

KISA SÜRELİ GÜÇ KALİTESİ BOZULMALARININ DALGACIK ANALİZİ VE
RASTGELE ORMAN YÖNTEMİ İLE SINIFLANDIRILMASI

Mustafa ERCİRE

Kütahya Dumlupınar Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliği Uyarınca
Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman: Prof. Dr. Abdurrahman ÜNSAL

Temmuz – 2019

KABUL VE ONAY SAYFASI

"Mustafa ERCİRE tarafından hazırlanan "KISA SÜRELİ GÜÇ KALİTESİ BOZULMALARININ DALGACIK ANALİZİ VE RASTGELE ORMAN YÖNTEMİ İLE SINIFLANDIRILMASI" adlı tez çalışması, aşağıda belirtilen jüri tarafından Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek OY BİRLİĞİ ile Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir."

17/07/2019

Prof. Dr. Önder UYSAL
Enstitü Müdürü, Fen Bilimleri Enstitüsü

Prof. Dr. Mehmet Ali EBEOĞLU
Anabilim Dalı Başkanı, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Prof. Dr. Abdurrahman ÜNSAL
Danışman, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Sınav Komitesi Üyeleri

Prof. Dr. Abdurrahman ÜNSAL
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi

Prof. Dr. Yılmaz ASLAN
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi

Doç. Dr. Bünyamin TAMYÜREK
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi



ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Bu tezin hazırlanmasında Akademik kurallara riayet ettiğimizi, özgün bir çalışma olduğunu ve yapılan tez çalışmasının bilimsel etik ilke ve kurallara uygun olduğunu, çalışma kapsamında teze ait olmayan veriler için kaynak gösterildiğini ve kaynaklar dizininde belirtildiğini, Yüksek Öğretim Kurulu tarafından kullanılmak üzere önerilen ve Kütahya Dumlupınar Üniversitesi tarafından kullanılan İntihal Programı ile tarandığını ve benzerlik oranının %3 çıktığını beyan ederiz. Aykırı bir durum ortaya çıktığı takdirde tüm hukuki sonuçlara razı olduğumuzu taahhüt ederiz.

Prof. Dr. Abdurrahman ÜNSAL

İmzası

Mustafa ERCİRE

İmza

KISA SÜRELİ GÜÇ KALİTESİ BOZULMALARININ DALGACIK ANALİZİ VE RASTGELE ORMAN YÖNTEMİ İLE SINIFLANDIRILMASI

Mustafa ERCİRE

Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, 2019

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Abdurrahman ÜNSAL

ÖZET

Elektrik güç sisteminde kalite kavramı giderek artan bir öneme sahiptir. Güç kalitesini olumsuz etkileyen durumlar, özellikle ekonomik açıdan büyük öneme sahiptir. Güç kalitesinde meydana gelen bozulmaların tespit edilmesi ve çözüm yöntemlerinin geliştirilmesi üzerine son yıllarda yoğun olarak çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmada kısa süreli gerçekleşen güç kalitesi bozulmalarının tespitini yapmak amaçlanmıştır. Güç kalitesi bozulmalarının karakteristik özelliklerini tespit etmek için Ayrık Dalgacık Dönüşümü kullanılmıştır. Ayrık Dalgacık Dönüşümü ile elde edilen sonuçlar üzerinden enerji, kayırlık ve basıklık değerleri ile öznitelikler ortaya çıkarılmıştır. Güç kalitesi bozulmalarından elde edilen öznitelikler Rastgele Orman yöntemi kullanılarak sınıflandırılmıştır. Gürültüsüz ve kabul edilebilir düzeyde gürültülü güç kalitesi bozulmaları %99,6 doğrulukta sınıflandırılmıştır. Yüksek gürültülü güç kalitesi bozulması olayları ise %97,8 doğrulukta sınıflandırılmıştır. Rastgele Orman yöntemi kullanılarak yapılan çalışmalarda, gürültülü güç kalitesi bozulmaları sınıflandırılmasında yüksek doğrulukta sonuçlar elde edilebilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Çoklu Sınıflandırma, Dalgacık Analizi, Güç Kalitesi, Güç Kalitesi Bozulması, LabVIEW Yazılımı, Rastgele Orman Yöntemi, WEKA Yazılımı

CLASSIFICATION OF SHORT-TERM POWER QUALITY DISTURBANCES WITH WAVELET ANALYSIS AND RANDOM FOREST METHOD

Mustafa ERCİRE

Electric-Electronic Engineering, M.S.Thesis, 2019

Thesis Supervisor: Prof. Dr. Abdurrahman ÜNSAL

SUMMARY

The concept of quality in electrical power system is of increasing importance. Conditions that adversely affect the quality of power are of great economic importance. In recent years, intensive studies have been carried out to detect power quality problems and to develop solution methods. In this study, it is aimed to determine short term power quality problems. Discrete Wavelet Transform is used to determine the characteristics of power quality problems. Energy, skewness and kurtosis values and attributes were obtained by this method. Features obtained from power quality problems were classified using Random Forest method. Power quality problems with and without noise were classified with 99.6% accuracy. Power quality with higher noise level were classified with accuracy of 97.8%. In the studies conducted by using Random Forest method, high accuracy results can be obtained in the classification of noisy power quality problems.

Keywords:, LabVIEW Software, Multi Classification, Power Quality, Power Quality Disturbance, Random Forest Method, Wavelet Analysis, WEKA Software

TEŞEKKÜR

Tez çalışması sürecim boyunca bana her zaman destek vererek bilgi, beceri ve tecrübelerini benimle paylaşan, gizli anahtar kelimesi sabır olan bu çalışmada sabrını benden esirgemeyen değerli tez danışmanım Prof. Dr. Abdurrahman ÜNSAL'a teşekkür ederim. Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Elektrik – Elektronik Mühendisliği bölümünün değerli akademisyenlerine de bir arada olduğumuz zamanlarda gösterdikleri yakın ilgiden dolayı ayrıca teşekkür ederim.

Tüm eğitim hayatım boyunca bana her zaman inanan, destekleyen ve çalışmaya teşvik eden anneme ve babama teşekkür ederim. Tez çalışması sürecim boyunca, kendilerine gerekenden daha az zaman ayırabildiğim ancak beni her zaman destekleyen ve sabreden eşim ve iki çocuğuma da sevgilerimi iletir ve teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	v
SUMMARY	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. GÜÇ KALİTESİ	9
2.1. Süreksiz Olaylar	9
2.1.1. Dürtüsel süreksiz olaylar	10
2.1.2. Salınımlı süreksiz olaylar	11
2.2. Kısa Süreli RMS Değişimleri	11
2.2.1. Gerilim çökmesi	12
2.2.2. Gerilim şişmesi.....	12
2.2.3. Gerilim kesintisi	13
2.3. Uzun Süreli RMS Değişimleri.....	13
2.3.1. Sürekli kesinti.....	14
2.3.2. Düşük gerilim.....	14
2.3.3. Aşırı gerilim	14
2.4. Dengesizlik.....	14
2.5. Dalga Biçimi Bozulmaları	15
2.5.1. DC ofset	15
2.5.2. Harmonikler	15
2.5.3. Ara harmonikler	16
2.5.4. Çentik.....	16
2.5.5. Gürültü	17
2.6. Gerilim Dalgalanmaları	17
2.7. Güç Frekansı Değişimleri	18
3. DALGACIK ANALİZİ.....	19
3.1. Fourier Dönüşümü.....	19
3.2. Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü.....	19

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
3.3. Dalgacık Dönüşümü	20
3.3.1. Sürekli dalgacık dönüşümü	22
3.3.2. Ayrık dalgacık dönüşümü.....	24
4. RASTGELE ORMAN YÖNTEMİ	26
4.1. Sınıflandırma Modeli Değerlendirme Ölçütleri	29
5. UYGULAMA	33
5.1. LabVIEW Yazılımı.....	33
5.2. WEKA Yazılımı	34
5.3. Güç Kalitesi Bozulması Olay Verilerinin Elde Edilmesi	36
5.4. Güç Kalitesi Bozulması Veri Setlerinin Doğrulanması.....	39
5.4.1. “LabVIEW Veri Seti Doğrulama” uygulaması sonuçları	46
5.5. Güç Kalitesi Bozulması Olaylarında Öznitelik Vektörü Çıkarımı	47
5.5.1. Güç kalitesi bozulmalarının ADD katsayılarının analizi	50
5.5.2. Olay türlerine göre özniteliklerin analizi	57
5.6. Rastgele Orman Yöntemi ile Sınıflandırma	61
5.6.1. Gürültü içermeyen veri seti sonuçları	65
5.6.2. Düşük seviyede (50 dB) gürültülü veri seti sonuçları	66
5.6.3. Orta seviyede (40 dB) gürültülü veri seti sonuçları	67
5.6.4. Yüksek seviyede (30 dB) gürültülü veri seti sonuçları	68
5.6.5. Tüm gürültü seçenekleri karıştırılmış veri seti sonuçları	69
6. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	71
KAYNAKLAR DİZİNİ	73
EKLER	
EK-1: LabVIEW ile oluşturulan uygulamaların Blok Diyagramları.	
EK-2: VERİ_SETİ_1 içindeki güç kalitesi bozulmalarının rassal parametreleri.	
ÖZGEÇMİŞ	

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Türkiye’de Mart 2019 itibariyle kurulu güç değerleri (https://www.teias.gov.tr , 2019).	1
1.2. Jamali ve arkadaşlarına ait çalışmanın blok gösterimi (Jamali vd., 2018).	7
2.1. Dürtüsel süreksiz olay dalga formu.	11
2.2. Salımlı süreksiz olay dalga formu.	11
2.3. Gerilim çökmesi olayı dalga formu.	12
2.4. Gerilim şişmesi olayı dalga formu.	13
2.5. Gerilim kesintisi olayı dalga formu.	13
2.6. 3-Fazlı şebekede gerilim dengesizliği dalga formu (Patnaik ve Panda, 2012).	14
2.7. AC şebeke geriliminde DC Ofset oluşumu (http://www.jenving.com , 2017).	15
2.8. Harmonikli işaret yapısı (https://www.kontrolkalemi.com , 2017).	16
2.9. Ara harmonikler içeren işaretin spektral içeriği (Gunther, 2001).	16
2.10. Gerilim işareti üzerinde örnek bir çentik olayı (Barros vd., 2008).	17
2.11. Gürültülü gerilim işareti örneği. (https://www.rs-online.com , 2018).	18
2.12. Gerilim dalgalanması (http://www.industrial-electronics.com , 2005).	18
3.1. Fourier Dönüşümü (Misiti vd., 2010).	19
3.2. Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü (Misiti vd., 2010).	20
3.3. Dalgacık Dönüşümü (Misiti vd., 2010).	20
3.4. İşaret, FD, KZFD ve Dalgacık Analizi gösterimleri (Misiti vd., 2010).	21
3.5. Temel dalgacık şekilleri (Fugal, 2009 : 6).	22
3.6. SDD sürecinde işaret ile dalgacığın karşılaştırılması (Misiti vd., 2010).	23
3.7. SDD sürecinde dalgacığın kaydırılması (Misiti vd., 2010).	23
3.8. SDD sürecinde dalgacığın ölçeklenmesi (Misiti vd., 2010).	24
3.9. ADD’de ölçekleme ve kaydırma işlemi (Moshou vd., 2010).	25
4.1. Karar ağacı yapısı ve temel bileşenleri.	26
4.2. RO Yöntemi OOB işleyiş süreci.	28
4.3. İki sınıflı karışıklık matrisi.	30
4.4. Çok sınıflı karışıklık matrisi (Krüger, 2016).	30
4.5. ROC Eğrileri (http://www.nbi.dk , 2016).	32
5.1. LabVIEW ortamı görüntüleri a) Ön Panel, b) Blok Diyagram.	34
5.2. ARFF dosyası biçimi.	36
5.3. Bozulma olay işaretleri için dalga formu şablonu.	37

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
5.4. Bozulma olay işaretleri, (a) Normal Durum, (b) Gerilim Çökmesi, (c) Gerilim Şişmesi, (d) Gerilim Kesintisi, (e) Dürtüsel Süreksiz Olay, (f) Salınımlı Süreksiz Olay.	40
5.5. “LabVIEW Veri Seti Doğrulama” uygulaması ana algoritması.	41
5.6. Maksimum ve minimum RMS değerlerinin elde edilmesi algoritması.	42
5.7. RMS Olayı Araştırma Algoritması.	43
5.8. Maksimum ve minimum tepe değerlerinin elde edilmesi algoritması.	44
5.9. Süreksiz olay araştırma algoritması.	45
5.10. Normal durum işareti.	51
5.11. Normal durum işareti ADD katsayıları.	51
5.12. Gerilim çökmesi olay işareti.	52
5.13. Gerilim çökmesi olayına ait ADD katsayıları.	52
5.14. Gerilim şişmesi olayı işareti.	53
5.15. Gerilim şişmesi olayına ait ADD katsayıları.	53
5.16. Gerilim kesintisi olayı işareti.	54
5.17. Gerilim kesintisi olayına ait ADD katsayıları.	54
5.18. Dürtüsel süreksiz olay işareti.	55
5.19. Dürtüsel süreksiz olaya ait ADD katsayıları.	55
5.20. Salınımlı süreksiz olay işareti.	56
5.21. Salınımlı süreksiz olaya ait ADD katsayıları.	56
5.22. Olay işaretlerine ait ADD katsayılarının ortalama enerji seviyeleri.	57
5.23. Olay işaretlerinin ADD katsayılarına göre detaylı ortalama enerji seviyeleri.	58
5.24. Olay işaretlerinin ADD katsayılarının ortalama kayıklık seviyeleri.	59
5.25. Olay işaretlerinin ADD katsayılarına göre detaylı ortalama kayıklık seviyeleri.	60
5.26. Olay işaretlerinin ADD katsayılarının ortalama basıklık seviyeleri.	61
5.27. Olay işaretlerinin ADD katsayılarına göre detaylı ortalama basıklık seviyeleri.	62
5.28. WEKA ile hazırlanan KnowledgeFlow arayüzü görünümü.	63
5.29. k-kat çapraz doğrulama yönteminin işleyişi ve performans değerlendirmesi.	64

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Güç kalitesi bozulmalarının sınıflandırılması (IEEE Std. 1159-2009, 2009).	10
4.1. İki sınıflı sınıflandırma modeli için değerlendirme ölçütleri (Hossin ve Sulaiman, 2015).	31
4.2. Çok sınıflı sınıflandırma modeli için değerlendirme ölçütleri (Hossin ve Sulaiman, 2015).	31
5.1. Bozulma olay işaretleri eşitlikleri.....	38
5.2. Gürültüsüz, 50 dB ve 40 dB gürültülü veriler için doğrulama sonuçları.	46
5.3. 30 dB gürültülü veriler için doğrulama sonuçları.	47
5.4. “VERİ_SETİ_1_G” için 8 seviyeli ADD ile sınıflandırma sonuçları.....	65
5.5. “VERİ_SETİ_1_G” için 5, 6, 7 ve 9 seviyeli ADD ile sınıflandırma sonuçları.	66
5.6. “VERİ_SETİ_1_D” için 7 seviyeli ADD ile sınıflandırma sonuçları.....	66
5.7. “VERİ_SETİ_1_D” için 6 seviyeli ADD ile sınıflandırma sonuçları.....	67
5.8. “VERİ_SETİ_1_O” için 7 seviyeli ADD ile sınıflandırma sonuçları.....	67
5.9. “VERİ_SETİ_1_O” için 5 seviyeli ADD ile sınıflandırma sonuçları.....	68
5.10. “VERİ_SETİ_1_Y” için 9 seviyeli ADD ile sınıflandırma sonuçları.....	68
5.11. “VERİ_SETİ_1_Y” için 5 seviyeli ADD ile sınıflandırma sonuçları.....	69
5.12. "VERİ_SETİ_2_H" için 7 seviyeli ADD ile sınıflandırma sonuçları.	70
5.13. "VERİ_SETİ_2_H" veri setinin 1/3 test verisi için 7 seviyeli ADD sınıflandırma sonuçları.....	70

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

Açıklama

μs	Mikro saniye
C	Korelasyon katsayısı
dB	Desibel
dk	Dakika
f	Frekans
Hz	Hertz
kHz	Kilo Hertz
kV	Kilo Volt
MHz	Mega Hertz
ms	Mili saniye
MW	Megawatt
ns	Nano saniye
P_{st}	Short Term Perceptibility
pu	per unit
s	Saniye
V_{DC}	DC Gerilim
α	Güç Kalitesi Bozulma olayları için genlik katsayısı
ρ	Güç Kalitesi Bozulma olayları için sönümlenme / salınım katsayısı
ψ	Dalgacık
ω	$2*\pi*f$

Kısaltmalar

Açıklama

AC	Alternating Current
ADD	Ayrık Dalgacık Dönüşümü
ARFF	Attribute-Relation File Format
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
CART	Classification And Regression Tree
CWT	Continious Wavelet Transform
DC	Direct Current
DD	Dalgacık Dönüşümü
DVM	Destek Vektör Makinesi

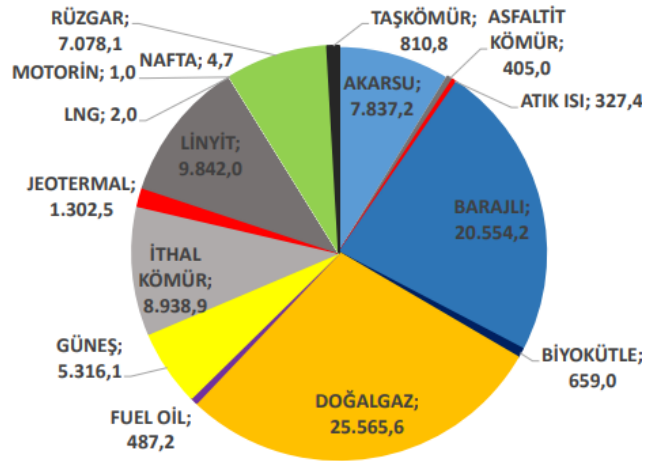
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
DWT	Discrete Wavelet Transform
FBAS	Frekans Bandı Alt Sınır
FBÜS	Frekans Bandı Üst Sınır
FD	Fourier Dönüşümü
FT	Fourier Transform
GA	Genetik Algoritma
GD	Gabor Wigner Dönüşümü
HHD	Hilbert Haung Dönüşümü
IEC	International Electrotechnical Commission
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
KF	Kalman Filtresi
KZFD	Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü
LNG	Liquefied Natural Gas
MODWT	Maximum Overlapping Discrete Wavelet Transform
MOFDST	Modified Optimal Fast Discrete S-Transform
NAFTA	North American Free Trade Agreement
OOB	Out-of-Bag
RF	Random Forest
RMS	Root Mean Square
RO	Rastgele Orman
ROC	Receiver Operating Characteristic
SD	S-Dönüşümü
SDD	Sürekli Dalgacık Dönüşümü
SGWT	Second-Generation Wavelet Transform
ST	S-Transform
STFT	Short Time Fourier Transform
TEİAŞ	Türkiye Elektrik Üretim Anonim Şirketi
VI	Virtual Instrument
WEKA	Waikato Environment for Knowledge Analysis
WT	Wavelet Transform
YSA	Yapay Sinir Ağı

1. GİRİŞ

İnsanoğlu dünya üzerinde var olduğu zamandan bu yana ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla enerjiye ihtiyaç duymuştur. Başlangıçta kas gücüne dayalı birtakım el aletleri geliştirilerek başlanan süreç zaman içerisinde mekanik araçlar ve makinelerin geliştirilmesi ile devam etmiştir. Makinelerin ihtiyaç duyduğu yüksek seviyede ve sürekli enerjiyi karşılamak üzere yapılan çalışmalar elektrik enerjisini ortaya çıkarmıştır.

Elektrik enerjisi, günümüzde insanların en çok ihtiyaç duyduğu temel enerji kaynaklarından biri haline gelmiştir. Ancak elektrik enerjisi doğada, doğrudan kullanılabilir biçimde bulunmamaktadır. Bundan dolayı diğer kaynaklardan faydalanılarak üretilmektedir. Öyle ki günümüzde yeraltı ve yerüstünde elde edilebilen çeşitli kaynaklar, üzerlerinde geliştirilen teknolojilerin de yardımıyla elektrik enerjisi üretiminde kullanılmaktadır. Şekil 1.1 Türkiye’de TEİAŞ (Türkiye Elektrik Üretim Anonim Şirketi) verilerine göre Mart 2019 itibariyle elektrik enerjisi üretimi için kurulu gücün kaynaklara dağılımını MW (Megawatt) cinsinden göstermektedir.



Şekil 1.1. Türkiye’de Mart 2019 itibariyle kurulu güç değerleri (<https://www.teias.gov.tr>, 2019).

Elektrik enerjisinin, ihtiyaç duyulduğu en uç noktaya kadar taşınması gerekmektedir. Taşıma süreci iletim ve dağıtım olarak iki aşamalı bir yapıya sahiptir. İletim aşaması, elektrik enerjisinin üretim tesislerinden belirli merkezlere taşınmasını kapsamaktadır. Dağıtım aşaması ise belirli merkezlerden kullanılacağı en uç noktalara kadar taşınmasını kapsamaktadır. Her üretim tesisinde olduğu gibi elektrik üretim tesislerinde de kaliteli üretim hedeflenmektedir.

Bununla birlikte elektrik enerjisinin taşınması sürecinde de belirli standartlarla kalitesinin korunması hassas bir gerekliliktir.

Günümüzde elektrik üretiminde kaliteye etki edecek düzeyde sorunlar en aza indirilmiştir. İletim hatları yerüstünde inşa edilmiştir. Dağıtım hatları, özellikle şehir merkezlerinde, yeraltında ve yerüstünde inşa edilmiştir. Bu durum hatların doğal ve doğal olmayan çevresel etkilere maruz kalmasını beraberinde getirmektedir. Doğal çevresel etkiler deprem, sel, heyelan, orman yangını, mevsimsel sıcak ve soğuk hava şartları olarak sayılabilir. Doğal olmayan çevresel etkiler ise trafik kazası, yangın, inşaat çalışmaları gibi insan faktörünün etkili olduğu durumlardır. Tüm bu etkiler, taşınması esnasında elektrik enerjisinin kalitesini etkileyen etkenler olarak ortaya çıkmaktadır.

Elektrik enerjisinin kullanım sahası yaygınlaştıkça iletimi ve dağıtımının yanında tüketiminin de kalite kavramını etkilemeye başladığı görülmektedir. Özellikle yarı iletken temelli aktif elektronik bileşenler içeren aygıtların kullanımının yaygınlaşması ile kullanıcı taraflı bozucu etkiler artış göstermiştir.

Elektrik enerjisi üç temel kavram üzerinden ifade edilmektedir. Bunlar frekans, gerilim ve akım bileşenleridir. Elektrik enerjisi üretim-iletim-dağıtım-tüketim zinciri boyunca frekans, gerilim ve akım bileşenlerinin tümünü içine alacak şekilde güç sistemi olarak adlandırılmaktadır. Teorik olarak güç sisteminden beklenen, frekans ve gerilimin sabit olduğu, gerilim ve akımın dalga şeklinin sinüs işareti biçiminde olduğu durumdur. Ancak üretiminden tüketimine uzanan süreç boyunca güç sistemi çeşitli etkilere maruz kalmaktadır. Bu etkiler sistem içi ve sistem dışı olabilmektedir. Gerek sistem içi gerekse sistem dışı etkenlerden etkilenen güç sistemi bileşenleri için kabul edilebilir sınırlar belirlenmiştir. Bu sınırlar güç sistemi için standartları oluşturmaktadır.

Güç sistemi üzerinde frekans, gerilim ve akım bileşenleri için belirli standartların tanımlanmasıyla “Güç Kalitesi” kavramı ortaya çıkmıştır. Güç sistemi üzerinde, belirlenen standartların dışında ortaya çıkan durumlar bozulma olarak adlandırılmıştır. Frekans, akım ve gerilim bileşenleri üzerinde meydana gelen bozulmalar genel olarak “Güç Kalitesi Bozulması” olarak adlandırılır. Güç kalitesi bozulmaları için kısaca bozulma ifadesi kullanılmıştır.

Elektrik enerjisine bağımlı hale gelen gündelik hayatta, bozulmaların doğru tespit edilebilmesi iki açıdan son derece önemlidir. Bunlar, bozulmaya yol açan etkenlerin ortadan kaldırılması ve önleyici tedbirlerin alınmasıdır. Her iki açıdan da yaklaşıldığında, bozulmaların göz ardı edilemeyecek ekonomik etkilerinin de azaltılması mümkün olacaktır. Bozulmaların

ekonomik etkileri gerek üreticilerin gerekse elektrik üretim dağıtım şirketlerinin maliyetlerine doğrudan ve dolaylı olarak yansımaktadır. Son kullanıcı olarak da ifade edilen tüketiciler ise ekonomik, sosyal ve yaşam kalitesi bakımından bozulmalardan etkilenmektedirler.

Ekonomik maliyete doğrudan etkiler arasında üretimde kayıp yaşanması, kaynak ve zaman kaybı, yarı-mamul firelerinin oluşması, üretim sürecinin yeniden başlatılması, donanım hasarları, insan sağlığı ve güvenliği ile ilgili sorunlar, çevresel ve finansal yaptırımlar ve diğer ek maliyetler sayılabilir. Dolaylı ekonomik maliyetler olarak ise üretimde yaşanan gecikmeler ve pazar payı kaybından kaynaklanan maliyetler bulunmaktadır (Sharma vd., 2018).

Bozulmalar uluslararası IEEE 1159-2009 standardında 7 ana başlık altında toplanmıştır. Bunlar, frekans, gerilim ve akım üzerinde ortaya çıkan bozulmaları tanımlamaktadır. Bozulma türlerinden bazıları tekil olarak frekans, gerilim veya akım bileşeni üzerinde tanımlanmıştır. Aynı zamanda bunlardan birden fazlası için tanımlanmış bozulma türleri de bulunmaktadır (IEEE Std. 1159-2009, 2009).

Gerilim üzerinde ortaya çıkan bozulma türleri süreksiz olaylar, kısa süreli ve uzun süreli RMS değişimleri, dengesizlik, dalga biçimi bozulmaları ve dalgalanma olarak tanımlanmıştır. Bu türlerden süreksiz olaylar ve kısa süreli RMS değişimleri süre bakımından oldukça kısa zaman aralıklarında gerçekleşmektedir. 50 Hz şebeke frekansında bir periyot 20 ms sürede tamamlanmaktadır. Süreksiz olaylar için süre tanımı maksimum 50 ms olarak belirtilmiştir. Kısa süreli RMS değişimleri ise yarım periyot ile 30 periyot arasında gerçekleşmektedir. Bu süreler dikkate alındığında süreksiz olayların ve kısa süreli RMS değişimlerinin tespiti ve sınıflandırılması, üzerinde çalışılması gereken bir sorundur.

Tez çalışması kapsamında gerilim üzerinde oluşan bozulmalardan süreksiz olayların ve kısa süreli RMS değişimlerinin sınıflandırılması amaçlanmıştır. Gerilim üzerinde oluşan diğer bozulma türleri, tez kapsamında incelenen bozulma türlerine göre görece daha uzun sürelerde gerçekleşmektedir. Hatta bazı bozulmaların kısa süreler içinde oluşmuş olması, bunların bozulma olarak adlandırılması için yeterli olmamakta, daha geniş zaman aralıklarında belirli süreler boyunca süreklilik arz etmeleri gerekmektedir.

Bozulmaların tespiti ve sınıflandırılması üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde veri setlerinin benzetim (*simulation*) yoluyla elde edilmesi, bozulma olaylarının analizi süreçleri ve güç kalitesi izleme araçlarının geliştirilmesi üzerinde çalışılan konulardan bazılarıdır. Bu işlemler yapılırken çeşitli bilgisayar yazılımları kullanılmaktadır. Bunun için genellikle hazır

yazılımların üzerinde sunulan araçlar kullanılmaktadır. Bununla birlikte, yazılım geliştirme ortamları üzerinde programlama teknikleri kullanılarak yazılım araçları da geliştirilmiştir.

Bu tez çalışmasında bozulma olayları içeren veri setlerinin elde edilmesi ve doğrulanması, özniteliklerin elde edilmesi işlemlerinde LabVIEW yazılımı kullanılmıştır. LabVIEW ile oluşturulan veri seti ve öznitelikler veri madenciliği yazılımları ile değerlendirilmiştir.

LabVIEW yazılımı, kullanıcılarına hem hazır araçlar sunmakta hem de programlama yapma olanağı sağlamaktadır. LabVIEW yazılımının, güç kalitesi alanında yapılan çalışmalarda kullanımına ilişkin, literatürde yer alan bazı çalışmalar aşağıda verilmiştir.

Bath ve Kumra, LabVIEW kullanarak bozulma olay işaretlerinin benzetimi ve ölçümü üzerinde çalışmışlardır (Bath ve Kumra, 2008). Yin ve Chilukuri, uzaktan güç kalitesi izleme ve analiz yazılımını LabVIEW kullanarak gerçekleştirmiştir (Yin ve Chilukuri, 2009). Tang ve arkadaşları, LabVIEW temelli güç kalitesi izleme sistemi tasarlamışlardır (Tang vd., 2009). Laskar ve Muhammad, LabVIEW kullanarak sanal enstrümantasyon ile güç kalitesi izleme sistemi geliştirmişlerdir (Laskar ve Muhammad, 2011). Pradhan ve arkadaşları, LabVIEW temelli güç analizörü uygulaması yapmışlardır (Pradhan vd., 2014). Upadhyay ve arkadaşları, LabVIEW üzerinde güç kalitesi ölçümü üzerinde çalışmışlardır (Upadhyay vd., 2018).

Veri madenciliği süreçlerinde, bilgisayar analizleri için geliştirilmiş yazılımlar kullanılmaktadır. Sınıflandırma süreci, veri madenciliğinin uygulama alanlarından biridir. Tez çalışmasında, bozulmaların sınıflandırılması için WEKA (*Waikato Environment for Knowledge Analysis*) yazılımı kullanılmıştır. WEKA, veri madenciliği çalışmaları için geliştirilmiş bir yazılımdır. Özellikle makine öğrenmesi alanında kullanılmaktadır. WEKA yazılımının, güç kalitesi alanında yapılan çalışmalarda kullanımına ilişkin, literatürde yer alan bazı çalışmalar aşağıda verilmiştir.

Kiranmai ve Laxmi, bozulmaların sınıflandırılmasını J48, rastgele ağaç ve RO (Rastgele Orman) yöntemleri ile WEKA kullanarak yapmışlardır (Kiranmai ve Laxmi, 2018). Oliveira ve arkadaşları, gerilim düşmesi şiddeti ile arıza koşulları arasındaki ilişkileri, WEKA üzerinde, kümeleme analizi ile incelemişlerdir (Oliveira vd., 2018). Sankar ve arkadaşları, bozulmaları, sayısal işaret işleme temelli tanımlama ve sınıflandırma üzerine yaptıkları çalışmada, WEKA üzerinde J48 sınıflandırıcısı ile sonuçları değerlendirmişlerdir (Sankar vd., 2018).

Bozulmaların tespiti ve sınıflandırılmasında işaret işleme tekniklerinden yoğun olarak faydalanılmıştır. Bozulmalar üzerinde uygulanan işaret işleme teknikleri, farklı aşamaları içinde

bulundurmaktadır. Bu aşamalar genel olarak, dönüşüm yöntemleri, öznitelik çıkarımı ve karar verme süreci olarak sıralanabilir.

Güç sistemi bileşenlerinden gerilim, akım ve frekans değerlerinin zaman içindeki değişimlerinden bazı temel bilgiler elde edilebilmektedir. Ancak, bozulma olayına ilişkin önemli diğer bazı bilgileri elde edebilmek için çeşitli dönüşüm yöntemlerinden faydalanılmaktadır. Dönüşüm yöntemleri, temelde, matematikte kullanılan fonksiyon gibi işlemektedir. Dönüşüm süreci, işlenen verinin özü kaybedilmeden, farklı bir düzlemde ifade ediliş biçiminin elde edildiği bir süreçtir.

Güç kalitesi alanında geçmişte yapılan çalışmalarda, öznitelik çıkarımı amacıyla kullanılan belli başlı dönüşüm yöntemleri bulunmaktadır. Fourier Dönüşümü (FD), S-Dönüşümü (SD), Hilbert Haung Dönüşümü (HHD) ve Dalgacık Dönüşümü (DD) yaygın olarak kullanılan dönüşüm yöntemleridir. Ek olarak Gabor-Wigner Dönüşümü (GD), Kalman Filtrelemesi (KF) ve Adaline yöntemlerinden de bahsedilebilir (Mahela vd., 2015).

Bozulmaların sınıflandırılması için geçmişte yapılan çalışmalarda kullanılan yöntemler arasında Destek Vektör Makinesi (DVM), Yapay Sinir Ağları (YSA), bulanık uzman-sistemler, Genetik Algoritma (GA) ve diğer çeşitli sınıflandırma yöntemleri bulunmaktadır (Mahela vd., 2015).

Sınıflandırma üzerine yapılan çalışmalarda karar ağaçlarının kullanımı yaygındır. Tek bir karar ağacı yerine, birden çok ağacın oluşturduğu ağaç topluluğu yaklaşımı, tekil karar ağacına göre daha başarılı sonuçlar vermektedir. Topluluk öğrenmesi olarak da ifade edilen yöntemlerden biri de Rastgele Orman (RO) yöntemidir. RO yöntemi, son birkaç yıldır güç kalitesi alanında yapılan çalışmalarda kullanılmaya başlanmıştır. RO yönteminin, güç kalitesi alanında yapılan çalışmalarda kullanımına ilişkin, literatürde yer alan bazı çalışmalar aşağıda verilmiştir.

Upadhyaya ve arkadaşları, bozulmaların hızlı algılanması ve karakterize edilmesi için hibrit yöntem önermiştir. Bozulma içeren olay işaretlerinden öznitelik elde edilmek üzere, DD temelinde geliştirilmiş, *maksimum örtüşen ayırık dalgacık dönüşümü* (MODWT-maximum overlapping discrete wavelet transform) ve *ikinci-nesil dalgacık dönüşümü* (SGWT-second-generation wavelet transform) yöntemleri kullanılmıştır. Bozulmalar, ilgili yöntemlerle elde edilen enerji, standart sapma ve entropi öznitelikleri üzerinden, RO yöntemi ile kategorize edilmiştir (Upadhyaya vd., 2015).

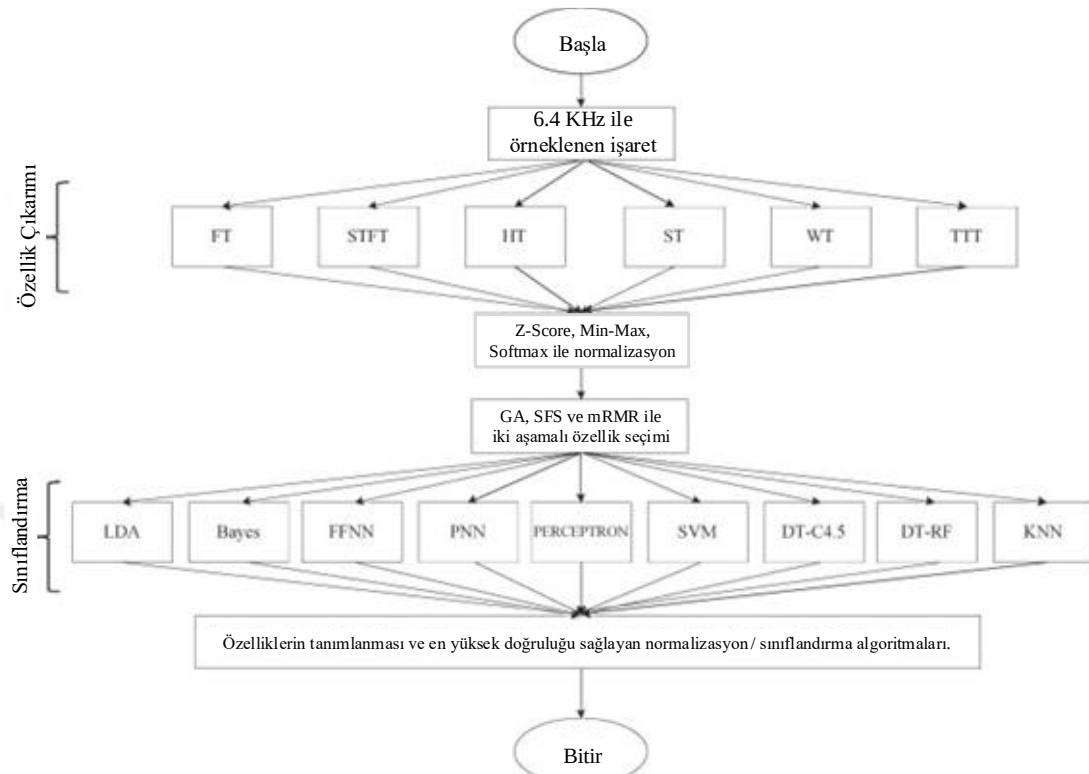
Huang ve arkadaşları, bozulmalardan öznitelik seçimi ve sınıflandırma amacıyla, *entropi-önem* (EnI-Entropy-Importance) tabanlı RO modeli önermiştir. Özniteliklerin elde edilmesinde, *S-Dönüşümü* (ST – *S-Transform*) kullanılmıştır. Çok sayıda öznitelik elde edilerek, bunların içinden önem derecesi yüksek olanlar tespit edilmeye çalışılmıştır. Özellik seçiminin, RO sınıflandırıcısı başarımına etkileri analiz edilmiştir (Huang vd., 2016).

Reddy ve Sodhi, tekil ve çoklu bozulmaların, doğru tespiti ve sınıflandırmasına yönelik çalışmıştır. Bu amaçla, *modifiye edilmiş en uygun hızlı ayrık S-Dönüşümü* (MOFDST - *modified optimal fast discrete ST*) yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem ile elde edilen faz ve genlik konturlarının enerji, standart sapma, basıklık, kayıklık gibi öznitelikleri RO sınıflandırıcısına uygulanmıştır. Önerilen sistem gerçek saha verileri ile test edildiğinde, oldukça umut verici sonuçlar elde edildiği belirtilmiştir (Reddy ve Sodhi, 2017).

Borges ve arkadaşları, bozulmaların sınıflandırılmasında, karar ağacı yöntemlerinden J48 algoritması ile RO yönteminin performanslarını karşılaştırmışlardır. Büyük miktarda veriler üzerinde yapılan çalışmalarda daha olumlu sonuçlar ürettiğini belirttikleri RO yönteminin, tekil karar ağacı algoritmalarına oranla bozulmalarda daha yüksek performans gösterdiğini ortaya koymuşlardır (Borges vd., 2015).

Jamali ve arkadaşları, bozulmaların, minimum hesaplama karmaşıklığı ile doğru sınıflandırılabilmesi üzerinde çalışmışlardır. Yapılan bu kapsamlı çalışmanın şematik gösterimi Şekil 1.2’de verilmiştir. Öznitelikler belirlenirken, sıklıkla başvuru istatistiksel değerlerden en büyük, en küçük, enerji, entropi, standart sapma, basıklık, kayıklık, RMS ve ortalama değerlerinden faydalanılmıştır. Özniteliklerin elde edilmesinde, benzer çalışmalarda sıkça karşılaşılan birçok dönüşüm yöntemi bir arada kullanılmıştır. Ortaya çıkan tüm öznitelikler içinden en efektif sonucu elde edebilmek için öznitelik seçimi yapılmıştır. Seçilen öznitelikler ile farklı sınıflandırma algoritmalarının sonuçları değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda RO sınıflandırıcısının en başarılı sınıflandırma sonuçlarını elde ettiği vurgulanmıştır (Jamali vd., 2018).

Kiranmai ve Laxmi, gerilimde meydana gelen çökme, şişme, kesinti ve dengesizlik bozulmalarını, veri madenciliği yaklaşımıyla sınıflandırma üzerine çalışmışlardır. Sınıflandırıcı olarak J48 karar ağacı, rastgele ağaç ve RO yöntemleri kullanılmıştır. Olay işaretlerinin doğrudan sınıflandırılması ve olay işaretlerinden elde edilen en büyük, en küçük ve ortalama gerilim değerlerinin de eklendiği iki farklı veri seti ile yapılan çalışmada RO sınıflandırıcısının başarımı vurgulanmıştır (Kiranmai ve Laxmi, 2018).



Şekil 1.2. Jamali ve arkadaşlarına ait çalışmanın blok gösterimi (Jamali vd., 2018).

Markovska ve Taskovski, bozulmaların sınıflandırılmasında kullanılan dalgacık temelli özniteliklerin, etkinliği ve seçimi üzerinde çalışmışlardır. Özniteliklerin farklı seçilmiş kombinasyonları arasındaki verimlilik farkını, 7 ve 11 sınıflı bozulma setleri ile ayrı ayrı incelemişlerdir. İncelenen öznitelikleri, diğer bazı çalışmalara benzer olarak temel istatistiksel değerlerden oluşturmuşlardır. Sınıflandırıcılar arası verimlilik farkını araştırmak üzere DVM, karar ağacı ve RO yöntemleri karşılaştırılmıştır. RO yöntemi ile elde edilen sonuçlara odaklanıldığında, sınıf sayısı 11 olan veri setinde, diğer yöntemlere oranla daha başarılı sonuçlar elde edildiği gözlenmiştir (Markovska ve Taskovski, 2017a).

Markovska ve Taskovski, bozulmaları sınıflandırmak için dalgacık tabanlı ve en uygun özniteliklerin seçimine dayanan bir RO sınıflandırıcısı yöntemini önermiştir. Bozulma olayı işaretlerine, Ayrık DD uygulanarak oluşturulan katsayılardan elde edilen enerji ve log-enerji entropi değerleri öznitelikleri oluşturmuştur. Daha önce yapılan çalışmalarla karşılaştırıldığında RO sınıflandırıcısının düşük hata oranıyla sınıflandırma ve yüksek doğrulukta başarımlar elde ettiği belirtilmiştir (Markovska ve Taskovski, 2017b).

Bu çalışmada, bozulmalardan, süreksiz olaylar ve kısa süreli RMS değişimi olaylarının sınıflandırılması amaçlanmıştır. Bozulma olayları, LabVIEW yazılımı kullanılarak, matematiksel modele dayalı simülasyon yöntemiyle oluşturulmuştur. Oluşturulan bozulma olaylarının, standartlarda verilen tanımlarına uygunluğu, LabVIEW yazılımıyla geliştirilen uygulama ile sınanmıştır. Bozulma olaylarından öznitelik çıkarımı için ADD yöntemi kullanılmıştır. ADD katsayılarından elde edilen enerji, basıklık ve kayıklık değerleri ile oluşturulan öznitelik vektörü, RO sınıflandırıcısına uygulanarak sınıflandırma yapılmıştır. ADD seviyesinin sınıflandırma başarımına etkisi, farklı seviyeler ile çalışılarak analiz edilmiştir. Bozulma olaylarının, gürültülü veri seti seçenekleri de hazırlanarak, gürültünün başarıma etkisi analiz edilmiştir.

Tez çalışmasının bundan sonraki kısımları sırasıyla şu şekildedir: Bölüm 2’de güç kalitesi kavramı ve güç kalitesi bozulmaları açıklanmıştır. Bölüm 3’de dalgacık analizi açıklanmıştır. Bölüm 4’de rastgele orman yöntemi açıklanmıştır. Bölüm 5’de tez çalışması kapsamında yapılan çalışmalar uygulama başlığı altında açıklanmıştır. Bölüm 6’da sonuç ve öneriler sunulmuştur.

2. GÜÇ KALİTESİ

Güç kalitesi kavramı ilk olarak 1960'lı yıllardan itibaren, uzay araçlarının ihtiyaç duyduğu elektrik enerjisi ile ilgili standartların tanımlanmaya çalışıldığı teknik dokümanlarda görülmektedir. Standartların tanımlanması üzerine yapılan çalışmalar elektrik enerjisi için kalite kavramını ortaya çıkarmıştır. Elektrik enerjisi için temel kalite beklentisi, kesintisiz, değeri değişmeyen ve uygulandığı aygıtlarda zarara yol açmayan bir biçimde olmasıdır. Ancak elektrik enerjisinin kalitesi üreten, ileten, dağıtan ve kullananlar açısından farklı bakış açılarıyla tanımlanabilmektedir.

Üreticiler açısından güç kalitesi, sistem güvenilirliğini ifade etmektedir. Donanım üreticileri için güç kalitesi, donanımların düzgün çalışmasına elverişli seviyede enerji olmaktadır. Diğer taraftan kullanıcılar açısından süreçlerin, işlemlerin ve işletmelerin süreklilik içinde çalışmalarını sağlayacak enerji kaliteli enerji olarak düşünülmektedir (İbrahim ve Morcos, 2002).

Elektrikle çalışan aygıtların arızalanmasına ve/veya bozulmasına sebep olan, güç sisteminin gerilim, akım ve frekansında meydana gelen değişimler güç kalitesi bozulması olarak tanımlanır. Güç kalitesi bozulmaları IEEE 1159-2009 standardında detaylı olarak, Çizelge 2.1'de gösterildiği şekilde sınıflandırılmıştır.

Sınıflandırma yaklaşımı incelendiğinde, süreksiz olaylar ve kısa süreli RMS değişimlerinin 1 dakikadan daha kısa süre içinde gerçekleştiği görülmektedir. Benzer şekilde, uzun süreli RMS değişimleri 1 dakikadan uzun süren bozulmalar için ayrı bir kategori olarak belirlenmiştir. Diğer kategorilerde ise bu şekilde birkaç periyottan dakikalar mertebesine kadar olacak şekilde tipik bir süre ölçütü belirlenmemiştir. Tipik süre ölçütü belirlenmeyen bu bozulma türlerinde, daha geniş zaman aralıklarında yapılan ölçümlerden elde edilen sonuçlar zaman aralığına oransal olarak değerlendirilmektedir.

2.1. Süreksiz Olaylar

Süreksiz olaylar (*transients*) güç sistemlerinde genellikle yarım periyotluk zaman aralığında oluşur ve sonlanır. Bu kısa süreye rağmen güç sistemini olumsuz etkilemektedir. Süreksiz olaylarda süre genellikle birkaç mili saniye ile sınırlıdır. Ancak bu kısa süre içinde gerilim ya da akımda anlık olarak yüksek değerler görülebilmektedir. Bir süreksiz olay, gerilim veya akımın etkin değerinde ve şebeke frekansında değişime neden olmamaktadır. Süreksiz olaylar, dalga formu üzerinde oluşturdıkları işaret bakımından iki alt başlık altında

incelenmektedir. Bunlar dürtüsel (*impulsive*) ve salınımlı (*oscillatory*) süreksiz olaylardır. Bu tanımlamalar, süreksiz olayın görsel olarak oluşturduğu kendine has dalga biçimi üzerinden yapılmıştır.

Çizelge 2.1. Güç kalitesi bozulmalarının sınıflandırılması (IEEE Std. 1159-2009, 2009).

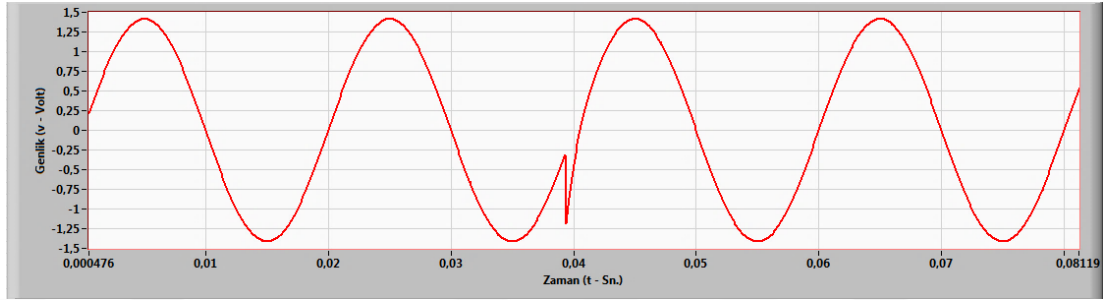
Kategori	Tipik Spektral İçerik	Tipik Süre	Tipik Gerilim Genliği
1. Süreksiz Olaylar			
1.1. Dürtüsel			
1.1.1. Nano Saniye	5 ns yükselme	< 50 ns	
1.1.2. Mikro Saniye	1 µs yükselme	50 ns – 1 ms	
1.1.3. Mili Saniye	0,1 ms yükselme	> 1 ms	
1.2. Salınımlı			
1.2.1. Düşük Frekans	< 5 kHz	0,3 – 50 ms	0 – 4 pu ^a
1.2.2. Orta Frekans	5 - 500 kHz	20 µs	0 – 8 pu
1.2.3. Yüksek Frekans	0,5 - 5 MHz	5 µs	0 – 4 pu
2. Kısa Süreli RMS Değişimleri			
2.1. Ani			
2.1.1. Çökme		0,5 – 30 Periyot	0,1 – 0,9 pu
2.1.2. Şişme		0,5 – 30 Periyot	1,1 – 1,8 pu
2.2. Anlık			
2.2.1. Kesinti		0,5 – 30 Periyot	< 0,1 pu
2.2.2. Çökme		0,5 Periyot – 3 s	0,1 – 0,9 pu
2.2.3. Şişme		0,5 Periyot – 3 s	1,1 – 1,4 pu
2.3. Geçici			
2.3.1. Kesinti		> 3 s – 1 dk	< 0,1 pu
2.3.2. Çökme		> 3 s – 1 dk	0,1 – 0,9 pu
2.3.3. Şişme		> 3 s – 1 dk	1,1 – 1,2 pu
3. Uzun Süreli RMS Değişimleri			
3.1. Kesinti, Sürekli		> 1 dk	0,0 pu
3.2. Düşük Gerilim		> 1 dk	0,8 – 0,9 pu
3.3. Aşırı Gerilim		> 1 dk	1,1 – 1,2 pu
3.4. Akım Yük Aşımı		> 1 dk	
4. Dengesizlik			
4.1. Gerilim		Kararlı Durum	0,5 – 2,0 %
4.2. Akım		Kararlı Durum	1,0 – 30 %
5. Dalga Biçimi Bozulması			
5.1. DC Ofset		Kararlı Durum	0 – 0,1 %
5.2. Harmonikler	0 – 9 kHz	Kararlı Durum	0 – 20 %
5.3. Ara Harmonikler	0 – 9 kHz	Kararlı Durum	0 – 2 %
5.4. Çentik		Kararlı Durum	
5.5. Gürültü	Genişbant	Kararlı Durum	0 – 1 %
6. Gerilim Dalgalanmaları	< 25 Hz	Aralıklı	0,1 – 7 % 0,2 – 2 P _{st} ^b
7. Güç Frekansı Değişimleri		< 10 s	± 0,1 Hz

^a pu niceliği birim başına anlamında olup boyutsuzdur. 1,0 pu niceliği %100'e karşılık gelmektedir. Genellikle normal şart 1,0 pu olarak kabul edilir. Tabloda süreksiz olaylar için referans olarak normal tepe değeri alınırken RMS değişimleri için ise referans olarak RMS değeri alınmıştır.

2.1.1. Dürtüsel süreksiz olaylar

Dürtüsel süreksiz olay gerilim, akım veya her ikisinin nominal durumunda, şebeke frekansından farklı bir frekansta, tek yönlü (pozitif veya negatif) olarak meydana gelen, ani

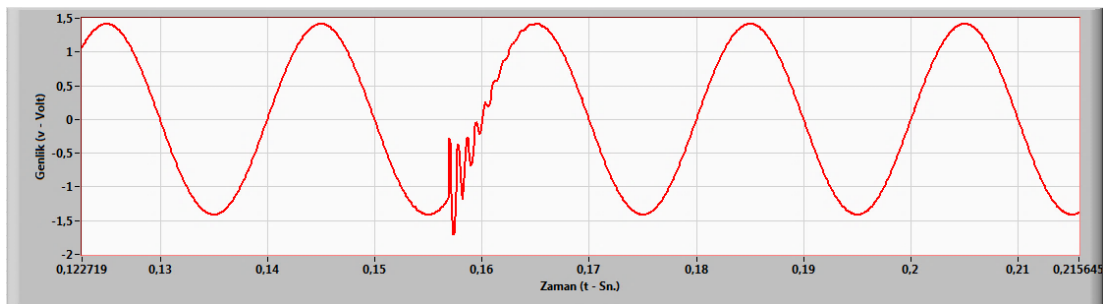
darbe şeklindeki değişim olarak tanımlanır. Dürtüsel süreksiz olayların karakteristikleri yükselme ve sönümlenme süreleri ile belirlenirler. Bu olgular süreksiz olayın spektral içeriği olarak da tanımlanabilirler. Şekil 2.1 örnek bir dürtüsel süreksiz olayı göstermektedir.



Şekil 2.1. Dürtüsel süreksiz olay dalga formu.

2.1.2. Salınlımlı süreksiz olaylar

Salınlımlı süreksiz olaylar gerilim, akım veya her ikisinin kararlı durumunda, hem pozitif hem de negatif değerler içeren, şebeke frekansında olmayan, ani değişimler olarak tanımlanmaktadır. Salınlımlı bir süreksiz olay, polaritesi ve anlık değerleri hızla değişen gerilim ve/veya akımın değerlerini içermektedir. Genlik, süre ve spektral içerik (baskın frekans) ile karakterize edilirler. Salınlımlı süreksiz olaylar baskın frekans bileşenleri, genlikleri ve süreleri bakımından üç alt gruba ayrılırlar. Bunlar düşük, orta ve yüksek frekans salınlımlı süreksiz olaylar olarak adlandırılmaktadır. Şekil 2.2 örnek bir salınlımlı süreksiz olayı göstermektedir.



Şekil 2.2. Salınlımlı süreksiz olay dalga formu.

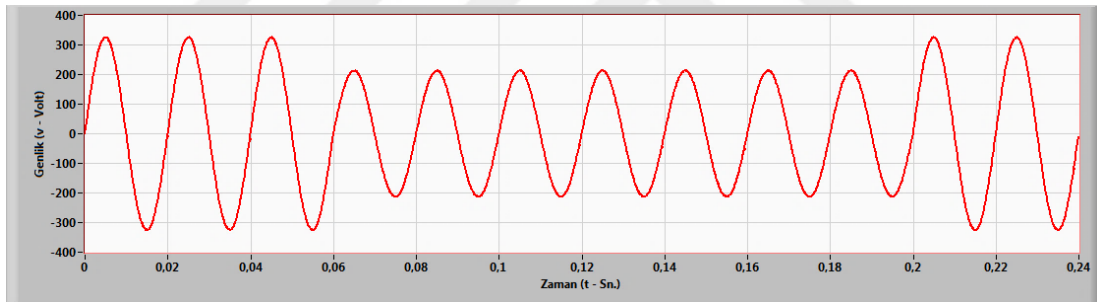
2.2. Kısa Süreli RMS Değişimleri

Kısa süreli RMS değişimleri gerilimin etkin değeri üzerinde oluşan bozulmaları kapsamaktadır. Bozulma süresi en az yarım periyotluk zamanda aralığında meydana gelmekte

ve 1 dakikadan daha kısa sürede sonlanmaktadır. Sinüs biçimli gerilim işaretinin RMS değeri 1,0 pu olarak tanımlanmaktadır. RMS değerinin 0,9 pu ile 1,1 pu arasında olması normal durum olarak kabul edilmektedir. RMS değerinin normal durum aralığının dışına sapması kısa süreli RMS değişimi (*short duration RMS variation*) olarak tanımlanmaktadır. Kısa süreli RMS değişimleri, süre bakımından ani (*instantaneous*), anlık (*momentary*) ve geçici (*temporary*) olarak alt sınıflara ayrılmaktadır.

2.2.1. Gerilim çökmesi

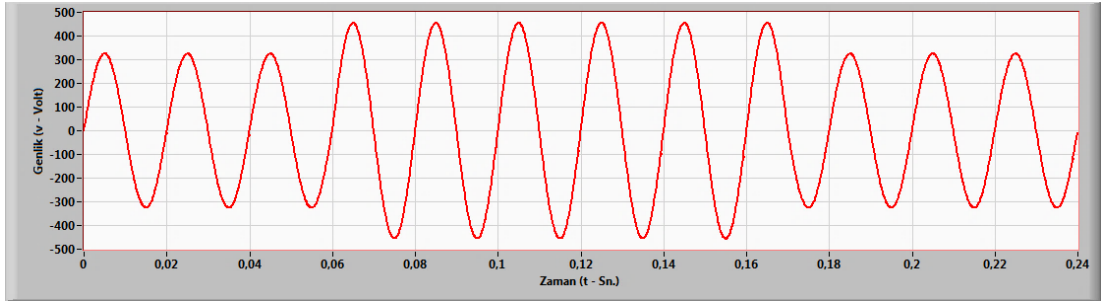
Şebeke gerilimi etkin değerinin, en az yarım periyottan en fazla 1 dakikaya kadar sürelerde, 0,1 pu ile 0,9 pu değerleri arasında, normal durumdan düşük olarak gerçekleşmesi durumu gerilim çökmesi (*sag*) olarak tanımlanmıştır. Gerilim çökmesi olayının süresi 0,5 periyot ile 30 periyot arasında ise ani, 30 periyot ile 3 saniye arasında ise anlık ve 3 saniye ile 1 dakika arasında ise geçici olarak adlandırılmaktadır. Şekil 2.3 örnek bir gerilim çökmesi olayını göstermektedir.



Şekil 2.3. Gerilim çökmesi olayı dalga formu.

2.2.2. Gerilim şişmesi

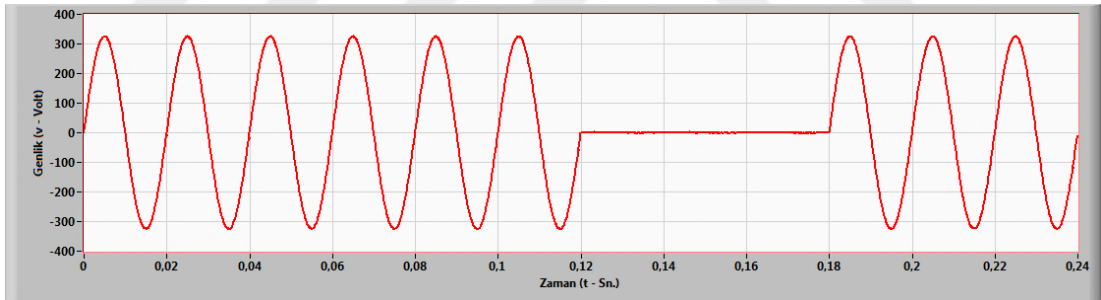
Şebeke gerilimi etkin değerinin, en az yarım periyottan en fazla 1 dakikaya kadar olan sürelerde, 1,1 pu ile 1,8 pu değerleri arasında normal durumdan yüksek olarak gerçekleşmesi durumu gerilim şişmesi (*swell*) olarak tanımlanmıştır. Gerilim şişmesi olayının süresi 0,5 periyot ile 30 periyot arasında ise ani, 30 periyot ile 3 saniye arasında ise anlık ve 3 saniye ile 1 dakika arasında ise geçici olay olarak adlandırılmaktadır. Gerilimin yükselme oranı ani sınıfta 1,1 pu ile 1,8 pu arasında, anlık sınıfta 1,1 pu ile 1,4 pu arasında ve geçici sınıfta ise 1,1 pu ile 1,2 pu arasında bir değerde gerçekleşir. Şekil 2.4 örnek bir gerilim şişmesi olayını göstermektedir.



Şekil 2.4. Gerilim şişmesi olayı dalga formu.

2.2.3. Gerilim kesintisi

Şebeke gerilimi etkin değerinin, en az yarım periyottan en fazla 1 dakikaya kadar olan sürelerde, 0,1 pu değerinden düşük olarak gerçekleşmesi durumu gerilim kesintisi (*interruption*) olarak tanımlanmıştır. Kesinti süresi 0,5 periyot ile 3 saniye arasında ise anlık, 3 saniye ile 1 dakika arasında ise geçici olarak adlandırılmaktadır. Şekil 2.5 örnek bir gerilim kesintisi olayını göstermektedir.



Şekil 2.5. Gerilim kesintisi olayı dalga formu.

2.3. Uzun Süreli RMS Değişimleri

Uzun süreli RMS değişimleri (*long duration RMS variation*) gerilimin RMS değerinin, şebeke frekansında olmak üzere, 1 dakikadan daha uzun sürelerde sapması olarak tanımlanmaktadır. Uzun süreli RMS değişimleri kısa süreli RMS değişimlerine benzer yapıdadır. Bu değişimler sürekli kesinti (*sustained interruption*), düşük gerilim (*under voltage*) veya aşırı gerilim (*over voltage*) olarak adlandırılmaktadır.

2.3.1. Sürekli kesinti

Sürekli kesinti, 1 dakikadan daha uzun bir süre boyunca şebeke geriliminin kesilmesi olarak tanımlanır. Bu kesintiler genellikle kalıcıdır ve giderilmesi için teknik ekiplerce müdahale gerektirir.

2.3.2. Düşük gerilim

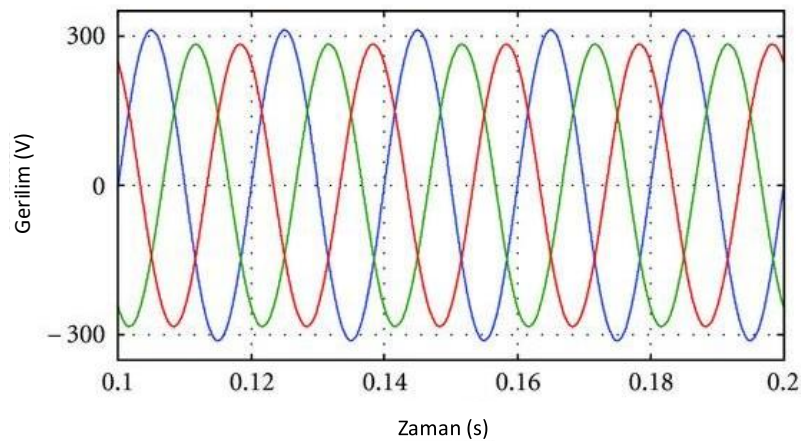
Şebeke gerilimi etkin değerinin, 1 dakikadan fazla bir süre boyunca, 0,8 pu ile 0,9 pu değerleri arasında, normal durumdan düşük olarak gerçekleşmesi düşük gerilim olarak tanımlanmıştır.

2.3.3. Aşırı gerilim

Şebeke gerilimi etkin değerinin, 1 dakikadan fazla bir süre boyunca, 1,1 pu ile 1,2 pu değerleri arasında, normal durumdan yüksek olarak gerçekleşmesi aşırı gerilim olarak tanımlanmıştır.

2.4. Dengesizlik

Üç fazlı bir sistemdeki dengesizlik (*unbalance*), negatif sıra bileşeninin büyüklüğünün pozitif sıra bileşeninin büyüklüğüne oranı olarak, yüzde cinsinden ifade edilir. Bu tanım, hem gerilim hem de akım için uygulanabilir. Tipik olarak, üç fazlı bir sistemin gerilim dengesizliği %3'ün altındadır (IEEE Std. 1159-2009, 2009). Şekil 2.6 3-fazlı şebeke örnek bir dengesizlik olayını göstermektedir.



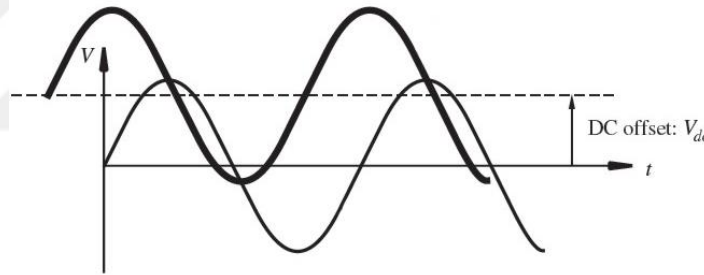
Şekil 2.6. 3-Fazlı şebekede gerilim dengesizliği dalga formu (Patnaik ve Panda, 2012).

2.5. Dalga Biçimi Bozulmaları

Gerilim ve akım için normal şartlarda dalga biçimi, tekrarlayan sinüs işareti olarak öngörülmektedir. İdeal güç frekansı şartlarında, sinüs biçimli işarete oluşan bozulmalar dalga biçimi bozulması (*waveform distortion*) olarak tanımlanmıştır. Dalga biçimi bozulmaları, bozulmanın spektral içeriği ile karakterize edilirler. Bunlar beş farklı başlık altında tanımlanabilir.

2.5.1. DC ofset

Bir AC güç sisteminde DC geriliminin veya akımının varlığı, DC ofset olarak adlandırılır. Bu olgu, Dünya'nın manyetik alan etkilerinin sonucu olarak veya yarım dalga doğrultucunun etkisiyle ortaya çıkabilir (IEEE Std. 1159-2009, 2009). Güç sistemi geriliminin kararlı hâl durumunda DC ofset değerinin %0,1 oranını aşmaması gerekir. Şekil 2.7 AC şebeke geriliminde DC Ofset oluşumu göstermektedir.

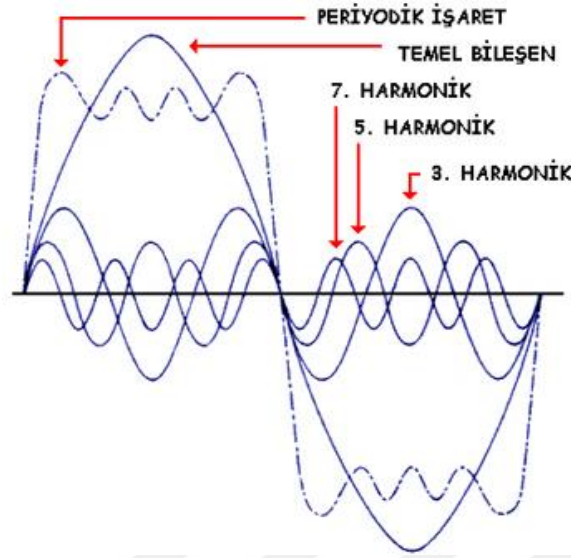


Şekil 2.7. AC şebeke geriliminde DC Ofset oluşumu (<http://www.jenving.com>, 2017).

2.5.2. Harmonikler

Harmonikler (harmonics), şebeke frekansının özellikle tek tam sayılı katları olan frekanslara sahip sinüs biçimli gerilimler veya akımlardır. Harmonikler, temel gerilim veya akım ile birleştiğinde dalga biçimi bozulmasına neden olur. Harmonik bozulma, güç sistemindeki aygıtların ve yüklerin doğrusal olmayan özelliklerinden dolayı ortaya çıkar.

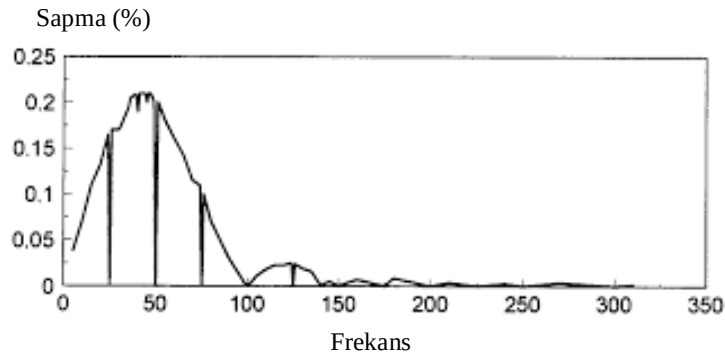
Güç sisteminde harmonik sınır değerleri her bir harmonik için 1 kV altındaki hatlarda azami %5, toplam harmonik bozulma ise %8 ile sınırlı kalmalıdır. Bu değerler günlük olarak %99, haftalık olarak %95 oranında sağlanmalıdır (IEC Std. 512-2014, 2014). Şekil 2.8 harmonikli işaret yapısını göstermektedir.



Şekil 2.8. Harmonikli işaret yapısı (<https://www.kontrolkalemi.com>, 2017).

2.5.3. Ara harmonikler

Ara harmonikler (*inter harmonics*), şebeke frekansının tam katları olmayan frekans bileşenleri bulunan gerilimler veya akımlardır. Ara harmonikler, şebekenin tüm gerilim sınıflarında bulunabilir. Şekil 2.9 ara hamonikler içeren örnek bir işaretin spektral içeriğini göstermektedir.

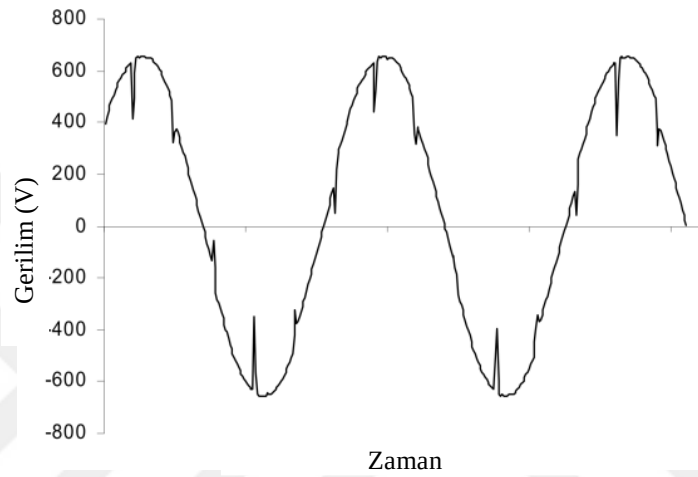


Şekil 2.9. Ara harmonikler içeren işaretin spektral içeriği (Gunther, 2001).

2.5.4. Çentik

Çentik (*notch*), güç elektroniği cihazlarının normal çalışmasından kaynaklanan periyodik bir gerilim bozulmasıdır. Gerilim çentikleme, periyodik olan, ancak oldukça yüksek frekans içeriğine sahip özel bir durumu temsil eder. Dolayısıyla hem süreksizlikler hem de

harmonik bozulma olarak nitelendirilebilecek özelliklere sahiptir. Çentiklenme sürekli olarak gerçekleştiğinden (kararlı durum), etkilenen gerilimin harmonik spektrumu vasıtasıyla karakterize edilebilir. Bununla birlikte, çentik ile ilişkili frekans bileşenleri oldukça yüksek olabilir ve harmonik analiz için normal olarak kullanılan ölçüm cihazlarıyla kolayca karakterize edilemez (IEEE Std. 1159-2009, 2009). Şekil 2.10 gerilim işareti üzerinde örnek bir çentik olayını göstermektedir.



Şekil 2.10. Gerilim işareti üzerinde örnek bir çentik olayı (Barros vd., 2008).

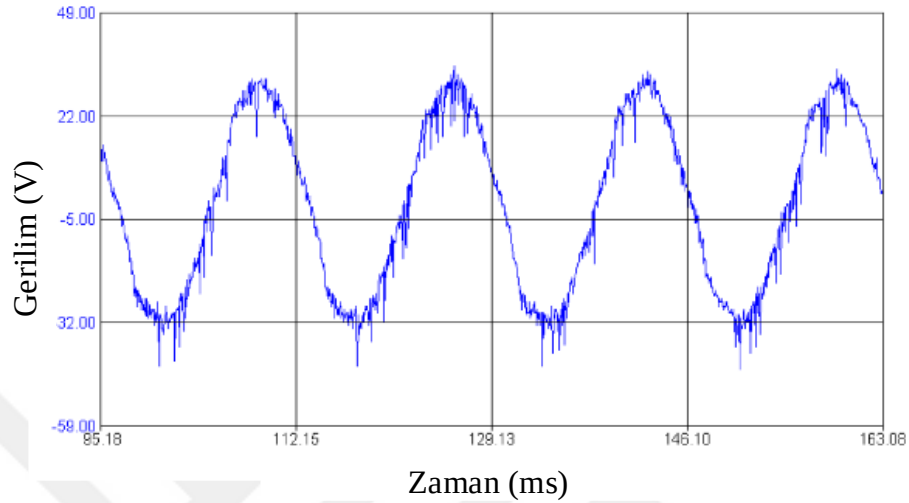
2.5.5. Gürültü

Gürültü (*noise*), güç sistemi iletkenlerinde veya sinyal hatlarında bulunan, genellikle 200 kHz'den daha düşük spektral içeriğe sahip istenmeyen elektrik sinyalleridir. Gürültü sorunları genellikle yanlış topraklama ile daha da kötüleşmektedir (IEEE Std. 1159-2009, 2009). Şekil 2.11 örnek bir gürültülü gerilim işaretini göstermektedir.

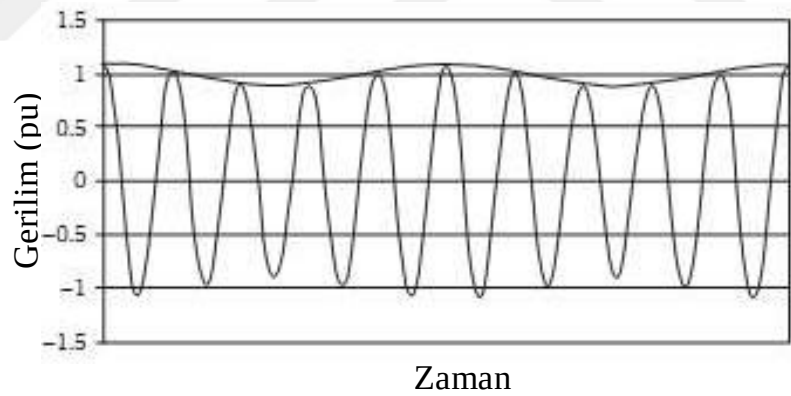
2.6. Gerilim Dalgalanmaları

Gerilim dalgalanmaları (*voltage fluctuations*), gerilimin etkin değerinin 0,95 – 1,05 pu aralığında değişim göstermesidir. Bu değişim iki farklı biçimde meydana gelmektedir. Sinüs eğrisinin tepe değerlerinde sistematik olarak alçalma/yükselme şeklinde bir değişim olabildiği gibi bir dizi rastgele gerilim değişikliği şeklinde de olabilmektedir. Bu tür gerilim dalgalanmaları, insanlar tarafından lamba aydınlatma yoğunluğundaki değişikliklerle algılanabilir. Yük akımı büyüklüğünde sürekli ve hızlı değişiklikler sergileyen yükler, hatalı olarak titreşim (*flicker*) olarak adlandırılan gerilim değişimlerine neden olabilir. Titreşim terimi, gerilim dalgalanmasının aydınlatma yoğunluğu üzerindeki etkisinden türetilmiştir. Gerilim

dalgalanması bir elektromanyetik olgudur ve titreşim bu olgunun istenmeyen bir sonucudur (IEEE Std. 1159-2009, 2009). Şekil 2.12 gerilim dalgalanması olayını göstermektedir.



Şekil 2.11. Gürültülü gerilim işareti örneği (<https://www.rs-online.com>, 2018).



Şekil 2.12. Gerilim dalgalanması (<http://www.industrial-electronics.com>, 2005).

2.7. Güç Frekansı Değişimleri

Güç frekansı değişimleri (*power frequency variations*) güç sistemi temel frekansının belirtilen anma değerinden (50 Hz ya da 60 Hz) sapmasıdır. Sabit durum güç sistemi frekansı, sistemdeki üreteçlerin dönme hızı ile doğrudan ilişkilidir. Frekans kaymasının boyutu ve süresi, yük özelliklerine ve üretim sisteminin yük değişikliklerine gösterdiği tepkiye bağlıdır. Küçük ve anlık olan frekans değişiklikleri, yük değişimleri vb. gibi nedenlerle neredeyse sürekli olarak meydana gelir. Güç frekansı değişimleri 10 saniyenin altında olmak üzere $\pm 0,10$ Hz değerini aşmamalıdır.

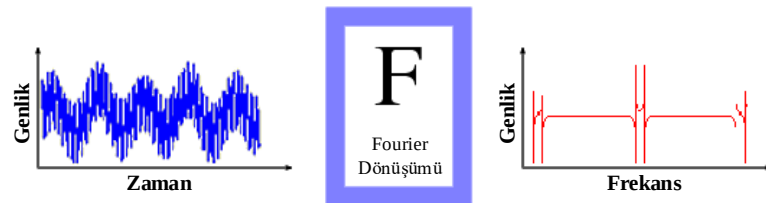
3. DALGACIK ANALİZİ

Dalgacık fikrinin temelini 1909 yılında matematikçi Alfred Haar tarafından önerilen “Haar Dalgacığı” oluşturmaktadır. Dalgacık Dönüşümü (DD) (*Wavelet Transform - WT*) 1981 yılında jeofizikçi Jean Morlet tarafından önerilmiştir. 1988 yılında Stephane Mallat ve Yves Meyer tarafından çoklu çözünürlük (*multiresolution*) kavramı önerilmiştir. 1989 yılından itibaren dalgacık dönüşümü, işaret işleme alanında yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Chun-Lin, 2010).

3.1. Fourier Dönüşümü

Dalgacık analizi, zaman alanında verilen işaretin frekans bileşenlerine ayrıştırılması bakımından Fourier Dönüşümü'ne (FD) (*Fourier Transform – FT*) benzemektedir. FD, zaman bölgesinde verilen bir işareti, işareti oluşturan temel frekans bileşenlerine ayıran bir yöntemdir. Tüm zaman bölgesi işaretleri, ne kadar karmaşık olursa olsun, işareti oluşturan sinüs biçimli bileşenlere ayrılabilir (Miner, 1998).

Sinüs biçimli işaretler, frekans bölgesinde mükemmel bir kompakt desteğe sahipken zaman bölgesinde ise değildir. Başka bir ifadeyle, zaman içinde sonsuzluğa uzanırlar ve bu nedenle durağan olmayan işaretlere yakınlıktır için kullanılamazlar. Bir işaretin zaman bölgesi gösteriminin, işaretin spektral içeriği hakkında herhangi bir niceliksel bilgi sağlamadığına dikkat edilmelidir. Buna karşılık FD, Şekil 3.1'de görüldüğü üzere, spektral bileşenlerin zaman içindeki konumları ile ilgili hiçbir gösterge olmaksızın sadece spektral içeriği sağlar. Bu nedenle, spektral içeriği zamanla değişen durağan olmayan işaretlerin analizi, yalnızca frekans gösterimi yerine, zaman-frekans gösterimi gerektirir (Polikar, 1999).



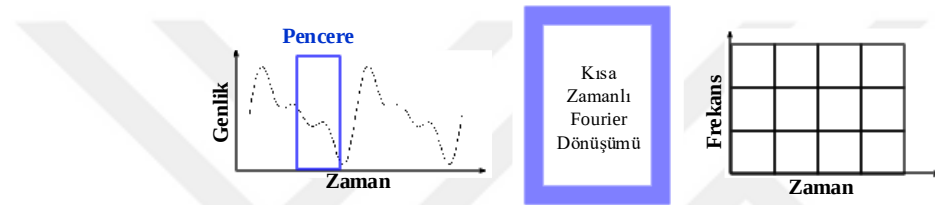
Şekil 3.1. Fourier Dönüşümü (Misiti vd., 2010).

3.2. Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü

FD'nin bir varyasyonu, Denis Gabor (1946) tarafından geliştirilen pencereci FD (*windowed FT*), zamana bağıli FD (*time-dependent FT*) veya Kısa Zamanlı FD (KZFD) (*Short*

Time FT – STFT) olarak adlandırılır. KZFD, işareti hareketli bir pencere fonksiyonu ile bölümler halinde görüntüler ve analiz eder (Miner, 1998). Pencere, işaretin küçük bir kısmını ele alarak üzerinde FD uygulamak üzere tasarlanmıştır (Chun-Lin, 2010). Bu teknik, zamana göre değişen bilgilere sahip işaretlerin analizini sağlarken analiz çözünürlüğü, pencere boyutu seçimi ile sınırlıdır (Miner, 1998). Şekil 3.2’de KZFD tekniği gösterilmiştir.

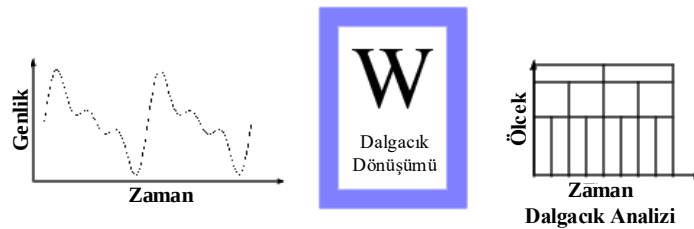
Analiz penceresi seçimi, spektrumun düzgünlüğünü ve farklı sinüs biçimli bileşenlerin tespit edilebilirliğini belirler. En yaygın kullanılan pencereler dikdörtgen, Hamming, Hanning, Kaiser, Blackman ve Blackman-Harris'tir (Miner, 1998).



Şekil 3.2. Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü (Misiti vd., 2010).

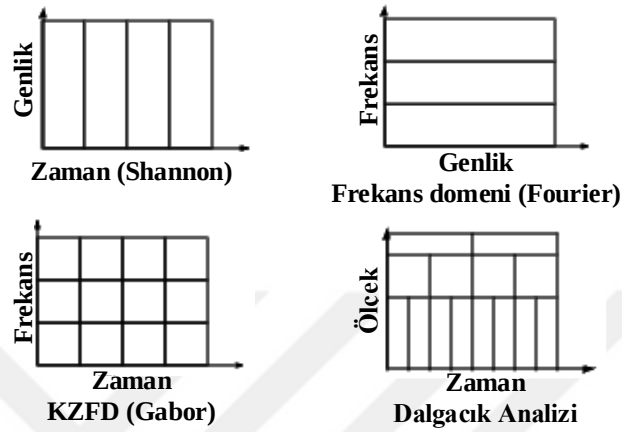
3.3. Dalgacık Dönüşümü

Dalgacık analizi, zamanla değişen gerçek dünya sinyallerinin analizi için bir sonraki mantıksal adımdır. Dalgacık analizi, KZFD'ye benzer olarak pencereler kullanır ancak pencereler değişken boyutludur (Miner, 1998). Dalgacık analizi, düşük frekans bilgilerini daha kesin almak istediğimiz uzun zaman aralıklarının kullanılmasını sağlarken yüksek frekans bilgilerini istediğimiz kısa bölgelerde de kullanıma uygundur (Misiti vd., 2010). Dalgacık analizi Şekil 3.3’de görüldüğü biçimde, analiz edilen işareten zaman-ölçek gösteriminde sonuçlar üretir.



Şekil 3.3. Dalgacık Dönüşümü (Misiti vd., 2010).

FD ve KZFD yöntemlerinde olduğu gibi dalgacık analizi de bir dönüşüm yapmaktır. Dalgacık analizi, Dalgacık Dönüşümü (DD) olarak ifade edilir. Şekil 3.4’de FD, KZFD ve DD yöntemlerinin ürettikleri sonuçlar bakımından farkları verilmiştir.



Şekil 3.4. İşaret, FD, KZFD ve Dalgacık Analizi gösterimleri (Misiti vd., 2010).

DD’nin üzerine inşa edildiği dalgacık kavramı, sonlu uzunlukta bir işarettir ve ψ ile gösterilir. Bir işaretin dalgacık olarak kabul edilmesi ve dalgacık analizinde kullanılabilmesi için aşağıdaki iki şartı sağlaması gerekir. Bunlar;

- i. ψ ’nin integrali sıfırdır:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \psi(x) dx = 0 \quad (3.1)$$

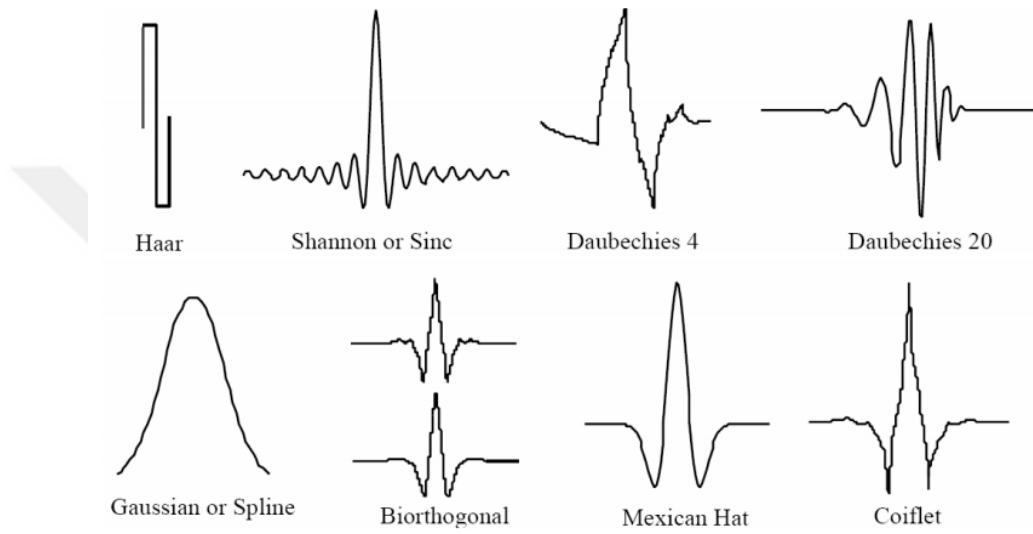
- ii. ψ ’nin karesinin integrali bire eşittir:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \psi^2(x) dx = 1 \quad (3.2)$$

Dalgacıkların sağladığı en büyük avantajlardan biri yerel analiz yapma yeteneğidir. Daha açık bir ifadeyle, uzun bir işaretin belirli kısa bir bölgesini analiz etme avantajı sağlarlar (Misiti vd., 2010). Dalgacıklar, FD’nin temeli olan sinüs biçimli işaretler ile karşılaştırıldığında, sinüs biçimli işaretlerin sınırlı bir süresi yoktur ve eksi sonsuzluktan artı sonsuzluğa kadar uzarlar. Sinüs biçimli işaretlerin düzgün ve tahmin edilebilir olduğu yerlerde dalgacıklar düzensiz ve asimetrik olma eğilimindedir. FD’ne benzer şekilde, dalgacık analizi, bir işaretin

temel dalgacığın kaydırılmış ve ölçeklendirilmiş biçimleri ile parçalanmasıdır (Misiti vd., 2010).

Eşitlik (3.1) ve (3.2)'de belirtilen şartları sağlayan ve kullanımı yaygın bazı dalgacık biçimleri Şekil 3.5'de verilmiştir. DD, Sürekli DD (SDD) (*Continuous WT - CWT*) ve Ayrık DD (ADD) (*Discrete WT - DWT*) olmak üzere iki farklı yaklaşımla gerçekleştirilebilir.



Şekil 3.5. Temel dalgacık şekilleri (Fugal, 2009 : 6).

3.3.1. Sürekli dalgacık dönüşümü

SDD, giriş işaretinin ψ ile gösterilen dalgacık fonksiyonunun, ölçeklendirilmiş ve kaydırılmış biçimleriyle çarpılıp tüm zaman boyunca toplanmasından elde edilir (Misiti vd., 2010). Bu işlemin matematiksel ifadesi eşitlik (3.3)'de verilmiştir.

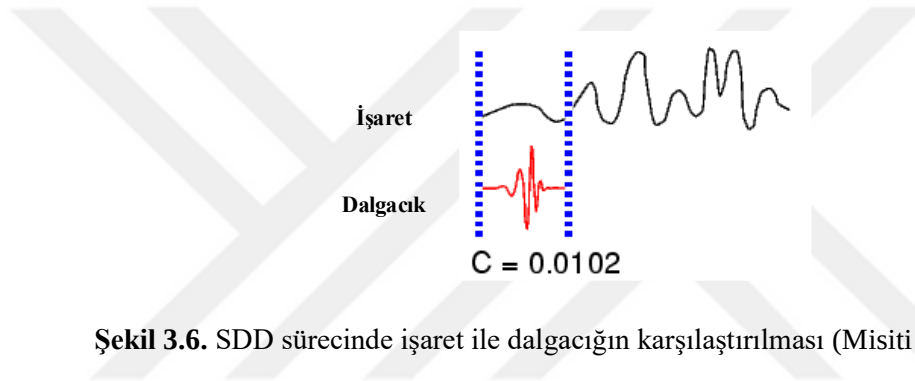
$$C(\text{ölçek}, \text{pozisyon}) = - \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) \psi(\text{ölçek}, \text{pozisyon}, t) dt \quad (3.3)$$

SDD'nin sonuçları, ölçek ve pozisyonun bir işlevi olarak ortaya çıkan ve C ile gösterilen birçok dalgacık katsayılarıdır (Misiti vd., 2010). Bir dalgacığın ölçeklenmesi, dalgacık işaretinin biçimsel olarak genişletilmesi veya daraltılmasını ifade etmektedir. Bir dalgacığın kaydırılması ise dalgacık işaretinin zaman ekseninde belirli bir k öteleme katsayısı kadar ileri veya geri

yönde yer değiştirilmesini ifade etmektedir. Bu yer değiştirme pozisyon olarak ifade edilir. Bir $f(t)$ işaretinin k kadar ötelenmiş hali $f(t - k)$ biçiminde gösterilir.

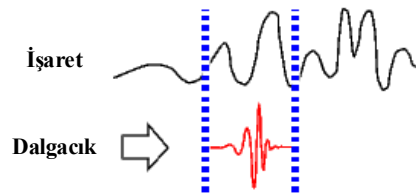
SDD'nin algoritmasını basitçe açıklamak istersek, bu işlem 5 adımda tanımlanır (Misiti vd., 2010). Bunlar;

- i. *Bir dalgacık alınır ve orijinal işaretin başlangıç bölümüyle karşılaştırılır.*
- ii. *Dalgacık ile işaretin bu kısmı arasındaki ilişkiyi gösteren C katsayısı hesaplanır. C katsayısı ne kadar büyükse benzerlikte o kadar fazladır. Elde edilen sonuçlar seçilen dalgacığa bağlıdır. Bu adım Şekil 3.6'da gösterilmiştir.*



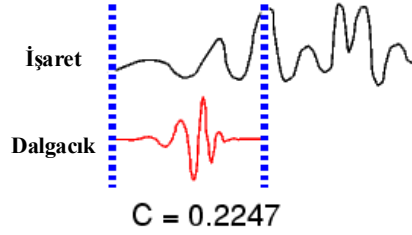
Şekil 3.6. SDD sürecinde işaret ile dalgacığın karşılaştırılması (Misiti vd., 2010).

- iii. *Dalgacık bir miktar sağa kaydırılır ve ilk 2 adım tüm işaret boyunca tekrarlanır. Dalgacığın kaydırılması Şekil 3.7'de gösterilmiştir.*



Şekil 3.7. SDD sürecinde dalgacığın kaydırılması (Misiti vd., 2010).

- iv. *Dalgacık ölçeklendirilir ve ilk 3 adım tekrarlanır. Dalgacığın ölçeklendirilmesi Şekil 3.8'de gösterilmiştir.*
- v. *Tüm ölçekler için ilk 4 adım tekrarlanır.*



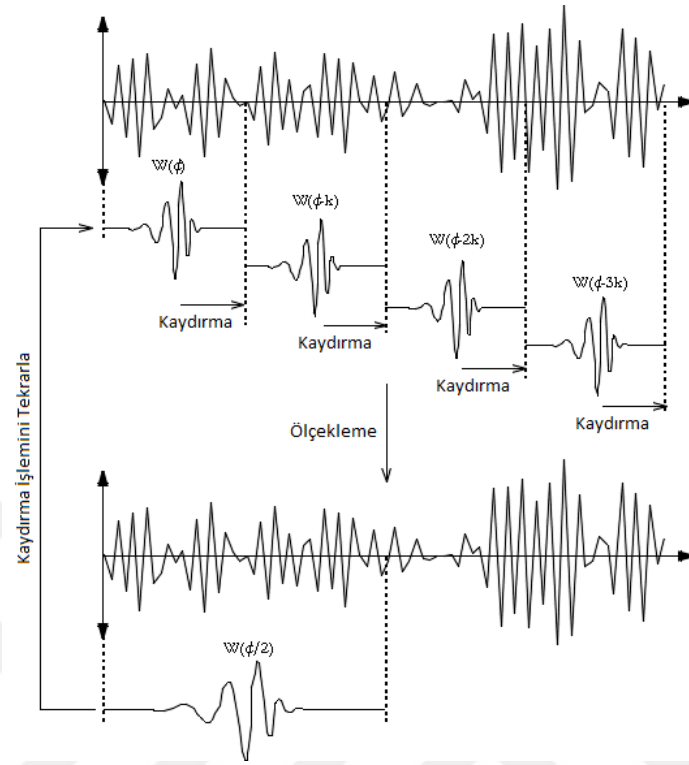
Şekil 3.8. SDD sürecinde dalgacığın ölçeklenmesi (Misiti vd., 2010).

Bu işlemler tamamlandığında işaretin farklı bölgelerinde, farklı ölçeklerde katsayılar elde edilmektedir. DD yönteminde, ölçek ile frekans arasında bir ilişki vardır. Ölçek düşük ise dalgacık sıkıştırılır ve sıkışık dalgacık yüksek frekanslı hızlı değişimlerin analizinde fayda sağlar. Ölçek yüksek ise dalgacık genişlemiştir ve genişlemiş dalgacık düşük frekanslı yavaş değişimlerin analizinde fayda sağlar.

3.3.2. Ayırık dalgacık dönüşümü

SDD yöntemi, teorik olarak olası tüm ölçekler için uygulanmak istendiğinde yoğun hesaplama süreci gerektirir. Aynı zamanda büyük miktarda veri ortaya çıkarır. Günümüzde hesaplama işlemleri için bilgisayar ve türevi aygıtlar kullanılmaktadır. Bilgisayarların çalışma prensibi dijital temellere dayanmaktadır. Bilgisayar hesaplamaları uygulamada ayrıklaştırılmış hesaplamalardır. Bilgisayar analizleri ile sentezlenmiş bir dalgacık işareti gerçekte kesikli bir işarettir. Bu nedenle bilgisayar ile yapılmış SDD süreci ayrıklaştırılmış bir süreçtir ancak ayırık dalgacık analizi değildir.

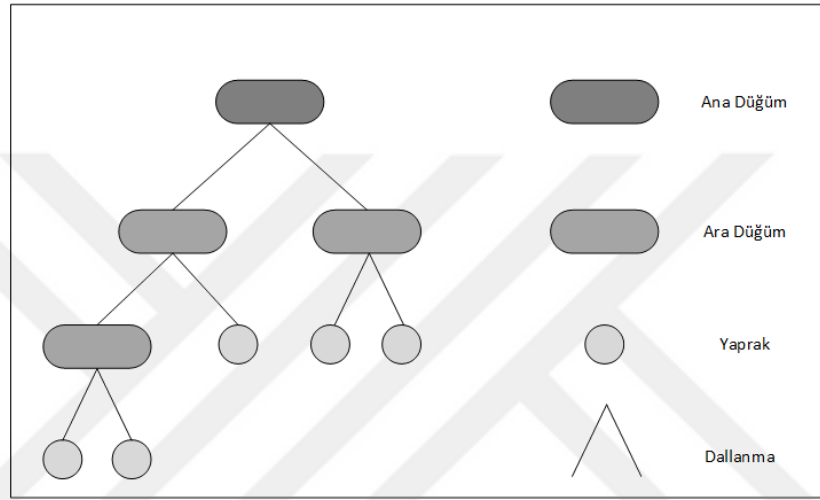
Genellikle ölçek ve kaydırma değerleri 2'nin kuvveti olacak şekilde seçilir. SDD yönteminin bu şekilde uygulanması ADD olarak adlandırılır. ADD sürecinin işleyişi Şekil 3.9'da verilmiştir.



Şekil 3.9. ADD’de ölçekleme ve kaydırma işlemi (Moshou vd., 2010).

4. RASTGELE ORMAN YÖNTEMİ

Bu yöntemin temelinde karar ağacı (*decision tree*) yapısı kullanılmaktadır. Karar ağacı yapıları Şekil 4.1’de görüldüğü gibi tıpkı bir ağaca benzer şekilde kök, düğümler, dallar ve yapraklara sahiptir. Bu yapıda kök ve düğümler karar ölçütlerini, yapraklar karar durumlarını gösterirken dallar ise bunların arasındaki bağlantıları oluşturur.



Şekil 4.1. Karar ağacı yapısı ve temel bileşenleri.

Rastgele Orman (RO), her bir ağaç için bağımsız olarak örneklenen ve ormandaki tüm ağaçlar için aynı dağılıma sahip rastgele bir vektörün değerlerine bağlı olacak şekilde karar ağaçlarının birleşimidir (Breiman, 2001).

RO birçok sınıflandırma ağacı yetiştirir. Yeni bir nesneyi girdi vektörü üzerinden sınıflandırmak için girdi vektörü ormandaki ağaçların her birine uygulanır. Her bir ağaç diğerlerinden bağımsız olarak bir sınıflandırma yapar. Her bir ağacın sınıf kararı bir oy olarak adlandırılır. Ormanda yer alan bütün ağaçlar üzerinde en çok oyu alan sınıflandırma, sonuç olarak kabul edilir (Breiman ve Cutler, 2004).

RO yöntemi birden fazla karar ağacı oluşturarak daha yüksek doğrulukta sınıflandırma yapmayı amaçlamaktadır. Ormanı oluşturan ağaçların geliştirilmesi ve onların oylarıyla en popüler sınıfın belirlenmesinin sonucu olarak, sınıflandırma doğruluğu belirgin biçimde iyileştirilmiştir (Breiman, 2001).

RO yöntemi, Breiman (1996) tarafından önerilen Torbalama (*bagging – bootstrap aggregating*) yöntemi ile Ho (1998) tarafından önerilen Rastgele Alt-Uzay (*Random Sub-Space*)

yöntemini birleştirmiştir (Akman, 2010). Breiman (2001), torbalama yöntemine ek bir rastgelelik katmanı ekleyerek RO yöntemini önermiştir (Breiman, 2001). RO yönteminde her bir ağaç, verilerin farklı bir önyükleme örneğini kullanarak oluşturulur. Ayrıca RO yöntemi, sınıflandırma veya regresyon ağaçlarının oluşturulma biçimini de değiştirmektedir. Standart ağaçlarda her düğüm, tüm girdi değişkenleri arasından en iyi bölünmeyi sağlayan girdi değişkeni kullanılarak bölünür. RO yönteminde her düğüm, Rastgele Alt-Uzay yöntemine dayanarak, o düğüm için rastgele seçilen değişkenler arasından en iyi bölünmeyi sağlayan değişkenin kullanılmasıyla bölünür (Liaw ve Wiener, 2002).

RO yönteminde amaç, ağaçlardan oluşan bir topluluğun eğitilmesidir. Diğer bir ifadeyle RO bir öğrencidir. Her öğrencinin mutlaka öğrenme düzeyi test edilebilir olmalıdır. RO yönteminde elde bulunan veri seti bir matris gibi düşünülebilir. Matrisin her bir satırı veri setinde yer alan tekil bir vakayı tutmaktadır. Matrisin satır sayısı veri setindeki vakaların sayısına bağlıdır. Matrisin sütunları ise girdi değişkenlerini ve bunlarla ilişkilendirilmiş sınıf kararını tutmaktadır.

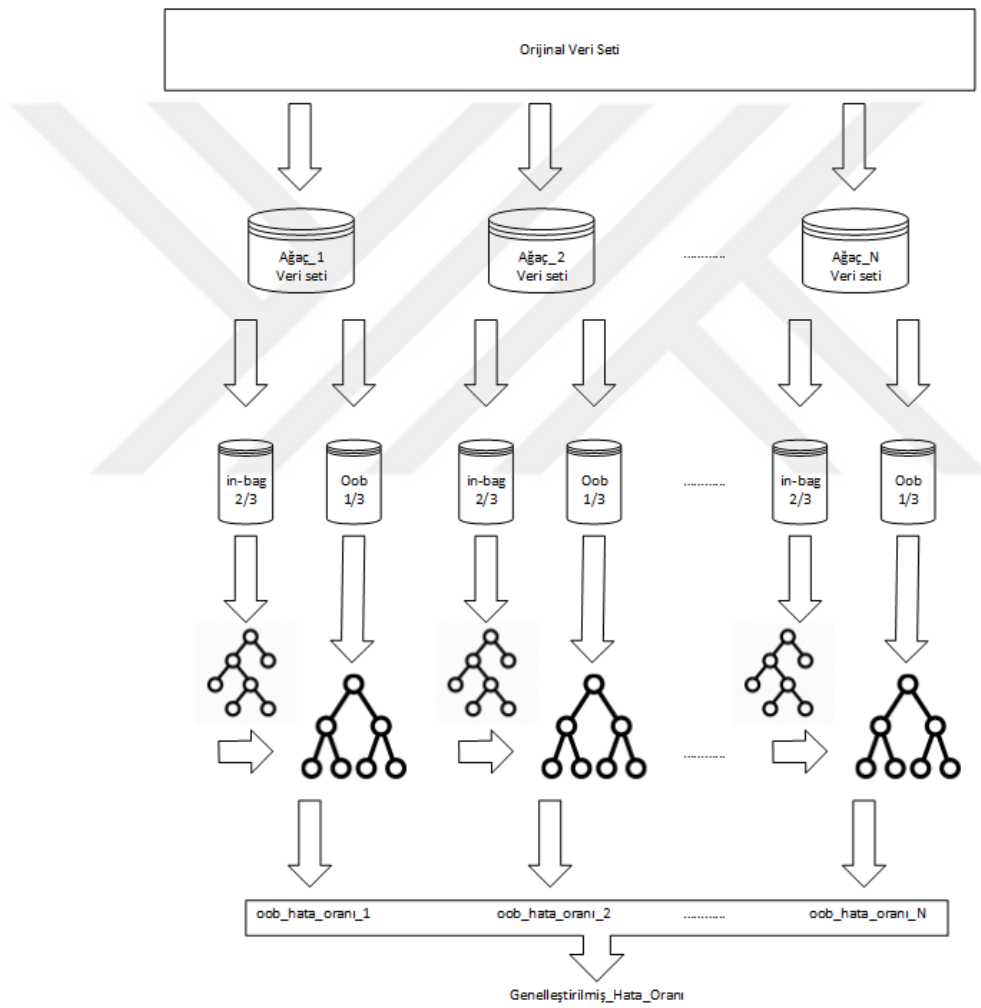
Girdi değişkenleri sınıf kararının oluşmasında etkisi olan ya da etkisi olduğuna inanılan verilerden oluşur. Bu veriler sayısal, çoktan seçmeli, evet/hayır vb. gibi farklı veri türlerinden oluşabilir.

RO yöntemi iki farklı veri grubuna ihtiyaç duyar. Bunlar eğitim veri seti (*in-bag*) ve test veri setidir (*out-of-bag*). Eğitim veri seti verilerin $2/3$ 'ü, test veri seti ise $1/3$ 'ü oranındadır. Eğitim veri seti ağacın yetiştirilmesi (*training*) için kullanılır. Test veri seti ise ağacın genelleştirilmiş hata oranını (*oob error*) belirlemek için kullanılır. Ormanda yer alan her ağaç için orijinal veri setinden alınmak üzere farklı veri seti kullanılır. Her ağacın eğitim ve test veri setleri de farklıdır. Orijinal veri setinde test amaçlı ayrılmış veri grubu var ise bu veri grubu ormanın genel hatasını tespit etmek için kullanılır. Ağaçların tek tek hata oranlarının ortalaması ile ormanın genel hata oranı hemen hemen aynıdır. RO yönteminin işleyiş süreci Şekil 4.2'de verilmiştir.

Ormandaki ağaçların yetiştirilmesi sürecinde her bir ağaç diğerlerinden etkilenmeden tek başına yetiştirilir. Ağacın yetiştirilmesi klasik karar ağaçlarında kullanılan esaslara dayanır. Ağaçlar CART (*Classification And Regression Tree*) yöntemleri ile oluşturulurken düğümlerdeki en iyi bölünmeyi sağlamak için Gini indeksi kullanılır.

RO yönteminde ağaç üzerinde yer alan düğümler oluşturulurken en iyi bölünmeyi sağlayacak girdi değişkeninin seçiminde rastgelelik esası kullanılır. Tüm girdi değişkenleri

arasında en iyi bölünmeyi sağlayacak girdi değişkeninin aranması yerine, belirli sayıda ve rastgele olarak seçilmiş girdi değişkeni arasından en iyi bölünmeyi sağlayacak olan girdi değişkeninin bulunması RO yönteminin farklılığıdır. Burada rastgele seçilecek girdi değişkeni sayısı ağaçtaki her düğüm ve ormandaki tüm ağaçlar sabit tutulur. Bu rastgelelik ormandaki tüm ağaçları hemen hemen benzersiz kılmaktadır. Rastgele seçilen girdi değişkenleri arasında düğümü en iyi bölen değişkenin bulunması ilgili değişkenin bilgi kazancına bağlıdır. Bu bilgi kazancı Gini indeksi ile hesaplanır.



Şekil 4.2. RO Yöntemi OOB işleyiş süreci.

Ormanı oluşturan her bir ağaç aşağıdaki algoritma kullanılarak oluşturulur (Breiman, 2001):

- i. Ağacı yetiştirmek için kullanılacak veri setinde N farklı vaka olsun. Bu veri seti içinden rastgele ve yer değiştirmeli olacak şekilde, N adet vaka önyükleme

(bootstrap) yoluyla örnek olarak alınır. Bu örnek ağacı yetiştirmek için kullanılacak eğitim veri setini oluşturacaktır.

- ii. M girdi değişkenlerinin sayısıdır. Ağacın her düğümü için M değerinden çok daha küçük olmak üzere ($m \ll M$) tanımlanmış sabit bir m değeri vardır. m değeri ağaçtaki her düğüm için en iyi bölünmenin bulunması amacıyla kullanılacak girdi değişkeni sayısıdır. m değerinin gösterdiği sayıda girdi değişkeni daha önce kullanılmamış girdi değişkenleri içinden rastgele seçilerek ilgili düğüm için en iyi bölünme sağlanır. m değeri ormandaki tüm ağaçlar için sabit tutulur.
- iii. Ormanda yer alan her ağaç mümkün olan en gelişmiş haliyle yetiştirilir. Budama yapılmaz.

Ormanın hata oranı iki olguya bağlıdır. Bunlardan birincisi, iki ağaç arasındaki korelasyondur. Korelasyonun artırılması orman hata oranını arttırır. İkincisi ormandaki her bir ağacın gücüdür. Düşük hata oranına sahip bir ağaç güçlü bir sınıflandırma sağlar. Ağaçların her birinin gücünün arttırılması orman hata oranını düşürür. Ağacın bir düğümündeki kararın belirlenmesi için kullanılacak girdi değişken sayısının (m) azaltılması korelasyon ve gücü azaltır. Arttırılması ise her ikisini de artırır. En uygun m değeri için bu aralık oldukça geniştir. Ağaçların eğitim sürecinde kullanılmayıp test için ayrılan veri setinin (out-of-bag) hata değeri kullanılarak bu aralıkta uygun bir m değeri hızlıca bulunabilir. Bu değer rastgele ormanların ayarlanabilen tek parametresidir (Breiman ve Cutler, 2004).

4.1. Sınıflandırma Modeli Değerlendirme Ölçütleri

Tüm sınıflandırma yöntemleri için en temel performans göstergesi doğruluk (*accuracy*) olarak ifade edilen doğru sınıflandırma oranıdır. Doğruluk, doğru sınıflandırılan durum sayısının toplam durum sayısına oranıdır. Diğer bir bakış açısıyla, yanlış sınıflandırma oranı da hata oranı (*error rate*) olarak ifade edilir ve aynı şekilde performans göstergesi olarak kullanılır. Sınıflandırma yöntemlerinin performanslarını daha detaylı inceleyebilmek ve gerektiğinde birbirleri ile karşılaştırmak için çeşitli performans ölçütleri kullanılmaktadır.

Doğru ve hatalı sınıflandırma sayılarını ve/veya oranlarını göstermek için karışıklık matrisi (*confusion matrix*) kullanılır. Şekil 4.3'de iki sınıflı sınıflandırma sonuçlarına ait karışıklık matrisi verilmiştir. Buradaki ifadelerden TP ve TN doğru tahminleri, FP ve FN hatalı tahminleri ifade etmektedir.

Sınıflandırma işlemi çok sayıda sınıf içeren problemlerin çözümünde de kullanılmaktadır. Şekil 4.4’de çok sınıflı karışıklık matrisi yapısı gösterilmiştir. Çok sınıflı karışıklık matrisinde satır ve sütun indisleri kullanılarak doğru ve yanlış sınıf kararları ifade edilir.

		Tahmin Edilen Sınıf	
		P	N
Gerçek Sınıf	P	TP Doğru Pozitif (True Positives)	FN Yanlış Negatif (False Negatives)
	N	FP Yanlış Pozitif (False Positives)	TN Doğru Negatif (True Negatives)

Şekil 4.3. İki sınıflı karışıklık matrisi.

		Tahmin Edilen Değer		
		$c_0 \dots c_{k-1}$	c_k	$c_{k+1} \dots c_n$
Gerçek Değer	$c_0 \dots c_{k-1}$	TN	FP	TN
	c_k	FN	TP	FN
	$c_{k+1} \dots c_n$	TN	FP	TN

Şekil 4.4. Çok sınıflı karışıklık matrisi (Krüger, 2016).

Karışıklık matrisi ile verilen değerler kullanılarak farklı performans ölçütleri hesaplanabilir. İkili sınıflandırma sonuçlarının detaylı analizinde kullanılan bazı performans

ölçütleri ve hesaplama yöntemleri Çizelge 4.1’de verilmiştir. Çok sayıda sınıf içeren problemler için performans ölçütleri ve hesaplama yöntemleri Çizelge 4.2’de verilmiştir.

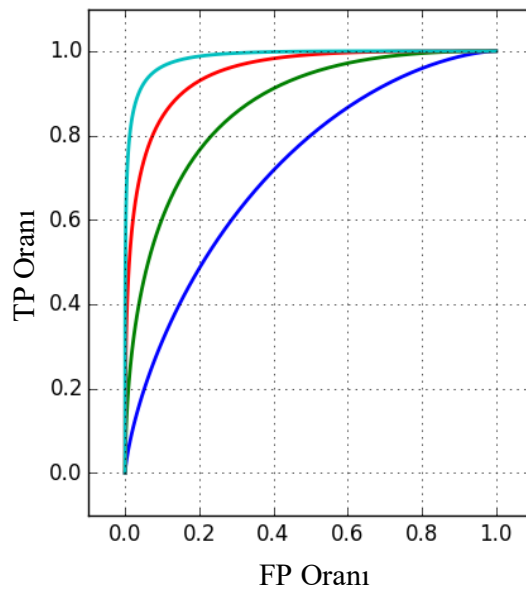
Çizelge 4.1. İki sınıflı sınıflandırma modeli için değerlendirme ölçütleri(Hossin ve Sulaiman, 2015).

Ölçüt	Eşitlik	Açıklama
Doğruluk (Accuracy)	$ACC = \frac{TP + TN}{TP + FP + TN + FN}$	Bütün doğru tahminlerin toplam örnek sayısına oranıdır.
Hata Oranı (Error Rate)	$ERR = \frac{FP + FN}{TP + FP + TN + FN}$	Bütün yanlış tahminlerin toplam örnek sayısına oranıdır.
Hassasiyet (Precision)	$P = \frac{TP}{TP + FP}$	Pozitif sınıftaki doğru tahminlerin toplam pozitif sınıf tahmin sayısına oranıdır.
Hatırlama (Recall)	$R = \frac{TP}{TP + FN}$	Pozitif sınıftaki doğru tahminlerin ne kadarının doğru tahmin olduğudur.
F-Ölçütü (F-Measure)	$FM = \frac{2 * P * R}{P + R}$	Bu ölçüt, hassasiyet ve hatırlama ölçütleri arasındaki harmonik ortalamayı temsil eder.

Çizelge 4.2. Çok sınıflı sınıflandırma modeli için değerlendirme ölçütleri (Hossin ve Sulaiman, 2015).

Ölçüt -Ortalama-	Eşitlik	Açıklama
Doğruluk	$ACC_{avg} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{TP_i + TN_i}{TP_i + FP_i + TN_i + FN_i}}{n}$	Tüm sınıfların ortalama doğruluk oranıdır.
Hata Oranı	$ERR_{avg} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{FP_i + FN_i}{TP_i + FP_i + TN_i + FN_i}}{n}$	Tüm sınıfların ortalama hata oranıdır.
Hassasiyet	$P_{avg} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{TP_i}{TP_i + FP_i}}{n}$	Tüm sınıfların ortalama hassasiyet oranıdır.
Hatırlama	$R_{avg} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{TP_i}{TP_i + FN_i}}{n}$	Tüm sınıfların ortalama hatırlama oranıdır.
F-Ölçütü	$FM_{avg} = \frac{2 * P_M * R_M}{P_M + R_M}$	Tüm sınıfların ortalama F-Ölçütü oranıdır.

Sınıflandırma modeli değerlendirme ölçütlerinden bir diğeri de ROC (Receiver Operating Characteristing) eğrisidir. ROC eğrisi Şekil 4.5’de gösterildiği biçimde, TP Oranı ile FP oranının iki eksenli grafikte birleşiminden oluşturulur. ROC eğrisi grafiğin sol üst köşesine ne kadar yakınsayarak geçerse o kadar başarılı bir sınıflandırma modeli oluşturulmuştur. Eğrinin altında kalan alan hesaplanarak modelin performansı değerlendirilir. Bu değerlendirmede 0,5 - 0,6 arası hatalı, 0,6 – 0,7 arası zayıf, 0,7 – 0,8 arası adil, 0,8 – 0,9 arası iyi ve 0,9 – 1,0 arası çok iyi olarak değerlendirilir.



Şekil 4.5. ROC Eğrileri (<http://www.nbi.dk>, 2016).

5. UYGULAMA

Bozulmaların sınıflandırılması için yapılan çalışmaların özünde, çeşitli yöntemlerle zincirleme biçimde işletilen veri işleme süreçleri bulunmaktadır. Sınıflandırma aşaması bu zincirin son halkası olarak nitelenebilir. Öncelikle sınıflandırmaya tabi tutulabilecek bir veri setine gereksinim duyulur. Sınıflandırma yöntemleri genel olarak ham veriler yerine, indirgenmiş verilere uygulanmaktadır. Ham verilerden indirgenmiş verilerin elde edilmesi genel olarak öznitelik çıkarımı olarak adlandırılır. Ham verilerin güvenilirliği sınıflandırmanın güvenilirliğine doğrudan etki etmektedir.

Bu çalışmada güç kalitesi bozulması olay işaretlerinin elde edilmesinde ve doğrulanmasında, öznitelik çıkarımında LabVIEW yazılımından faydalanılmıştır. Sınıflandırma işlemi ise WEKA yazılımı kullanılmıştır.

5.1. LabVIEW Yazılımı

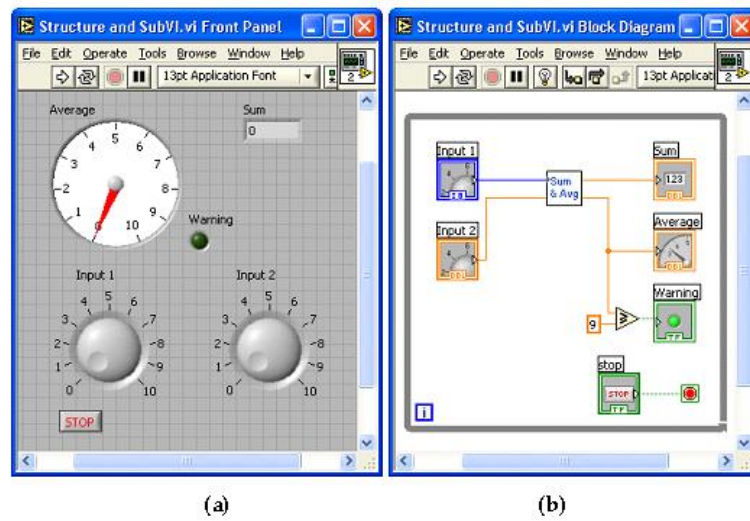
LabVIEW bilim ve mühendislik alanlarında gerçek dünya veri veya sinyalleri üzerinde etkileşimli uygulamalar oluşturmak için oldukça verimli bir geliştirme ortamıdır (<http://www.ni.com>, 2009). LabVIEW ortamında uygulama geliştirme bir nevi yazılım geliştirme sürecidir. Geleneksel yazılım geliştirme yaklaşımında metin tabanlı komutlar kullanılmakta, kullanıcı ara yüzü tasarımında ise nesne kütüphanelerinde sunulan hazır görsel öğelerden faydalanılmaktadır. LabVIEW ile yazılım tasarımında geleneksel yöntemlerden farklı olarak metin tabanlı kod yazımı yerine grafiksel bir dil kullanılmaktadır. LabVIEW üzerine G dili olarak adlandırılan bu grafiksel dil ile metin tabanlı programlamada kullanılan değişken, döngü, karar yapıları, dizi vb. gibi tüm temel programlama öğelerini birer simge olarak sunmaktadır.

LabVIEW ortamında “Veri Akışı Programlama” (*Data-Flow Programming*) yaklaşımı ile uygulama geliştirilmektedir. Veri Akışı Programlama yaklaşımında, verinin işlenmesinde kullanılan işlevler arasında hatlar ile bağlantılar kurulmaktadır. Her bir işlev veri üzerinde kendine has işlemleri yerine getirmekte ve bağlantı hatları üzerinden kendisinden sonraki işleve veriyi iletmektedir.

LabVIEW ile geliştirilen uygulamalar Şekil 5.1’de gösterildiği biçimde iki ana kısımdan oluşmaktadır. Bunlar, kullanıcı ile etkileşimin sağlandığı ara yüz yapısını oluşturan “Ön Panel” (*Front Panel*) ve uygulamanın G dili ile oluşturulduğu “Blok Diyagram” (*Block Diagram*) kısımlarıdır.

Blok diyagramlar işlevleri ve kısaca VI (*Virtual Instruments*) olarak adlandırılan sanal araçları içermektedir. VI yapıları aslında içlerinde yine işlevleri barındırmaktadır. LabVIEW üzerinde, standartlaşmış ve sıkça kullanılan birçok veri işleme eylemi için hazır VI paketleri bulunmaktadır. VI yapıları birbirlerine bağlantılı olarak kullanılabilmekte ve içlerinde başka VI yapıları da barındırabilmektedirler. Aynı zamanda geliştirici tarafından ihtiyaca yönelik olarak VI tasarımları yapılabilmektedir. Geliştirilecek uygulama yapısına göre modüler bir tasarım mantığıyla uygulamanın farklı aşamaları için VI yapıları oluşturulabilmektedir. VI yapıları çok büyük ve karmaşık diyagramlar yerine daha anlaşılır ve karmaşıklığı azaltılmış uygulamalar geliştirmek için avantaj sağlamaktadır.

Ön panel ise uygulamanın kullanıcı/araştırmacı ile buluşan yüzüdür. Bu alana düğmeler, grafikler, ibre ve kadran yapıları, göstergeler vb. gibi hazır öğeler yerleştirilerek uygulamanın işletilmesi, veri üzerinde süregiden işlemler ve elde edilen sonuçlar gözlemlenebilmektedir. Ön Panel aynı zamanda tek taraflı bir sonuç/durum görüntüleme ortamı değil, kullanıcı/araştırmacının sürece müdahale edebileceği şekilde etkileşimli bir ortamdır.



Şekil 5.1. LabVIEW ortamı görünüşleri a) Ön Panel, b) Blok Diyagram.

5.2. WEKA Yazılımı

WEKA (*Waikato Environment for Knowledge Analysis*) Yeni Zelanda'da Waikato Üniversitesi'nde geliştirilmiştir. WEKA yazılımı makine öğrenmesi algoritmaları ve veri ön işleme araçlarını içeren bir çalışma ortamıdır. Yeni veri kümeleri üzerinde, var olan yöntemleri esnek ve hızlı bir şekilde uygulanabilmesi için tasarlanmıştır.

Giriş verilerini hazırlamak, öğrenme şemalarını istatistiksel olarak değerlendirmek ve girdi verilerini ve öğrenmenin sonucunu görselleştirmek gibi tüm deneysel veri madenciliği süreçleri için kapsamlı destek sağlar. Çok çeşitli öğrenme algoritmalarının yanı sıra çok çeşitli ön işleme araçları içerir. Bu farklı ve kapsamlı araç setine, kullanıcıların farklı yöntemleri karşılaştırabilmeleri ve eldeki problem için en uygun olanları tanımlayabilmeleri için ortak bir ara yüz üzerinden erişilebilir (Eibe vd., 2016).

Çalışma ortamı regresyon, sınıflandırma, kümeleme, ilişkilendirme kural madenciliği ve özellik seçimi gibi ana veri madenciliği yaklaşımları için yöntemler içerir. Verileri tanımak, işin ayrılmaz bir parçasıdır ve birçok veri görselleştirme olanağı ve veri ön işleme araçları sağlanmaktadır. Tüm algoritmalar, girdilerini bir dosyadan okunabilen veya bir veri tabanı sorgusu tarafından oluşturulan tek bir ilişkisel tablo biçiminde alır (Eibe vd., 2016).

WEKA yazılımı kendine has standart dosya biçimi olan ARFF (*Attribute Relationship File Format-Öznitelik İlişkisel Dosya Biçimi*) dosya biçimini kullanmaktadır. ARFF dosyası, bir öznitelik kümesini paylaşan örneklerin listesini açıklayan bir ASCII metin dosyasıdır. ARFF dosyaları Waikato Üniversitesi Bilgisayar Bilimleri Bölümü Makine Öğrenmesi Projesi kapsamında WEKA yazılımı ile kullanılmak üzere geliştirilmiştir (Paynter vd., 2008).

ARFF dosyaları iki ayrı kısımdan oluşmaktadır. Birinci bölüm başlık (*header*) ve bunu takip eden ikinci bölüm veri (*data*) kısımlarıdır. ARFF dosyasının başlık kısmı ilişkinin adını, özniteliklerin listesini (verilerdeki sütunlar) ve veri türlerini içerir. Dosya içeriği oluşturulurken kullanılan sabit ifadeler vardır ve bunlar büyük harflerle yazılır. % karakteri açıklama satırları oluşturmak için kullanılır. @RELATION ifadesi veri kümesine isim vermek için kullanılır. @ATTRIBUTE ifadesi veri kümesinde yer alan verilerin ve varsa sınıfların tanımlanması ve veri türlerinin belirlenmesi için kullanılır. @DATA ifadesi veri kümesinin başlangıcını belirtmek için kullanılır. Veriler satırlar ve sütunlar halinde yazılır. Her satırda yer alan öznitelik değerleri virgülle ayrılır (Paynter vd., 2008). Şekil 5.2’de ARFF dosyası içeriği gösterilmiştir.


```

% Guc Kalitesi Tez Calismasi
% Dumlupinar Universitesi
% Mustafa Ercole

@RELATION Guc_Kalitesi_Olay_Verileri

@ATTRIBUTE ed1 NUMERIC
@ATTRIBUTE ed2 NUMERIC
@ATTRIBUTE ed3 NUMERIC
@ATTRIBUTE ed4 NUMERIC
@ATTRIBUTE ed5 NUMERIC
@ATTRIBUTE ed6 NUMERIC
@ATTRIBUTE ed7 NUMERIC
@ATTRIBUTE ed8 NUMERIC
@ATTRIBUTE ed9 NUMERIC
@ATTRIBUTE ed10 NUMERIC
@ATTRIBUTE ea10 NUMERIC

@ATTRIBUTE class {1.00000,2.00000,3.00000,4.00000}

@DATA
0.00581,0.01567,0.00618,0.00463,0.08398,1.40262,7.03409,4.45487,0.90484,0.94856,0.63204,1.00000
0.00025,0.00079,0.00288,0.02695,0.09113,1.40701,7.03774,4.45331,0.91097,0.94745,0.63551,1.00000
0.00013,0.00041,0.00150,0.00909,0.11086,1.71615,8.78322,5.07577,1.17397,0.96818,0.70636,2.00000
0.00011,0.00036,0.00142,0.00656,0.09668,1.51338,7.57971,4.70154,0.98481,0.97134,0.68465,2.00000
0.00021,0.00069,0.00230,0.00528,0.08526,1.18762,5.73065,4.18271,1.02483,1.05131,0.79434,3.00000
0.00020,0.00064,0.00248,0.01081,0.08556,1.29155,6.26550,4.33251,1.04665,0.94436,0.84717,3.00000
0.00003,0.00011,0.00045,0.00417,0.08006,1.33924,6.66451,4.35274,0.89966,0.93634,0.63173,4.00000
0.00003,0.00009,0.00034,0.00408,0.08094,1.36081,6.78905,4.37833,0.90527,0.92464,0.63536,4.00000

```

Şekil 5.2. ARFF dosyası biçimi.

5.3. Güç Kalitesi Bozulması Olay Verilerinin Elde Edilmesi

Bozulmalar, Çizelge 2.1’de verildiği biçimde 7 farklı ana başlık altında sınıflandırılmaktadır. Bu çalışma kapsamında şebeke geriliminde meydana gelen süreksiz olaylar ve kısa süreli RMS değişimleri incelenmektedir. Çizelge 2.1 incelendiğinde süreksiz olayların dürtüsel ve salınımlı olmak üzere iki alt sınıfa ayrıldığı, kısa süreli RMS değişimlerinin ise genel olarak gerilim çökmesi, gerilim şişmesi ve gerilim kesintisi olmak üzere üç alt sınıfa ayrıldığı görülmektedir. Çalışma kapsamında incelenen toplam olay türü, normal durumla birlikte 6 farklı sınıf oluşturmaktadır. Bunlar olay içermeyen normal durum, dürtüsel süreksiz olay, salınımlı süreksiz olay, gerilim çökmesi, gerilim şişmesi ve gerilim kesintisi bozulmaları içeren olay işaretleri olarak belirlenmiştir.

Seçilen bozulmalar temelde iki farklı ana başlık altında incelense de ortak karakteristik özellik olarak bozulmanın süresi öne çıkmaktadır. Gerek süreksiz olaylar gerekse kısa süreli RMS değişimleri bir periyottan kısa süreli olabilmekte ve aynı zamanda bir kaç periyoda yayılabilmektedir. Dürtüsel süreksiz olay yarım periyottan daha kısa sürelerde gerçekleşmektedir. Salınımlı süreksiz olay salınım frekansına bağlı olmak üzere en fazla 50 ms sürmektedir. Bu süre, 50 Hz şebeke frekansında 2,5 periyoda karşılık gelmektedir. RMS değişimine bağlı olarak tanımlanan olaylarda ise en kısa olay süresi yarım periyot olarak tanımlanmıştır. Olay türlerinin süre olarak tanımlarına bakıldığında benzer süreler içinde gerçekleştikleri görülmektedir.

yapıda, parametreler bir nevi değişken olarak düşünülebilir ve değişkenler veri üretimine esneklik kazandırmaktadır.

Bu çalışmada olay verileri sayısal modele dayalı olarak elde edilmiştir. Tan ve Ramachandaramurthy, bozulma olay işaretlerinin üretilmesi için matematiksel denklemler geliştirmişlerdir (Tan ve Ramachandaramurthy, 2010). Geliştirilen matematiksel denklemler, tez çalışması kapsamına uygun olacak biçimde uyarlanarak kullanılmıştır. Uyarlanan matematiksel denklemler ve parametre yapıları Çizelge 5.1’de verilmiştir

Çizelge 5.1. Bozulma olay işaretleri eşitlikleri.

Sınıf	Denklem	Parametreler
Normal	$V(t) = A * \sin(\omega t)$	$A = \sqrt{2} (1 \text{ pu RMS})$ $\omega = 2\pi f$ $f = 50 \text{ Hz}$
Gerilim Çökmesi	$V(t) = A * (1 - \alpha(u(t - t_1) - u(t - t_2))) * \sin(\omega t)$	$T < t_1 < 10,5T$ $T/2 \leq (t_2 - t_1) \leq 10T$ $0,12 \leq \alpha < 0,88$
Gerilim Şişmesi	$V(t) = A * (1 + \alpha(u(t - t_1) - u(t - t_2))) * \sin(\omega t)$	$T < t_1 < 10,5T$ $T/2 \leq (t_2 - t_1) \leq 10T$ $0,12 \leq \alpha < 0,8$
Gerilim Kesintisi	$V(t) = A * (1 - \alpha(u(t - t_1) - u(t - t_2))) * \sin(\omega t)$	$T < t_1 < 10,5T$ $T/2 \leq (t_2 - t_1) \leq 10T$ $0,92 \leq \alpha < 1,0$
Dürtüsel Süreksiz	$V(t) = A * \sin(\omega t) + \alpha(u(t - t_1) * (e^{-((t-t_1)*\rho)}))$	$T < t_1 < 10,5T$ $0,3 \leq \alpha < 1,0$ $1000 < \rho < 3600$
Salınımlı Süreksiz	$V(t) = A * \sin(\omega t) + \alpha(u(t - t_1) * \sin(\omega_0 t) * (e^{-((t-t_1)*\rho)}))$	$T < t_1 < 9T$ $0,3 \leq \alpha < 1,0$ $250 < \rho < 2250$ $\omega_0 = 2\pi f_0$ $500 < f_0 < 4500$

RMS değişimine bağlı bozulma içeren olay işaretlerinin üretilmesinde, RMS değerine etki eden bir α katsayısı kullanılmıştır. Bu katsayı çökme olayında 0,12 ile 0,88 arasında, şişme olayında 0,12 ile 0,8 arasında, kesinti olayında ise 0,92 ile 1,0 arasında değer almaktadır. Bu α katsayısının değer aralıkları belirlenirken, olay türleri eşik değerleri arasında 0,02 aralık bırakılmıştır. Olayın başlangıç ve bitiş anlarını sırasıyla t_1 ve t_2 parametreleri belirlemektedir. Süre parametreleri olan t_1 ve t_2 , 12 periyot uzunluğundaki dalga formunun ilk ve son periyotlarında olmamak üzere ve $t_1 < t_2$ şartını sağlayacak şekilde değer almaktadır. α katsayısı, t_1 ve t_2 parametreleri her bir olay için rastgele olacak şekilde oluşturulmaktadır.

Dürtüsel ve salınımlı süreksiz olay denklemlerinin her ikisinde de kullanılan t_1 parametresi olayın başlangıç anını, α parametresi 0,3 – 1 arasında genliğini, ρ parametresi ise süreksizliğin sönümlenme süresini belirlemektedir. Salınımlı süreksiz olay denkleminde ω_0 parametresi 0,5 – 4,5 kHz aralığında salınım frekansını belirlemektedir. t_1 parametresi etkin

değer değişimine bağlı olay türlerinde olduğu gibi yine 10 periyotluk olay bölgesi içinde değer almaktadır.

Matematiksel denklemlerle modellenerek oluşturulan bozulma olaylarından, istenilen sayıda üretilerek veri seti hazırlamak amacıyla “LabVIEW Veri Seti Hazırlama” uygulaması tasarlanmıştır. Hazırlanan ara yüz ile oluşturulmak istenen veri seti için bir isim verilmesi ve veri setinde her olay türüne ait kaç adet olay kaydı yapılacağı belirtilmesi sağlanmıştır.

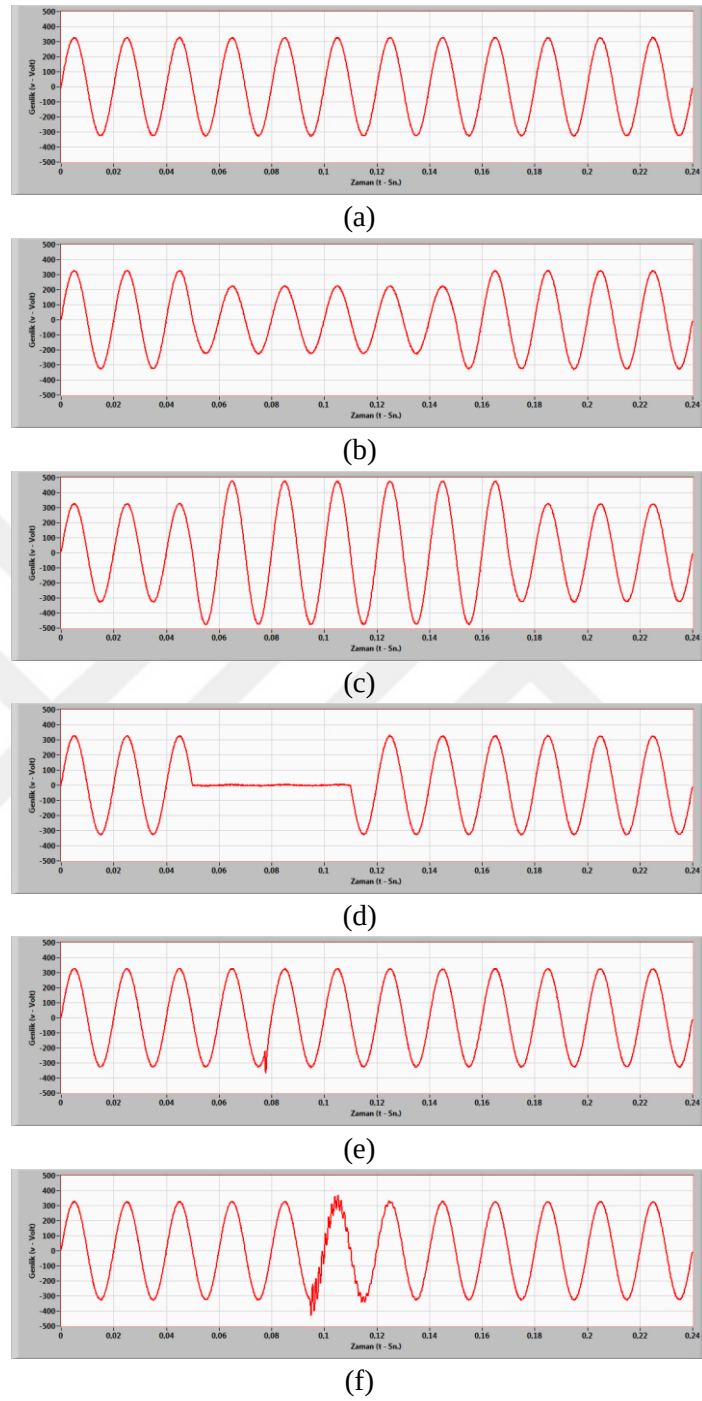
Güç sistemlerinde belirli değerlerde gürültü bulunur. Bir güç sistemindeki kabul edilebilir gürültü, nominal genlik değerinin yaklaşık %0,7 ila %0,9 oranında genlikte, 50 dB ila 48 dB arasındadır (Tan ve Ramachandaramurthy, 2010).

Bozulmaların tespitinde gürültünün başarıma olan etkisi de incelenmiştir. Bunun için her bir olay işaretinin, gürültüsüz, 50 dB düşük seviye, 40 dB orta seviye ve 30 dB yüksek seviye gürültülü farklı veri setleri oluşturulmuştur. Gürültü işareti olarak literatürde sıklıkla kullanılan “Gaussian White Noise” kullanılmıştır. “LabVIEW Veri Seti Hazırlama” uygulaması ile oluşturulmuş bir veri seti için, olaylar aynı olmak üzere farklı gürültü seviyelerinde 4 adet alt veri setleri hazırlanmıştır. “LabVIEW Veri Seti Hazırlama” uygulaması ile üretilen olay işaretlerinin örnekleri Şekil 5.4’de gösterilmiştir.

5.4. Güç Kalitesi Bozulması Veri Setlerinin Doğrulaması

Oluşturulan bir veri setinde kaydedilmiş olayların tanımlarına uygun olarak üretilip üretilmediklerini doğrulamak amacıyla “LabVIEW Veri Seti Doğrulama” uygulaması geliştirilmiştir. Bu uygulamada, incelenen tüm olay türleri için geçerliliğe sahip olacak şekilde tek çatı altında birleştirilmiş bir algoritma geliştirilmiş ve kullanılmıştır.

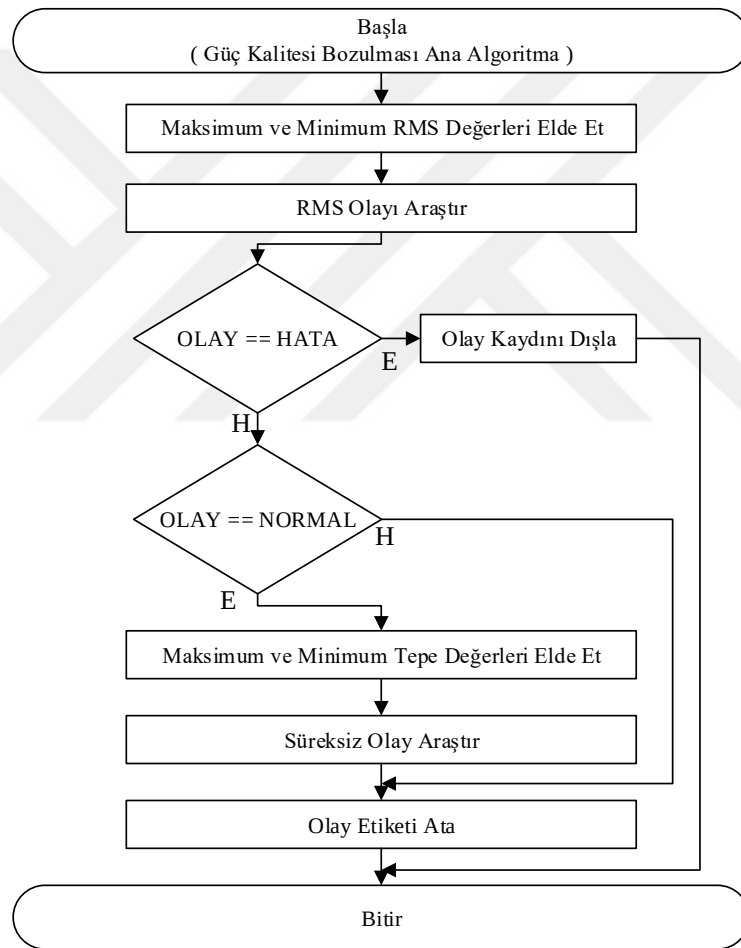
Bozulma olaylarının tespit edilmesinde (IEC Std. 61000-4-30, 2003)’da önerilen yöntemlerden faydalanılmıştır. Bozulma olayı tespitinde öncelikli yaklaşım, RMS değişiminden kaynaklı bir olay olup olmadığının incelenmesi olmuştur. Zaman zaman yüksek genlikli süresiz bir olay, eşik değerleri aşan RMS değişimine de neden olabilmektedir. Bu durum, esasında, çoklu bozulma olarak değerlendirilmektedir. Bu durumda öncelikle RMS değişimine bağlı bozulmalar araştırılmakta, şayet böyle bir bozulma görülmüyorsa süresiz olay incelemesi yapılmaktadır. Çalışma kapsamında sadece tekil olaylar incelenmektedir.



Şekil 5.4. Bozulma olay işaretleri, (a) Normal Durum, (b) Gerilim Çökmesi, (c) Gerilim Şişmesi, (d) Gerilim Kesintisi, (e) Dürtüsel Süreksiz Olay, (f) Salınlımlı Süreksiz Olay.

Şekil 5.5’de, geliştirilen algoritmanın temel işleyişi verilmiştir. Bu algoritmada, ilk olarak olay işaretinden maksimum ve minimum RMS değerleri elde edilmektedir. Elde edilen maksimum ve minimum RMS değerleri, Çizelge 2.1’de verilen olay eşik değerleri ile karşılaştırılarak RMS olayının oluşup oluşmadığı incelenmektedir. Eğer RMS değerlerinde

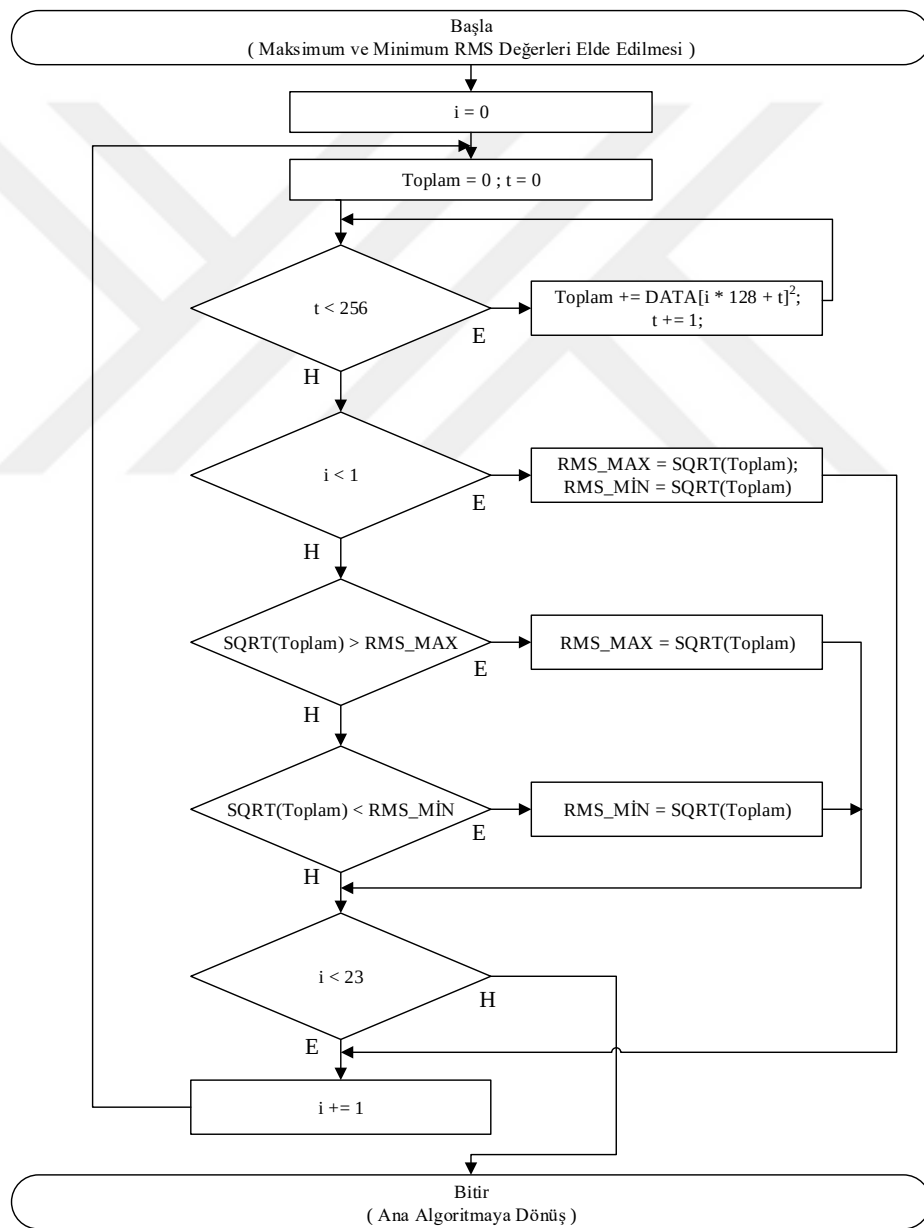
birden fazla olaya ilişkin eşik değerlerinin aşıldığı bir durumla karşılaşırsa, bu olay işareti dışlanarak inceleme dışı bırakılmaktadır. Eğer olay işareti, RMS değişimine bağlı bir bozulma içermiyorsa normal olarak etiketlenir. Algoritmanın bundan sonraki aşaması olay işaretinin süreksiz olay içerip içermediğinin incelenmesidir. Bunun için olay işaretinin bozulma içermeyen ilk periyodundan faydalanarak, artı ve eksi değerli maksimum tepe değerleri elde edilir. Elde edilen tepe değerlerinin incelenmesi ile olay işaretinin süreksiz olay içerip içermediği belirlenerek olay işareti etiketlenir. Algoritmanın alt aşamaları bundan sonra açıklanacaktır.



Şekil 5.5. “LabVIEW Veri Seti Doğrulama” uygulaması ana algoritması.

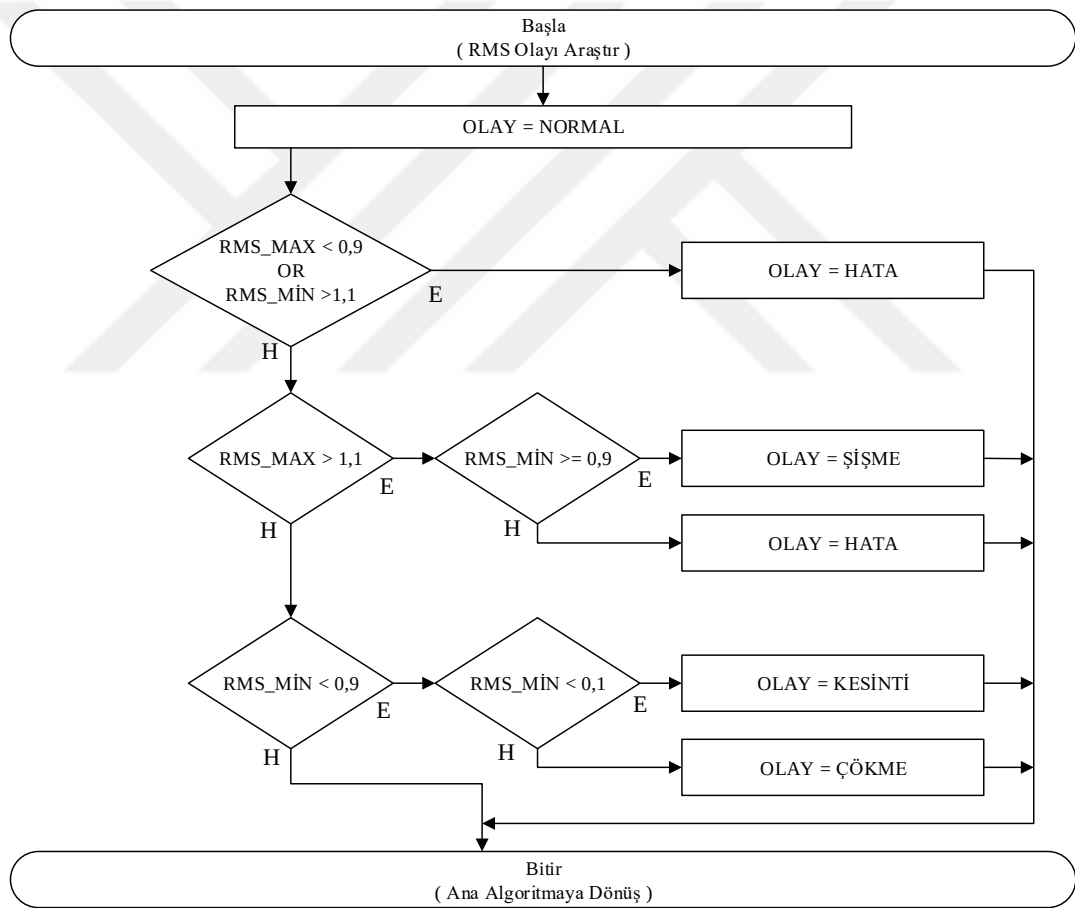
Şekil 5.6’da, maksimum ve minimum RMS değerlerinin elde edilmesi için geliştirilen algoritma verilmiştir. Çalışma kapsamında incelenen bozulmalardan gerilim çökmesi, gerilim şişmesi ve gerilim kesintisi olayları RMS değişimine bağlı olarak değerlendirilmektedir. İncelenen bozulma olayı işaretlerinin yapısı gereği ilk periyotta hiçbir bozulma

bulunmamaktadır. Bu yapıdan yola çıkılarak, ilk periyot üzerinden hesaplanan RMS değerleri, maksimum ve minimum başlangıç RMS değerleri olarak atanmaktadır. Daha sonra her yarım periyotta bir olmak üzere 1 tam periyotluk RMS değerleri hesaplanır. Her yarım periyotta bir hesaplanan RMS değeri, maksimum RMS değerinden büyük ise yeni maksimum RMS değeri olarak atanır. Aynı şekilde hesaplanan RMS değeri minimum RMS değerlerinden küçük ise yeni minimum RMS değeri olarak atanır. Bu şekilde olay işaretinin maksimum ve minimum RMS değerleri elde edilmiş olmaktadır.



Şekil 5.6. Maksimum ve minimum RMS değerlerinin elde edilmesi algoritması.

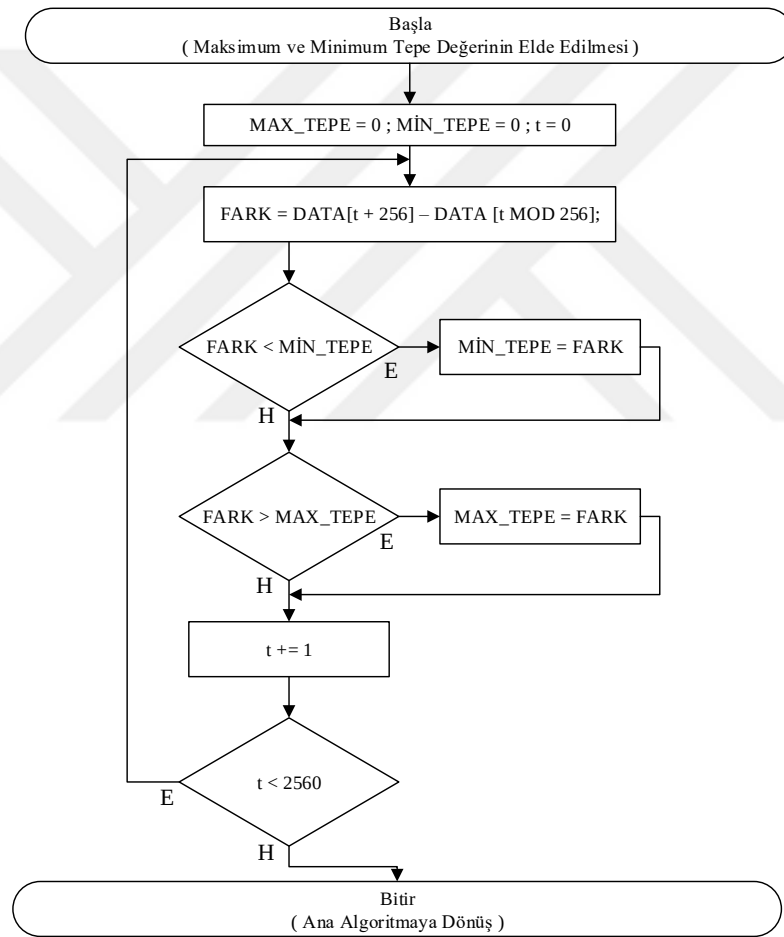
Şekil 5.7’de, incelenen işarete RMS olayı olup olmadığını araştırmak için geliştirilen algoritma verilmiştir. Bu adımda, bir önceki adımda elde edilen maksimum ve minimum RMS değerleri kullanılmaktadır. Maksimum ve minimum RMS değerleri Çizelge 2.1’de verilen eşik değerleri ile karşılaştırılarak, incelenen olay işaretinin RMS olayı içerip içermediği araştırılmaktadır. Aynı zamanda incelenen olay işaretinin hatalı olup olmadığı da denetlenmektedir. Bu denetlemede minimum ve maksimum RMS değerlerinin birden fazla eşik değeri aşarak birden çok olayın karakteristiklerini göstermesi durumunda incelenen olay işareti hatalı olarak etiketlenmektedir. Eğer incelenen olay işareti hata veya herhangi bir RMS olayı içermiyorsa olay etiketi atanmamaktadır.



Şekil 5.7. RMS olayı araştırma algoritması.

Süreksiz olaylar, dürtüsel ve salınımlı olmak üzere iki alt sınıfa ayrılır. Bu ayrıştırma, süreksiz olayı oluşturan saf bileşene dayalı bir tanımlamadır. Basitçe ifade etmek gerekirse, saf bileşen teorik olarak, olay işaretinden temel frekans bileşeninin uzaklaştırılması sonucu elde edilen ve süreksiz olaya ait işareti içeren kısımdır.

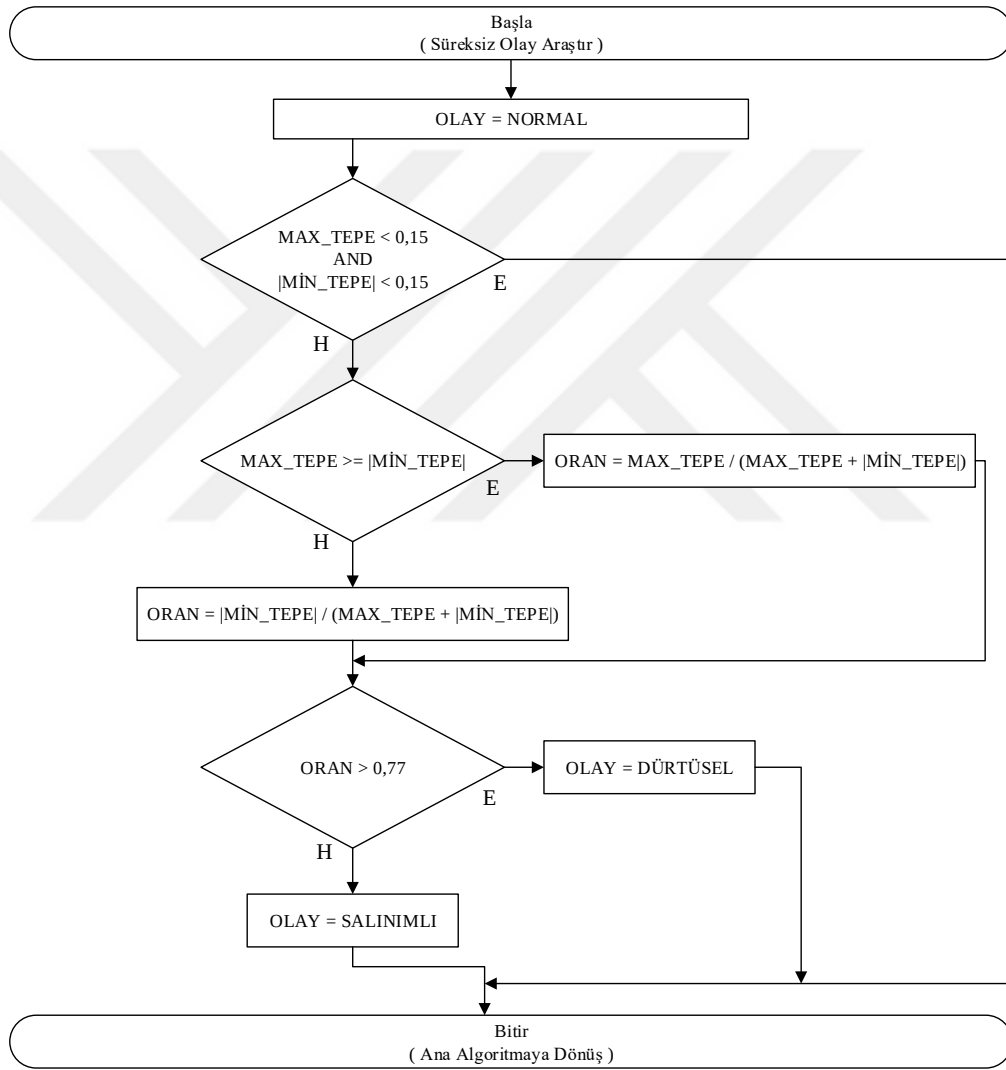
Şekil 5.8’de süreksiz olay incelemesinin ilk aşaması olan minimum ve maksimum tepe değerlerinin elde edilmesi için geliştirilen algoritma verilmiştir. Burada öncelikle saf bileşenin elde edilmesi amaçlanmıştır. Saf bileşenin elde edilmesi, olay işaretinin kayıt yapısına dayalı geliştirilen bir mantıkla yapılmaktadır. Daha önce de açıklandığı üzere, 12 periyotluk olay işaretinin ilk ve son periyotları herhangi bir olay içermemektedir. İlk ve son periyot arasında kalan 10 periyotluk kısımdaki her periyottan ilk periyot çıkarılarak ilgili saf bileşen elde edilmektedir. Elde edilen bu saf bileşenin minimum (negatif) ve maksimum (pozitif) değerleri saf bileşenin tepe değerlerini ifade etmektedir.



Şekil 5.8. Maksimum ve minimum tepe değerlerinin elde edilmesi algoritması.

Şekil 5.9’da, incelenen işarete süreksiz olay olup olmadığını araştırmak için geliştirilen algoritma verilmiştir. Bir önceki adımda, saf bileşen üzerinden elde edilen minimum ve maksimum tepe değerlerine bağlı olarak bir değerlendirme yöntemi kurgulanmıştır. Süreksiz olaylarda, genlik değeri için Çizelge 2.1’de görüleceği üzere alt limit belirlenmemiştir. Bu

noktada, olay işareti üzerindeki harmonikler ve gürültü etkileri göz önüne alınarak genlik için 0,15 pu alt limiti uygulanmıştır. Saf bileşenin tepe değerlerinin her ikisi de 0,15 pu'dan daha düşük genliğe sahip ise olay işaretinin süreksiz olay içermediği kabul edilmiştir. Eğer tepe değerlerinin herhangi birisi ve/veya her ikisi birden, 0,15 pu'dan daha fazla genliğe sahip ise o zaman olay işaretinin süreksiz olay içerdiği varsayılmıştır. Bu durumda süreksiz olayın dürtüsel mi yoksa salınımlı mı olduğuna karar verilmesi gerekmektedir.



Şekil 5.9. Süreksiz olay araştırma algoritması.

Süreksiz olaylar ürettikleri işaretin dalga biçimi üzerinden teorik olarak kolayca sınıflandırılabilir. Pozitif veya negatif yönlü ve ani tek bir yükseliş/düşüş darbesi biçimindeki dalga dürtüsel olarak adlandırılırken, her iki polaritede ardışık ve hızlı biçimde

değişerek sönümlenen dalga biçimi salınımlı olarak adlandırılır. Ancak gerçek şebeke işaretleri her iki dalga biçimi karakteristiğini de sergileyebilmektedir.

Süreksiz bir olaya ait saf bileşenin tepeden tepeye (peak-to-peak) genlik değerinin %77 ve daha fazlası, tek yönlü polariteye sahipse süreksiz olay dürtüsel olarak kabul edilir aksi halde salınımlıdır (<http://grouper.ieee.org>, 2004). Süreksiz olayların, kendi içinde, basit bir oransal değerlendirmeye sınıflandırılabilmesi sağlanmaktadır. Oransal yaklaşıma bağlı olarak, mutlak olarak daha büyük olan tepe değerinin, tepeden tepeye değere oranlanmasıyla süreksiz olayın polarite oranı hesaplanmıştır. Hesaplanan oran %77'den daha büyük ise dürtüsel aksi halde salınımlı süreksiz olay tespiti kararına varılarak incelenen olay işareti etiketlenmektedir.

5.4.1. “LabVIEW Veri Seti Doğrulama” uygulaması sonuçları

“LabVIEW Veri Seti Doğrulama” uygulaması sonuçları Çizelge 5.2’te verilmiştir. Veri setinde, her bir olay için 200 adet olay işareti bulunmaktadır. Çizelge 5.2’de verilen sonuçlar incelendiğinde, gürültüsüz veriler ile 50 dB ve 40 dB gürültülü verilerin sonuçlarının aynı olduğu görülmüştür. Tüm sınıflar mutlak başarıyla doğru etiketlenmiştir. “LabVIEW Veri Seti Doğrulama” algoritmasının gürültüsüz veriler, 50 dB düşük gürültü seviyeli ve 40 dB orta gürültü seviyeli verilerle mutlak başarıya sahip olduğu değerlendirilmiştir.

Çizelge 5.2. Gürültüsüz, 50 dB ve 40 dB gürültülü veriler için doğrulama sonuçları.

Gürültü Yok ve 50 dB ve 40 dB	Normal	Çökme	Şişme	Kesinti	Dürtüsel	Salınımlı	Doğruluk
Normal	200	0	0	0	0	0	100%
Çökme	0	200	0	0	0	0	100%
Şişme	0	0	200	0	0	0	100%
Kesinti	0	0	0	200	0	0	100%
Dürtüsel	0	0	0	0	200	0	100%
Salınımlı	0	0	0	0	0	200	100%

Çizelge 5.3’de verilen sonuçlar 30 dB yüksek gürültü seviyeli verilere aittir. Güç sistemi için 30 dB gürültü yüksek bir seviyedir. Bozulma olaylarından gerilim çökmesi, gerilim şişmesi ve gerilim kesintisi tespitinde algoritmanın yüksek gürültüden olumsuz etkilenmeden doğru sonuçlar elde ettiği görülmektedir. Olay içermeyen normal durumda ise %1 oranında hata

ortaya çıkmıştır. Normal durumda hatalı tespit edilen olayların sadece salınımlı olay olarak etiketlendikleri görülmüştür. Buna sebep olan gürültü işaretinin bozucu etkisidir. Gürültü işaretinde pozitif ve negatif tepe değerlerinin salınımlı olay eşik değerlerini aşması durumunda, olay içermeyen işaretin salınımlı olay olarak etiketlenmesine neden olmaktadır.

Çizelge 5.3’de verilen dikkat çekici diğer bir sonuç ise dürtüsel olayların yüksek oranda hatalı etiketlenmesidir. Yüksek gürültü seviyesinin bozucu etkisi en fazla dürtüsel olay türünün tespitinde kendini göstermiştir. Dürtüsel olayı oluşturan işaretin, pozitif ya da negatif yönüne zıt yönde, gürültü işaretinin negatif ya da pozitif tepe noktasının birlikte değerlendirilmesinden dolayı dürtüsel olay salınımlı olay olarak etiketlenmektedir.

Çizelge 5.3. 30 dB gürültülü veriler için doğrulama sonuçları.

Gürültü 30 dB	Normal	Çökme	Şişme	Kesinti	Dürtüsel	Salınımlı	Doğruluk
Normal	198	0	0	0	0	2	99%
Çökme	0	200	0	0	0	0	100%
Şişme	0	0	200	0	0	0	100%
Kesinti	0	0	0	200	0	0	100%
Dürtüsel	0	0	0	0	123	77	61,5%
Salınımlı	0	0	0	0	0	200	100%

5.5. Güç Kalitesi Bozulması Olaylarında Öznitelik Vektörü Çıkarımı

Bozulmaların tanımlarından yola çıkılarak, matematiksel modele dayanan yöntemle elde edilen olay işaretleri, türlerine göre belirli karakteristik özelliklere sahiptirler. Bu karakteristik özellikler olay türlerine göre hem benzerlikler hem de farklılıklar içermektedir. Tüm karakteristik özellikler bir araya geldiğinde, her bir olay türü için büyük ölçüde ayırt edici benzersiz özellikler dizisi oluşmaktadır. Olay işaretinden elde edilen her bir özelliğe öznitelik, bu özniteliklerin bir araya toplanmış haline de öznitelik vektörü denilmektedir.

Olay işareti 12,8 kHz örnekleme frekansında örneklenmiş ve 12 periyotluk uzunluk için 3072 örnek kaydedilmiştir. Günümüz bilgisayarlarının yazılım ve donanım özellikleri göz önüne alındığında, 3072 adet örnekten oluşan bir veri üzerinde çalışılarak başarımlı elde edilmesi mümkün olsa da efektif olmayan bir yaklaşımdır. Öznitelik çıkarımı yöntemleri büyük veri

yığınları içerisinde gizlenmiş ve karakterize edici özelliğe sahip önemli bilgileri elde etmede başarılıdır.

Öznitelik elde etmek için kullanılacak yöntemin seçiminde, üzerinde çalışılacak konu ve incelenecek verilerin belirleyici payı vardır. Özniteliklerin elde edilmesinde kullanılan yöntemlerin genellikle araştırmacı tarafından belirlenmesi gereken ve başarıma etki eden parametreleri bulunmaktadır. Hem parametre sayısının azlığı hem de başarıma oranı bu yöntemler arasındaki seçime etki etmektedir.

Bu çalışmada, bozulmalardan öznitelik vektörü elde etmek için ADD yöntemi kullanılmıştır. İncelenen olay işaretlerinde frekans ve genlik değerlerinin olağanın dışında değişim gösterdiği noktalar bozulmaların göstergesi niteliğindedir. ADD yönteminin temel özelliği, bir işaretin durağan olmayan noktalara karşı duyarlı olmasıdır. Bu iki husus birlikte değerlendirildiğinde ADD yönteminin uygun bir seçim olacağı öngörülmüştür.

ADD yönteminin işleyişinde sadece iki parametre kullanılmaktadır. ADD yönteminde başarıma yüksek olması seçilen bu iki parametrelere bağlıdır. ADD yönteminin iki temel parametresi, ADD'nin kaç seviyeli yapılacağı ve uygulanan ana dalgacık türüdür. ADD seviyesi 5 farklı seçenekle incelenmiştir. Bu seviyeler 5, 6, 7, 8 ve 9 olarak belirlenmiştir. Seviye sayısı arttıkça daha düşük frekans bant aralıklarına karşılık gelen değişimlerden sonuç elde edilmektedir. Bu inceleme ile seviyenin özniteliklere ve dolayısıyla sınıflandırma başarıma etkisi incelenmiştir. ADD uygulanan işareten elde edilen katsayılar, belirlenen seviye sayısından bir fazla olacak şekilde oluşmaktadır. Bunlar, seviye sayısı kadar ayrıntı ve bir adet yaklaşım katsayısıdır. Farklı ADD seviyeleri için detay ve yaklaşım katsayılarının karşılık geldiği “frekans bant aralığı üst sınır” (FBÜS) ve “frekans bant aralığı alt sınır” (FBAS) değerleri aşağıdaki denklemlerle hesaplanabilir.

$$FBÜS(D_i) = f_s/2^i \quad (5.1)$$

$$FBAS(D_i) = f_s/2^{i+1} \quad (5.2)$$

$$FBÜS(A_L) = f_s/2^{L+1} \quad (5.3)$$

$$FBAS(A_L) = 0 \quad (5.4)$$

Eşitlik (5.1), (5.2), (5.3) ve (5.4)'de f_s örnekleme frekansını, $i = 1, 2, \dots, L$ olmak üzere seviyeleri, L en yüksek seviyeyi, D_i detay seviyelerini ve A_L yaklaşım seviyesini göstermektedir. Yaklaşım seviyesi A_L için FBAS değeri daima 0 olmaktadır.

Bu çalışmada, ana dalgacık türü olarak, kısaca db4 olarak adlandırılan “debuchies-4” dalgacığı kullanılmıştır. db4 dalgacığı, bozulmaların tespiti ve sınıflandırılması için en uygun dalgacık türü olarak gösterilmiştir (Brito vd., 1998).

ADD uygulanan olay işaretinden elde edilen katsayılar, olay türlerine göre farklılık göstermektedir. Her bir detay seviyesi ve yaklaşım seviyesine ait katsayılar, kendine has birer işaret oluşturmaktadır. Burada, ADD uygulanarak olay işaretinin içerdiği önemli bilgi kaybedilmeden farklı bir düzleme dönüştürülmektedir. ADD ile elde edilen farklı seviyelerdeki katsayılarda, olay işareti üzerinde olayın başlangıcı, bitişi ve olay türüne bağlı olmak üzere bu ikisinin arasında kalan bölgede belirgin değer değişimleri görülmektedir.

Meydana gelen farklı bozulmaların, katsayılar üzerinde meydana getirdiği değişimden anlamlı bir sonuç elde edebilmek için katsayılardan öznitelikler elde edilmiştir. Bu öznitelikler ile ortalama enerji, kayıklık (*skewness*) ve basıklık (*kurtosis*) değerlerinden oluşturulmuştur. Bunların hesaplanması sırasıyla eşitlik (5.5), (5.6) ve (5.7)'de verilmiştir. Her seviyedeki katsayılardan öznitelikler hesaplanarak öznitelik vektörü oluşturulmuştur. Öznitelik vektörü her bir katsayıdan elde edilen 3 adet değer içermektedir. ADD seviyesine bağlı olarak toplam öznitelik sayısı belirlenmektedir.

$$E_{C_l} = \frac{1}{N_l} \sum_{i=1}^{N_l-1} |C_{li}|^2 \quad (5.5)$$

$$SKW_{C_l} = \left| \frac{\frac{1}{N_l} \sum_{i=0}^{N_l-1} (C_{li} - \mu_l)^3}{\sigma_l^3} \right| \quad (5.6)$$

$$KRT_{C_l} = \frac{\frac{1}{N_l} \sum_{i=0}^{N_l-1} (C_{li} - \mu_l)^4}{\sigma_l^4} \quad (5.7)$$

Eşitlik (5.5) uygulanan ADD seviyesine göre tüm seviyelerdeki katsayıların ortalama enerji değerlerini hesaplamaktadır. l değeri ADD seviyesini, C_l ilgili seviyelerdeki katsayıları, N_l ilgili seviyedeki katsayıların sayısını göstermektedir.

Eşitlik (5.6) uygulanan ADD seviyesine göre tüm seviyelerdeki katsayıların mutlak kayıklık değerlerini hesaplamaktadır. l değeri ADD seviyesini, C_l ilgili seviyelerdeki katsayıları, N_l ilgili seviyedeki katsayıların sayısını, μ_l ise C_l 'nin standart sapmasını göstermektedir.

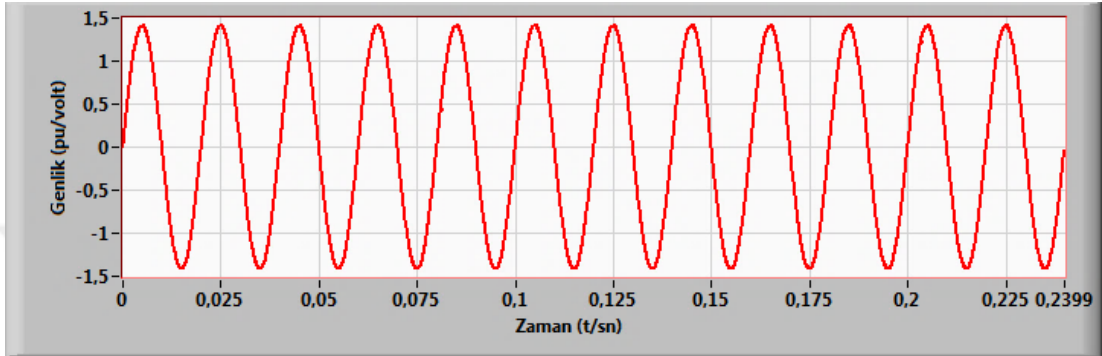
Eşitlik (5.7) uygulanan ADD seviyesine göre tüm seviyelerdeki katsayıların basıklık değerlerini hesaplamaktadır. l değeri ADD seviyesini, C_l ilgili seviyelerdeki katsayıları, N_l ilgili seviyedeki katsayıların sayısını, μ_l ise C_l 'nin standart sapmasını göstermektedir.

5.5.1. Güç kalitesi bozulmalarının ADD katsayılarının analizi

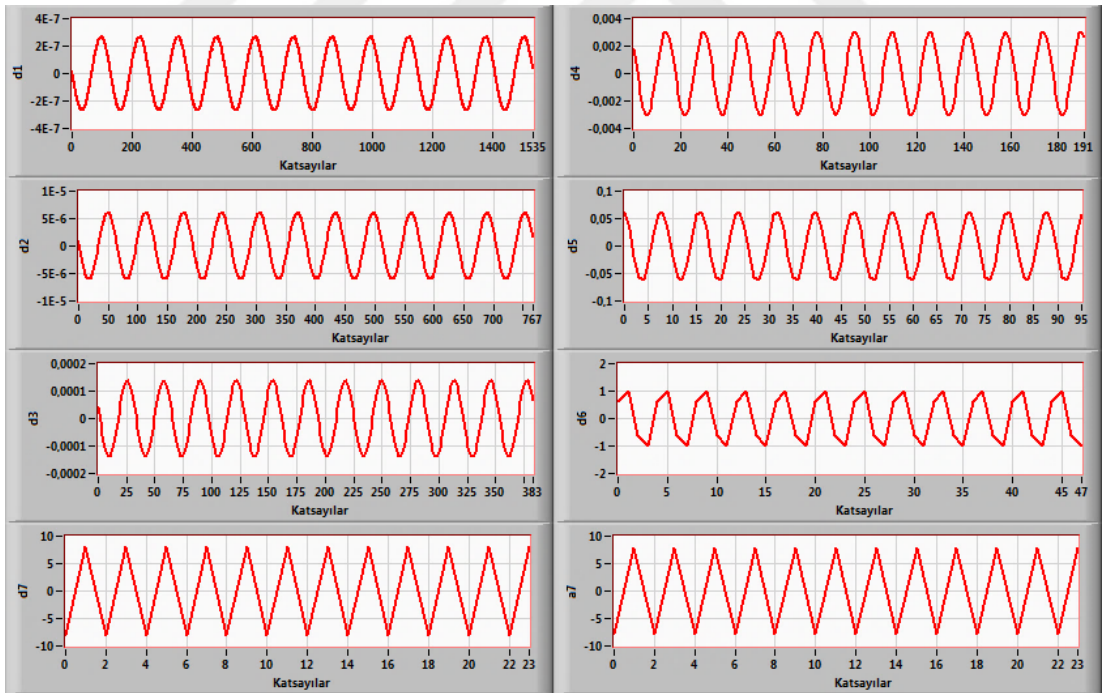
Bozulma olay işaretlerine ADD yöntemi uygulanarak elde edilen katsayıların, bozulma türüne göre farklılık ve benzerlikleri analiz edilmiştir. Tüm bozulma olay işaretleri gürültüsüz, ideal sinüs işareti biçiminde ve 1,0 pu RMS genliğe sahip olacak şekilde matematiksel modele göre üretilmiştir. ADD seviyesi 7 olarak seçilmiştir.

Normal durum işaretinin analizi

Şekil 5.10'da olay içermeyen normal durum işareti verilmiştir. Elde edilen ayrıntı ve yaklaşım katsayıları Şekil 5.11'de görülmektedir. Katsayılar incelendiğinde, hiçbir seviyede farklılaşma görülmemektedir.



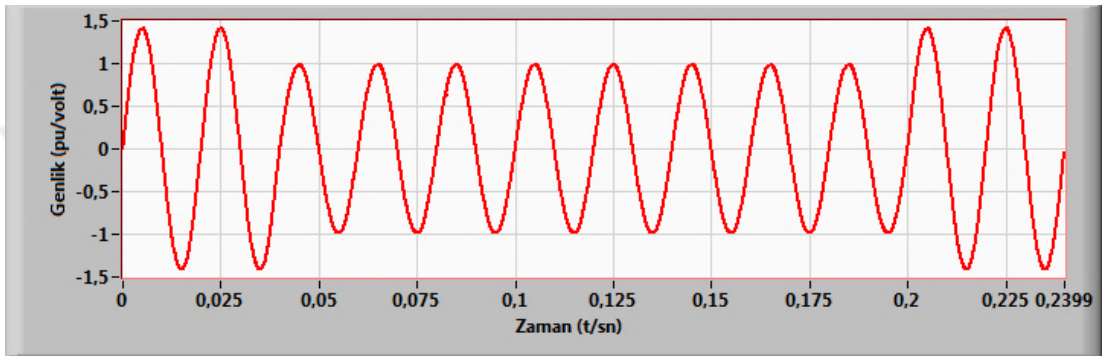
Şekil 5.10. Normal durum işareti.



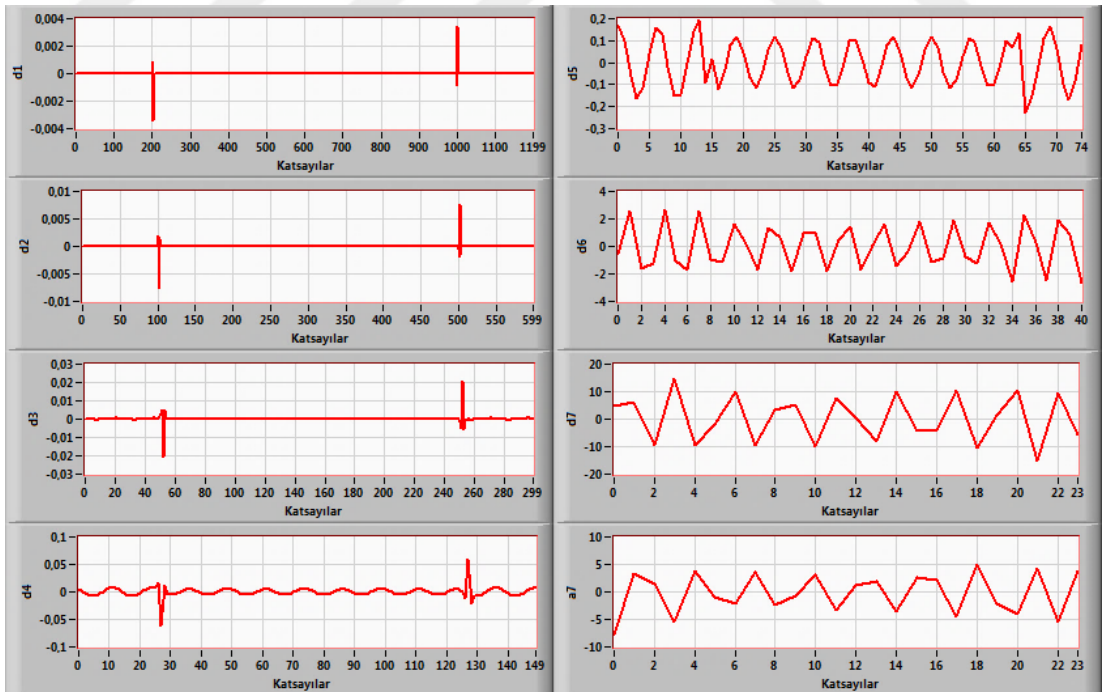
Şekil 5.11. Normal durum işareti ADD katsayıları.

Gerilim çökmesi olayı işaretinin analizi

Şekil 5.12’de gerilim çökmesi olayı işareti verilmiştir. Gerilim çökmesi olayı, 0,7 pu genlik seviyesinde 8 periyotluk süre boyunca gerçekleşmiştir. Elde edilen ayrıntı ve yaklaşım katsayıları Şekil 5.13’de görülmektedir. Katsayılar incelendiğinde, d1-d4 arası seviyelerde, gerilim çökmesinin başlangıç ve bitiş noktaları, d5 ve d6 seviyelerinde ise gerilimin düşük olduğu periyotlar farklılaşmaktadır.



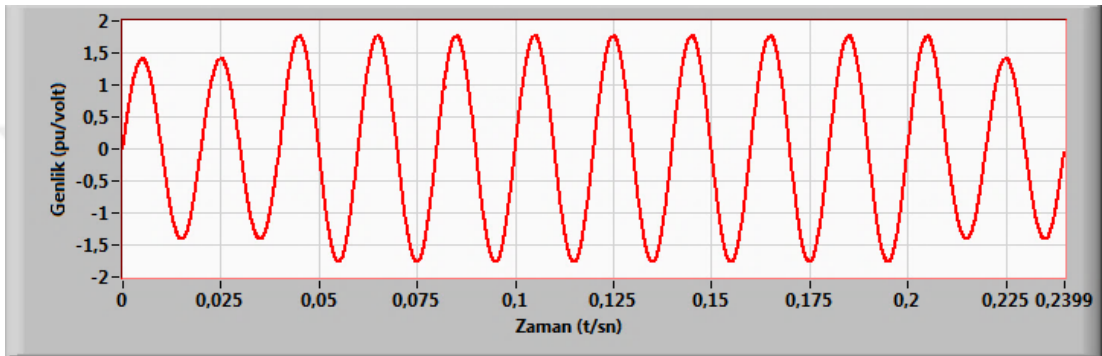
Şekil 5.12. Gerilim çökmesi olay işareti.



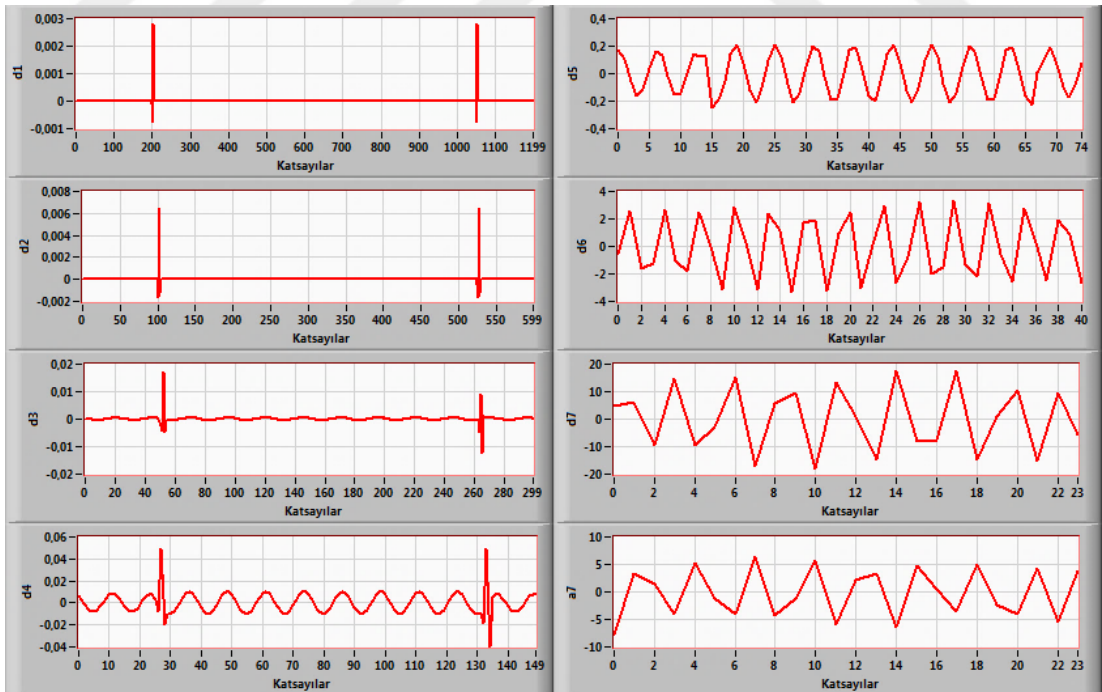
Şekil 5.13. Gerilim çökmesi olayına ait ADD katsayıları.

Gerilim şişmesi olayı işaretinin analizi

Şekil 5.14’de gerilim çökmesi olayı işareti verilmiştir. Gerilim şişmesi olayı, 1,25 pu genlik seviyesinde 8 periyotluk süre boyunca gerçekleşmiştir. Elde edilen ayrıntı ve yaklaşım katsayıları Şekil 5.15’de görülmektedir. Katsayılar incelendiğinde, d1-d4 arası seviyelerde, gerilim şişmesinin başlangıç ve bitiş noktaları, d5 ve d6 seviyelerinde ise gerilimin yüksek olduğu periyotlar farklılaşmaktadır.



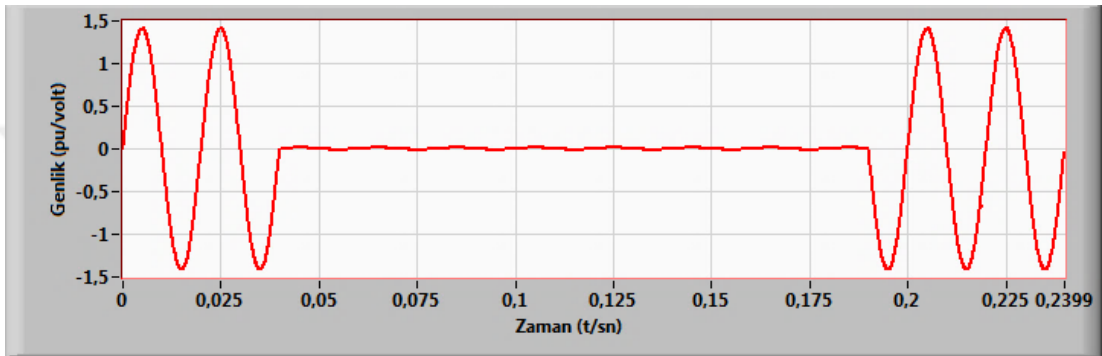
Şekil 5.14. Gerilim şişmesi olayı işareti.



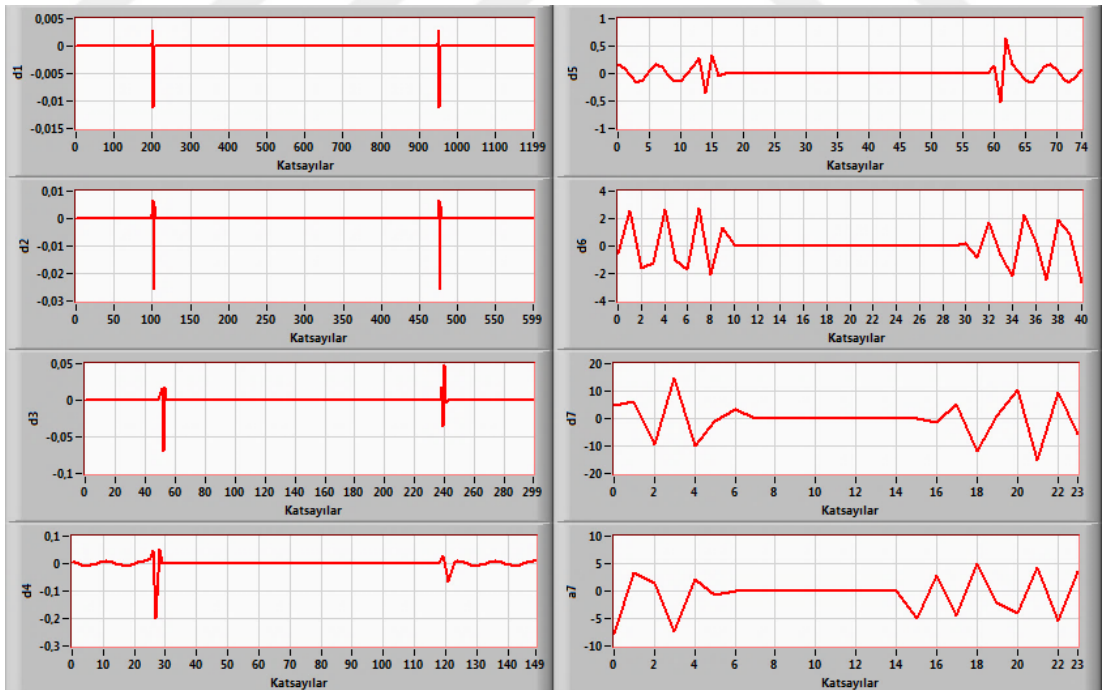
Şekil 5.15. Gerilim şişmesi olayına ait ADD katsayıları.

Gerilim kesintisi olayı işaretinin analizi

Şekil 5.16'da gerilim kesintisi olay işareti verilmiştir. Gerilim kesintisi olayı, 0,02 pu genlik seviyesinde 8 periyotluk süre boyunca gerçekleşmiştir. Elde edilen ayrıntı ve yaklaşım katsayıları Şekil 5.17'de görülmektedir. Katsayılar incelendiğinde, d1-d7 arası ve a7 seviyelerinde, gerilim kesintisinin başlangıç ve bitiş noktaları, d5-d7 arası ve a7 seviyelerinde ise gerilimin çok düşük olduğu periyotlar farklılaşmaktadır.



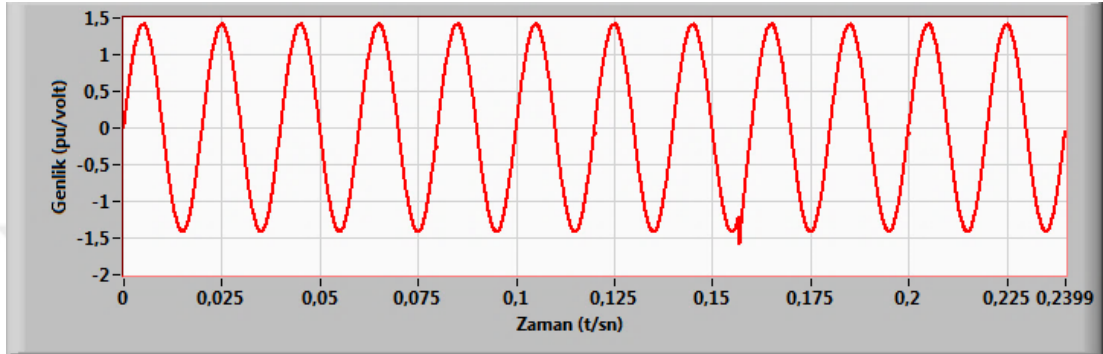
Şekil 5.16. Gerilim kesintisi olayı işareti.



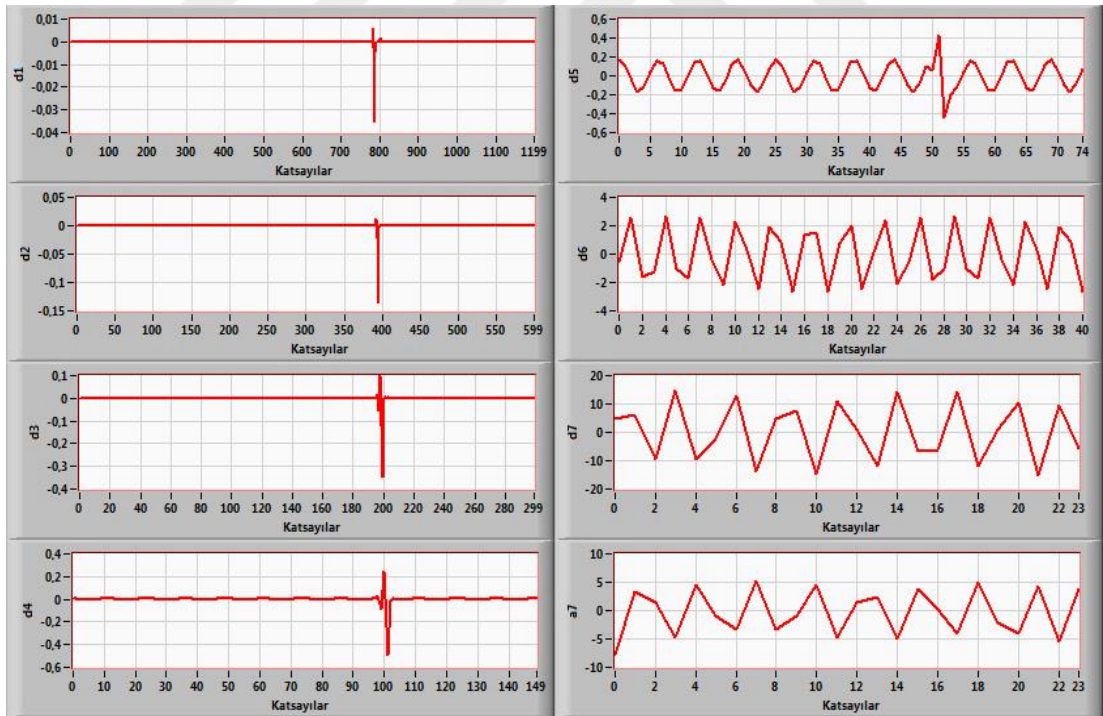
Şekil 5.17. Gerilim kesintisi olayına ait ADD katsayıları.

Dürtüsel süreksiz olay işaretinin analizi

Şekil 5.18’da dürtüsel süreksiz olay işareti verilmiştir. Elde edilen ayrıntı ve yaklaşım katsayıları Şekil 5.19’da görülmektedir. Katsayılar incelendiğinde, d1-d5 arası seviyelerinde, dürtüsel süreksizliğin oluşumu gözlemlenmektedir.



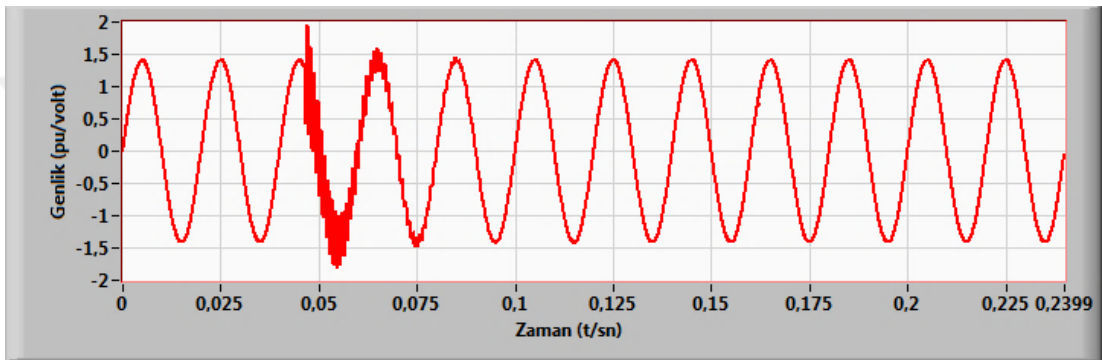
Şekil 5.18. Dürtüsel süreksiz olay işareti.



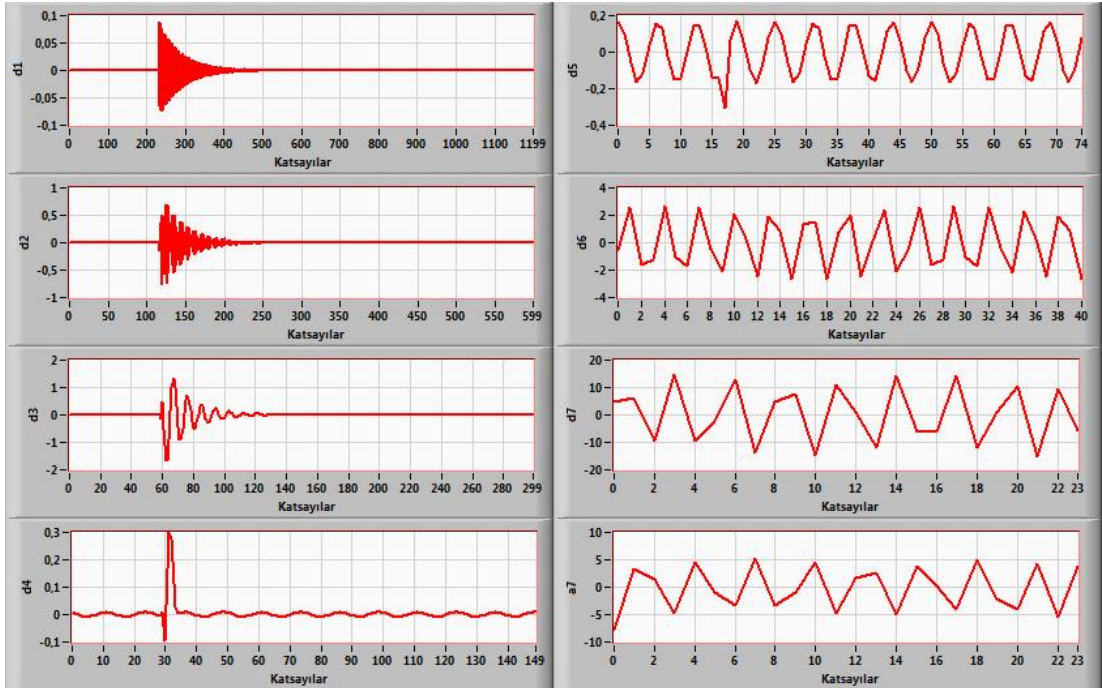
Şekil 5.19. Dürtüsel süreksiz olaya ait ADD katsayıları.

Salınlımlı süreksiz olay işaretinin analizi

Şekil 5.20’de salınlımlı süreksiz olay işareti verilmiştir. Salınlımlı süreksizlik olayı, yaklaşık 1,1 pu tepeden-tepeye genlik seviyesinde ve 1,5 periyotluk sürede sönümlenecek biçimde gerçekleşmiştir. Elde edilen ayrıntı ve yaklaşım katsayıları Şekil 5.21’de görülmektedir. Katsayılar incelendiğinde, d1-d4 arası seviyelerinde, salınlımlı süreksizliğin başlangıç ve sönümlenerek bitişi, d5 seviyesinde ise yalnızca başlangıç anına ilişkin katsayılar farklılaşmaktadır.



Şekil 5.20. Salınlımlı süreksiz olay işareti.

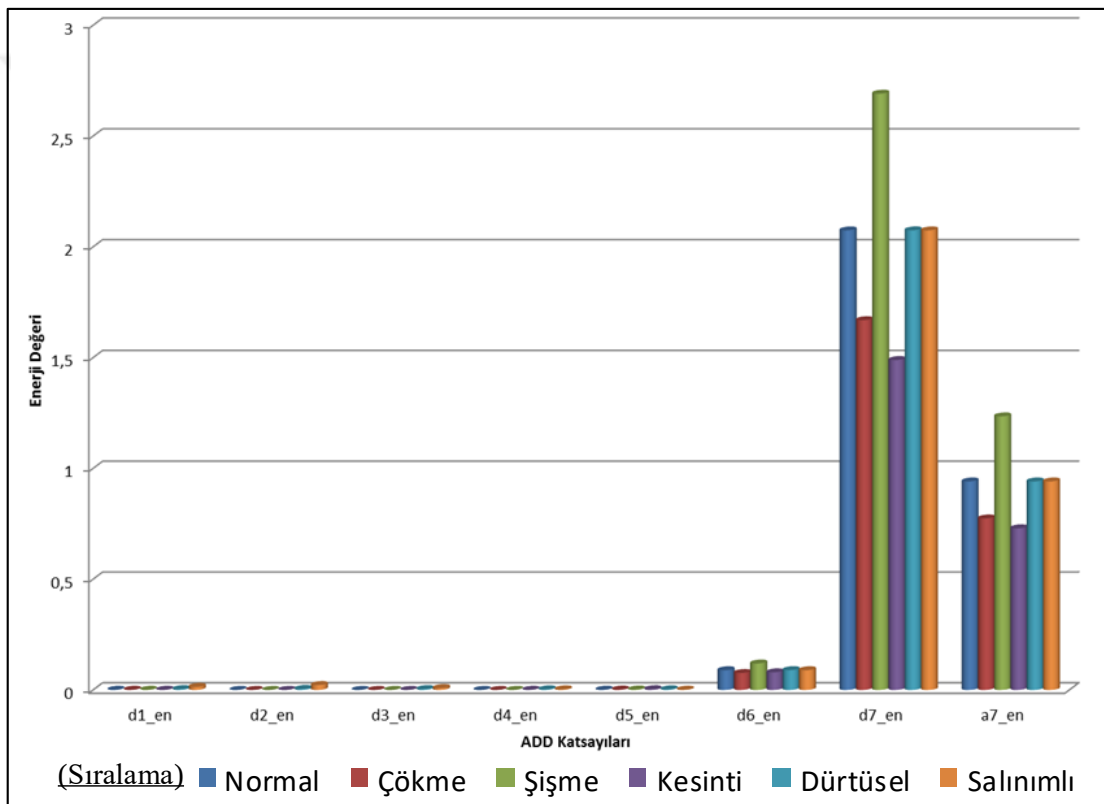


Şekil 5.21. Salınlımlı süreksiz olaya ait ADD katsayıları.

5.5.2. Olay türlerine göre özniteliklerin analizi

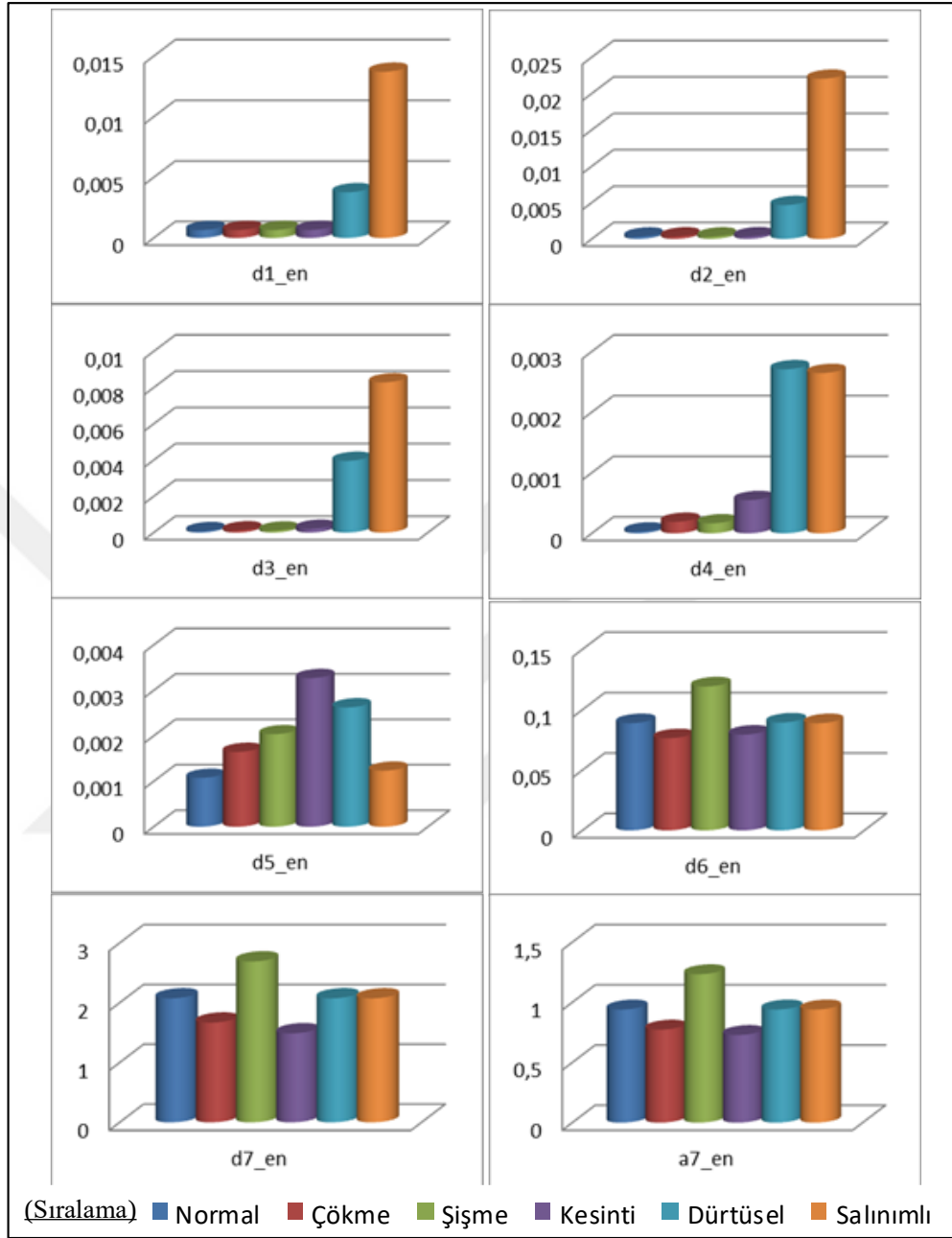
İncelenen veri setinde her bir olay türünden 200'er adet olmak üzere toplam 1200 adet olay işareti bulunmaktadır. Veri seti 50 dB düşük seviyede gürültülüdür.

Şekil 5.22'de tüm bozulma türleri için ADD katsayılarından elde edilen enerji değerleri verilmiştir. Her bir sınıf için 200 adet olayın ADD katsayılarından elde edilen enerji değerlerinin ortalamaları alınmıştır. Farklı olay türleri için enerji değerlerinin ADD katsayılarına göre benzerlikler ve farklılıklar gösterdiği görülmektedir.



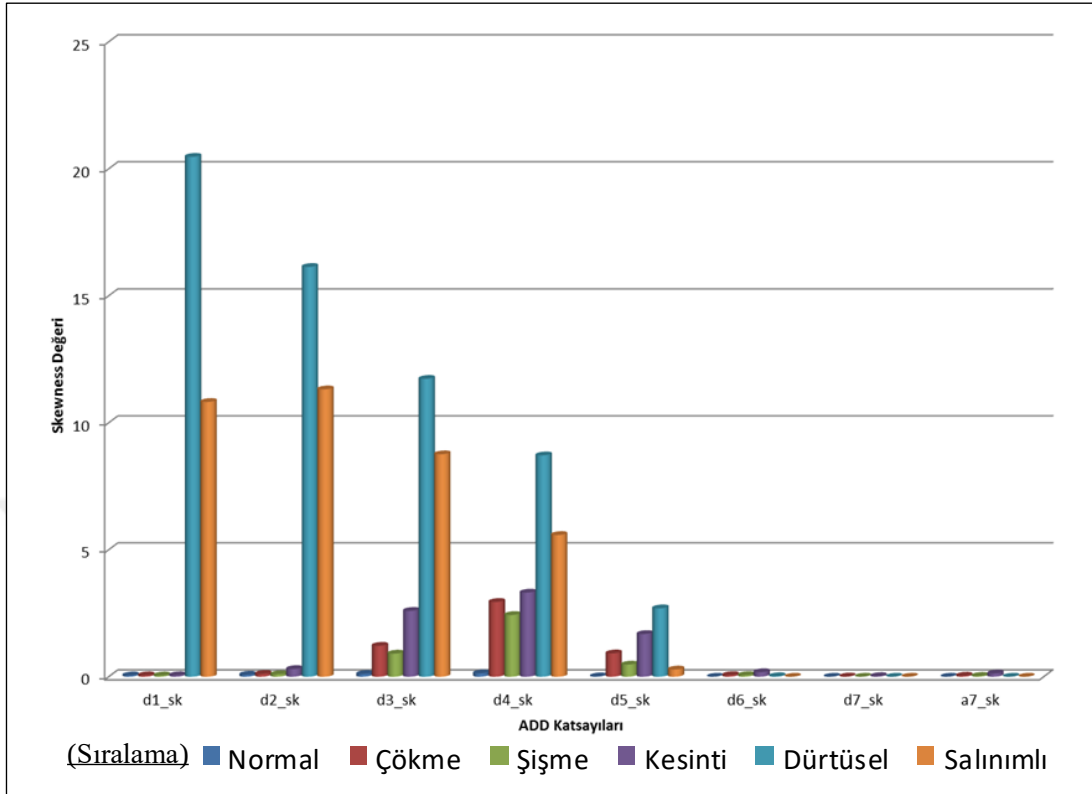
Şekil 5.22. Olay işaretlerine ait ADD katsayılarının ortalama enerji seviyeleri.

Şekil 5.22'de kümülatif olarak sunulan enerji değerleri Şekil 5.23'de her ADD katsayısı için ayrı ayrı gösterilmiştir. Dürtüsel ve salınlımlı süresiz olaylar d1, d2 ve d3 seviyelerinde diğerlerinden ayrılmaktadır. Tüm olay türlerinin d4 ve d5 seviyelerinde ayrıştığı görülebilmektedir. Gerilim şişmesi olayı d6 seviyesinde ayrışırken, gerilim çökmesi ve gerilim kesintisi olayları birbirine benzer olmakla birlikte diğerlerinden ayrılmaktadır. Gerilim çökmesi, gerilim şişmesi ve gerilim kesintisi d7 ve a7 seviyelerinde diğerlerinden ayrılmaktadır.



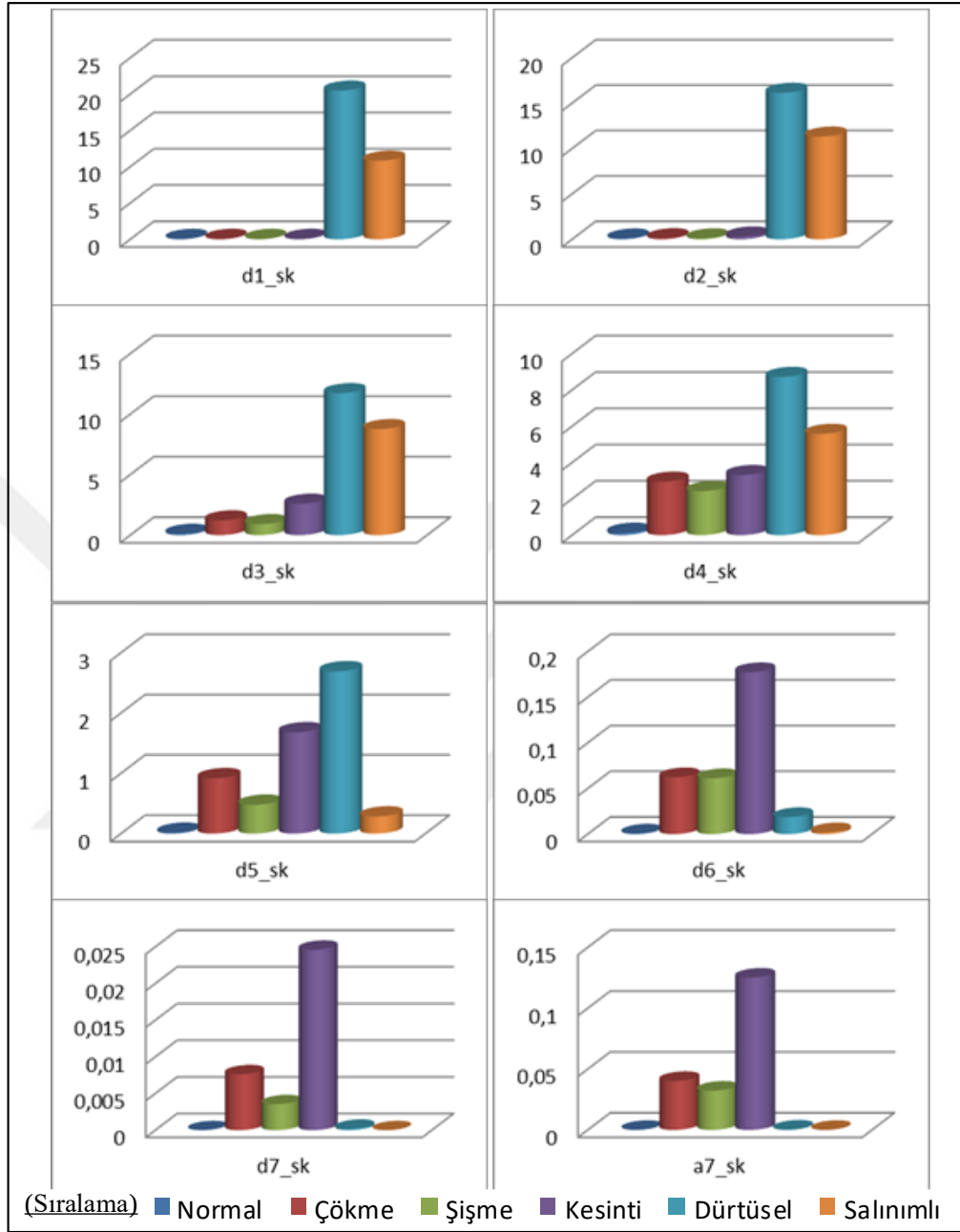
Şekil 5.23. Olay işaretlerinin ADD katsayılarına göre detaylı ortalama enerji seviyeleri.

Şekil 5.24’de tüm bozulma türleri için ADD katsayılarından elde edilen kayıklık değerleri verilmiştir. Her bir sınıf için 200 adet olayın ADD katsayılarından elde edilen kayıklık değerlerinin ortalamaları alınmıştır. Farklı olay türleri için kayıklık değerlerinin ADD katsayılarına göre benzerlikler ve farklılıklar gösterdiği görülmektedir.



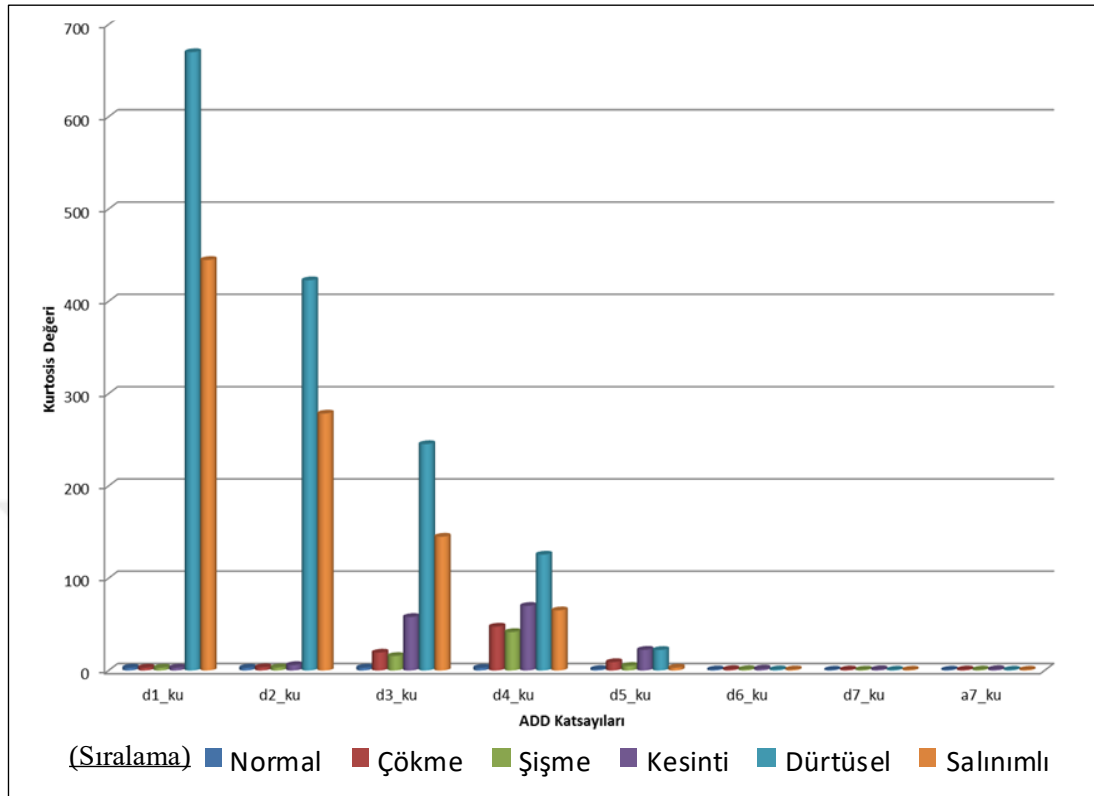
Şekil 5.24. Olay işaretlerine ait ADD katsayılarının ortalama kayıklık seviyeleri.

Şekil 5.24’de kümülatif olarak sunulan kayıklık değerleri Şekil 5.25’de her ADD katsayısı için ayrı ayrı gösterilmiştir. Dürtüsel ve salınlı süreksiz olaylar d1 ve d2 seviyelerinde diğerlerinden ayrılmaktadır. Tüm olay türleri d3 ve d5 seviyelerinde birbirinden ayrılmaktadır. Olay içermeyen normal durum, dürtüsel ve salınlı süreksiz olaylar d4 seviyesinde diğerlerinden ayrılmaktadır. Gerilim kesintisi ve dürtüsel süreksiz olay d6 seviyesinde ayrışırken, gerilim çökmesi ve gerilim şişmesi benzeşmekte, olay içermeyen normal durum ve salınlı süreksiz olay yine benzeşmektedir. Gerilim çökmesi, gerilim şişmesi ve gerilim kesintisi d7 ve a7 seviyelerinde diğerlerinden ayrılmaktadır.



Şekil 5.25. Olay işaretlerinin ADD katsayılarına göre detaylı ortalama kayıklık seviyeleri.

Şekil 5.26’da tüm bozulma türleri için ADD katsayılarından elde edilen basıklık değerleri verilmiştir. Her bir sınıf için 200 adet olayın ADD katsayılarından elde edilen basıklık değerlerinin ortalamaları alınmıştır. Farklı olay türleri için basıklık değerlerinin ADD katsayılarına göre benzerlikler ve farklılıklar gösterdiği görülmektedir.



Şekil 5.26. Olay işaretlerine ait ADD katsayılarının ortalama basıklık seviyeleri.

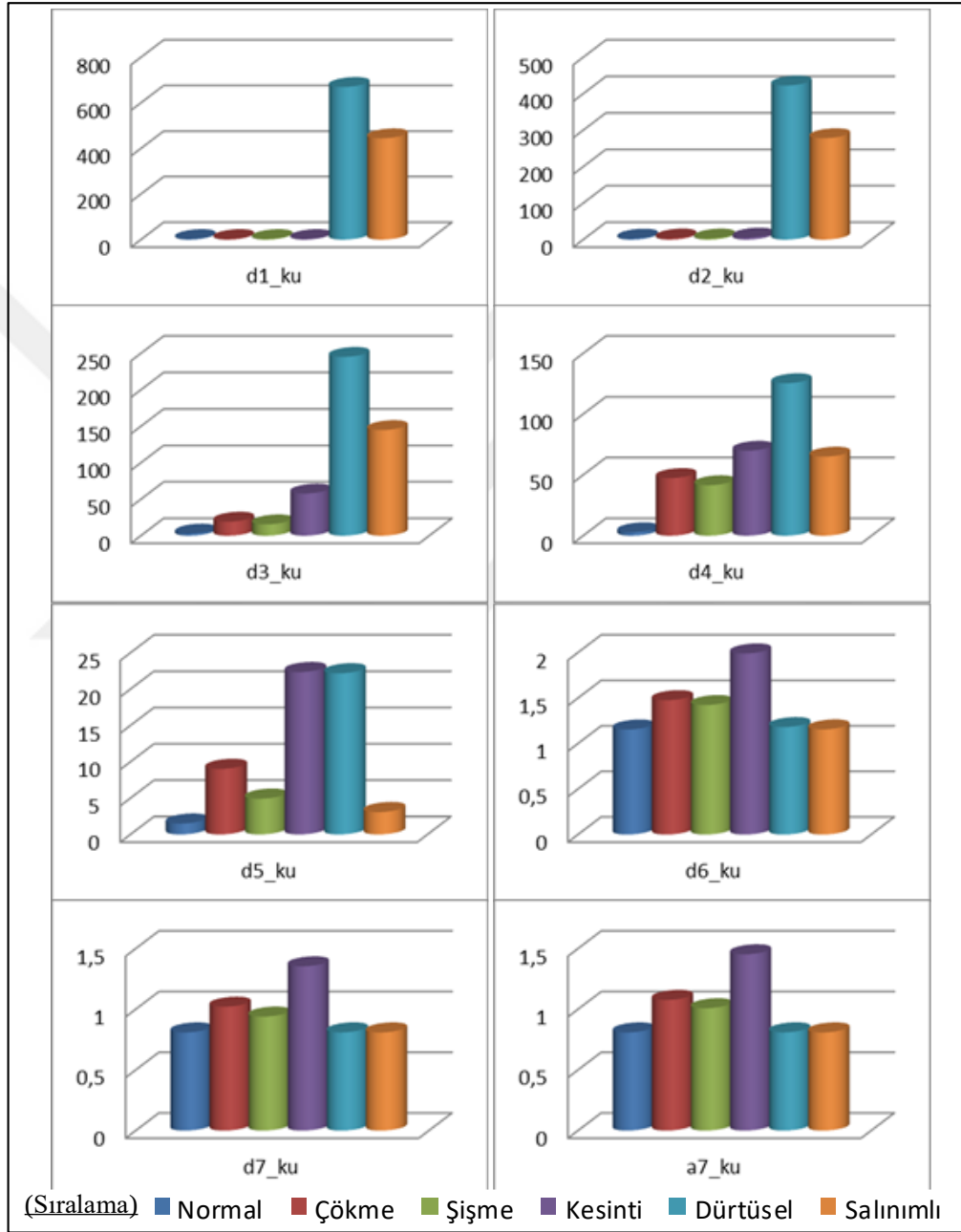
Şekil 5.26’da kümülatif olarak sunulan basıklık değerleri Şekil 5.27’de her ADD katsayısı için ayrı ayrı gösterilmiştir. Dürtüsel ve salınlı süreksiz olaylar d1 ve d2 seviyelerinde diğerlerinden ayrılmaktadır. Tüm olay türleri d3 ve d4 seviyelerinde birbirinden ayrılmaktadır. Gerilim kesintisi ve dürtüsel salınlı olay d5 seviyesinde birbirine benzerken diğerlerinden ayrılmaktadır. Gerilim çökmesi, gerilim şişmesi ve gerilim kesintisi d6, d7 ve a7 seviyelerinde diğerlerinden ayrılmaktadır.

5.6. Rastgele Orman Yöntemi ile Sınıflandırma

Bozulma olayı işaretlerinin karakteristiklerini yansıtan öznelilikleri üzerinden sınıflandırılabilmesi için karar ağacı temelli sınıflandırıcı tercih edilmiştir. Karar ağacı temelli sınıflandırıcılar, tek bir ağaç modeli geliştirilerek sınıflandırma yapma esasına dayanmaktadır. Bununla birlikte, birden fazla karar ağacının bir araya getirilmesiyle oluşturulan ağaç topluluklarının, tekil karar ağacı sınıflandırıcılarına oranla daha yüksek başarıma sahip olduğu görülmektedir. Bu çalışmada, topluluk karar ağacı yöntemlerinden RO yöntemi kullanılmıştır.

RO sınıflandırıcısı için veri seti olarak, olay işaretlerine ait öznelilik vektörleri kullanılmıştır. Sınıflandırma süreci, veri madenciliği uygulamaları için geliştirilmiş WEKA

Workbench yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Bozulma olayı işaretlerinden elde edilen öznitelikler WEKA yazılımına has ARFF dosya biçimi kurallarına uygun olacak şekilde LabVIEW uygulamasında üretilmiştir.



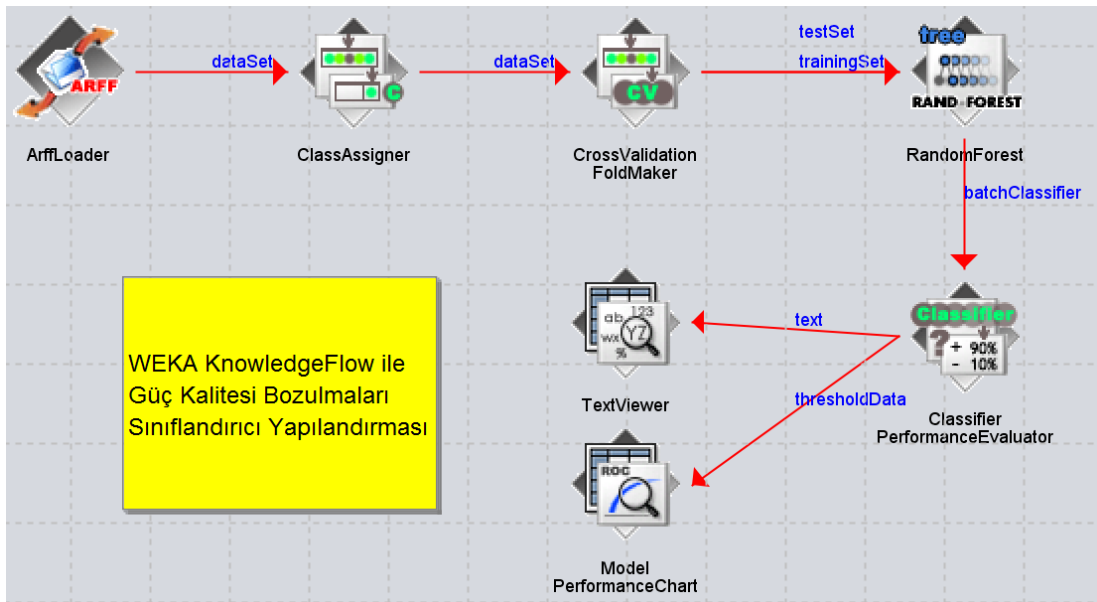
Şekil 5.27. Olay işaretlerinin ADD katsayılarına göre detaylı ortalama basınlık seviyeleri.

WEKA yazılımı ile veriler üzerinde çalışırken farklı kullanıcı arabirimleri tercih edilebilmektedir. Bunlar Explorer, Experimenter, KnowledgeFlow, WorkBench ve Simple CLI

kullanıcı arabirimleridir. Bu tercih, kullanıcının WEKA üzerinde çalışma biçimini belirlemekte olup veri işleme ve elde edilen sonuçlar bakımından fark yoktur. KnowledgeFlow seçeneği ile çalışılırken veri dosyası yolu, sınıflandırma yöntemi, sınıflandırma parametreleri ve elde edilen sonuçların gösterim biçimi bir defaya mahsus yapılandırılarak kaydedilmektedir. Bu yapılandırma diğer pek çok yazılım üzerinde karşılaşılan sihirbaz moduna benzemektedir. Bu yöntemin avantajı, analizler yapılırken sadece veri dosyası seçilerek sonuçlar kolaylıkla elde edilebilmektedir. WEKA yazılımı üzerinde KnowledgeFlow arabirimi ile oluşturulan sınıflandırıcı yapısı Şekil 5.28’de verilmiştir.

Sınıflandırıcı yapısı oluşturulurken ilk adım, veri setini içeren ARFF biçimli dosyanın ArffLoader ögesi kullanılarak kaynaktan okunmasıdır. Okunan veri seti ClassAssigner ögesine aktarılır. ClassAssigner ögesi veri setinde sınıf kararı için kullanılacak sütunu belirlemeye yarar.

Bu aşamada veri setinden eğitim ve test verilerinin elde edilmesi süreci yapılandırılır. Bu işlem için k -katlı çapraz doğrulama (*k-fold cross validation*) yöntemi kullanılır. Bu yöntemde k sayısının iki tür etkisi vardır. Birincil olarak, öncelikle k sayısı kadar tekrar edecek bir döngü oluşturulur. İkincil olarak ise döngünün her bir adımında kullanılacak eğitim ve test verilerinin seçiminde yine k sayısının etkisi görülür.

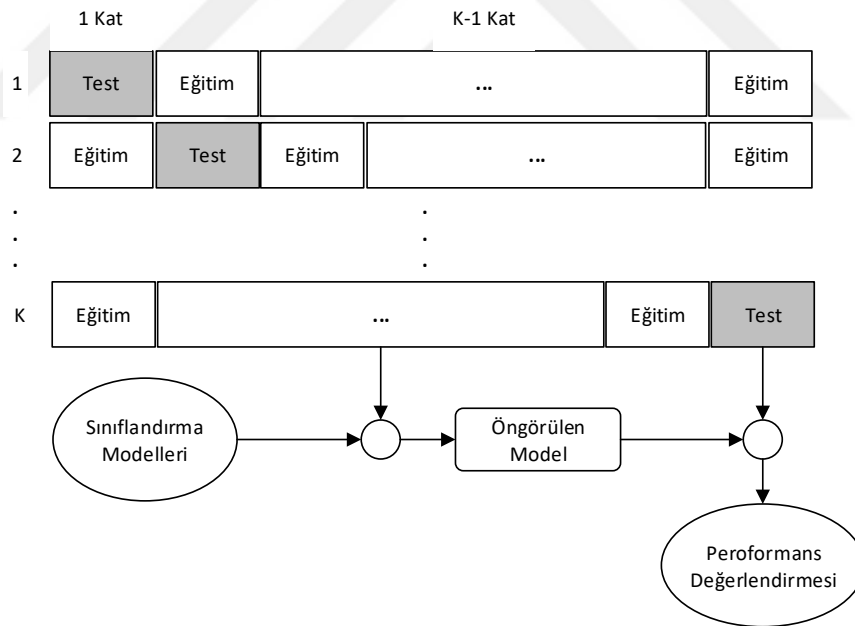


Şekil 5.28. WEKA ile hazırlanan KnowledgeFlow arayüzü görünümü.

N adet örnek içeren veri setinden döngünün her bir adımında kullanılmak üzere yine N adet örnek seçilir. Seçilen N adet örnek, N sayısının k sayısına bölümüyle elde edilen sayıda

katlardan (*folds*) oluşacak şekildedir. Daha basit bir ifadeyle N adet örnek k adet alt gruba ayrılır. Döngünün her bir adımında, o adıma ait $k - 1$ kat eğitim verisi, kalan 1 kat test verisi olarak kullanılır. Her bir adımda kullanılacak test verileri farklı bir kattan alınmaktadır. k sayısı kadar tekrarlayan döngü sonucunda her bir adımda elde edilen sınıflandırıcı başarımlarının ortalaması modelin başarımı olarak değerlendirilir. k sayısı genellikle 10 olarak önerilmiştir ve bu değerin sınıflandırıcının eğitimi için yeterli olduğu belirtilmiştir. Bu değere göre her bir kat (fold) içerisindeki verilerin 10'da 9'u eğitim, kalan 10'da 1'i ise test verisi olarak kullanılmaktadır. k sayısı aynı zamanda sınıflandırıcının eğitim ve test süresi ve işlem yükü için de belirleyicidir. Şekil 5.29'de katların oluşumu, eğitim ve test verilerinin belirlenmesi ve performans değerlendirme süreci gösterilmiştir.

Katlar oluşturulduktan sonra eğitim ve test verileri RO sınıflandırıcısına verilir. RO sınıflandırıcısı sonuçları “classifier performance evaluator” ögesi ile değerlendirilerek sınıflandırmaya ilişkin performans değerleri elde edilir.



Şekil 5.29. k-kat çapraz doğrulama yönteminin işleyişi ve performans değerlendirmesi.

Sınıflandırma sonuçları olay işaretlerinin gürültü seviyesine göre analiz edilmiştir. Her gürültü seviyesi için farklı ADD seviyeleri incelenmiştir. ADD seviyesinin ve gürültünün başarıma etkisi araştırılmıştır.

Sınıflandırma işlemi için veri setleri kullanılmıştır. Veri setlerinin daha kısa ve basit ifade edilebilmesi için isimlendirme biçimi belirlenmiştir. İsimlendirme biçimi “VERİ_SETİ_numara_gürültü” şeklindedir. Burada “numara” bir karakter olup 1,2,3... şeklindedir ve özgün bir veri setini ifade etmektedir. “gürültü” bir karakter olup gürültüsüz veri için G, düşük seviyede gürültü için D, orta seviyede gürültü için O, yüksek seviyede gürültü için Y, tüm gürültü seviyelerinin bir arada bulunduğu durumda ise H kullanılmıştır. Bir veri setinin gürültü seçenekleri de aynı olay işaretlerini içermektedir.

Sınıflandırma sonuçları “VERİ_SETİ_1” ile elde edilmiştir. Bu veri setinde her bir sınıfta 200 adet olmak üzere toplam 1200 adet olay işareti bulunmaktadır.

5.6.1. Gürültü içermeyen veri seti sonuçları

Gürültüsüz veri seti için en yüksek başarımlı Çizelge 5.4’de gösterilen 8 seviyeli ADD ile elde edilmiştir. Başarımlı oranı %100 olarak gerçekleşmiştir. En düşük başarımlı ise Çizelge 5.5’de gösterilen 5,6,7 ve 9 seviyeli ADD ile elde edilmiştir. Başarımlı oranı %99,9 olarak gerçekleşmiştir. Gürültüsüz veri setinde ADD seviyesine göre başarımlı oranı farkı %0,1 olmuştur.

Çizelge 5.4. “VERİ_SETİ_1_G” için 8 seviyeli ADD ile sınıflandırma sonuçları.

	Normal	Çökme	Şişme	Kesinti	Dürtüsel	Salımlı	Doğruluk	Hassasiyet	Hatırlama	F-Ölçütü	ROC Alanı
Normal	200	0	0	0	0	0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Çökme	0	200	0	0	0	0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Şişme	0	0	200	0	0	0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Kesinti	0	0	0	200	0	0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Dürtüsel	0	0	0	0	200	0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Salımlı	0	0	0	0	0	200	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Ağırlıklı Ortalama							1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Çizelge 5.5. “VERİ_SETİ_1_G” için 5, 6, 7 ve 9 seviyeli ADD ile sınıflandırma sonuçları.

	Normal	Çökme	Şişme	Kesinti	Dürtüsel	Salımlı	Doğruluk	Hassasiyet	Hatırlama	F-Ölçütü	ROC Alanı
Normal	200	0	0	0	0	0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Çökme	0	200	0	0	0	0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Şişme	0	0	200	0	0	0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Kesinti	0	0	0	200	0	0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Dürtüsel	0	0	0	0	200	0	1,000	0,995	1,000	0,998	1,000
Salımlı	0	0	0	0	0	1	199	0,995	1,000	0,997	1,000
Ağırlıklı Ortalama							0,999	0,999	0,999	0,999	1,000

5.6.2. Düşük seviyede (50 dB) gürültülü veri seti sonuçları

Düşük seviyede (50 dB) gürültülü veri seti için en yüksek başarımlı Çizelge 5.6’da gösterilen 7 seviyeli ADD ile elde edilmiştir. Başarımlı oranı %99,8 olarak gerçekleşmiştir. En düşük başarımlı ise Çizelge 5.7’de gösterilen 6 seviyeli ADD ile elde edilmiştir. Başarımlı oranı %99,3 olarak gerçekleşmiştir. Düşük seviyede (50 dB) gürültülü veri setinde ADD seviyesine göre başarımlı oranı farkı %0,5 olmuştur.

Çizelge 5.6. “VERİ_SETİ_1_D” için 7 seviyeli ADD ile sınıflandırma sonuçları.

	Normal	Çökme	Şişme	Kesinti	Dürtüsel	Salımlı	Doğruluk	Hassasiyet	Hatırlama	F-Ölçütü	ROC Alanı
Normal	200	0	0	0	0	0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Çökme	0	199	0	1	0	0	0,995	1,000	0,995	0,997	1,000
Şişme	0	0	200	0	0	0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Kesinti	0	0	0	200	0	0	1,000	0,995	1,000	0,998	1,000
Dürtüsel	0	0	0	0	200	0	1,000	0,990	1,000	0,995	1,000
Salımlı	0	0	0	0	0	2	198	0,990	1,000	0,995	1,000
Ağırlıklı Ortalama							0,998	0,998	0,998	0,997	1,000

Çizelge 5.7. “VERİ_SETİ_1_D” için 6 seviyeli ADD ile sınıflandırma sonuçları.

	Normal	Çökme	Şişme	Kesinti	Dürtüsel	Salımlı	Doğruluk	Hassasiyet	Hatırlama	F-Ölçütü	ROC Alanı
Normal	200	0	0	0	0	0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Çökme	0	199	0	1	0	0	0,995	1,000	0,995	0,997	1,000
Şişme	0	0	200	0	0	0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Kesinti	0	0	0	200	0	0	1,000	0,995	1,000	0,998	1,000
Dürtüsel	0	0	0	0	196	4	0,980	0,985	0,980	0,982	1,000
Salımlı	0	0	0	0	3	197	0,985	0,980	0,985	0,983	1,000
Ağırlıklı Ortalama							0,993	0,993	0,993	0,993	1,000

5.6.3. Orta seviyede (40 dB) gürültülü veri seti sonuçları

Orta seviyede (40 dB) gürültülü veri seti için en yüksek başarımlı Çizelge 5.8’de gösterilen 7 seviyeli ADD ile elde edilmiştir. Başarımlı oranı %99,4 olarak gerçekleşmiştir. En düşük başarımlı ise Çizelge 5.9’da gösterilen 5 seviyeli ADD ile elde edilmiştir. Başarımlı oranı %99,1 olarak gerçekleşmiştir. Orta seviyede (40 dB) gürültülü veri setinde ADD seviyesine göre başarımlı oranı farkı %0,3 olmuştur.

Çizelge 5.8. “VERİ_SETİ_1_O” için 7 seviyeli ADD ile sınıflandırma sonuçları.

	Normal	Çökme	Şişme	Kesinti	Dürtüsel	Salımlı	Doğruluk	Hassasiyet	Hatırlama	F-Ölçütü	ROC Alanı
Normal	200	0	0	0	0	0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Çökme	0	197	0	3	0	0	0,985	1,000	0,985	0,992	1,000
Şişme	0	0	200	0	0	0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Kesinti	0	0	0	200	0	0	1,000	0,985	1,000	0,993	1,000
Dürtüsel	0	0	0	0	199	1	0,995	0,985	0,995	0,990	1,000
Salımlı	0	0	0	0	3	197	0,985	0,995	0,985	0,990	1,000
Ağırlıklı Ortalama							0,994	0,994	0,994	0,994	1,000

Çizelge 5.90. “VERİ_SETİ_1_O” için 5 seviyeli ADD ile sınıflandırma sonuçları.

	Normal	Çökme	Şişme	Kesinti	Dürtüsel	Salımlı	Doğruluk	Hassasiyet	Hatırlama	F-Ölçütü	ROC Alanı
Normal	200	0	0	0	0	0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Çökme	0	194	0	6	0	0	0,970	1,000	0,970	0,985	0,997
Şişme	0	0	200	0	0	0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Kesinti	0	0	0	200	0	0	1,000	0,971	1,000	0,985	0,999
Dürtüsel	0	0	0	0	198	2	0,990	0,985	0,990	0,988	1,000
Salımlı	0	0	0	0	3	197	0,985	0,990	0,985	0,987	1,000
Ağırlıklı Ortalama							0,991	0,991	0,991	0,991	0,999

5.6.4. Yüksek seviyede (30 dB) gürültülü veri seti sonuçları

Yüksek seviyede (30 dB) gürültülü veri seti için en yüksek başarımlı Çizelge 5.10’da gösterilen 9 seviyeli ADD ile elde edilmiştir. Başarımlı oranı %98,5 olarak gerçekleşmiştir. En düşük başarımlı ise Çizelge 5.11’de gösterilen 5 seviyeli ADD ile elde edilmiştir. Başarımlı oranı %97,8 olarak gerçekleşmiştir. Yüksek seviyede (30 dB) gürültülü veri setinde ADD seviyesine göre başarımlı oranı farkı %0,7 olmuştur.

Çizelge 5.10. “VERİ_SETİ_1_Y” için 9 seviyeli ADD ile sınıflandırma sonuçları.

	Normal	Çökme	Şişme	Kesinti	Dürtüsel	Salımlı	Doğruluk	Hassasiyet	Hatırlama	F-Ölçütü	ROC Alanı
Normal	200	0	0	0	0	0	1,000	0,995	1,000	0,998	1,000
Çökme	0	191	0	9	0	0	0,955	0,990	0,955	0,972	0,999
Şişme	0	0	200	0	0	0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Kesinti	0	2	0	198	0	0	0,990	0,957	0,990	0,973	0,999
Dürtüsel	1	0	0	0	197	2	0,985	0,980	0,985	0,983	1,000
Salımlı	0	0	0	0	4	196	0,980	0,990	0,980	0,985	1,000
Ağırlıklı Ortalama							0,985	0,985	0,985	0,985	1,000

Çizelge 5.11. “VERİ_SETİ_1_Y” için 5 seviyeli ADD ile sınıflandırma sonuçları.

	Normal	Çökme	Şişme	Kesinti	Dürtüsel	Salınlı	Doğruluk	Hassasiyet	Hatırlama	F-Ölçütü	ROC Alanı
Normal	200	0	0	0	0	0	1,000	0,990	1,000	0,995	1,000
Çökme	0	191	0	9	0	0	0,955	0,979	0,955	0,967	0,996
Şişme	0	0	200	0	0	0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Kesinti	0	4	0	196	0	0	0,980	0,956	0,980	0,968	0,998
Dürtüsel	1	0	0	0	196	3	0,980	0,961	0,980	0,970	0,999
Salınlı	1	0	0	0	8	191	0,955	0,985	0,955	0,970	1,000
Ağırlıklı Ortalama							0,978	0,979	0,978	0,978	0,999

5.6.5. Tüm gürültü seçenekleri karıştırılmış veri seti sonuçları

Güç sisteminde gerilim üzerindeki gürültü seviyesi değişkenlik göstermektedir. Bu nedenle gerçeğe daha uygun bir veri seti içinde, farklı gürültü seviyelerinde olay işaretlerinin bulunması daha doğru bir yaklaşımdır. Bunun için her bir sınıfta 200 adet ve 4 farklı gürültü seviyesinde olay işareti üretilerek bir veri seti hazırlanmıştır. Bu veri seti, sınıf başına 800 adet olmak üzere toplam 4800 adet olay işareti içermektedir. Bu veri seti “VERİ_SETİ_2” olarak adlandırılmıştır. Bu veri seti için 7 seviyeli ADD kullanılarak öznitelik çıkarımı yapılmıştır.

Çizelge 5.12’de “VERİ_SETİ_2” için sınıflandırma sonuçları verilmiştir. Sınıflandırma başarımları %99,6 olmuştur. Normal durum ile gerilim şişmesi hatasız sınıflandırılmıştır. Hatalı sınıflandırmalar incelendiğinde, gerilim çökmesi ile gerilim kesintisi olaylarının karşılıklı olarak hatalı sınıflandırıldığı görülmüştür. Benzer biçimde dürtüsel ve salınlı süreksiz olayların da hatalı sınıflandırılabilirdiği görülmüştür.

Sınıflandırma sonuçları k-katlı çapraz doğrulama yapılarak elde edilmiştir. Sınıflandırma doğruluğunu tutarlılık testinden geçirmek amacıyla olay işaretlerinin 3’te 2’si eğitim ve geri kalan 3’te 1’i test verisi olarak ayrılarak sınıflandırıcı test edilmiştir. Çizelge 4.14’de verilen sonuçlar incelendiğinde, k-katlı çapraz doğrulama başarımları ile eğitim ve test verisi olarak veri setini ayırmanın başarımları arasında %1,1 fark oluşmuştur. Her iki yöntemle de yakın başarımlar elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre k-katlı çapraz doğrulama ile elde edilen sonuçlar tutarlıdır.

Çizelge 5.12. “VERİ_SETİ_2_H” için 7 seviyeli ADD ile sınıflandırma sonuçları.

	Normal	Çökme	Şişme	Kesinti	Dürtüsel	Salımlı	Doğruluk	Hassasiyet	Hatırlama	F-Ölçütü	ROC Alanı
Normal	800	0	0	0	0	0	1,000	0,998	1,000	0,999	1,000
Çökme	0	793	0	7	0	0	0,991	0,999	0,991	0,995	1,000
Şişme	0	0	800	0	0	0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Kesinti	0	1	0	799	0	0	0,999	0,991	0,999	0,995	1,000
Dürtüsel	2	0	0	0	793	5	0,991	0,997	0,991	0,994	1,000
Salımlı	0	0	0	0	2	798	0,998	0,994	0,998	0,996	1,000
Ağırlıklı Ortalama							0,996	0,996	0,996	0,996	1,000

Çizelge 5.13. “VERİ_SETİ_2_H” veri setinin 1/3 test verisi için 7 seviyeli ADD sınıflandırma sonuçları.

	Normal	Çökme	Şişme	Kesinti	Dürtüsel	Salımlı	Doğruluk	Hassasiyet	Hatırlama	F-Ölçütü	ROC Alanı
Normal	267	0	0	0	0	1	0,996	1,000	0,996	0,998	1,000
Çökme	0	254	0	11	0	0	0,958	0,996	0,958	0,977	1,000
Şişme	0	0	282	0	0	0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Kesinti	0	1	0	272	0	0	0,996	0,961	0,996	0,978	1,000
Dürtüsel	0	0	0	0	264	3	0,989	0,971	0,989	0,980	1,000
Salımlı	0	0	0	0	8	269	0,971	0,985	0,971	0,978	1,000
Ağırlıklı Ortalama							0,985	0,986	0,985	0,985	1,000

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Tez çalışmasında, şebeke geriliminde meydana gelen kısa süreli RMS değişimlerinin ve süresiz olayların sınıflandırılması amaçlanmıştır. Bozulma olayı işaretlerinin elde edilmesinde matematiksel denklemlere dayalı yöntem kullanılarak, LabVIEW ile program tasarımı gerçekleştirilmiştir. Bozulma olayı veri setleri farklı gürültü seviyelerinde üretilmiştir. Gerçek şebeke verilerine benzerliğini artırmak amacıyla çeşitli seviyelerde gürültü olay işaretlerine eklenmiştir. Veri setlerinin sınıflandırma başarımı, gürültü seçeneklerine göre de incelenmiştir.

Bozulma olayı işaretlerinin, tanımlarına uygun olarak üretilip üretilmediğini sınamak amacıyla algoritma geliştirilmiştir. Geliştirilen algoritma LabVIEW ile programlanarak olay işaretlerinin doğruluğu sınanmıştır.

Bozulma olayı işaretlerinin sınıflandırılması, işaretlerden elde edilen öznitelikler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Özniteliklerin elde edilmesinde ADD yönteminden faydalanılmıştır. ADD yönteminde ayırıştırma seviyesinin başarıma etkisi incelenerek en yüksek başarıma sağlayacak seviye tespit edilmeye çalışılmıştır. ADD katsayılarından elde edilen enerji, kayıplık ve basıklık değerleri olay işaretinin özniteliklerini oluşturmaktadır. Öznitelik çıkarımı aşaması LabVIEW ile program tasarımı yapılarak gerçekleştirilmiştir.

Öznitelik çıkarımı aşamasında elde edilen değerler yardımıyla sınıflandırma işlemi yapılmıştır. Sınıflandırıcı olarak RO yöntemi kullanılmıştır. Sınıflandırıcı tasarımı WEKA yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Sınıflandırıcı başarıma, sınıflandırma modeli performans ölçütleri ile değerlendirilmiştir.

Matematiksel modele dayalı olarak, farklı gürültü seviyelerini de içerecek biçimde üretilen bozulma olayı işaretleri, geliştirilen algoritmalar ile sınanmıştır. Bu sına sonuçları incelendiğinde yüksek gürültülü olay işaretleri hariç olmak üzere matematiksel modele dayalı üretilen veri setlerinin %100 oranda doğru olarak etiketlendiği görülmüştür. Yüksek gürültülü veri setinin kısa süreli RMS değişimine bağlı olaylarda da %100 oranda doğru olarak etiketlendiği görülmüştür. Ancak gürültünün bozucu etkisi nedeniyle, genliği düşük dürtüsel süresiz olayların yapısının bozulduğu ve ancak %61,5 doğrulukta etiketlendiği görülmüştür.

ADD yönteminde 5 ile 9 arası tüm ayırıştırma seviyeleri için analiz yapılmıştır. ADD seviyesinin gürültüsüz verilerde başarıma anlamlı bir etki etmediği gözlenmiştir. Yüksek gürültülü verilerde ise 7 ve 8 seviyeli ADD'de en yüksek başarımanın sağlandığı görülmüştür. Gürültü içeren bozulma olayı işaretlerinin RO sınıflandırıcısı başarıma etkisi de incelenmiştir.

RO sınıflandırıcısı sonuçları incelendiğinde gürültüsüz verilerde %99,9 doğrulukla sınıflandırma başarımı elde edilmiştir. Yüksek seviyede gürültülü verilerde ise %97,8 doğrulukla sınıflandırma başarımı elde edilmiştir. Gürültüsüz verilerle yüksek gürültülü veriler arasında %2'nin üzerinde başarımları farkı oluşmaktadır. Güç sistemi için gürültünün bozucu etkisi, bozulmaların tespiti ve sınıflandırılmasına da olumsuz etki etmektedir. Tüm gürültü seviyelerini birlikte içeren veri setinde ise başarımları oranı %99,6 olarak elde edilmiştir. Bu oran, modelin genel başarımları oranı olarak değerlendirilebilir.

RO sınıflandırıcısı ile bozulma olayı işaretleri üzerinde oldukça başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Yüksek gürültülü verilerde %97,8 doğrulukla sınıflandırma yapılmış olması RO yöntemi ile sınıflandırmanın bozulma olayları için oldukça yüksek oranda başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür.

Tez çalışmasında kullanılan bozulma olayı verileri matematiksel modele dayalı olarak elde edilmiştir. Gürültü ekleme işlemiyle olay işaretleri gerçek güç sistemi verilerine benzetilmeye çalışılmıştır. Gerçek güç sistemi verilerine ulaşamadığından bu yöntemle başvurulmuştur. Çalışmanın gerçek güç sistemi verileriyle de test edilmesi ve sonuçların değerlendirilmesi gerekmektedir. Bundan sonraki süreçte gerçek güç sistemi verileri elde edilerek önerilen sistem geliştirilebilir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Akman, M. (2010). Veri madenciliğine genel bakış ve random forests yönteminin incelenmesi: sağlık alanında bir uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 90s.

Barros, J., de Apráiz, M., ve Diego, R. I. (2008). Voltage notch detection and analysis using wavelets. In 2008 IEEE Conference on Virtual Environments, Human-Computer Interfaces and Measurement Systems (s. 151-155)

Bath, S. K., Kumra, S. (2008). Simulation and measurement of power waveform distortions using LabVIEW. In 2008 IEEE International Power Modulators and High-Voltage Conference (s. 427-434).

Borges, F. A., Fernandes, R. A., Lucas, A. M., ve Silva, I. N. (2015). Comparison between random Forest algorithm and J48 decision trees applied to the classification of power quality disturbances. In Proceedings of the International Conference on Data Mining (DMIN) (s. 146).

Breiman, L. (2001). Random forests. Machine learning, 45(1), 5-32.

Breiman, L., Cutler, A. (2004). Random forest-manual. Çevrimiçi: http://www.stat.berkeley.edu/~breiman/RandomForests/cc_manual.htm. Erişim Tarihi: 18.01.2019

Brito, N. S. D., Souza, B. A., ve Pires, F. A. C. (1998). Daubechies wavelets in quality of electrical power. In 8th International Conference on Harmonics and Quality of Power. Proceedings (Cat. No. 98EX227) (Cilt 1, s. 511-515).

Chun-Lin, L. (2010). A tutorial of the wavelet transform. NTUEE, Taiwan.

Eibe, F., Hall, M. A., ve Witten, I. H. (2016). The WEKA Workbench. Online Appendix for Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques. Morgan Kaufmann.

Fugal, D. (2009). *Conceptual wavelets in digital signal processing*. (First Edition) San Diego, California: Space & Signals Technical Publications, 6.

Getting Started with LabVIEW. Çevrimiçi Erişim: <http://www.ni.com/pdf/manuals/373427f.pdf> Erişim Tarihi: 18.11.2018

Gunther, E. W. (2001). Interharmonics in power systems. In 2001 Power Engineering Society Summer Meeting. Conference Proceedings (Cat. No. 01CH37262) (Cilt 2, s. 813-817)

Hossin, M., Sulaiman, M. N. (2015). A review on evaluation metrics for data classification evaluations. International Journal of Data Mining & Knowledge Management Process, 5(2), 1.

<http://grouper.ieee.org/groups/1159/1/transient.html> Erişim Tarihi: 24.10.2018

http://www.industrial-electronics.com/elec_pwr_3e_39.html Erişim Tarihi: 05.03.2019

<http://www.jenving.com/news> Erişim Tarihi: 25 Mayıs 2019

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

http://www.nbi.dk/~petersen/Teaching/Stat2016/Week4/AS2016_1212_HypothesisTesting.pdf
Erişim Tarihi: 02.03.2019

<https://www.kontrolkalemi.com/harmonik-nedir/> Erişim Tarihi: 20.05.2019

<https://www.rs-online.com/designspark/power-quality-influences-on-telecommunications>
Erişim Tarihi: 05.04.2019

https://www.teias.gov.tr/sites/default/files/2019-04/kurulu_guc_mart_2019.pdf Erişim Tarihi: 27.05.2019

Huang, N., Lu, G., Cai, G., Xu, D., Xu, J., Li, F., ve Zhang, L. (2016). Feature selection of power quality disturbance signals with an entropy-importance-based random forest. *Entropy*, 18(2), 44.

Ibrahim, W. A., Morcos, M. M. (2002). Artificial intelligence and advanced mathematical tools for power quality applications: a survey. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 17(2), 668-673.

IEC Standard, (2003). 61000-4-30: Testing and measurement techniques – Power quality measurement methods

IEC Standard, (2014). 512-2014: IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems

IEEE Standard. (2009). 1159-2009: IEEE recommended practice for monitoring electric power quality.

Jamali, S., Farsa, A. R., ve Ghaffarzadeh, N. (2018). Identification of optimal features for fast and accurate classification of power quality disturbances. *Measurement*, 116, 565-574.

Kiranmai, S. A., Laxmi, A. J. (2018). Data mining for classification of power quality problems using WEKA and the effect of attributes on classification accuracy. *Protection and Control of Modern Power Systems*, 3(1), 29.

Krüger, D. I. F. (2016). Activity, Context, and Plan Recognition with Computational Causal Behaviour Models (Doctoral dissertation, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg).

Laskar, S. H., Muhammad, M. (2011). Power quality monitoring by virtual instrumentation using LabVIEW. In 2011 46th International Universities Power Engineering Conference (UPEC) (s. 1-6).

Liaw, A., Wiener, M. (2002). Classification and regression by randomForest. *R news*, 2(3), 18-22.

Mahela, O. P., Shaik, A. G., ve Gupta, N. (2015). A critical review of detection and classification of power quality events. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 495-505.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Markovska, M., Taskovski, D. (2017a). On the choice of wavelet based features in power quality disturbances classification. In 2017 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2017 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC/I&CPS Europe) (s. 1-6).

Markovska, M., Taskovski, D. (2017b). Optimal wavelet based feature extraction and classification of power quality disturbances using random forest. In IEEE EUROCON 2017-17th International Conference on Smart Technologies (s. 855-859).

Miner, N. E. (1998). An introduction to wavelet theory and analysis (No. SAND98-2265). Sandia National Laboratories, Albuquerque, NM, and Livermore, CA.

Misiti, M., Misiti, Y., Oppenheim, G., ve Poggi, J. M. (2010). Wavelet Toolbox 4 User's Guide. The MathWorks.

Moshou, D., Hostens, I., Papaioannou, G., ve Ramon, H. (2000). Wavelets and self-organising maps in electromyogram (EMG) analysis. In Proceedings of the ESIT (s. 14-15).

Oliveira, R., Ferraz, B. P., Agustini, R., Ferraz, R., ve Leborgne, R. C. (2018). Clustering Analysis Between Fault Conditions and Voltage Sags Severity: An Industrial Case Study. In 2018 IEEE PES Transmission & Distribution Conference and Exhibition-Latin America (T&D-LA) (s. 1-5).

Patnaik, S. S., Panda, A. K. (2012). Particle swarm optimization and bacterial foraging optimization techniques for optimal current harmonic mitigation by employing active power filter. Applied Computational Intelligence and Soft Computing, 2012, 1.

Paynter, G., Trigg, L., Frank, E., ve Kirkby, R. (2008). Attribute-relation file format (ARFF). Çevrimiçi: <http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/arff.html> Erişim Tarihi: 21.12.2018

Polikar, R. (1999). The story of wavelets. Physics and modern topics in mechanical and electrical engineering, 192-197.

Pradhan, D., Lakshminarayanan, L., ve Patii, V. (2014). A LabVIEW based power analyzer. In 2014 International Conference on Advances in Energy Conversion Technologies (ICAECT) (s. 67-71).

Reddy, M. V., Sodhi, R. (2017). A modified S-transform and random forests-based power quality assessment framework. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 67(1), 78-89.

Sankar, A. M., Raju, T. D., ve Kumar, M. V. (2018). DSP-based identification, classification and mitigation of power quality disturbances using UPQC. International Journal of Ambient Energy, 1-9.

Sharma, A., Rajpurohit, B. S., ve Singh, S. N. (2018). A review on economics of power quality: Impact, assessment and mitigation. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 88, 363-372.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Tan, R. H., Ramachandaramurthy, V. K. (2010). Numerical model framework of power quality events. European Journal of Scientific Research, 43(1), 30-47.

Tang, Q., Teng, Z., Guo, S., ve Wang, Y. (2009). Design of power quality monitoring system based on LabVIEW. In 2009 International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation (Cilt 1, s. 292-295).

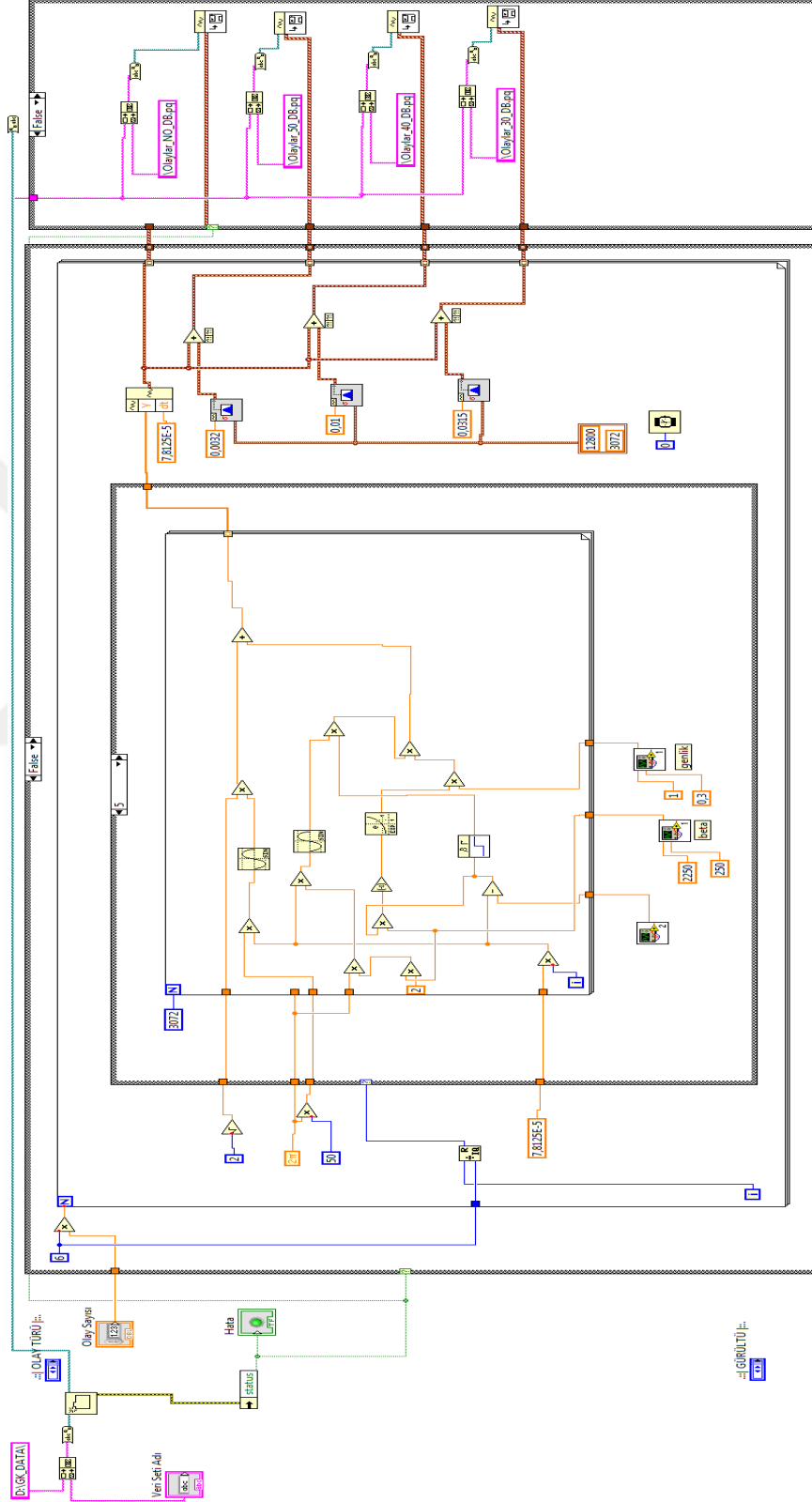
Upadhyay, N., Juyal, V. D., Chakravorty, A., Singh, K. V., ve Singh, S. (2018). Virtual Instrument for Power Quality Measurement. In 2018 3rd International Conference On Internet of Things: Smart Innovation and Usages (IoT-SIU) (s. 1-6).

Upadhyaya, S., Mohanty, S., ve Bhende, C. N. (2015). Hybrid methods for fast detection and characterization of power quality disturbances. Journal of Control, Automation and Electrical Systems, 26(5), 556-566.

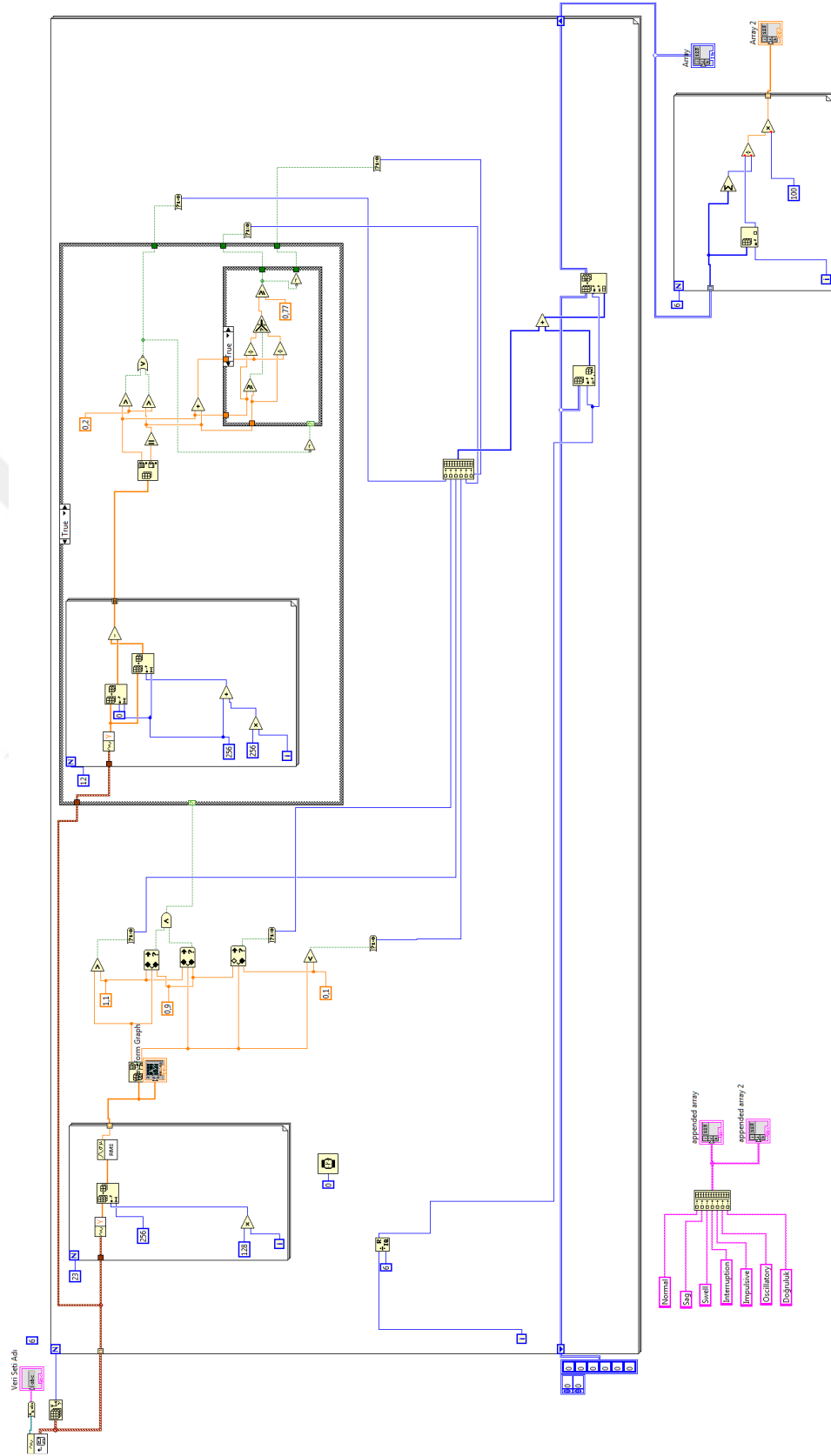
Yin, P. Y., Chilukuri, M. V. (2009). Remote power quality monitoring and analysis system using labview software. In 2009 IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference(s. 279-283).



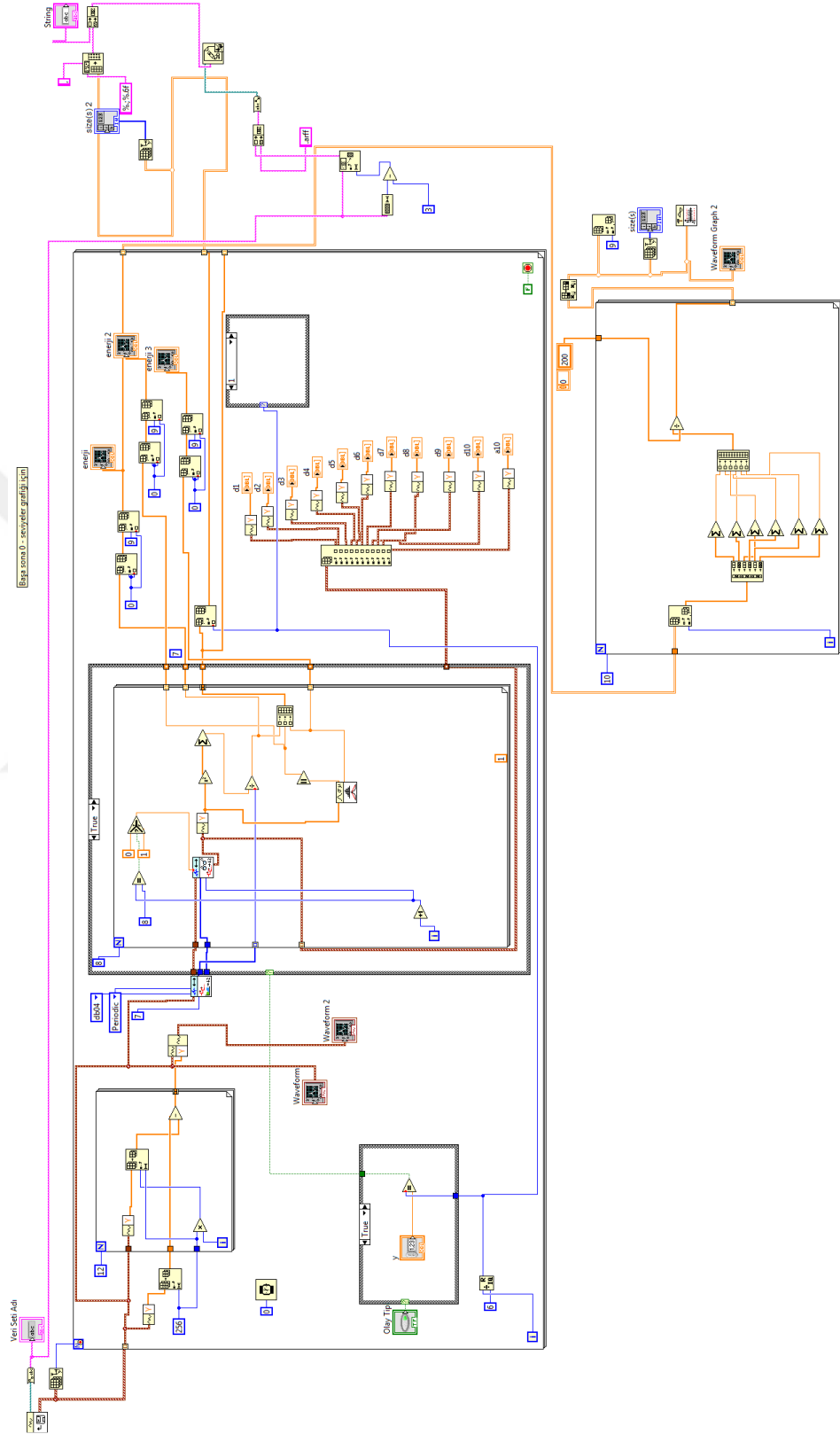
EK-1: LabVIEW ile oluşturulan uygulamaların Blok Diyagramları.



Şekil EK-1.1. "Veri Seti Hazırlama" uygulaması LabVIEW Blok Diyagramı.



Şekil EK-1.2. “Veri Seti Doğrulama uygulaması” LabVIEW Blok Diyagramı.



Şekil EK-1.3. Güç Kalitesi bozulmalarından “Öznitelik Çıkarımı” uygulaması LabVIEW Blok Diyagramı.

EK-2: VERİ_SETİ_1 içindeki güç kalitesi bozulmalarının rassal parametreleri.

Çizelge EK-2.1. VERİ_SETİ_1 içindeki güç kalitesi bozulmalarının rassal parametreleri.

Sıra No	Olay	α	t_1	t_2	ρ	f_0
1	Çökme	0,254399	0,1	0,17		
2	Çökme	0,586417	0,06	0,14		
3	Çökme	0,761656	0,04	0,21		
4	Çökme	0,46521	0,2	0,22		
5	Çökme	0,643322	0,12	0,21		
6	Çökme	0,166256	0,15	0,17		
7	Çökme	0,289218	0,04	0,1		
8	Çökme	0,778262	0,1	0,13		
9	Çökme	0,230845	0,09	0,17		
10	Çökme	0,245794	0,13	0,15		
11	Çökme	0,433721	0,1	0,14		
12	Çökme	0,724521	0,04	0,18		
13	Çökme	0,544526	0,12	0,22		
14	Çökme	0,669463	0,15	0,19		
15	Çökme	0,552177	0,13	0,2		
16	Çökme	0,580214	0,17	0,21		
17	Çökme	0,206302	0,17	0,19		
18	Çökme	0,790002	0,12	0,16		
19	Çökme	0,598564	0,08	0,16		
20	Çökme	0,414015	0,16	0,2		
21	Çökme	0,163663	0,08	0,12		
22	Çökme	0,352545	0,07	0,09		
23	Çökme	0,492704	0,12	0,16		
24	Çökme	0,321159	0,19	0,22		
25	Çökme	0,229055	0,11	0,2		
26	Çökme	0,338259	0,09	0,13		
27	Çökme	0,434447	0,03	0,19		
28	Çökme	0,300054	0,04	0,07		
29	Çökme	0,427692	0,11	0,19		
30	Çökme	0,194617	0,17	0,19		
31	Çökme	0,718298	0,02	0,16		
32	Çökme	0,422302	0,08	0,22		
33	Çökme	0,434568	0,09	0,16		
34	Çökme	0,4984	0,17	0,2		
35	Çökme	0,143791	0,1	0,15		
36	Çökme	0,57169	0,05	0,17		
37	Çökme	0,173394	0,08	0,18		
38	Çökme	0,217579	0,06	0,16		
39	Çökme	0,328857	0,04	0,07		
40	Çökme	0,195898	0,05	0,21		
41	Çökme	0,596417	0,03	0,17		
42	Çökme	0,681507	0,16	0,19		
43	Çökme	0,338567	0,03	0,14		
44	Çökme	0,736704	0,19	0,22		
45	Çökme	0,306616	0,19	0,22		
46	Çökme	0,480989	0,05	0,18		
47	Çökme	0,515027	0,15	0,19		
48	Çökme	0,355545	0,17	0,22		
49	Çökme	0,49624	0,11	0,17		
50	Çökme	0,851653	0,2	0,22		
51	Çökme	0,290079	0,08	0,17		
52	Çökme	0,852049	0,14	0,21		
53	Çökme	0,683566	0,15	0,22		
54	Çökme	0,292687	0,14	0,16		
55	Çökme	0,389583	0,02	0,1		
56	Çökme	0,219255	0,1	0,21		

Çizelge EK-2.1. (Devam) VERİ_SETİ_1 içindeki güç kalitesi bozulmalarının rassal parametreleri.

Sıra No	Olay	α	t_1	t_2	ρ	f_0
57	Çökme	0,420256	0,15	0,18		
58	Çökme	0,464394	0,05	0,14		
59	Çökme	0,64831	0,1	0,16		
60	Çökme	0,814668	0,08	0,21		
61	Çökme	0,230713	0,07	0,15		
62	Çökme	0,403826	0,12	0,18		
63	Çökme	0,168536	0,13	0,2		
64	Çökme	0,147557	0,19	0,21		
65	Çökme	0,362335	0,19	0,21		
66	Çökme	0,852826	0,13	0,21		
67	Çökme	0,12573	0,17	0,2		
68	Çökme	0,594867	0,08	0,16		
69	Çökme	0,516905	0,16	0,19		
70	Çökme	0,718212	0,13	0,18		
71	Çökme	0,329701	0,06	0,17		
72	Çökme	0,607285	0,12	0,14		
73	Çökme	0,878743	0,16	0,2		
74	Çökme	0,192437	0,16	0,19		
75	Çökme	0,722143	0,12	0,14		
76	Çökme	0,582341	0,15	0,17		
77	Çökme	0,771239	0,11	0,17		
78	Çökme	0,788307	0,13	0,2		
79	Çökme	0,606101	0,16	0,19		
80	Çökme	0,732497	0,06	0,09		
81	Çökme	0,381215	0,12	0,17		
82	Çökme	0,18083	0,13	0,18		
83	Çökme	0,400931	0,18	0,21		
84	Çökme	0,56725	0,06	0,17		
85	Çökme	0,769642	0,17	0,21		
86	Çökme	0,429387	0,19	0,22		
87	Çökme	0,397099	0,05	0,12		
88	Çökme	0,37783	0,04	0,09		
89	Çökme	0,788754	0,09	0,13		
90	Çökme	0,625974	0,06	0,2		
91	Çökme	0,168515	0,04	0,13		
92	Çökme	0,690702	0,18	0,21		
93	Çökme	0,420351	0,15	0,2		
94	Çökme	0,825993	0,11	0,14		
95	Çökme	0,730561	0,06	0,1		
96	Çökme	0,383026	0,16	0,2		
97	Çökme	0,346158	0,06	0,19		
98	Çökme	0,705552	0,04	0,21		
99	Çökme	0,613343	0,11	0,16		
100	Çökme	0,628955	0,19	0,21		
101	Çökme	0,858344	0,06	0,13		
102	Çökme	0,341637	0,03	0,09		
103	Çökme	0,461597	0,08	0,21		
104	Çökme	0,628513	0,08	0,12		
105	Çökme	0,794567	0,18	0,21		
106	Çökme	0,860038	0,05	0,19		
107	Çökme	0,120478	0,11	0,17		
108	Çökme	0,334561	0,03	0,1		
109	Çökme	0,412359	0,02	0,18		
110	Çökme	0,563956	0,04	0,15		
111	Çökme	0,700467	0,08	0,2		
112	Çökme	0,707369	0,18	0,22		
113	Çökme	0,576689	0,06	0,16		
114	Çökme	0,125098	0,06	0,18		
115	Çökme	0,221121	0,08	0,11		
116	Çökme	0,514102	0,18	0,21		
117	Çökme	0,654413	0,14	0,2		

Çizelge EK-2.1. (Devam) VERİ_SETİ_1 içindeki güç kalitesi bozulmalarının rassal parametreleri.

Sıra No	Olay	α	t_1	t_2	ρ	f_0
118	Çökme	0,685036	0,1	0,22		
119	Çökme	0,535585	0,06	0,1		
120	Çökme	0,356189	0,11	0,15		
121	Çökme	0,234198	0,16	0,21		
122	Çökme	0,420887	0,16	0,2		
123	Çökme	0,379625	0,17	0,22		
124	Çökme	0,515592	0,14	0,18		
125	Çökme	0,485244	0,17	0,2		
126	Çökme	0,547153	0,02	0,09		
127	Çökme	0,245625	0,17	0,22		
128	Çökme	0,664746	0,08	0,2		
129	Çökme	0,779672	0,15	0,21		
130	Çökme	0,467472	0,1	0,13		
131	Çökme	0,391719	0,2	0,22		
132	Çökme	0,77809	0,14	0,17		
133	Çökme	0,396431	0,1	0,2		
134	Çökme	0,640177	0,15	0,19		
135	Çökme	0,134388	0,02	0,05		
136	Çökme	0,809329	0,02	0,07		
137	Çökme	0,17029	0,05	0,2		
138	Çökme	0,775251	0,19	0,22		
139	Çökme	0,713844	0,05	0,13		
140	Çökme	0,679735	0,17	0,2		
141	Çökme	0,314198	0,05	0,19		
142	Çökme	0,653387	0,08	0,17		
143	Çökme	0,234538	0,16	0,19		
144	Çökme	0,351235	0,14	0,17		
145	Çökme	0,816601	0,16	0,18		
146	Çökme	0,238598	0,08	0,13		
147	Çökme	0,85158	0,05	0,21		
148	Çökme	0,184642	0,05	0,15		
149	Çökme	0,525938	0,2	0,22		
150	Çökme	0,867974	0,17	0,22		
151	Çökme	0,773613	0,16	0,21		
152	Çökme	0,330256	0,11	0,21		
153	Çökme	0,61203	0,1	0,18		
154	Çökme	0,712043	0,13	0,17		
155	Çökme	0,437204	0,12	0,19		
156	Çökme	0,521072	0,05	0,21		
157	Çökme	0,864046	0,1	0,15		
158	Çökme	0,474673	0,11	0,16		
159	Çökme	0,613953	0,11	0,21		
160	Çökme	0,302453	0,03	0,17		
161	Çökme	0,491087	0,11	0,18		
162	Çökme	0,174913	0,02	0,22		
163	Çökme	0,812637	0,02	0,14		
164	Çökme	0,308374	0,17	0,22		
165	Çökme	0,544688	0,07	0,13		
166	Çökme	0,683242	0,17	0,22		
167	Çökme	0,876839	0,14	0,17		
168	Çökme	0,475739	0,03	0,16		
169	Çökme	0,149027	0,11	0,2		
170	Çökme	0,287792	0,02	0,12		
171	Çökme	0,290957	0,19	0,21		
172	Çökme	0,58891	0,07	0,22		
173	Çökme	0,199815	0,08	0,21		
174	Çökme	0,767348	0,16	0,21		
175	Çökme	0,15348	0,18	0,22		
176	Çökme	0,302372	0,1	0,15		
177	Çökme	0,586314	0,02	0,05		
178	Çökme	0,343327	0,19	0,22		

Çizelge EK-2.1. (Devam) VERİ_SETİ_1 içindeki güç kalitesi bozulmalarının rassal parametreleri.

Sıra No	Olay	α	t_1	t_2	ρ	f_0
179	Çökme	0,411694	0,02	0,12		
180	Çökme	0,344863	0,04	0,21		
181	Çökme	0,164145	0,06	0,22		
182	Çökme	0,423075	0,03	0,06		
183	Çökme	0,38529	0,05	0,18		
184	Çökme	0,498204	0,13	0,18		
185	Çökme	0,258401	0,06	0,16		
186	Çökme	0,807793	0,15	0,19		
187	Çökme	0,634536	0,19	0,21		
188	Çökme	0,253328	0,02	0,12		
189	Çökme	0,635692	0,17	0,21		
190	Çökme	0,288814	0,1	0,13		
191	Çökme	0,424526	0,15	0,18		
192	Çökme	0,781095	0,06	0,09		
193	Çökme	0,475395	0,1	0,16		
194	Çökme	0,550925	0,03	0,14		
195	Çökme	0,646391	0,05	0,21		
196	Çökme	0,569398	0,17	0,22		
197	Çökme	0,806767	0,04	0,15		
198	Çökme	0,796838	0,07	0,2		
199	Çökme	0,569579	0,13	0,2		
200	Çökme	0,571783	0,11	0,16		
201	Şişme	0,244876	0,1	0,16		
202	Şişme	0,339502	0,02	0,1		
203	Şişme	0,695452	0,19	0,22		
204	Şişme	0,682047	0,18	0,21		
205	Şişme	0,223141	0,1	0,18		
206	Şişme	0,64787	0,15	0,17		
207	Şişme	0,388097	0,04	0,18		
208	Şişme	0,72303	0,19	0,22		
209	Şişme	0,266376	0,05	0,08		
210	Şişme	0,19005	0,08	0,21		
211	Şişme	0,476957	0,16	0,21		
212	Şişme	0,388641	0,14	0,22		
213	Şişme	0,37851	0,14	0,2		
214	Şişme	0,376132	0,04	0,15		
215	Şişme	0,625472	0,13	0,18		
216	Şişme	0,776262	0,06	0,11		
217	Şişme	0,709381	0,11	0,14		
218	Şişme	0,594793	0,18	0,22		
219	Şişme	0,662069	0,12	0,14		
220	Şişme	0,335559	0,03	0,17		
221	Şişme	0,427401	0,12	0,19		
222	Şişme	0,75917	0,1	0,13		
223	Şişme	0,642785	0,17	0,21		
224	Şişme	0,461686	0,12	0,22		
225	Şişme	0,493078	0,06	0,1		
226	Şişme	0,772441	0,19	0,22		
227	Şişme	0,247393	0,1	0,13		
228	Şişme	0,219227	0,15	0,22		
229	Şişme	0,508184	0,08	0,11		
230	Şişme	0,17809	0,12	0,18		
231	Şişme	0,773019	0,18	0,2		
232	Şişme	0,361272	0,18	0,21		
233	Şişme	0,636014	0,09	0,12		
234	Şişme	0,634087	0,07	0,11		
235	Şişme	0,366646	0,14	0,19		
236	Şişme	0,652673	0,07	0,13		
237	Şişme	0,67583	0,11	0,16		
238	Şişme	0,136619	0,02	0,2		
239	Şişme	0,30327	0,12	0,15		

Çizelge EK-2.1. (Devam) VERİ_SETİ_1 içindeki güç kalitesi bozulmalarının rassal parametreleri.

Sıra No	Olay	α	t_1	t_2	ρ	f_0
240	Şişme	0,137006	0,17	0,21		
241	Şişme	0,356457	0,07	0,19		
242	Şişme	0,676055	0,11	0,17		
243	Şişme	0,456659	0,19	0,22		
244	Şişme	0,268556	0,09	0,2		
245	Şişme	0,369728	0,09	0,19		
246	Şişme	0,642245	0,15	0,19		
247	Şişme	0,705453	0,15	0,19		
248	Şişme	0,412197	0,15	0,21		
249	Şişme	0,471781	0,03	0,13		
250	Şişme	0,21847	0,09	0,14		
251	Şişme	0,62029	0,03	0,14		
252	Şişme	0,762935	0,16	0,18		
253	Şişme	0,418401	0,05	0,09		
254	Şişme	0,496968	0,02	0,06		
255	Şişme	0,595812	0,14	0,19		
256	Şişme	0,401007	0,03	0,08		
257	Şişme	0,288142	0,11	0,21		
258	Şişme	0,223885	0,18	0,21		
259	Şişme	0,615415	0,04	0,15		
260	Şişme	0,335421	0,05	0,19		
261	Şişme	0,149143	0,2	0,22		
262	Şişme	0,284292	0,2	0,22		
263	Şişme	0,429961	0,04	0,11		
264	Şişme	0,553509	0,04	0,13		
265	Şişme	0,777907	0,19	0,21		
266	Şişme	0,760191	0,06	0,17		
267	Şişme	0,649126	0,08	0,21		
268	Şişme	0,207283	0,1	0,13		
269	Şişme	0,498978	0,04	0,15		
270	Şişme	0,536144	0,09	0,12		
271	Şişme	0,731793	0,19	0,21		
272	Şişme	0,717663	0,15	0,2		
273	Şişme	0,754257	0,12	0,14		
274	Şişme	0,430042	0,09	0,16		
275	Şişme	0,526779	0,07	0,19		
276	Şişme	0,68176	0,06	0,19		
277	Şişme	0,747554	0,05	0,14		
278	Şişme	0,201689	0,1	0,2		
279	Şişme	0,746754	0,09	0,13		
280	Şişme	0,221897	0,12	0,17		
281	Şişme	0,367252	0,18	0,21		
282	Şişme	0,362437	0,16	0,18		
283	Şişme	0,63867	0,1	0,13		
284	Şişme	0,236606	0,04	0,18		
285	Şişme	0,589151	0,09	0,17		
286	Şişme	0,347643	0,04	0,1		
287	Şişme	0,44938	0,18	0,21		
288	Şişme	0,42288	0,07	0,21		
289	Şişme	0,256658	0,16	0,18		
290	Şişme	0,735749	0,05	0,21		
291	Şişme	0,636092	0,06	0,22		
292	Şişme	0,231391	0,1	0,12		
293	Şişme	0,545158	0,18	0,21		
294	Şişme	0,163477	0,14	0,21		
295	Şişme	0,642241	0,18	0,21		
296	Şişme	0,787317	0,16	0,2		
297	Şişme	0,782902	0,13	0,15		
298	Şişme	0,40518	0,08	0,22		
299	Şişme	0,732468	0,11	0,18		
300	Şişme	0,724328	0,17	0,22		

Çizelge EK-2.1. (Devam) VERİ_SETİ_1 içindeki güç kalitesi bozulmalarının rassal parametreleri.

Sıra No	Olay	α	t_1	t_2	ρ	f_0
301	Şişme	0,725309	0,15	0,2		
302	Şişme	0,633729	0,19	0,21		
303	Şişme	0,618103	0,02	0,16		
304	Şişme	0,738914	0,1	0,13		
305	Şişme	0,135242	0,13	0,16		
306	Şişme	0,635623	0,19	0,22		
307	Şişme	0,625421	0,17	0,21		
308	Şişme	0,403485	0,09	0,19		
309	Şişme	0,78397	0,14	0,19		
310	Şişme	0,155599	0,06	0,21		
311	Şişme	0,280204	0,1	0,13		
312	Şişme	0,328879	0,02	0,04		
313	Şişme	0,332823	0,1	0,17		
314	Şişme	0,569868	0,07	0,21		
315	Şişme	0,301957	0,09	0,13		
316	Şişme	0,259489	0,07	0,14		
317	Şişme	0,654147	0,11	0,15		
318	Şişme	0,292615	0,04	0,14		
319	Şişme	0,3397	0,18	0,21		
320	Şişme	0,590789	0,15	0,18		
321	Şişme	0,252538	0,17	0,21		
322	Şişme	0,789887	0,14	0,19		
323	Şişme	0,714785	0,15	0,18		
324	Şişme	0,577267	0,1	0,12		
325	Şişme	0,246373	0,03	0,08		
326	Şişme	0,351482	0,11	0,21		
327	Şişme	0,644551	0,1	0,18		
328	Şişme	0,32716	0,12	0,17		
329	Şişme	0,607539	0,15	0,18		
330	Şişme	0,470257	0,07	0,09		
331	Şişme	0,166858	0,04	0,07		
332	Şişme	0,687139	0,12	0,14		
333	Şişme	0,464087	0,08	0,14		
334	Şişme	0,358119	0,09	0,17		
335	Şişme	0,500875	0,12	0,2		
336	Şişme	0,633536	0,16	0,18		
337	Şişme	0,228685	0,13	0,15		
338	Şişme	0,433497	0,03	0,18		
339	Şişme	0,713854	0,08	0,15		
340	Şişme	0,2961	0,07	0,18		
341	Şişme	0,611846	0,03	0,14		
342	Şişme	0,665654	0,09	0,16		
343	Şişme	0,48989	0,1	0,17		
344	Şişme	0,494078	0,07	0,21		
345	Şişme	0,605013	0,1	0,12		
346	Şişme	0,15771	0,1	0,18		
347	Şişme	0,324589	0,14	0,2		
348	Şişme	0,43478	0,02	0,17		
349	Şişme	0,237298	0,19	0,21		
350	Şişme	0,779101	0,13	0,2		
351	Şişme	0,729039	0,05	0,18		
352	Şişme	0,771884	0,04	0,21		
353	Şişme	0,129713	0,17	0,22		
354	Şişme	0,342543	0,07	0,12		
355	Şişme	0,696212	0,16	0,21		
356	Şişme	0,424174	0,04	0,12		
357	Şişme	0,441143	0,16	0,21		
358	Şişme	0,688197	0,03	0,21		
359	Şişme	0,298067	0,16	0,19		
360	Şişme	0,702838	0,18	0,2		
361	Şişme	0,464761	0,06	0,13		

Çizelge EK-2.1. (Devam) VERİ_SETİ_1 içindeki güç kalitesi bozulmalarının rassal parametreleri.

Sıra No	Olay	α	t_1	t_2	ρ	f_0
362	Şişme	0,639218	0,06	0,15		
363	Şişme	0,310555	0,05	0,12		
364	Şişme	0,12298	0,14	0,19		
365	Şişme	0,265738	0,06	0,11		
366	Şişme	0,707974	0,18	0,21		
367	Şişme	0,740921	0,04	0,18		
368	Şişme	0,75226	0,11	0,21		
369	Şişme	0,339625	0,17	0,2		
370	Şişme	0,595686	0,03	0,09		
371	Şişme	0,194645	0,04	0,09		
372	Şişme	0,297313	0,03	0,18		
373	Şişme	0,305125	0,08	0,16		
374	Şişme	0,577562	0,09	0,13		
375	Şişme	0,719799	0,04	0,12		
376	Şişme	0,169123	0,16	0,19		
377	Şişme	0,486172	0,12	0,17		
378	Şişme	0,123098	0,04	0,14		
379	Şişme	0,65537	0,1	0,18		
380	Şişme	0,288578	0,07	0,17		
381	Şişme	0,187774	0,05	0,17		
382	Şişme	0,397792	0,08	0,2		
383	Şişme	0,177856	0,03	0,06		
384	Şişme	0,599763	0,04	0,1		
385	Şişme	0,780946	0,05	0,14		
386	Şişme	0,254672	0,08	0,21		
387	Şişme	0,413633	0,19	0,21		
388	Şişme	0,788475	0,18	0,21		
389	Şişme	0,581754	0,02	0,1		
390	Şişme	0,788902	0,02	0,2		
391	Şişme	0,508052	0,05	0,11		
392	Şişme	0,26572	0,1	0,18		
393	Şişme	0,546811	0,17	0,21		
394	Şişme	0,296196	0,05	0,11		
395	Şişme	0,526939	0,08	0,22		
396	Şişme	0,259726	0,06	0,14		
397	Şişme	0,319706	0,18	0,2		
398	Şişme	0,330589	0,12	0,22		
399	Şişme	0,770179	0,07	0,17		
400	Şişme	0,488214	0,07	0,17		
401	Kesinti	0,959625	0,04	0,08		
402	Kesinti	0,971335	0,18	0,22		
403	Kesinti	0,977112	0,14	0,19		
404	Kesinti	0,999128	0,04	0,1		
405	Kesinti	0,941215	0,03	0,15		
406	Kesinti	0,938141	0,1	0,13		
407	Kesinti	0,945243	0,02	0,12		
408	Kesinti	0,955424	0,11	0,18		
409	Kesinti	0,939177	0,13	0,15		
410	Kesinti	0,945678	0,08	0,16		
411	Kesinti	0,966397	0,1	0,19		
412	Kesinti	0,991146	0,16	0,21		
413	Kesinti	0,941261	0,14	0,21		
414	Kesinti	0,985944	0,18	0,21		
415	Kesinti	0,994617	0,06	0,13		
416	Kesinti	0,927072	0,18	0,21		
417	Kesinti	0,967999	0,09	0,13		
418	Kesinti	0,996	0,03	0,08		
419	Kesinti	0,967956	0,13	0,21		
420	Kesinti	0,937749	0,19	0,22		
421	Kesinti	0,958539	0,15	0,21		
422	Kesinti	0,921216	0,16	0,21		

Çizelge EK-2.1. (Devam) VERİ_SETİ_1 içindeki güç kalitesi bozulmalarının rassal parametreleri.

Sıra No	Olay	α	t_1	t_2	ρ	f_0
423	Kesinti	0,934963	0,12	0,16		
424	Kesinti	0,988474	0,17	0,21		
425	Kesinti	0,995124	0,03	0,13		
426	Kesinti	0,984586	0,12	0,21		
427	Kesinti	0,94631	0,11	0,17		
428	Kesinti	0,962101	0,09	0,14		
429	Kesinti	0,956542	0,15	0,18		
430	Kesinti	0,955576	0,05	0,14		
431	Kesinti	0,972507	0,18	0,21		
432	Kesinti	0,960238	0,06	0,13		
433	Kesinti	0,998074	0,06	0,14		
434	Kesinti	0,933003	0,09	0,14		
435	Kesinti	0,95785	0,14	0,19		
436	Kesinti	0,954966	0,07	0,2		
437	Kesinti	0,935853	0,09	0,11		
438	Kesinti	0,990136	0,18	0,21		
439	Kesinti	0,949281	0,05	0,14		
440	Kesinti	0,923227	0,03	0,2		
441	Kesinti	0,931956	0,03	0,19		
442	Kesinti	0,943102	0,18	0,22		
443	Kesinti	0,994431	0,09	0,14		
444	Kesinti	0,956561	0,17	0,2		
445	Kesinti	0,940894	0,17	0,2		
446	Kesinti	0,974346	0,12	0,17		
447	Kesinti	0,955096	0,16	0,18		
448	Kesinti	0,920761	0,1	0,15		
449	Kesinti	0,921837	0,07	0,13		
450	Kesinti	0,991953	0,17	0,22		
451	Kesinti	0,937907	0,02	0,16		
452	Kesinti	0,944341	0,05	0,18		
453	Kesinti	0,959486	0,07	0,19		
454	Kesinti	0,95432	0,05	0,12		
455	Kesinti	0,935603	0,09	0,17		
456	Kesinti	0,969807	0,07	0,21		
457	Kesinti	0,942233	0,13	0,21		
458	Kesinti	0,943229	0,08	0,11		
459	Kesinti	0,984804	0,05	0,22		
460	Kesinti	0,95923	0,1	0,12		
461	Kesinti	0,949215	0,1	0,15		
462	Kesinti	0,986687	0,19	0,21		
463	Kesinti	0,92959	0,14	0,19		
464	Kesinti	0,92534	0,18	0,22		
465	Kesinti	0,921386	0,2	0,22		
466	Kesinti	0,950814	0,1	0,21		
467	Kesinti	0,953713	0,11	0,22		
468	Kesinti	0,951712	0,06	0,18		
469	Kesinti	0,951134	0,16	0,19		
470	Kesinti	0,920426	0,05	0,19		
471	Kesinti	0,937099	0,15	0,2		
472	Kesinti	0,989289	0,09	0,14		
473	Kesinti	0,985668	0,12	0,18		
474	Kesinti	0,942547	0,08	0,2		
475	Kesinti	0,927345	0,04	0,13		
476	Kesinti	0,977502	0,14	0,17		
477	Kesinti	0,98175	0,07	0,14		
478	Kesinti	0,949375	0,18	0,2		
479	Kesinti	0,968036	0,06	0,13		
480	Kesinti	0,929712	0,12	0,18		
481	Kesinti	0,942487	0,09	0,15		
482	Kesinti	0,956786	0,1	0,15		
483	Kesinti	0,998654	0,1	0,15		

Çizelge EK-2.1. (Devam) VERİ_SETİ_1 içindeki güç kalitesi bozulmalarının rassal parametreleri.

Sıra No	Olay	α	t_1	t_2	ρ	f_0
484	Kesinti	0,965521	0,04	0,09		
485	Kesinti	0,965897	0,1	0,17		
486	Kesinti	0,9275	0,11	0,16		
487	Kesinti	0,988455	0,15	0,21		
488	Kesinti	0,932253	0,09	0,2		
489	Kesinti	0,946368	0,2	0,22		
490	Kesinti	0,959932	0,13	0,2		
491	Kesinti	0,989574	0,12	0,2		
492	Kesinti	0,992679	0,14	0,18		
493	Kesinti	0,956477	0,1	0,19		
494	Kesinti	0,921279	0,12	0,17		
495	Kesinti	0,926268	0,18	0,21		
496	Kesinti	0,97147	0,19	0,22		
497	Kesinti	0,997853	0,02	0,2		
498	Kesinti	0,924022	0,18	0,2		
499	Kesinti	0,980149	0,02	0,08		
500	Kesinti	0,948178	0,11	0,16		
501	Kesinti	0,956654	0,09	0,21		
502	Kesinti	0,982289	0,09	0,13		
503	Kesinti	0,929628	0,11	0,14		
504	Kesinti	0,95112	0,05	0,15		
505	Kesinti	0,986469	0,04	0,14		
506	Kesinti	0,982429	0,08	0,16		
507	Kesinti	0,9906	0,08	0,19		
508	Kesinti	0,92344	0,12	0,22		
509	Kesinti	0,957759	0,06	0,08		
510	Kesinti	0,965648	0,14	0,21		
511	Kesinti	0,920031	0,05	0,15		
512	Kesinti	0,999442	0,05	0,2		
513	Kesinti	0,954831	0,2	0,22		
514	Kesinti	0,936925	0,07	0,19		
515	Kesinti	0,921442	0,17	0,22		
516	Kesinti	0,999776	0,06	0,13		
517	Kesinti	0,984381	0,19	0,21		
518	Kesinti	0,972704	0,07	0,19		
519	Kesinti	0,989035	0,19	0,21		
520	Kesinti	0,955626	0,14	0,21		
521	Kesinti	0,944284	0,13	0,15		
522	Kesinti	0,938885	0,19	0,22		
523	Kesinti	0,972587	0,04	0,12		
524	Kesinti	0,946777	0,17	0,19		
525	Kesinti	0,948063	0,11	0,16		
526	Kesinti	0,989054	0,17	0,21		
527	Kesinti	0,928221	0,03	0,14		
528	Kesinti	0,983244	0,06	0,11		
529	Kesinti	0,98858	0,04	0,17		
530	Kesinti	0,991178	0,19	0,22		
531	Kesinti	0,974939	0,06	0,21		
532	Kesinti	0,926534	0,11	0,15		
533	Kesinti	0,950803	0,08	0,11		
534	Kesinti	0,929146	0,07	0,21		
535	Kesinti	0,940715	0,18	0,2		
536	Kesinti	0,937471	0,2	0,22		
537	Kesinti	0,937109	0,12	0,16		
538	Kesinti	0,983702	0,07	0,14		
539	Kesinti	0,937443	0,12	0,18		
540	Kesinti	0,956708	0,04	0,14		
541	Kesinti	0,927889	0,11	0,14		
542	Kesinti	0,93638	0,03	0,1		
543	Kesinti	0,979217	0,06	0,08		
544	Kesinti	0,948847	0,15	0,21		

Çizelge EK-2.1. (Devam) VERİ_SETİ_1 içindeki güç kalitesi bozulmalarının rassal parametreleri.

Sıra No	Olay	α	t_1	t_2	ρ	f_0
545	Kesinti	0,992412	0,12	0,2		
546	Kesinti	0,975773	0,16	0,2		
547	Kesinti	0,941587	0,13	0,21		
548	Kesinti	0,994923	0,2	0,22		
549	Kesinti	0,968577	0,12	0,15		
550	Kesinti	0,928464	0,06	0,2		
551	Kesinti	0,920525	0,19	0,21		
552	Kesinti	0,945421	0,13	0,18		
553	Kesinti	0,946768	0,03	0,16		
554	Kesinti	0,999937	0,08	0,11		
555	Kesinti	0,967496	0,09	0,16		
556	Kesinti	0,946307	0,19	0,21		
557	Kesinti	0,922514	0,13	0,21		
558	Kesinti	0,967345	0,18	0,22		
559	Kesinti	0,951438	0,04	0,2		
560	Kesinti	0,952027	0,14	0,16		
561	Kesinti	0,973807	0,13	0,19		
562	Kesinti	0,929308	0,05	0,2		
563	Kesinti	0,952552	0,18	0,21		
564	Kesinti	0,967255	0,15	0,19		
565	Kesinti	0,981197	0,03	0,05		
566	Kesinti	0,989233	0,1	0,13		
567	Kesinti	0,953685	0,19	0,21		
568	Kesinti	0,940006	0,19	0,22		
569	Kesinti	0,991344	0,09	0,15		
570	Kesinti	0,94378	0,14	0,19		
571	Kesinti	0,977237	0,19	0,22		
572	Kesinti	0,95364	0,15	0,19		
573	Kesinti	0,964266	0,11	0,19		
574	Kesinti	0,967314	0,18	0,2		
575	Kesinti	0,95701	0,05	0,09		
576	Kesinti	0,937357	0,11	0,13		
577	Kesinti	0,922309	0,13	0,17		
578	Kesinti	0,921976	0,19	0,22		
579	Kesinti	0,962124	0,12	0,2		
580	Kesinti	0,998979	0,05	0,18		
581	Kesinti	0,931622	0,17	0,2		
582	Kesinti	0,930568	0,18	0,21		
583	Kesinti	0,934686	0,08	0,12		
584	Kesinti	0,980409	0,13	0,17		
585	Kesinti	0,92613	0,12	0,21		
586	Kesinti	0,970296	0,14	0,17		
587	Kesinti	0,965981	0,13	0,16		
588	Kesinti	0,961973	0,04	0,13		
589	Kesinti	0,964243	0,18	0,21		
590	Kesinti	0,947195	0,1	0,2		
591	Kesinti	0,976217	0,18	0,2		
592	Kesinti	0,975717	0,15	0,22		
593	Kesinti	0,939486	0,12	0,22		
594	Kesinti	0,983634	0,09	0,21		
595	Kesinti	0,966817	0,04	0,2		
596	Kesinti	0,931014	0,11	0,16		
597	Kesinti	0,997881	0,16	0,21		
598	Kesinti	0,953644	0,18	0,21		
599	Kesinti	0,990793	0,02	0,21		
600	Kesinti	0,977489	0,15	0,18		
601	Dürtüsel	0,674852	0,0443363		2461,52	
602	Dürtüsel	0,547042	0,0774571		3206,01	
603	Dürtüsel	0,97686	0,13905		2488,94	
604	Dürtüsel	0,774741	0,0477557		2183,2	
605	Dürtüsel	0,741969	0,0488031		2980,53	

Çizelge EK-2.1. (Devam) VERİ_SETİ_1 içindeki güç kalitesi bozulmalarının rassal parametreleri.

Sıra No	Olay	α	t_1	t_2	ρ	f_0
606	Dürtüsel	0,474878	0,182526		3502,44	
607	Dürtüsel	0,773924	0,0803517		2774,06	
608	Dürtüsel	0,799043	0,179671		3570,6	
609	Dürtüsel	0,428306	0,102183		3560,32	
610	Dürtüsel	0,306512	0,108144		1434,19	
611	Dürtüsel	0,463328	0,0767917		2016,33	
612	Dürtüsel	0,846308	0,115575		2701,3	
613	Dürtüsel	0,596477	0,143078		1852,15	
614	Dürtüsel	0,504634	0,124861		2649,15	
615	Dürtüsel	0,943552	0,0727045		1230,62	
616	Dürtüsel	0,364338	0,136516		1637,93	
617	Dürtüsel	0,949327	0,0459671		2692,75	
618	Dürtüsel	0,488386	0,0583616		3101,63	
619	Dürtüsel	0,363951	0,0815732		1797,24	
620	Dürtüsel	0,426342	0,130504		2319,79	
621	Dürtüsel	0,970889	0,181136		3541,74	
622	Dürtüsel	0,514011	0,137125		2054,02	
623	Dürtüsel	0,679583	0,0892963		1272,95	
624	Dürtüsel	0,648211	0,0210006		3367,65	
625	Dürtüsel	0,606573	0,0495869		2559,43	
626	Dürtüsel	0,433332	0,0499025		2835,82	
627	Dürtüsel	0,70912	0,0681747		1578,43	
628	Dürtüsel	0,716706	0,032089		2541,01	
629	Dürtüsel	0,598953	0,0410892		2489,54	
630	Dürtüsel	0,550299	0,0247603		1116,73	
631	Dürtüsel	0,794107	0,124508		1657,71	
632	Dürtüsel	0,624429	0,133179		1328,04	
633	Dürtüsel	0,338804	0,105948		1219,25	
634	Dürtüsel	0,486196	0,114656		1495,04	
635	Dürtüsel	0,626748	0,14292		2153,39	
636	Dürtüsel	0,646999	0,118697		1200,34	
637	Dürtüsel	0,417933	0,144625		3359,21	
638	Dürtüsel	0,951545	0,0353478		1246,54	
639	Dürtüsel	0,991873	0,0276217		2472,3	
640	Dürtüsel	0,53483	0,151622		1252,25	
641	Dürtüsel	0,311184	0,161959		1701,69	
642	Dürtüsel	0,561625	0,0443451		1946,48	
643	Dürtüsel	0,654959	0,147315		1698,21	
644	Dürtüsel	0,938756	0,108268		1796,84	
645	Dürtüsel	0,71651	0,136795		1241,64	
646	Dürtüsel	0,882692	0,0750901		2228,46	
647	Dürtüsel	0,754441	0,116071		1760,4	
648	Dürtüsel	0,813015	0,120678		1527,15	
649	Dürtüsel	0,47923	0,0843723		1981,76	
650	Dürtüsel	0,644689	0,0995393		2953,98	
651	Dürtüsel	0,776556	0,0992825		1987,86	
652	Dürtüsel	0,746264	0,0736955		1985,06	
653	Dürtüsel	0,925559	0,122421		1018,95	
654	Dürtüsel	0,725489	0,134937		2072,51	
655	Dürtüsel	0,521141	0,181513		3150,47	
656	Dürtüsel	0,490626	0,0228358		3531,35	
657	Dürtüsel	0,718048	0,108929		1010,57	
658	Dürtüsel	0,335866	0,143065		3266,58	
659	Dürtüsel	0,721613	0,123819		3224,95	
660	Dürtüsel	0,521084	0,137823		2882,06	
661	Dürtüsel	0,704989	0,0942866		1045,14	
662	Dürtüsel	0,724038	0,0203212		1029,54	
663	Dürtüsel	0,3331	0,161192		1088,55	
664	Dürtüsel	0,873868	0,165912		3595,46	
665	Dürtüsel	0,833719	0,0333566		2710,21	
666	Dürtüsel	0,995627	0,0750242		1093,76	

Çizelge EK-2.1. (Devam) VERİ_SETİ_1 içindeki güç kalitesi bozulmalarının rassal parametreleri.

Sıra No	Olay	α	t_1	t_2	ρ	f_0
667	Dürtüsel	0,791205	0,174392		1246,85	
668	Dürtüsel	0,979568	0,0483133		1387,48	
669	Dürtüsel	0,874195	0,167513		1624,07	
670	Dürtüsel	0,58005	0,0710317		1647,55	
671	Dürtüsel	0,384888	0,123516		1912,73	
672	Dürtüsel	0,314627	0,183215		3434,92	
673	Dürtüsel	0,820376	0,135591		1682,69	
674	Dürtüsel	0,303461	0,0703282		2099,64	
675	Dürtüsel	0,909732	0,0683732		3533,01	
676	Dürtüsel	0,540345	0,0316343		3211,13	
677	Dürtüsel	0,801858	0,0481359		1927,39	
678	Dürtüsel	0,839624	0,0473257		3227,16	
679	Dürtüsel	0,624914	0,128268		1819,84	
680	Dürtüsel	0,627023	0,146645		2455,25	
681	Dürtüsel	0,848735	0,0829285		1431,07	
682	Dürtüsel	0,617822	0,15945		1145,43	
683	Dürtüsel	0,530925	0,130738		2808,46	
684	Dürtüsel	0,300249	0,0565938		1279,87	
685	Dürtüsel	0,505272	0,157367		1022,02	
686	Dürtüsel	0,809316	0,0423028		1256,18	
687	Dürtüsel	0,783218	0,173449		1793,26	
688	Dürtüsel	0,986877	0,105045		2024,1	
689	Dürtüsel	0,968807	0,072076		3421,45	
690	Dürtüsel	0,539107	0,160011		2116,65	
691	Dürtüsel	0,492784	0,061113		3432,54	
692	Dürtüsel	0,630348	0,125058		2424,35	
693	Dürtüsel	0,931496	0,0549027		2964,89	
694	Dürtüsel	0,791658	0,17806		3235,2	
695	Dürtüsel	0,730905	0,140549		1679,43	
696	Dürtüsel	0,732375	0,0438149		1052,86	
697	Dürtüsel	0,811133	0,185274		3270,24	
698	Dürtüsel	0,753707	0,0539788		1564,6	
699	Dürtüsel	0,395947	0,0781827		2874,73	
700	Dürtüsel	0,601239	0,0550574		3079,13	
701	Dürtüsel	0,496245	0,112139		1121,31	
702	Dürtüsel	0,345064	0,0243749		3106,21	
703	Dürtüsel	0,315438	0,0266509		3026,08	
704	Dürtüsel	0,797572	0,16716		1065,03	
705	Dürtüsel	0,729454	0,145957		2641,87	
706	Dürtüsel	0,898318	0,0234898		1881,88	
707	Dürtüsel	0,897856	0,112438		3590,51	
708	Dürtüsel	0,558086	0,162137		3517,56	
709	Dürtüsel	0,470558	0,116981		2371,33	
710	Dürtüsel	0,669752	0,186289		2733,77	
711	Dürtüsel	0,503797	0,106245		1214,46	
712	Dürtüsel	0,990691	0,0615727		2776,15	
713	Dürtüsel	0,605308	0,165812		3413,33	
714	Dürtüsel	0,459703	0,0206429		2790,14	
715	Dürtüsel	0,712965	0,0642712		1407,24	
716	Dürtüsel	0,883157	0,0336375		3296,85	
717	Dürtüsel	0,73223	0,0553749		2117,63	
718	Dürtüsel	0,519828	0,0292151		2370,71	
719	Dürtüsel	0,800463	0,169015		1749,31	
720	Dürtüsel	0,735708	0,164813		1007,74	
721	Dürtüsel	0,91635	0,0882231		2016,42	
722	Dürtüsel	0,553101	0,100687		1583,44	
723	Dürtüsel	0,66111	0,161313		3363,05	
724	Dürtüsel	0,912632	0,110917		2156,07	
725	Dürtüsel	0,917189	0,0340775		1683,96	
726	Dürtüsel	0,720351	0,106277		2834,65	
727	Dürtüsel	0,74474	0,110261		1275,72	

Çizelge EK-2.1. (Devam) VERİ_SETİ_1 içindeki güç kalitesi bozulmalarının rassal parametreleri.

Sıra No	Olay	α	t_1	t_2	ρ	f_0
728	Dürtüsel	0,40654	0,0435979		2886,63	
729	Dürtüsel	0,919356	0,101942		1992,02	
730	Dürtüsel	0,923159	0,119958		2513,95	
731	Dürtüsel	0,653994	0,0477768		1784,48	
732	Dürtüsel	0,904669	0,0757306		1869,34	
733	Dürtüsel	0,542187	0,102179		1947,85	
734	Dürtüsel	0,423669	0,174486		3306,91	
735	Dürtüsel	0,73642	0,0206978		1903,06	
736	Dürtüsel	0,348956	0,116556		3413,44	
737	Dürtüsel	0,430315	0,124126		3074,52	
738	Dürtüsel	0,43193	0,0602425		2327,81	
739	Dürtüsel	0,38639	0,142618		3494,72	
740	Dürtüsel	0,329718	0,0316733		1736,66	
741	Dürtüsel	0,393766	0,130985		1958,93	
742	Dürtüsel	0,77357	0,155567		1074,1	
743	Dürtüsel	0,715621	0,17092		2461,23	
744	Dürtüsel	0,461539	0,12076		3471,25	
745	Dürtüsel	0,574277	0,021079		1810,37	
746	Dürtüsel	0,36613	0,145856		3250,08	
747	Dürtüsel	0,826793	0,127787		2370,82	
748	Dürtüsel	0,996755	0,0669019		3242,91	
749	Dürtüsel	0,816181	0,148964		1660,09	
750	Dürtüsel	0,761094	0,156666		1132,41	
751	Dürtüsel	0,992731	0,0610049		2245,14	
752	Dürtüsel	0,59142	0,0903039		2536,93	
753	Dürtüsel	0,761104	0,0504884		2872,5	
754	Dürtüsel	0,942205	0,159277		1843,88	
755	Dürtüsel	0,312181	0,147808		1696,79	
756	Dürtüsel	0,320816	0,0609973		2992,29	
757	Dürtüsel	0,803243	0,153329		1282,21	
758	Dürtüsel	0,583194	0,046109		2502,04	
759	Dürtüsel	0,709344	0,100828		1720,53	
760	Dürtüsel	0,978294	0,134968		1010,64	
761	Dürtüsel	0,609762	0,0906305		1695,78	
762	Dürtüsel	0,375918	0,11367		1766,1	
763	Dürtüsel	0,593511	0,178959		2934,64	
764	Dürtüsel	0,313953	0,111025		2071,72	
765	Dürtüsel	0,589436	0,186894		3561,92	
766	Dürtüsel	0,684556	0,0522288		2369,97	
767	Dürtüsel	0,516883	0,137599		1717,77	
768	Dürtüsel	0,300428	0,119369		3388,97	
769	Dürtüsel	0,720117	0,0973846		2180,81	
770	Dürtüsel	0,361232	0,0597132		2925,96	
771	Dürtüsel	0,810395	0,110695		1404,56	
772	Dürtüsel	0,766139	0,0767112		2384,21	
773	Dürtüsel	0,907227	0,113906		2211,19	
774	Dürtüsel	0,836569	0,107331		1511,1	
775	Dürtüsel	0,634942	0,181637		2319,26	
776	Dürtüsel	0,929448	0,0797466		1110,39	
777	Dürtüsel	0,51007	0,167771		2793,31	
778	Dürtüsel	0,688833	0,0583343		3435,04	
779	Dürtüsel	0,9913	0,0498159		2996,61	
780	Dürtüsel	0,599045	0,147057		2134,17	
781	Dürtüsel	0,560662	0,170196		3372,76	
782	Dürtüsel	0,801531	0,161039		1111,84	
783	Dürtüsel	0,887895	0,0301446		3507,76	
784	Dürtüsel	0,567073	0,121906		1138,3	
785	Dürtüsel	0,930061	0,0543283		1744,8	
786	Dürtüsel	0,859806	0,128827		2301,15	
787	Dürtüsel	0,366025	0,121176		2928,97	
788	Dürtüsel	0,868058	0,0687127		2746,22	

Çizelge EK-2.1. (Devam) VERİ_SETİ_1 içindeki güç kalitesi bozulmalarının rassal parametreleri.

Sıra No	Olay	α	t_1	t_2	ρ	f_0
789	Dürtüsel	0,786393	0,0309564		1387,96	
790	Dürtüsel	0,413197	0,0380764		3282,45	
791	Dürtüsel	0,893091	0,0313157		2240,37	
792	Dürtüsel	0,832742	0,0738078		3247,62	
793	Dürtüsel	0,918646	0,0472798		1545,31	
794	Dürtüsel	0,702201	0,150011		3214,38	
795	Dürtüsel	0,856195	0,0228429		1734,88	
796	Dürtüsel	0,792728	0,077611		3048,46	
797	Dürtüsel	0,497399	0,0874297		1038,43	
798	Dürtüsel	0,450434	0,0582436		1921,09	
799	Dürtüsel	0,692755	0,0764046		1506,61	
800	Dürtüsel	0,546888	0,113858		2266,29	
801	Salınlı	0,767462	0,154182		1507,1	3014,21
802	Salınlı	0,363942	0,0510864		2009,04	4018,08
803	Salınlı	0,800234	0,020233		1669,4	3338,8
804	Salınlı	0,350627	0,150513		1537,89	3075,79
805	Salınlı	0,865794	0,0324041		1007,02	2014,05
806	Salınlı	0,310928	0,140596		900,439	1800,88
807	Salınlı	0,58933	0,0809731		743,222	1486,44
808	Salınlı	0,614794	0,0703066		2093,29	4186,58
809	Salınlı	0,993875	0,0564028		2011,73	4023,46
810	Salınlı	0,580284	0,16241		1965,89	3931,78
811	Salınlı	0,763362	0,163878		1115,6	2231,21
812	Salınlı	0,596053	0,0798471		1302,72	2605,44
813	Salınlı	0,408114	0,163139		889,607	1779,21
814	Salınlı	0,887653	0,170687		2102,31	4204,63
815	Salınlı	0,604133	0,0505265		1476,82	2953,64
816	Salınlı	0,453992	0,0856915		2216,03	4432,06
817	Salınlı	0,639754	0,0874644		1186,81	2373,63
818	Salınlı	0,382619	0,0318595		1108,89	2217,79
819	Salınlı	0,36542	0,0723296		467,491	934,981
820	Salınlı	0,45803	0,0760971		1416,55	2833,09
821	Salınlı	0,451701	0,186433		1461,73	2923,46
822	Salınlı	0,318848	0,167864		1797,49	3594,98
823	Salınlı	0,682537	0,11611		874,701	1749,4
824	Salınlı	0,706689	0,183157		1994,16	3988,32
825	Salınlı	0,353679	0,133882		798,222	1596,44
826	Salınlı	0,961682	0,0268839		324,793	649,585
827	Salınlı	0,504787	0,161708		730,932	1461,86
828	Salınlı	0,558943	0,106065		660,659	1321,32
829	Salınlı	0,396669	0,144484		1144,6	2289,21
830	Salınlı	0,35103	0,175728		1505,07	3010,14
831	Salınlı	0,579204	0,0930327		384,291	768,582
832	Salınlı	0,794758	0,101062		471,815	943,63
833	Salınlı	0,842074	0,163792		1936,34	3872,68
834	Salınlı	0,893871	0,121701		1239,35	2478,69
835	Salınlı	0,98024	0,132159		802,736	1605,47
836	Salınlı	0,733073	0,126644		656,46	1312,92
837	Salınlı	0,637558	0,0736805		1266,61	2533,21
838	Salınlı	0,414004	0,118177		1274,72	2549,44
839	Salınlı	0,358047	0,0606392		1565,2	3130,4
840	Salınlı	0,587001	0,0871195		1525,89	3051,79
841	Salınlı	0,34536	0,0232876		997,799	1995,6
842	Salınlı	0,816744	0,0229804		1837,59	3675,18
843	Salınlı	0,553726	0,163154		492,633	985,265
844	Salınlı	0,547387	0,167607		745,29	1490,58
845	Salınlı	0,865075	0,16945		1234,67	2469,34
846	Salınlı	0,458938	0,146449		272,436	544,872
847	Salınlı	0,776948	0,107868		543,9	1087,8
848	Salınlı	0,613491	0,040288		292,233	584,465
849	Salınlı	0,434628	0,116755		2072,19	4144,39

Çizelge EK-2.1. (Devam) VERİ_SETİ_1 içindeki güç kalitesi bozulmalarının rassal parametreleri.

Sıra No	Olay	α	t_1	t_2	ρ	f_0
850	Salınlımlı	0,938239	0,152609		272,262	544,523
851	Salınlımlı	0,476005	0,164704		1215,68	2431,36
852	Salınlımlı	0,805556	0,0306146		2157,35	4314,7
853	Salınlımlı	0,684983	0,175728		420,557	841,115
854	Salınlımlı	0,852755	0,0545587		1151,27	2302,54
855	Salınlımlı	0,603057	0,180633		323,418	646,837
856	Salınlımlı	0,951555	0,140126		2128,73	4257,46
857	Salınlımlı	0,488337	0,179803		984,517	1969,03
858	Salınlımlı	0,844551	0,110825		742,167	1484,33
859	Salınlımlı	0,343439	0,136098		2010,38	4020,77
860	Salınlımlı	0,551449	0,179258		1240,79	2481,57
861	Salınlımlı	0,726802	0,0726946		832,505	1665,01
862	Salınlımlı	0,694957	0,165522		871,133	1742,27
863	Salınlımlı	0,488203	0,167496		941,455	1882,91
864	Salınlımlı	0,376722	0,105879		345,602	691,203
865	Salınlımlı	0,545403	0,169341		1424,21	2848,43
866	Salınlımlı	0,718846	0,0852039		1034,83	2069,66
867	Salınlımlı	0,940474	0,121316		1516,16	3032,31
868	Salınlımlı	0,985872	0,137242		609,206	1218,41
869	Salınlımlı	0,960437	0,125097		1473,38	2946,76
870	Salınlımlı	0,719386	0,171206		373	746
871	Salınlımlı	0,857248	0,122583		2056,41	4112,82
872	Salınlımlı	0,875557	0,0675541		2184,44	4368,87
873	Salınlımlı	0,594062	0,0323425		1409,56	2819,11
874	Salınlımlı	0,996154	0,0901943		1914,49	3828,98
875	Salınlımlı	0,587754	0,134821		383,645	767,291
876	Salınlımlı	0,329119	0,0403415		616,612	1233,22
877	Salınlımlı	0,948064	0,0372371		1287,39	2574,78
878	Salınlımlı	0,716161	0,120815		2186,83	4373,66
879	Salınlımlı	0,954753	0,157224		1690,98	3381,96
880	Salınlımlı	0,747155	0,113327		1864,46	3728,91
881	Salınlımlı	0,872751	0,0313048		1530,3	3060,61
882	Salınlımlı	0,675588	0,0452183		1886,71	3773,43
883	Salınlımlı	0,531245	0,146098		1963,28	3926,56
884	Salınlımlı	0,392631	0,165727		443,053	886,107
885	Salınlımlı	0,812504	0,122071		1489,41	2978,82
886	Salınlımlı	0,758546	0,0742304		416,919	833,839
887	Salınlımlı	0,392543	0,0781703		1267,57	2535,15
888	Salınlımlı	0,447502	0,113352		1039,45	2078,89
889	Salınlımlı	0,748616	0,0702322		1193,96	2387,92
890	Salınlımlı	0,97547	0,0920722		863,287	1726,57
891	Salınlımlı	0,926185	0,180687		2156,04	4312,07
892	Salınlımlı	0,574818	0,0366778		1590,48	3180,96
893	Salınlımlı	0,37185	0,0263691		572,887	1145,77
894	Salınlımlı	0,635295	0,0907766		333,566	667,131
895	Salınlımlı	0,971028	0,1649		1524,14	3048,28
896	Salınlımlı	0,317878	0,142026		758,008	1516,02
897	Salınlımlı	0,966971	0,0325792		1519,31	3038,62
898	Salınlımlı	0,852421	0,116757		1256,16	2512,33
899	Salınlımlı	0,692326	0,188139		1779,85	3559,7
900	Salınlımlı	0,896233	0,0570329		349,897	699,793
901	Salınlımlı	0,724902	0,0384764		1656,78	3313,57
902	Salınlımlı	0,82346	0,106952		616,017	1232,03
903	Salınlımlı	0,352605	0,156978		1353,96	2707,92
904	Salınlımlı	0,37755	0,0510213		503,477	1006,95
905	Salınlımlı	0,615247	0,181913		1345,26	2690,52
906	Salınlımlı	0,42795	0,0631451		1687,14	3374,28
907	Salınlımlı	0,937105	0,129312		1521,98	3043,96
908	Salınlımlı	0,861009	0,185636		1925,97	3851,94
909	Salınlımlı	0,344139	0,161734		1813,84	3627,67
910	Salınlımlı	0,528105	0,101578		332,916	665,831

Çizelge EK-2.1. (Devam) VERİ_SETİ_1 içindeki güç kalitesi bozulmalarının rassal parametreleri.

Sıra No	Olay	α	t_1	t_2	ρ	f_0
911	Salınlımlı	0,340517	0,109307		730,885	1461,77
912	Salınlımlı	0,419264	0,0618717		394,312	788,625
913	Salınlımlı	0,316877	0,162918		2057,16	4114,31
914	Salınlımlı	0,610694	0,176619		393,024	786,048
915	Salınlımlı	0,338484	0,0404232		1000,78	2001,57
916	Salınlımlı	0,338112	0,172904		1095,32	2190,64
917	Salınlımlı	0,337779	0,136827		477,395	954,791
918	Salınlımlı	0,865546	0,0624646		1226,69	2453,37
919	Salınlımlı	0,597359	0,0787634		1288,27	2576,55
920	Salınlımlı	0,312113	0,111938		480,555	961,111
921	Salınlımlı	0,537003	0,158432		456,843	913,687
922	Salınlımlı	0,525042	0,0507002		844,828	1689,66
923	Salınlımlı	0,430973	0,0593165		750,42	1500,84
924	Salınlımlı	0,851962	0,123585		2101,16	4202,32
925	Salınlımlı	0,635181	0,0246125		1583,76	3167,52
926	Salınlımlı	0,621808	0,0776413		1897,4	3794,8
927	Salınlımlı	0,364189	0,185778		1693,08	3386,16
928	Salınlımlı	0,395483	0,0396195		1768,6	3537,2
929	Salınlımlı	0,664206	0,0495794		1204,42	2408,84
930	Salınlımlı	0,980132	0,0945313		2186,1	4372,19
931	Salınlımlı	0,826559	0,186339		1739,53	3479,07
932	Salınlımlı	0,550632	0,0324542		1074,49	2148,99
933	Salınlımlı	0,702017	0,0612749		1104,7	2209,4
934	Salınlımlı	0,397362	0,168592		2237,2	4474,4
935	Salınlımlı	0,995497	0,0558921		1173,22	2346,44
936	Salınlımlı	0,794279	0,0838176		2216,34	4432,68
937	Salınlımlı	0,493901	0,173508		642,509	1285,02
938	Salınlımlı	0,624961	0,170632		495,101	990,202
939	Salınlımlı	0,34157	0,0430188		626,447	1252,89
940	Salınlımlı	0,942806	0,045407		414,251	828,502
941	Salınlımlı	0,949983	0,0914504		1738,94	3477,87
942	Salınlımlı	0,980679	0,120506		875,64	1751,28
943	Salınlımlı	0,408939	0,0999176		426,166	852,331
944	Salınlımlı	0,822276	0,117959		1957,7	3915,39
945	Salınlımlı	0,484395	0,0434622		757,44	1514,88
946	Salınlımlı	0,386645	0,0255318		996,937	1993,87
947	Salınlımlı	0,361959	0,0588775		341,884	683,768
948	Salınlımlı	0,415371	0,073681		400,988	801,977
949	Salınlımlı	0,443907	0,046567		699,355	1398,71
950	Salınlımlı	0,45982	0,135147		1907,51	3815,02
951	Salınlımlı	0,702317	0,0617026		420,982	841,965
952	Salınlımlı	0,957495	0,0587681		665,694	1331,39
953	Salınlımlı	0,925911	0,051077		526,755	1053,51
954	Salınlımlı	0,806347	0,0470052		1531,75	3063,5
955	Salınlımlı	0,323161	0,0442869		899,518	1799,04
956	Salınlımlı	0,606346	0,109636		510,833	1021,67
957	Salınlımlı	0,612755	0,0255538		1035,35	2070,7
958	Salınlımlı	0,655794	0,156878		851,997	1703,99
959	Salınlımlı	0,959385	0,077982		1934,56	3869,12
960	Salınlımlı	0,334352	0,160969		1226,21	2452,43
961	Salınlımlı	0,614294	0,0867078		2200,17	4400,34
962	Salınlımlı	0,428953	0,0359785		687,634	1375,27
963	Salınlımlı	0,792476	0,0855827		931,949	1863,9
964	Salınlımlı	0,576542	0,0613729		428,846	857,692
965	Salınlımlı	0,908595	0,166346		1157,6	2315,2
966	Salınlımlı	0,598583	0,15101		1144,05	2288,09
967	Salınlımlı	0,506334	0,036328		1132,99	2265,98
968	Salınlımlı	0,882802	0,171497		263,574	527,148
969	Salınlımlı	0,361768	0,0588454		1107,19	2214,38
970	Salınlımlı	0,343419	0,184817		2146,94	4293,87
971	Salınlımlı	0,676162	0,0520303		1067,27	2134,53

Çizelge EK-2.1. (Devam) VERİ_SETİ_1 içindeki güç kalitesi bozulmalarının rassal parametreleri.

Sıra No	Olay	α	t_1	t_2	ρ	f_0
972	Salınlımlı	0,32082	0,0886231		1244,51	2489,03
973	Salınlımlı	0,379219	0,146784		1671,74	3343,48
974	Salınlımlı	0,848405	0,150898		470,385	940,769
975	Salınlımlı	0,634113	0,110292		973,587	1947,17
976	Salınlımlı	0,333818	0,0718253		1654,28	3308,56
977	Salınlımlı	0,336965	0,124204		1580,76	3161,52
978	Salınlımlı	0,34731	0,0399013		2211,3	4422,6
979	Salınlımlı	0,370791	0,155387		404,561	809,123
980	Salınlımlı	0,360461	0,0361846		1780,7	3561,41
981	Salınlımlı	0,604887	0,139093		334,844	669,688
982	Salınlımlı	0,63335	0,170225		1981,98	3963,95
983	Salınlımlı	0,782594	0,10887		2069,2	4138,39
984	Salınlımlı	0,653402	0,109758		1633,27	3266,53
985	Salınlımlı	0,924653	0,106131		330,907	661,814
986	Salınlımlı	0,643091	0,123385		2171,35	4342,7
987	Salınlımlı	0,693018	0,188205		1197,79	2395,58
988	Salınlımlı	0,541554	0,16007		1630,3	3260,59
989	Salınlımlı	0,802815	0,116837		2128,67	4257,34
990	Salınlımlı	0,873691	0,0911896		1029,73	2059,46
991	Salınlımlı	0,832721	0,0350079		1430,65	2861,31
992	Salınlımlı	0,894918	0,0961959		787,646	1575,29
993	Salınlımlı	0,980265	0,0550881		2201,51	4403,03
994	Salınlımlı	0,792003	0,12276		2166,72	4333,44
995	Salınlımlı	0,312723	0,137246		2048,93	4097,87
996	Salınlımlı	0,423364	0,109814		2029,37	4058,74
997	Salınlımlı	0,891815	0,0284708		446,833	893,666
998	Salınlımlı	0,344809	0,125057		1759,12	3518,23
999	Salınlımlı	0,445746	0,0206906		379,669	759,337
1000	Salınlımlı	0,47142	0,132974		1732,03	3464,07

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ERCİRE, Mustafa
Doğum tarihi ve yeri : 12.05.1977 - İZMİR
e-mail : mustafa.ercire@dpu.edu.tr

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Kütahya Dumlupınar Üni. Fen Bil. Enst. Elk-Elek. Müh.	2019
Lisans	Konya Selçuk Üni. Mühendislik Fak. Bilgisayar Mühendisliği	2005
Ön Lisans	Konya Selçuk Üni. Teknik Bilimler MYO Bilgisayar Programcılığı	1998
Lise	Buca Endüstri Meslek Lisesi Bilgisayar Donanım Bölümü	1994

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2005	Vega Yazılım – İzmir	Yazılım Destek Elemanı
2008	DPÜ Gediz MYO Bilg.Tekn.Blml.-Kütahya	Öğretim Görevlisi

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

Ünsal, A., Ercire, M. Classification of power system transients using discrete wavelet transform and random forest method. In 2017 10th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ELECO) (s. 909-912).