha düşük AIC ve BIC değerlerine sahip olan GPD modelinin verimize daha iyi uyum sağladığı söylenebilir.

- 1900-2014 yılları 4.5 ve daha büyük şiddetteki deprem verileri için analiz aşamaları,

2882 adet veri incelendiğinde,

Minimum Değer : 4.5

1. Çeyreklik : 4.6

Medyan : 4.9

Ortalama : 5.0

3. Çeyreklik : 5.2

Maksimum Değer : 7.9

elde edilmiştir.

GUD dağılımının parametrelerinin elde edilebilmesi için kullanılan BDEB yönteminde blok büyüklüğü olarak yine yıllar seçilmiştir.

GUD dağılımının parametrelerinin EÇÖY'ye göre sırasıyla şekil, konum ve ölçek parametreleri tahmin değerleri çizelge 5.6'da görüldüğü gibidir,

Çizelge 5.6. GUD dağılımı parametre tahminleri

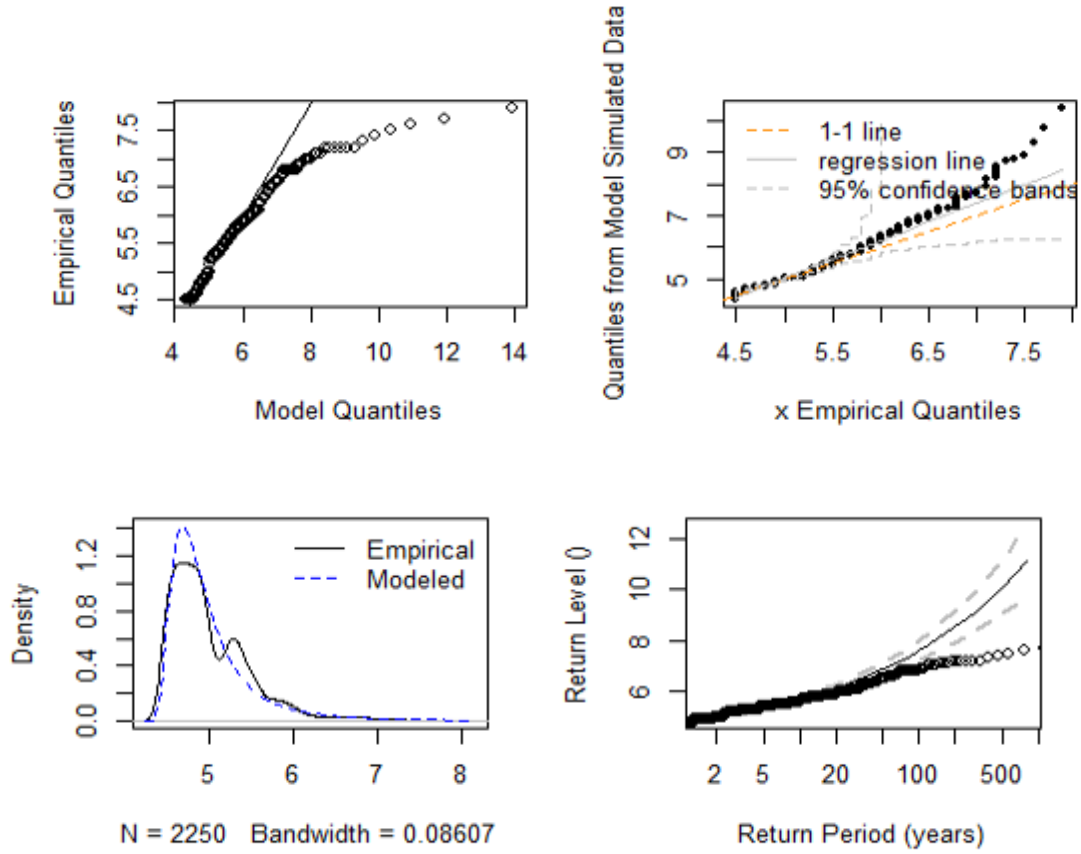
Tahmin Yöntemi	$\hat{\xi}$	$\hat{\mu}$	$\hat{\sigma}$
EÇÖY	0.3208111	4.7537056	0.2715764
Standart Hata	0.0256563	0.0070300	0.0060480
Z	12.50	676.20	44.90

Log-olabilirlik Değeri : 1023.896

AIC = 2053.791

BIC = 2070.947

Burada şekil parametresi $\hat{\xi} > 0$ olduğundan 4.5 ve daha büyük şiddetteki deprem verileri için de örnek dağılımımızın kalın kuyruklu dağılım olan Frechet dağılımına uyduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 5.10. GUD dağılımına uyum grafikleri

GUD dağılımına uygunluğunun tespitinde kullanılan şekil 5.10’da verilen grafiklerden sol üst köşede bulunan grafik, örnek veriler ile GUD dağılımına uygun modelin yüzdelik değerlerine ait Q-Q grafiği olup blok uzunlukları bir önceki veri setinde olduğu gibi 1 yıl olarak alınmıştır. Bu grafikten de anlaşıldığı gibi noktaların referans çizgisi etrafında kümelenmesi 5.0 ve üzeri deprem verilerine göre daha dağınıktır. Buradan 5.0 ve üzeri deprem verilerinin GUD dağılımına daha uygun olduğu söylenebilir. Aynı şekilde AIC ve BIC bilgi kriterlerine bakılarak daha düşük AIC ve BIC değerine sahip olan 5.0 ve üzeri deprem verilerinin GUD dağılımına uyumunun daha iyi olduğu söylenebilir.

Sağ üst köşedeki grafik, GUD dağılımına uygun rasgele üretilen veriler ile örnek verilere ait yüzdeliklerin %95 güven aralığındaki Q-Q grafiğidir. Alt sol köşedeki grafik ise, gözlenmiş yıllık maksimaların ampirik yoğunluğu ile GUD dağılımının yoğunluk grafiği olup, ampirik yoğunluğun GUD dağılımına uygunluğunun güzel bir göstergesidir. Burada yine 5.0 ve üzeri deprem verilerinin daha iyi GUD dağılımı özelliği gösterdiği söylenebilir.

Çizelge 5.7’te GUD dağılımı için yıllık deprem verilerinin parametre tahminleri ve %95 güven düzeyinde aldıkları en düşük ve en yüksek değerler verilmektedir.

Çizelge 5.7. GUD dağılımına uyum (%95 güven düzeyinde)

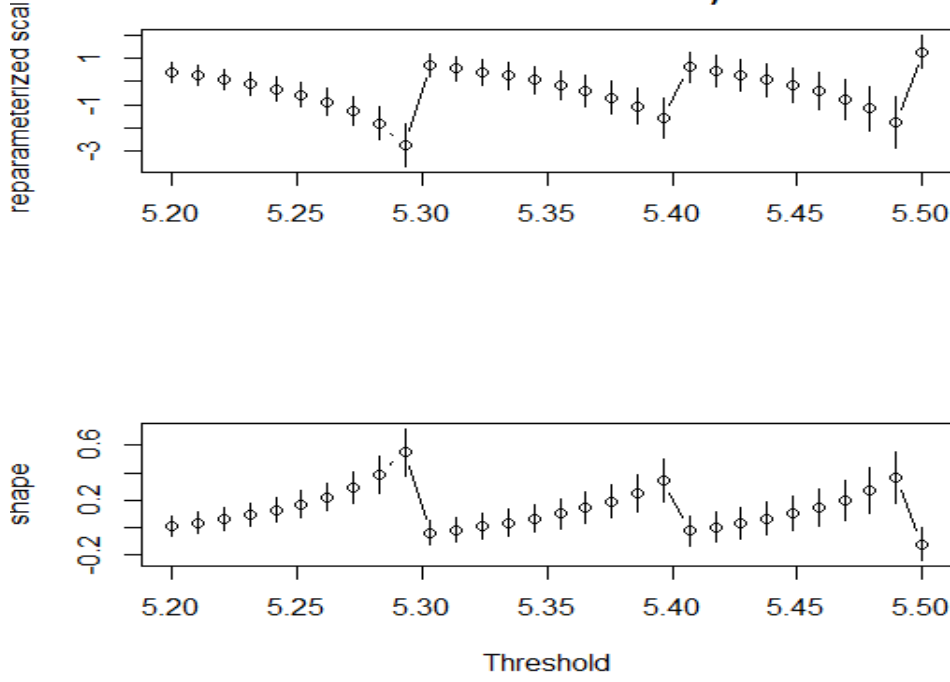
	Alt Sınır	Tahmin	Üst Sınır
Konum	4.7399271	4.7537056	4.7674842
Ölçek	0.2597224	0.2715764	0.2834304
Şekil	0.2705256	0.3208111	0.3710966

Yıllık deprem verilerinin parametre tahminleri ve Dönüş Seviyesi 100 yıl ve 50 yıl olarak belirlendiğinde %95 güven düzeyinde 100 yıllık ve 50 yıllık deprem tahminleri aşağıda belirtildiği gibidir:

100 Yıllık	7.2	7.6	8.0
Dönüş Seviyesi			
50 Yıllık	6.6	6.8	7.1
Dönüş Seviyesi			

Buna göre %95 güven düzeyinde önümüzdeki 100 yıl içinde 7.6, 50 yıl içinde ise 6.8 büyüklüğünde deprem olması beklenmektedir.

GPD parametre tahmini için eşik değeri belirlemek için kullanılan şekil 5.11’de verilen parametre durağanlık grafiği ile belli bir aralıkta seçilen eşik değerlerin (5.2-5.5) dizisinde durağanlığın bozulduğu nokta (5.3) eşik değeri olarak seçilmektedir.



Şekil 5.11. Parametre durağanlık grafiği

GPD parametrelerinin EÇÖY'ye göre sırasıyla şekil ve ölçek parametreleri tahmin değerleri aşağıdaki tabloda görüldüğü gibidir,

Çizelge 5.8. GPD parametre tahminleri

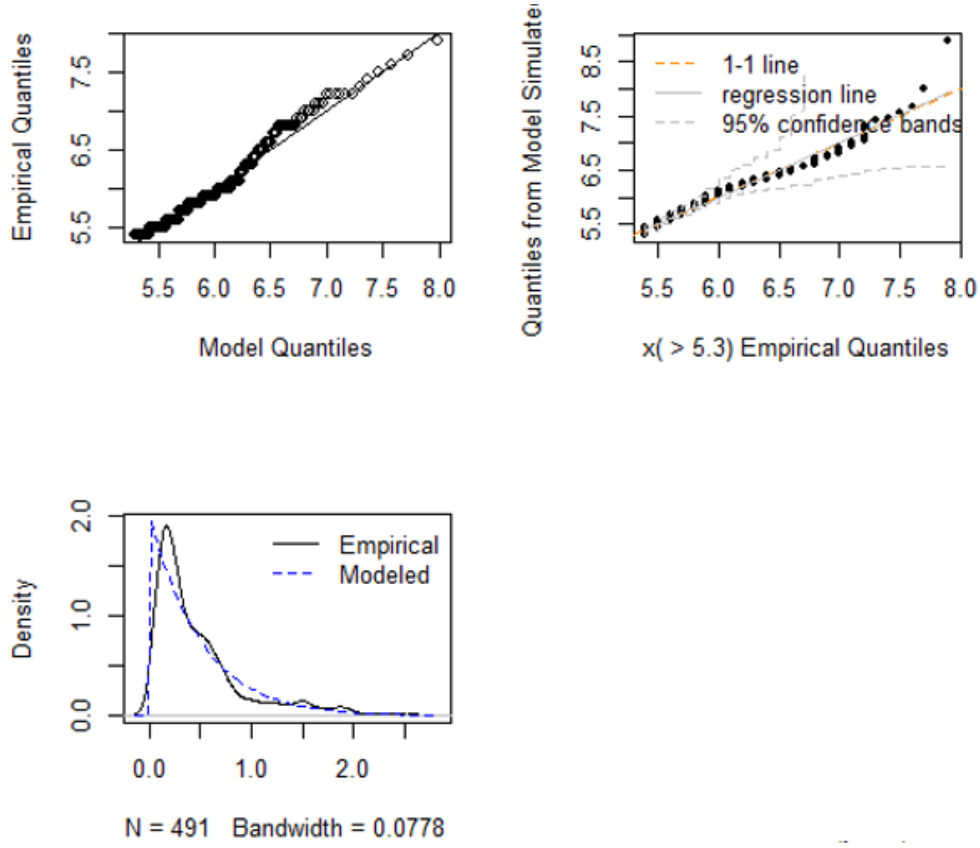
Tahmin Yöntemi	$\hat{\xi}$	$\hat{\sigma}$
EÇÖY	-0.0451593	0.4987378
Standart Hata	0.0440223	0.0314262
Z	-1.03	15.87

Log-olabilirlik Değeri : 127.2505

AIC = 258.501

BIC = 266.893

4.5 ve üzeri deprem verileri için BDEB yöntemi ve ESAD yöntemi için elde edilen tahminleri Akaike ve Bayes bilgi kriterlerine göre karşılaştırıldığında, daha düşük AIC ve BIC değerlerine sahip olan GPD modeli tahminlerinin daha iyi uyum sağladığı söylenebilir.



Şekil 5.12. GPD'ye uyum grafikleri

Son olarak GPD'ye uygunluğun incelendiği şekil 5.12'de verilen grafikler incelendiğinde eşik seviyesini aşan verilerin GPD'ye uyumunun oldukça iyi olduğu görülmekte olup sonuçlar 5.0 ve üzeri deprem verileri ile karşılaştırıldığında iki veri seti içinde GPD'ye uyumun yakın çıktığı görülmüştür.

Buna göre 5.0 ve üzeri deprem verileri ile 4.5 ve üzeri deprem verileri için model seçim yöntemlerinden AIC ve BIC değerlerini karşılaştırdığımızda daha düşük AIC ve BIC değerini veren her iki veri kümesi içinde GPD modeline uyumun GUD modellerinden daha iyi olduğu görülmektedir.

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmada Uç Değerler Teorisi ayrıntılı olarak açıklanmış ve teoride kullanan modeller hakkında bilgi verilmiştir. Daha sonra UDT'nin kullanım alanları ile daha önceden bu alanda yapılmış örnek bir çalışmaya değinilmiştir. Çalışmanın uygulama bölümünde deprem ve ülkemize etkileri istatistiklerle desteklenerek açıklanmış Türkiye'de yeni olan UDT'nin deprem verileri üzerine gerçek bir uygulamasına yer verilmiştir. Bilindiği üzere doğal afetler yüz yıllardır süregelen ve insanları çağlar boyunca derinden etkileyen büyük doğa olaylarıdır. Bilim geliştikçe başta bilim insanları olmak üzere tüm insanlar bu şekilde büyük etkileri olan ve zamanı bilinmeyen afetleri önceden tahmin etmek için gerekli çalışmaları yapmakta veya yakından takip etmektedir.

Depremler sınırlı sayıda olmasına karşın etkileri yıllar boyunca silinmeyen ve gerçekleştiğinde insanlarda ve çevrelerinde sosyal ve ekonomik olarak büyük yıkımlar meydana getiren bir doğal afetlerdir. Etkileri çok büyük olan depremlerden sonra insanlar bir daha bu büyüklükte bir felaketle karşılaşma ihtimallerini sorgulayacaklar ve buna göre önlem almak isteyeceklerdir. Fakat günümüzde bir sonraki depremin yeri, zamanı ve büyüklüğünü tespit etmek mümkün değildir. Buradaki asıl soru sınırlı sayıdaki deprem verisi ile uzun dönemlik tahminlerin nasıl yapılacağıdır. Sınırlı sayıda olan bu olayların istatistiksel olarak modellenmesi geleceğe dönük tahminler yapılmasına olanak sağlayacaktır. Uç Değerler Teoremi bu noktada devreye girmekte ve geçmiş deprem verileri ile gelecekte belirli bir dönem aralığında belirli büyüklükte deprem olma olasılığının istatistiksel tahminini mümkün kılmaktadır.

Uç değerlerin modellenmesinde, BDEB ve ESAD yöntemleri ele alınmış olup GUD dağılımı ve GPD'ye uyum, modelleme ve tanı grafiklerinin yorumlanması hakkında çalışmanın uygulama bölümünde detaylı bilgi verilmektedir

Çalışmanın uygulama bölümünde UDT'yi istatistiksel modellemede sınırlı sayıda olan yazılımlardan Birleşik Amerika Ulusal Bilim Vakfı (NSF) ,Ulusal Meteorolojik Araştırma Merkezi (NCAR) tarafından geliştirilen bir istatistiksel yazılım olan R-Project programına "ExtRemes" adlı bir modül eklemek suretiyle UDT'nin uygulanabilmesine olanak sağlayan Extremes Toolkit aracı kullanılmıştır. Program ücretsiz bir istatistiksel yazılım olup Extremes Toolkit aracı UDT'nin uygulamasını sağlamak için geliştirilmiştir.

Bu çalışmanın sınırlılıklarından birisi 1900-2014 yıllarındaki deprem verilerine ilişkin verilerle çalışılması olup ele alınan UDT analizi yöntemlerinde gözlemlerin birbirinden bağımsız olduğu durumlar dikkate alınmıştır. Çalışmada UDT'nin deprem verileri üzerine analizi için veriler Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Deprem İzleme Merkezinden elektronik ortamda alınmış olup 1900-2014 yıllarını kapsamaktadır. Uygulamada UDT'de kullanılan parametre tahmin yöntemlerinden kalın kuyruklu dağılımlarda ($\xi > 0$) daha iyi sonuçlar veren en çok olabilirlik yöntemine göre parametre tahminleri elde edilmiştir. Buna ek olarak UDT'de yaygın olarak kullanılan bazı tanı grafiklerinin sonuçları yorumlanmıştır.

Yapılan istatistiksel analizlerde, her iki yöntem içinde gözlem değerlerinin bilinen Uç Değer Dağılımlarından Frechet dağılıma uyduğu ve normal dağılıma göre daha kalın kuyruk özelliği gösterdiği kullanılan R programından elde edilen çıktılarından görülmüştür. Farklı deprem büyüklükleri için yapılan UDT'de BDEB Yöntemine göre parametre tahminlerinde 5.0 ve üzeri deprem büyüklüklerini içeren veri setinin gerek grafiksel yöntemlerle gerekse de Akaike ve Bayes Bilgi Kriterlerine göre UDT'ye daha iyi uyum gösterdiği görülmektedir. UDT analizinde ESAD Yöntemine göre parametre tahminlerinde ise küçük farklar görülmele beraber 4.5 ve üzeri deprem büyüklüklerini içeren veri setinin gerek grafiksel yöntemlerle gerekse de Akaike ve Bayes Bilgi Kriterlerine göre UDT'ye daha iyi uyum gösterdiği görülmektedir. Fakat parametre tahminleri arasındaki küçük farklar olmasına rağmen UDT alanında tekrarlama seviyelerinin ve dönüş seviyelerinin tahmininde büyük farklar oluşturmaktadır. Dönüş seviyesinin 50 yıl altı değerler için anlamlı sonuçlar vermediği görülmüştür. Ancak, 50 ve 100 yıl dönüş seviyeleri bu tez çalışmasına uygulama konusu olan deprem verileri için tahmin edilmesi daha önemli seviyelerdir.

Gözlem dönemi boyunca belirlenen dönüş seviyeleri için tekrar rastlanma olasılıkları da her iki veri seti içinde tahmin edilmiştir. Buna göre, 5.0 üzeri deprem verileri için önümüzdeki 100 yıl içerisinde 7.6 büyüklüğünde bir deprem meydana gelmesi olasılığı en çok olabilirlik yöntemine göre 0.01 olarak tahmin edilmiştir. Aynı veriler için 100 yıllık dönüş seviyesinde en düşük 7.1 en yüksek 8.0 büyüklüğünde deprem tahmin edilmektedir. Dönüş seviyesi 50 yıla düşürüldüğünde ise en düşük 6.7 en yüksek 7.3 olmak üzere 7.0 büyüklüğünde bir deprem beklenmektedir.

Buna göre, 4.5 üzeri deprem verileri için ise önümüzdeki 100 yıl içerisinde en düşük 7.2 en yüksek 8.0 olmak üzere 7.6 büyüklüğünde deprem beklenmektedir. Dönüş seviyesi 50 yıla düşürüldüğünde ise en düşük 6.6 en yüksek 7.1 olmak üzere 6.8 büyüklüğünde bir deprem beklenmektedir.

Çalışma UDT'nin Türkiye'de yeni olan deprem verileri üzerine uygulamasını içermekte olup, farklı ülkelerden elde edilebilecek veriler ile genişletilebilir. Böylelikle farklı kıtalardaki ülkelerin depremsellikleri karşılaştırılabilir. Bunun dışında yüksek sıcaklık ve yağış gibi ülkemiz için önemli doğa olaylarında da uygulanabilir.

KAYNAKÇA

- [1] Penalva, H., Neves, M., Nunes, S., Topics in Data Analysis Using R in Extreme Value Theory, *Advances in Methodology and Statistics*, 10, 17–29, **2013**.
- [2] Yılmaz, S., Koşullu Uç Değer Teorisi: Döviz Sepeti Üzerine Bir Uygulama, *Bankacılar Dergisi*, 75, 68–78, **2010**.
- [3] Z. Schenkova, A., Terms of use: Extreme Value Statistics of Earthquakes, *Mathematica et Physica*, 23, 73-79, **1982**.
- [4] Al-Abbasi J. N., Fahmi K. J., Estimating Maximum Magnitude Earthquakes in Iraq Using Extreme Value Statistics, *Geophysical Journal. International*, 82, 535–548, **1985**.
- [5] Burton P., Makropoulos K. C., Seismic Risk of Circum-Pacific Earthquakes : II . Extreme Values Using Gumbel's Third Distribution and the Relationship with Strain Energy Release, *Pageoph Topical Volumes*, 123, 849–869, **1985**.
- [6] Kim, S. G., On The Estimation Of Parameters In The Statistical Prediction Of Earthquakes, *Journal of Physics of the Earth*, 149–154, **1985**.
- [7] Jansen, D. W., De Vries, C. G., On the Frequency of Large Stock Returns: Putting Booms and Busts into Perspective, *The Review of Economics and Statistics*, 73, 18–24, **1991**.
- [8] Gomes, M. I., Pestana, D., Alves, I., F., Statistics of Extremes for IID Data : Laurens de Haan Leading Contributions, *Statistics*, 1–57, **2007**.
- [9] Mcneil, A. J., Extreme Value Theory for Risk Managers, *International Modeling and CAD II*, 3, 93-13, **1999**.
- [10] Mcneil, A. J., Frey, R., Embrechts, P., Quantitative Risk Management, Princeton Series In Finance, Oxford, **2005**.
- [11] Longin, F. M., From Value at Risk to Stress Testing: The Extreme Value Approach, *Journal Banking and Finance*, 24, 1097–1130, **2000**.
- [12] Han, Z., “Actuarial Modelling of Extremal Events Using Transformed Generalized Extreme Value Distributions and Generalized Pareto Distributions, The Degree of Doctor Thesis, Ohio State University, **2003**.
- [13] Gençay, R., Selçuk, F., Ulugülyağci, A., High Volatility, Thick Tails and Extreme Value Theory in Value-at-Risk Estimation,” *Mathematics and Economics*, 33, 337–356, **2003**.
- [14] Çifter, A., Özün, A., Yılmaz, S., Geriye Dönük Testlerin Karşılaştırmalı Analizi : Döviz Kuru Üzerine Bir Uygulama, *Bankacılar Dergisi*, 62, 25–43, **2007**.

- [15] Zimbidis, A. A., Frangos, N. E., Pantelous, A., A., Modeling Earthquake Risk Via Extreme Value Theory and Pricing the Respective Catastrophe Bonds, *Astin Bulletin*, 37, 163–184, **2007**.
- [16] Çelik, N., *Riske Maruz Değer ve Uç Değerler Teoremi*, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, **2009**.
- [17] Pisarenko, V. F., Sornette, D., Rodkin, M. V., Distribution of Maximum Earthquake Magnitudes in Future Time Intervals: Application to the Seismicity of Japan (1923-2007), *Earth Planets Space*, 62, 567–578, **2010**.
- [18] Villa, C., Bayesian Estimation of the Threshold of a Generalised Pareto Distribution for Heavy-Tailed Observations, *Journal of Applied Statistics, Sociedad de Estadística e Investigación Operativa*, 12, 259-277, 2003.
- [19] X. Liu, Data Analysis in Extreme Value Theory, <http://www.unc.edu/rls/s890/~XinLiu/Writeup.pdf> (Kasım ,**2014**).
- [20] Aragonés, J. R., Blanco, C., Dowd, K., Learning Curve: Extreme Value VaR (II), *Derivatives Week*, 20, 2–4, **2000**.
- [21] Cruz, M., Coleman, R., Salkin, G., Modeling and Measuring Operational Risk,”*Journal of Risk*, http://www.risk.net/data/basel/pdf/jor_v1n1a4.pdf, (Aralık ,**2014**).
- [22] Soyalp, A. A., Nevruz, E., Karabey, U., Gelişmekte Olan Bazı Piyasalarda Finansal Risklerin Uç Değer Kuramı İle Ölçülmesi, *İstatistikçiler Dergisi: İstatistik ve Aktüerya*, 6, 86–95, **2013**.
- [23] Küçüközmen, C. C., Mazıbaş M., Bankalarda Operasyonel Riskin Ölçümü: Uç Değer Teorisi Uygulaması, *9th Symposium on Econometrics and Statistics*, Aydın, **2008**.
- [24] Fernandez, V., Risk Management Under Extreme Events, *International Review of Financial Analysis*, 14, 113-148, **2005**.
- [25] Çifter, A., *Dalgacık Bazlı Uç Değer Teorisi İle Parametrik Olmayan Volatilite Modellemesi*, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, **2010**.
- [26] Y. Bensalah, “Steps in Applying Extreme Value Theory to Finance: A Review, <http://www.banqueducanada.ca/wp-content/uploads/2010/01/wp00-20.pdf> (Şubat, **2015**).
- [27] Levich, R. M., Empirical Studies of Exchange Rates: Price Behavior, Rate Determination and Market Efficiency, *Handbook of International Economics*, 2, 979–1040, **1985**.
- [28] Gilli, M. Kellezi E., An Application of Extreme Value Theory for Measuring Financial Risk, *Computational Economics*, 27, 207–228, **2006**.

- [29] Coles, S., Davison, A., *Statistical Modelling of Extreme Values*, Springer, **2008**.
- [30] Okut, H., Nuri, A., İki Parametrelili Weibull Dağılımında Parametre Tahmin Yöntemlerinin Karşılaştırılmasına İlişkin Bir Simülasyon Çalışması, *Anadolu Üniversitesi Bilim Ve Teknoloji Dergisi*, 10, 455–465, **2009**.
- [31] Kurban, M., Kantar, Y. M., Hocaoğlu, F. O., Weibull Dağılımı Kullanılarak Rüzgar Hız ve Güç Yoğunluklarının İstatistiksel Analizi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7, 205-218, **2005**.
- [32] Zeytinoğlu F. Ç., Weibull Dağılımının Ölçek ve Biçim Parametreleri İçin İstatistiksel Tahmin Yöntemlerinin Karşılaştırılması, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 15, 73–87, **2009**.
- [33] Lewis, N. C., *Operational Risk with Excel and VBA*, John Willey and Sons, ebook, **2004**.
- [34] Altun, E., *Uç Değerler Teorisi Ve Riske Maruz Değer*, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, **2014**.
- [35] Embrechts, P., Kluppelberg, C., Mikosch, T., *Modelling Extremal Events*, Springer, ebook, **1996**.
- [36] Zivot, E., Wang, J., Modelling Financial Time Series with S-PLUS , *Journal of Statistical Software*, 17, **2007**.
- [37] McNeil, A., Saladin, T., The Peaks Over Thresholds Method for Estimating High Quantiles of Loss Distributions, <http://www.macs.hw.ac.uk/~mneil/ftp/cairns.pdf> (Ocak **2015**).
- [38] De Haan, L. and Ferreira, A., *Extreme Value Theory: An Introduction*, Springer Series in Operations Research and Financial Engineering, ebook, **2000**.
- [39] Dowd, K., *Measuring Market Risk*, 2. Baskı, John Willey and Sons, ebook, **2002**.
- [40] Hosking, J. R., Wallis, J. R., Parameter and Quantile Estimation for Generalized Pareto Distribution, *Technometrics*, 22, 297–311, **1987**.
- [41] Beirlant, J., Goegebeur, Y., Segers, J., *Statistics of Extremes*, John Willey and Sons ebook, **2004**.
- [42] Castillo, E., Hadi, A. S., Balakrishnan, N., *Extreme Value and Related Models with Applications in Engineering and Science*, John Willey and Sons, ebook, **2005**.
- [43] Ren, F., Giles, D. E., *Extreme Value Analysis of Daily Canadian Crude Oil Prices*, Econometrics Working Paper, Canada, **2007**.
- [44] Vicente, S. L. G., Extreme Value Theory: An Application to Sports, http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/8889/1/ulfc104252_tm_Sergio_Vicente.pdf (Mart **2015**).

- [45] Ulusal Deprem Stratejisi ve Eylem Planı 2012-2013,”https://www.afad.gov.tr/UserFiles/File/udsep_1402013_kitap.pdf (Şubat **2015**).
- [46] Başbuğ, B. B., Terminoloji , Afet Evreleri ve Afet Ekonomisi, <http://tekirdag.meb.gov.tr/ss/otae/Terminoloji,%20Afet%20Evreleri%20ve%20Afet%20Ekonomisii.pdf> (Ocak **2015**).
- [47] Uluslararası Doğal Afet Veritabanı, http://emdat.be/country_profile/index.html. (Mart **2015**).
- [48] Afet Ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığı Deprem Tanıtım Kitabı, <http://www.deprem.gov.tr/sarbis/shared/anasayfa.aspx> (Ocak **2015**).

ÖZGEÇMİŞ

Kimlik Bilgileri

Adı Soyadı: Serpil GÜNEY AKKOYUN

Doğum Yeri: Adıyaman

Medeni Hali: Evli

E-posta: serpil.guney@kulturturizm.gov.tr

Adresi: Kültür ve Turizm Bakanlığı İsmet İnönü Bulvarı No:5 06100 Emek/ANKARA

Eğitim

Lise: Cumhuriyet Anadolu Lisesi

Lisans: Selçuk Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, İstatistik Bölümü

Yüksek Lisans: Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstatistik A.B.D.

Yabancı Dil ve Düzeyi

İngilizce

İş Deneyimi

2010-2011: Enerji Bakanlığı, Bilgisayar İşletmeni

2011-2013: Sosyal Güvenli Kurumu, Sözleşmeli Programcı

2013- : Kültür ve Turizm Bakanlığı, Kültür ve Turizm Uzman Yrd.

Deneyim Alanları

-

Tezden Türetilmiş Projeler ve Bütçesi

-

Tezden Yazılmış Yayınlar

-

Tezden Üretilmiş Tebliğ ve/veya Poster Sunumu ile Katıldığı Toplantılar

-