T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ELEKTRİK SAYACI BİLGİLERİ İLE KAÇAK ELEKTRİK KULLANIMININ ESNEK HESAPLAMA METODLARI İLE TESPİTİ

Zemzem Tuba İLHAN

ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2022

T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ELEKTRİK SAYACI BİLGİLERİ İLE KAÇAK ELEKTRİK KULLANIMININ ESNEK HESAPLAMA METODLARI İLE TESPİTİ

Zemzem Tuba İLHAN

ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2022

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET i
ABSTRACT ii
TEŞEKKÜR iii
ŞEKİLLER DİZİNİ iv
ÇİZELGELER DİZİNİ v
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ vi
1. GİRİŞ 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 5
3.MATERYAL ve YÖNTEM 7
3.1. Materyal 7
3.1.1. Kaçak elektrik ve kayıp 7
3.1.2. Genetik algoritma 8
3.1.2.1.Genetik algoritma tarihçesi 9
3.1.2.2. Genetik algoritmanın işleyişi 10
3.1.2.3. Genetik algoritma terimleri 11
3.1.2.4. Genetik algoritma operatörleri 12
3.1.2.4.1 Yeniden üretme/Seçim 12
3.1.2.4.2. Çaprazlama 14
3.1.2.4.3. Mutasyon 17
3.2. Yöntem 19
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA 22
5.SONUÇLAR ve ÖNERİLER 29
KAYNAKLAR 31
ÖZGEÇMİŞ 33
EKLER 34
EK1 34
EK2 43

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ELEKTRİK SAYACI BİLGİLERİ İLE KAÇAK ELEKTRİK KULLANIMININ ESNEK HESAPLAMA METODLARI İLE TESPİTİ

Zemzem Tuba İLHAN

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Hasari KARCİ
YIL: 2022, Sayfa: 43

Bu tezde elektrik abonelerinin aylık elektrik tüketim değerleri kullanılarak kaçak elektrik kullanma olasılığı yüksek olan abonelerin tespit edilmesi ve kaçak kullanım oranlarının bulunması hedeflenmiştir. Kaçak elektrik kullanıcılarının tespiti için Octave ortamında genetik algoritma kullanılarak iki farklı metot geliştirilmiştir. Birinci yöntemde, tüm aboneler şüpheli kabul edilerek başlangıç popülasyonu oluşturulmuştur. İkinci yöntemde ise abonelerin tüketim değerlerinin istatistiksel verileri kullanılarak ortalamanın çok altında tüketim değerine sahip aboneler şüpheli abone kabul edilerek başlangıç popülasyonu oluşturulmuştur. Geliştirilen metodların başarımı abonelerin 6, 12 ve 18 aylık tüketim değerlerini kullarak benzetimlerle hesaplanmış ve tablolar halinde sunulmuştur. Yapılan çalışmada, abonelerin kaçak elektrik kullanım oranlarının aylara göre sabit kaldığı varsayılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda abonelerin elektrik tüketim değerlerinin istatistiksel verilerinin kullanılmasının başarım üzerindeki etkisinin yüksek olduğu görülmüştür.

ANAHTAR KELİMELER: Kaçak Elektrik, Genetik Algoritma.

ABSTRACT

MSc Thesis

DETECTION OF LEAKAGE ELECTRICITY USE WITH ELECTRIC METER INFORMATION BY FLEXIBLE CALCULATION METHODS

Zemzem Tuba İLHAN

Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Electrical and Electronic Engineering

Supervisor: Assist. Dr. Öğr. Üyesi Hasari KARCİ
Year: 2022, Page: 43

In this thesis, it is aimed to determine the subscribers with a high probability of using illegal electricity by using the monthly electricity consumption values of the electricity subscribers and to find the illegal usage rates. Two different methods were developed by using genetic algorithm in Octave environment for the detection of illegal electricity users. In the first method, all subscribers were considered suspicious and the initial population was formed. In the second method, using the statistical data of the consumption values of the subscribers, the subscribers with a consumption value far below the average are considered suspicious subscribers and the initial population is formed. The performance of the developed methods has been calculated by simulations using the 6, 12 and 18 monthly consumption values of the subscribers and presented in tables. In the study, it was assumed that the illegal electricity usage rates of the subscribers remained constant according to the months. As a result of the study, it has been seen that the use of statistical data of electricity consumption values of subscribers has a high effect on performance.

KEYWORDS: Leakage Electricity, Genetic Algorithm.

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının başından sonuna kadar her aşamasında bana yardımcı olan, bilgi ve deneyimlerini titizlikle aktaran, desteğini ve sabrını esirgemeyen değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Hasari KARCİ' ya, maddi manevi destekleri ile her zaman yanımda olan eşime, eğitim hayatım boyunca beni okumaya teşvik eden bugünlere gelmeme vesile olan rahmetli babam ve aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. 1. ‘Kaçak elektrik kullanımı nasıl azaltılır?’ 540 kişi için anket çalışması 3
Şekil 1. 2. ‘Kaçak elektrik kullanım sebepleri nedir?’ 540 kişi için anket çalışması 4
Şekil 3. 1. Genetik Algoritma İşleyişi 11
Şekil 3. 2. Tek Nokta Çaprazlama.....15
Şekil 3. 3. Çift Nokta Çaprazlama.....16
Şekil 3. 4. Döndürme (flipping) 18
Şekil 3. 5. Karşılıklı değişim yöntemi.....19

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 1.1. 21 Elektrik dağıtım şirketi teknik ve teknik olmayan kayıp enerji oranları 2
Çizelge 4. 1. Yöntem 1, 6 aylık abone tüketimleri için başarım değeri ortalamaları 22
Çizelge 4. 2. Yöntem 1, 12 aylık abone tüketimleri için başarım değeri ortalamaları 23
Çizelge 4. 3. Yöntem 1, 18 aylık abone tüketimleri için başarım değeri ortalamaları 24
Çizelge 4. 4. Yöntem 2, 6 aylık abone tüketimleri için başarım değeri ortalamaları 25
Çizelge 4. 5. Yöntem 2, 12 aylık abone tüketimleri için başarım değeri ortalamaları 26
Çizelge 4. 6. Yöntem 2, 18 aylık abone tüketimleri için başarım değeri ortalamaları 27

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

E.D.A.Ş.	Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
GA	Genetik Algoritma
KO	Kaçak Oran

1. GİRİŞ

Elektrik enerjisi, kullanım kolaylığı, diğer enerjilere dönüştürülebilme kolaylığı ve günlük yaşantımızdaki kullanım yaygınlığıyla tercih edilen enerji türlerinden biridir. Günümüzde elektrik enerji tüketimi ülkelerin gelişmişlik düzeyini gösteren unsurlardan biridir. Elektrik enerjisine duyulan ihtiyaç sonucunda enerji üretim yolları aranmış ve farklı enerji kaynakları keşfedilmiştir. Yenilenebilir enerji kaynakları keşfedilmiş doğal kaynaklardan enerji üretimi yolları aranmıştır. Bunlardan bazıları güneş, rüzgâr, dalga, biokütle vb. yenilebilir enerji kaynaklarıdır (Koç ve Kaya, 2015).

19. Yüzyılın sonlarına doğru bulunan elektrik enerjisi ilk olarak aydınlatmada kullanılmıştır. Günlük hayatta kullanımına ilk olarak 1878 yılında başlanmıştır. 1882 de ilk elektrik santrali Londra'da hizmete girmiştir. Ülkemizde ilk elektrik üretimi ise 1902 yılında Tarsus'ta 2 kW gücündeki bir su türbini ile gerçekleştirilmiştir. 1913 yılında İstanbul'da 15 MW güce sahip ilk büyük santral kurulmuştur. İstiklal Savaşı' nın sona ermesiyle beraber 1923 yılında kadar kurulmuş olan kurulu güç 33 MW iken günümüze kadar 1228 kat artış göstererek 40.519 MW' a kadar ulaşmıştır. Üretimimiz ise 1923 yılında 45 milyon kWh iken 3904 kat artış göstererek günümüzde 175,69 milyar kWh' a kadar ulaşmıştır (EMO,2007).

Enerji üretimi ve tüketimi miktarları incelendiğinde, ülkelerin gelişmişlik düzeyleri hakkında yorum yapmak mümkündür. Teknolojinin gelişmesi ile günlük yaşantımızın birçok alanında faydalandığımız elektrik enerjisi hayatımızın vazgeçilmez unsurlarından biri haline gelmiştir. Bir hizmet sektörü haline gelen enerji sektöründe, müşteri memnuniyeti önem arzetmeye başlamıştır. Müşteri memnuniyetinde hedef, müşteriye gelişen teknoloji ile bağlantılı olarak kesintisiz, uygun ve kaliteli enerji sunabilmektir (Mungan ve Çiftçi, 2009).

Elektrik enerjisi, günlük hayatımızın birçok alanında ihtiyaç duyduğumuz ve kullandığımız bir enerji türü haline gelmiştir. Kullanılan elektrik belirli hesaplama yöntemleri kullanılarak bedellendirilir ve belirlenen bedel karşılığında kullanıcıya satılır. Elektrik enerjisi, üretim aşamasından tüketiciye ulaşıncaya kadar çeşitli kayıplara uğramaktadır. Bu kayıplar, teknik ve teknik olmayan kayıplar olmak üzere 2 grupta incelenebilir. Teknik kayıplar, donanım ve teknik malzemelerden kaynaklı oluşan kayıplardır. Teknik olmayan kayıplar, tüketicinin enerjiyi kullanma şeklinden

dolayı meydana gelen kayıplardır. Usulsüz elektrik enerjisi tüketimi, teknik olmayan kayıplar olarak kabul edilir (Düzgün, 2017). Hesaplamalar yapılırken bu enerji kayıplarıda bedellendirmeye dahil edilir.

Enerji sistemlerinde, kayıpların tespiti ve sebepleri üzerinde çalışmalar yapılarak iyileştirilmeler yapılması enerji verimliliğinin artmasında büyük rol oynamaktadır. Elektrik dağıtım şirketleri, 'kayıp ve kaçak' miktarlarını toplayarak tüketim miktarı adı altında açıklamaktadır. Kayıp ve kaçak kavramları birbirinden farklı kavramlardır. Fakat bu kavramları ayrı ayrı ölçüp tespit etme yöntemi olmadığından bu iki kavram beraber belirtilmektedir. Bu bağlamda kaçak elektrik kullanımında caydırıcı yollar aranmalıdır. Bununla alakalı yapılacak olan çalışmalar ve ayrıca cezai yaptırımlar kaçak elektrik kullanımında caydırıcı etken olup kaçak kullanım oranı düştüğü taktirde enerji verimliliğinde de artış meydana gelecektir.

Yapılan çalışmalarda ülkemizdeki kaçak elektrik kullanım oranının gelişmiş ülkelere göre daha fazla olduğu görülmektedir. Özellikle Güneydoğu Anadolu bölgesinde bu oran çok daha fazladır. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumun' dan (EPDK) elde edilen, 2014-2021 yıllarına ait 21 dağıtım şirketinin tespit ettiği teknik ve teknik olmayan kayıp oranları Çizelge 1.1'de verilmiştir.

Çizelge 1.1. 21 Elektrik dağıtım şirketi teknik ve teknik olmayan kayıp enerji oranları (%) (EPDK,2022)

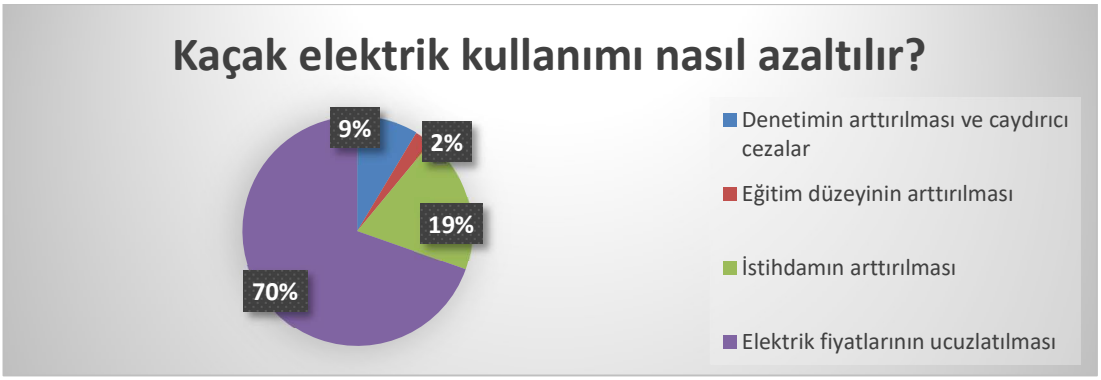
21 ELEKTRİK DAĞITIM ŞİRKETİ TEKNİK VE TEKNİK OLMAYAN KAYIP ENERJİ ORANLARI (%)								
ŞİRKET	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**
AKDENİZ E.D.A.Ş.	8.64	7.04	6.32	6.67	5.78	5.91	7.08	7.67
AKEDAŞ E.D.A.Ş.	6.82	4.98	7.22	5.33	5.51	6.46	6.10	5.62
ARAS E.D.A.Ş.	26.21	26.60	25.68	24.55	23.55	21.64	20.56	20.08
ADM E.D.A.Ş.	7.92	5.34	5.74	5.26	5.53	5.63	6.18	6.18
İST. ANADOLU. YAKASI. E.D.A.Ş.	7.20	7.00	6.78	6.10	6.04	5.05	5.40	6.22
BAŞKENT E.D.A.Ş.	7.68	7.00	6.98	6.05	6.11	5.89	6.18	6.69
BOĞAZİÇİ E.D.A.Ş.	9.16	9.44	9.61	6.74	6.59	7.96	7.64	7.23
ÇAMLIBEL E.D.A.Ş.	7.79	7.09	6.05	6.59	5.08	4.75	7.57	4.42

Çizelge 1.1. 21 Elektrik dağıtım şirketi teknik ve teknik olmayan kayıp enerji oranları (%) (EPDK,2022)

ÇORUH E.D.A.Ş.	9.05	9.28	9.25	8.11	7.85	7.38	7.33	6.80
DİCLE E.D.A.Ş.	74.15	72.17	67.64	64.82	54.94	51.32	46.32	46.19
FIRAT E.D.A.Ş.	9.51	10.44	10.56	10.95	10.32	9.93	9.81	9.34
GDZ E.D.A.Ş.	8.38	7.36	7.32	7.25	6.63	7.55	6.43	6.36
KAYSERİ VE CİVARI E.D.A.Ş.	6.95	5.25	5.87	6.03	6.57	6.02	6.08	6.56
MERAM E.D.A.Ş.	7.33	7.30	6.65	5.77	6.69	6.22	6.05	5.76
OSMANGAZİ E.D.A.Ş.	7.61	7.62	5.75	6.97	6.41	6.61	6.54	6.91
SAKARYA E.D.A.Ş.	6.76	6.68	6.58	6.41	6.52	5.96	5.93	5.95
TOROSLAR E.D.A.Ş.	13.20	12.50	12.12	11.35	11.85	11.76	11.37	11.65
TRAKYA E.D.A.Ş.	6.33	6.57	5.46	5.10	4.37	4.50	5.59	5.31
ULUDAĞ E.D.A.Ş.	6.86	6.94	5.57	4.15	4.20	4.82	5.86	5.23
VANGÖLÜ E.D.A.Ş.	61.02	59.70	56.42	53.30	49.16	47.56	44.57	38.07
YEŞİLIRMAK E.D.A.Ş.	8.27	7.90	8.20	7.43	7.63	7.13	7.28	6.89
ART. ORT.	14.61	14.01	13.42	12.62	11.78	11.43	11.23	10.77
AĞR.ORT.	17.10	16.52	15.56	14.50	12.98	12.69	12.08	11.92

Çizelge 1.1'de verilen veriler incelendiğinde, kayıp-kaçak oranının en yüksek olduğu dağıtım şirketinin DİCLE E.D.A.Ş. olduğu ve sonrasında takiben VANGÖLÜ E.D.A.Ş. olduğu görülmektedir. Bu da dağıtım şirketlerine bağlı olan Güneydoğu Anadolu ve Doğu Anadolu bölgesinde kayıp kaçak oranlarının yüksek olduğunu göstermektedir.

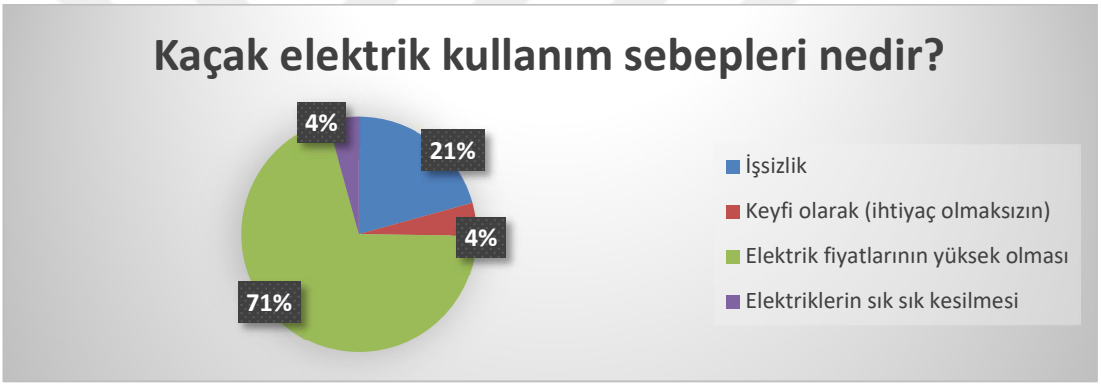
Kaçak kullanım oranının yüksek olduğu yerlerden biri olan Diyarbakır ilinde Elektrik Mühendisleri Odası, kaçak elektrik kullanımı üzerine 540 kişinin katıldığı bir anket düzenlemiştir. Yapılan anket incelendiğinde Şekil 1.1 ve Şekil 1.2' de verilen sonuçlar ortaya çıkmıştır (Tüzün, 2005).



Şekil 1. 1. 'Kaçak elektrik kullanımı nasıl azaltılır?' 540 kişi için anket çalışması (EMO,2005)

Ortaya çıkan sonuçlar incelendiğinde kaçak elektrik kullanımının azaltılması yönünde farklı cevaplar alınmış olup bazı toplumsal sorunların kaçak elektrik kullanımına sebebiyet verdiği görülmektedir. Bunun yanında denetimlerin arttırılması, caydırıcı ağır cezalar ile kaçak elektrik tespiti uygulamaların geliştirilmesi kaçak elektrik kullanımını caydırıcı etmenler arasındadır. Ayrıca geliştirilecek tespit uygulamaları tespit yapan birimlerin işini kolaylaştıracak ve hızlandıracaktır.

Kaçak elektrik kullanım sebepleri nelerdir diye sorulduğunda ise Şekil 1. 2.'deki sonuçlar elde edilmiştir. Toplumsal sorunların kaçak kullanım üzerinde etkili olduğu ve bu toplumsal sorunlarla alakalı çözümleyici çalışmalar yapılması gerektiği ön görülmektedir



Şekil 1. 2. 'Kaçak elektrik kullanım sebepleri nedir?' 540 kişi için anket çalışması (EMO,2005)

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Teknolojinin gelişmesi ile birlikte son yıllarda kaçak elektriğin uzaktan tespiti üzerine yapılan çalışmalar artmaktadır. Bu konuyla alakalı yapılmış olan bazı çalışmaları incelersek; Üstünsoy ve ark (2018) tarafından yapılan çalışmada, PLC kullanarak kaçak kullanımı tespit etmek hedeflenmiştir. SCADA ile anlık takip ve elde edilen verileri kayıt altına alma sağlanmıştır. Elde edilen veriler SCADA'ya aktarıldıktan sonra verilerin ilgili birim istasyonuna aktarılabilmesi için GPRS modülü kullanılmıştır.

Hoşgör (2018) tarafından önerilen tez çalışmasında kaçak kullanımının önüne geçilmesi amacıyla matematiksel yöntemler öne sürülmüştür. Bilgisayar ortamında yapılan denemelerde bozulan şebeke sinyalinin deneysel mod ayrışım yöntemlerini kullanarak yeniden elde edilmesi hedeflenmiştir. Abonenin sayaçtan önceki elektriği kullanması önlenerek, sayaçtan sonraki filtrelenmiş enerjiye yönlendirilmesi amaçlanmıştır. Sistem modellemesinde harmonik sinyaller ve Duffing osilatörü kullanılmıştır. Matlab ortamında elde edilen sinyallerin simülasyonları yapılmıştır.

Nazli (2018) tarafından önerilen çalışmada, veri madenciliği teknikleri ile genetik algoritma kullanılarak hibrit bir çalışma yapılmıştır. KNN, karar ağacı ve Naives Bayes olmak üzere üç farklı sınıflandırma yöntemi kullanılmıştır. Bunların her birinin başarısına ve hata kaybına bakılmıştır. KNN sınıflandırma yöntemi ile elde edilen değerlerin diğer yöntemlere göre daha uygun olduğu tespit edilmiştir. Genetik algoritma optimizasyon metodu ile KNN sınıflandırma yöntemini birleştirerek hibrit bir çalışma yapılmıştır ve başarı değeri %98 e yükseltilerek hata kaybı en aza indirilmiştir.

Güngör (2014) tarafından yapılan çalışmada, Arduino tipi mikro denetleyici ile GSM operatörü kullanarak usulsüz elektrik kullanımını tespit eden bir sistem geliştirilmiştir. Bu sistemin çalışma mantığı, iletim hattının her iki ucuna yani başına ve sonuna algılayıcılar yerleştirilerek, bu iki algılayıcı arasındaki akım farkı ölçülür. Aradaki tespit edilen fark, kaçak elektrik kullanım şeklinde ihbar olarak

gönderilmektedir.

Pinto ve Cabral (2009) tarafından yapılan çalışma, veri madenciliği uygulamaları kullanılarak alçak ve yüksek gerilim kullanıcılarının kaçak kullanımının tespiti için yapılmış bir çalışmadır. Veri madenciliği aracı olan SOM kullanılmıştır. Matlab ortamında uygulanan sistem Brezilya'da elektrik dağıtım şirketinin bilgi sistemine entegre edilmiştir.

Mirzakuchaki ve Pasdar (2007) kaçak elektrik tespiti için önerilen çalışmada, dağıtım şebekesine akıllı sayaç sistemi eklenmiştir. Kullanıcı sayacı ile akıllı sayaç sisteminden elde edilen tüketim verileri ile hesaplanan hat empedansları arasında karşılaştırma yapılmıştır. Bu kıyaslama yöntemi ile aradaki farklar incelenerek kaçak kullanım tespiti yapılmıştır.

Kahraman (2004) tarafından önerilen çalışmada; kullanıcıya ait sayaç ile beraber ikinci bir kontrol sayacı kullanarak sayaçlar arasında akım farkı olup olmadığı tespit edilerek bölgede usulsüz kullanımın olup olmadığı tespit edilmek istenilmiştir bu yapılan çalışmanın bilgisayar ortamında benzetimi yapılmıştır.

Çavdar (2004) PLC ve otomatik sayaç sistemi kullanılmıştır. PLC üzerinden kurulan otomatik sayaç sistemi ile kaçak kullanım tespiti hedeflenmiştir. Sisteme eklenen sayaç ile kullanım tutarı kayıt altına alınarak kaydedilen enerji ile ana sayaç üzerinden okunan veriler karşılaştırılır. Sayaçlardaki enerji verileri arasında fark var ise hata sinyali üretilir ve PLC ile iletilir.

Mevcut tespit yöntemlerinin çoğunluğu var olan sisteme yeni ölçüm cihazları yerleştirilerek kaçak kullanımı tespit etmeyi hedeflemektedir Bu metotlar kaçak elektrik kullananları ve kullanıcılarını tespit etse dahi ek sayaç kullanımları, ölçüm cihazları değişimi ekstra materyal ve iş gücü ihtiyacı doğurmaktadır. Ayrıca maliyetli ve zaman kaybına sebep olmaktadır. Sadece kullanıcının elektrik tüketim değerlerini kullanarak usulsüz elektrik kullanıcılarını tespit etmek daha az maliyet gerektirecek,iş gücü ve zamandan tasarruf sağlayacaktır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1. Kaçak elektrik ve kayıp

Dağıtım şebekesine verilmiş olan enerjiyle satılan enerji arasındaki fark kayıp-kaçak olarak adlandırılır. Kayıp ve kaçak kavramları tamamen farklı kavramlar olmasına rağmen ayrı ayrı tespit edilemediklerinden beraber anılmaktadırlar. Kayıp ve kaçak kavramlarını ayrı ayrı inceleyecek olursak, yasal olmayan illegal yollarla, bedeli tüketicisi tarafından ödenmeden kullanılan elektriğe kaçak elektrik denir. Bedeli ödenmeyen bu elektriğin bedeli ülke ekonomisine zarar vermekle beraber kayıp elektrik bedeli olarak diğer aboneler tarafından ödenmektedir. Aynı zamanda kaçak elektrik, elektrik ile çalışan cihazların ve elektrik dağıtım sistemlerinin hasara uğramasına sebep olmaktadır. Kaçak elektrik kullanımı sebep olduğu enerji kayıplarından dolayı enerji verimliliğini düşürmektedir (Tüfekçi, 2002).

Kaçak kullanımının sebep olduğu olumsuzluklardan dolayı kaçak kullanımının önüne geçilmesine yönelik çalışmalar yapılmalıdır. Günümüz şartlarında uygulanan yöntemlerden bazıları; Seri numaralı sayaç mühürü kullanılması, şeffaf sayaç kapağı kullanılması, dağıtım hatlarının yer altına gizlenmesi, elektronik sayaç kullanımı, gibi yöntemlerdir. Akıllı şebeke sistemlerinin kullanılması da kaçak elektrik kullanımını azaltabilecek yöntemler arasındadır (Kahraman, 2004).

Kayıp enerji, hava ve toprakta ısınmaya sebep olan ve faydalanılmayan enerjidir. Şebekedeki abonelerin gerilimlerine bakıldığında nominal değerin altında ise kayıp var demektir. Kayıp enerji, trafo ve $R_h\, I^2$ hat kayıplarından meydana gelir ve kayıp enerjinin büyük kısmını hat kayıpları oluşturur. Hat kayıplarını küçültme yolları aranarak kayıp miktarı azaltılabilir. Hat direnci (R_h) ve yük akımı (I) olmak üzere hat kaybı (ΔP_h),

$$\Delta P_h = 3\, R_h\, I^2 \tag{3.1}$$

formülü ile bulunur (Tüfekçi, 2002). ΔP_h ın zamana göre integrali ise kayıp enerjiyi verir. Kaybı azaltmak için puant yükünün bastırılması, yük miktarının gün içinde dengeli dağıtılmasının sağlanması, şebekeni güç faktörünün yükseltilmesi, hat direncinin küçültülmesi gibi çalışmalar yapılabilir (Tüfekçi, 2002).

3.1.2. Genetik algoritma

Evrim teorisinden esinlenerek oluşturulan evrimsel hesaplamanın (EH), genetik algoritma (GA) ve genetik programlama (GP) olmak üzere iki türü vardır. GP ile GA arasındaki temel fark problemin çözümü için kullanılan kromozomların uzunluğudur. GP'de kullanılan kromozomların uzunluğu değişken iken, GA'da kromozom uzunluğu sabittir. Problemin çözümü için gerekli olan değişken sayısının önceden bilinebildiği durumlarda GA' nın kullanımı uygun iken; değişken sayısının önceden bilinmediği durumlar için GP daha uygundur. Bilgisayar uygulamalarında kullanılan veri yapılarının uzunluğu sonsuz olamayacağı için ve ayrıca yapılan hesaplamanın makul hesaplama süresi içerisinde bitirilmesi gerektiği için GP' de kullanılan kromozomların uzunluğunun da sınırlanması gerekir. Bu durum da dikkate alınırsa GP' nın de en nihayetinde bir GA olduğu anlaşılır. Her iki metotta doğal evrimden esinlenilerek oluşturulmuştur (Çunkaş, 2006).

Doğadaki canlılar yiyecek, barınma ve üreme için rekabet etmek durumunda kalırlarken, aynı popülasyondaki bireyler ise kendi aralarında eş seçimi için yarışmak zorunda kalırlar. Bu rekabetten dolayı hasta ve zayıf olan bireylerin yaşama ve üreme olasılığı azalır. Uyum sağlamayı başaran güçlü bireyler ise daha iyi beslenerek daha fazla yavru sahibi olurlar ve genetik bilgilerini daha fazla sayıdaki bireye aktarırlar. Böylelikle popülasyondaki diğer bireylere karşı kendilerine avantaj sağlayan özelliklerin devamlılığı sağlanmış olur. Performansı yüksek bireylerin eşeyli üremesi sonucunda iyi niteliklerin birleşimi ile uygunluk oranı daha yüksek bireyler meydana gelir.

Genetik algoritma metodu rastgele seçilmiş bireylerden meydana gelmiş ilk popülasyon ile başlatılır. Popülasyondaki tüm bireyler çözümü istenilen problem için olabilecek uygun çözümleri sunar. Bireyler başarılı tekrarlamalar (iterasyonlar) ile

yeni nesiller meydana getirir. Bu nesillerde popülasyondaki bireylerin her biri belirli uygunluk ölçütlerine göre değerlendirilir. Sonrasında genetik operatörler kullanılarak yeni bir popülasyon meydana getirilir. Bu akış istenilen durum şartları sağlanıncaya kadar devam eder.

3.1.2.1. Genetik algoritma tarihçesi

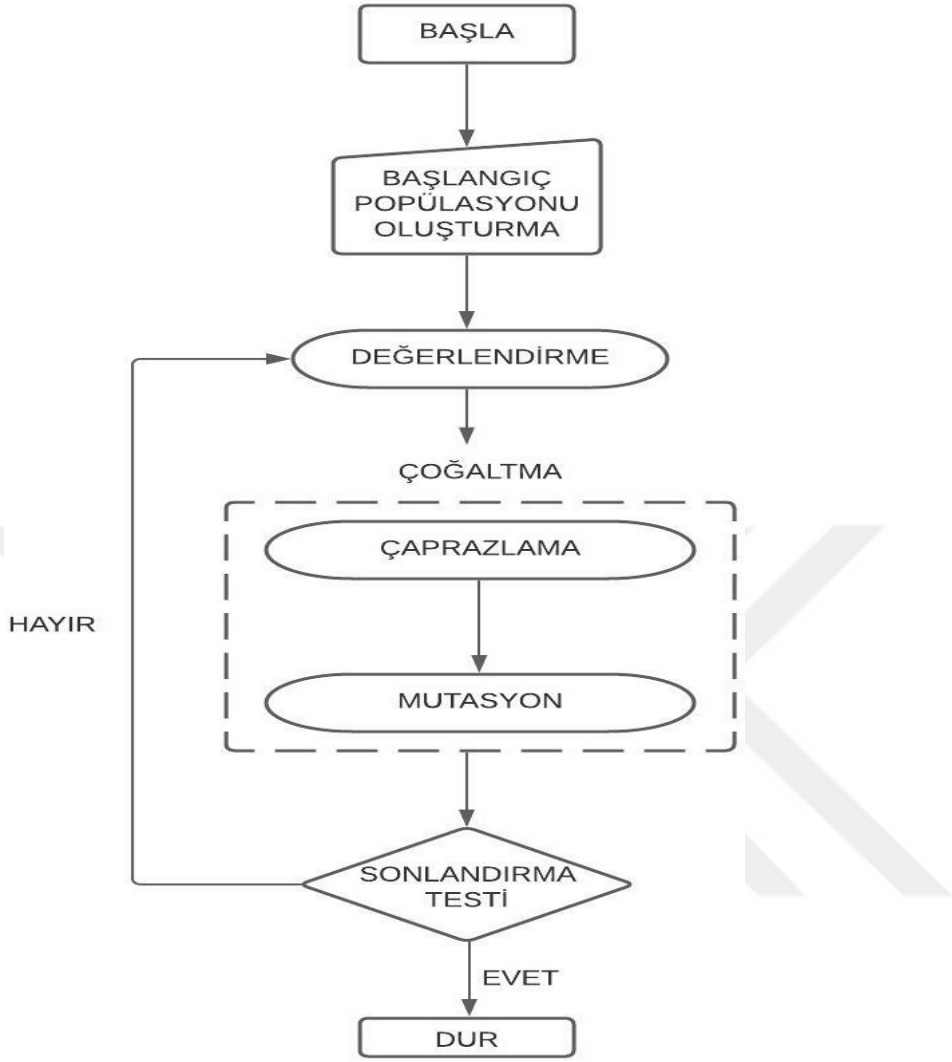
Genetik algoritma ilk olarak 1960 yıllarında John Holland tarafından bulunmuştur. Holland' ın GA üzerine yaptığı bu çalışma Basit Genetik Algoritma (BGA) olarak adlandırılmaktadır.

Holland, Michigan Üniversitesi'ndeki öğrencileri ile beraber 1960-1970 yıllarında bu algoritmaları geliştirmiştir. Aynı zamanda Holland' ın öğrencisi David Goldberg, Gaz Borularının Genetik Algoritma ile Optimizasyonu isimli doktora tezini hazırlamıştır. Yaptığı bu çalışma ile genetik algoritmanın sadece teorik olmadığını, piyasada da kullanabilir olduğunu ispatlamıştır. Holland 'ın asıl amacı doğal adaptasyon süreci olan yapıları bilgisayar ortamına aktarabilmektir (Tanrıseven, 2000). 1975 yılında Doğal ve Yapay Sistemlerde Adaptasyon (Adaptation in Natural and Artifical Systems) isimli kitabını yayınlamıştır. Holland'ın geliştirdiği genetik algoritma kromozomlardan oluşmaktadır. Kromozomlardan oluşan popülasyonlar, genetik algoritmadaki çaprazlama, mutasyon, doğal seleksiyon ve inversion operatörleri yardımıyla yeni popülasyonlara dönüştürülür. Popülasyonu oluşturan her bir kromozom genlerden meydana gelir. Kromozomlar, seleksiyon yardımıyla seçilir, çaprazlama ile belirli parçaları değiş tokuş yapılır, mutasyon ile çeşitlilik sağlanır, inversion ile kromozomların sırası belirlenir. Zamanla Holland'ın genetik algoritması değişikliğe uğramıştır. Şu anda bilim adamları tarafından kullanılan genetik algoritma, Holland'ın kullandığı algoritmadan farklıdır.

1992 yılında, bilgisayar bilimcisi John Koza GA' da verilen görevleri gerçekleştirebilecek bazı programlar geliştirdi. Koza geliştirdiği bu yönteme genetik programı (GP) olarak adlandırmıştır. Koza, genetik programlamayı karışık problemlerin optimizasyonunda kullanmasıyla tanınmaktadır. Koza' nın evrimsel programlama üzerine yaptığı çalışmalar Popular Science 'da yer almıştır.

3.1.2.2. Genetik algoritmanın işleyişi

Bir genetik algoritmanın işleyişinde ilk olarak bir başlangıç popülasyonu oluşturulur. Olası çözümlerin kodlanarak bir araya gelmesiyle bir çözüm grubu meydana gelir. Bu çözüm grubu popülasyon olarak adlandırılırken, çözüm kodları ise kromozom olarak adlandırılır. Popülasyondaki her bir kromozomun ne kadar iyi olduğu tespit edilir. Bu tespit yapılırken uygunluk fonksiyonu kullanılır. Probleme özel olarak çalışan uygunluk fonksiyonudur. Uygunluk fonksiyonunun görevi, kromozomları parametre haline getirerek hesaplama yapıp kromozomun uygunluğunu tespit etmektir. Genetik algoritmanın başarım oranı bu fonksiyonun verimli olarak çalışmasına bağlıdır. Seçilen kromozomların uygunluk değerine bakılarak eşleştirme yapılır. Kromozom seçimi yapılırken farklı seçme yöntemleri (rulet tekerlek seçimi, turnuva seçimi gibi) kullanılır. Gendeki genetik bilginin yer değiştirmesi yani birinin diğerinin yerine geçmesi işlemine ise çaprazlama adı verilir. Bu da popülasyonda çeşitliliği sağlar. Eski kromozomlar çıkartılıp, yeni kromozomlar için yer açılır. Bu şekilde sabit büyüklükte bir popülasyon oluşturulur. Yeni oluşan toplumun başarısını bulmak için bütün kromozomların uygunluk değeri tekrar hesaplanır. Belirli bir periyotta işlemler tekrarlanarak daha iyi nesiller oluşturulur. Son olarak popülasyon en iyi çözüme ulaştığında algoritma durdurulur. Genetik algoritma işleyişi Şekil 3. 1. ‘deki gibi gösterilebilir (Sakawa, 2002).



Şekil 3. 1. Genetik Algoritma İşleyişi (Sakawa, 2002)

3.1.2.3. Genetik algoritma terimleri

Popülasyon; bir problem için alternatif çözümleri temsil eden çözüm kümesine popülasyon adı verilir. GA uygulamalarında ilk olarak bir başlangıç popülasyonu oluşturulur. Genel olarak bu popülasyon rastgele biçimde oluşturulur. Oluşturulan popülasyon değerlendirilir ve belirli çeşitli adımlardan oluşan bir süreçten geçer. Bu süreç sonunda yeni bir popülasyon elde edilir. Bu şekilde birbirini izleyen popülasyonlara kuşak adı verilir.

Her problemin bir uygunluk fonksiyonu (Fitness function) vardır. Bir

kromozomun uygunluk fonksiyonu o çözümün yeteneği ile orantılı olarak bir uygunluk değeri alır. Uygunluk değeri ne kadar yüksek ise yaşama, çoğalma ve sonraki kuşakları temsil etme oranı daha yüksek olur. Bu sayede başarısız bireylerin elenmesi sağlanır (Yeniay,2001). Yeni oluşturulan popülasyona taşınacak olan bireyler belirlenirken uygunluk değerine bakılır. Uygunluk hesaplanırken öncelikle kromozom kodlanır ve amaç fonksiyonu değerlendirilir. Uygunluk çözümün verimliliğini göstermekle beraber kromozomun optimale yakınlığını da gösterir.

Kodlama; genetik algoritma yöntemini diğer metotlardan ayıran özelliklerden biri de parametreler yerine özel seriler kullanılmasıdır. Bağımsız olan parametreler kromozomlara kodlanarak işlem gerçekleştirilir. Kromozom çözümle alakalı tüm verileri taşır. Kodlama ne kadar iyi yapılırsa genetik algoritma uygulaması o kadar başarılı olur.

Veri yapıları; genetik algoritmaların ana veri yapıları uygunluk değeri, kromozomlar, amaç fonksiyon değeri ve fenotiplerdir. Popülasyonun birey sayısı ve genotip uzunlukları ile bir dizi içinde saklanabilir. Aynı şekilde eşleştirmeler sonucunda elde edilen fenotip ve dizayn değişkenleri de dizi içerisinde saklanabilir. Amaç fonksiyon değeri ve uygunluk değeri vektörel ya da skaler biçimde olabilir (Sivanandam ve Deepa, 2008).

3.1.2.4. Genetik algoritma operatörleri

Genetik algoritmada yeni nesiller elde edebilmek için operatörler kullanılır. Yeniden üretme (reproduction), çaprazlama (crossover) ve mutasyon (mutation) en temel genetik operatörlerdendir.

3.1.2.4.1. Yeniden üretme/Seçim

Genetik algoritmada uygunluk oranı en yüksek olan bireylerin daha fazla çoğalması durumuna bağlı olan doğal seleksiyon yeniden üretme olarak adlandırılır. Yeniden üretim operatörü, bireylerin popülasyon içerisinden seçilimi ve ne kadar yeni birey oluşturulması gerektiğiyle ilgili olan adımda kullanılır (Sakawa, 2002).

GA' da üreme prosesi 3 aşamadan meydana gelir (Sivanandam ve Deepa, 2008).

- Ailelerin seçilimi,
- Yeni bireylerin oluşumu için ailelerin çiftleştirilmesi
- Popülasyonda bulunan eski bireylerin yeni bireyler ile değiştirilmesi

Ailelerin seçilimi adımı popülasyon içerisindeki aileleri belirleme işlemidir. Bu seçimde bireylerin nasıl seçileceği ve her birinden kaç tane döl elde edileceği belirlenir. Burada amaç daha uygu bireylerin belirlenmesi ve öne çıkarılmasıdır (Bäck ve ark, 2000). Genetik algoritmada kullanılan farklı seçim metotları vardır.

Rulet tekerleği seçimi; bireyin uygunluk değeri ile oranlı olarak bölünmüş dilimlerden meydana gelmiş bir rulet tekerleğini kullanarak doğrusal arama yapılması yöntemidir. Hedeflenen değer, popülasyondaki uygunluk değerleri toplamının random değeri alınarak oluşturulan bir settir. Hedef değer elde edilinceye kadar popülasyon devam ettirilir. Rulet tekerleği seçiminde uygun birey seçilme garantisi olmamakla beraber uygun bireyin seçilme olasılığı yüksektir. Bu yöntem uygulanırken popülasyondaki birey sayısı kadar tekerlek döndürülür. Her dönüşte tekerleğin işaret ettiği birey oluşturulacak yeni nesil için eşleştirilmek üzere belirlenmiş olur.

Rastgele seçim; uygulanırken yeni nesil belirlemek için aile popülasyonundan rastgele bireyler seçilerek uygulanan bir yöntemdir.

Sıralama seçimi; popülasyonda bulunan bireylerin uygunluk değerleri baz alınarak sıralama yapılır ve bu sıralamadaki değerlerine göre seçilme olasılığı belirlenir. Sıralama seçimi popülasyonu en iyi değerden en kötü değere doğru sıralar (Sakawa, 2002).

Genetik algoritmada performansın yüksek olması için popülasyon çeşitliliğinin ayarlanabilir olması ve seçim baskısı önemli unsurlardır. Turnuva seçimi, sıralama seçimi kıyaslandığında benzerlik gösterir fakat paralel uygulamalar için kullanıma daha uygundur ve hesaplaması daha etkindir (Mitchell, 1999).

Turnuva seçiminin rulet tekerleği yönteminden farkı ise turnuva yöntemi

bireyler arasında turnuva düzenler ve seçim baskısını sağlar. Uygunluk değerine bakılarak kazanan birey belirlenmiş olur. Eşleşme havuzu doluncaya kadar turnuva tekrarlanır.

Boltzmann seçim yöntemi; tavlama benzetim (simulated annealing) metodunu kullanan bir mekanizmadır ve seçim baskısını termodinamik olarak kontrol eder. Tavlama benzetim algoritması ise bir yerel arama algoritması olarak görev yapar. Çok değişkenli fonksiyonların en küçük ve en büyük değerlerinin belirlenmesi için tasarlanmıştır (Lai ve Chan, 1997).

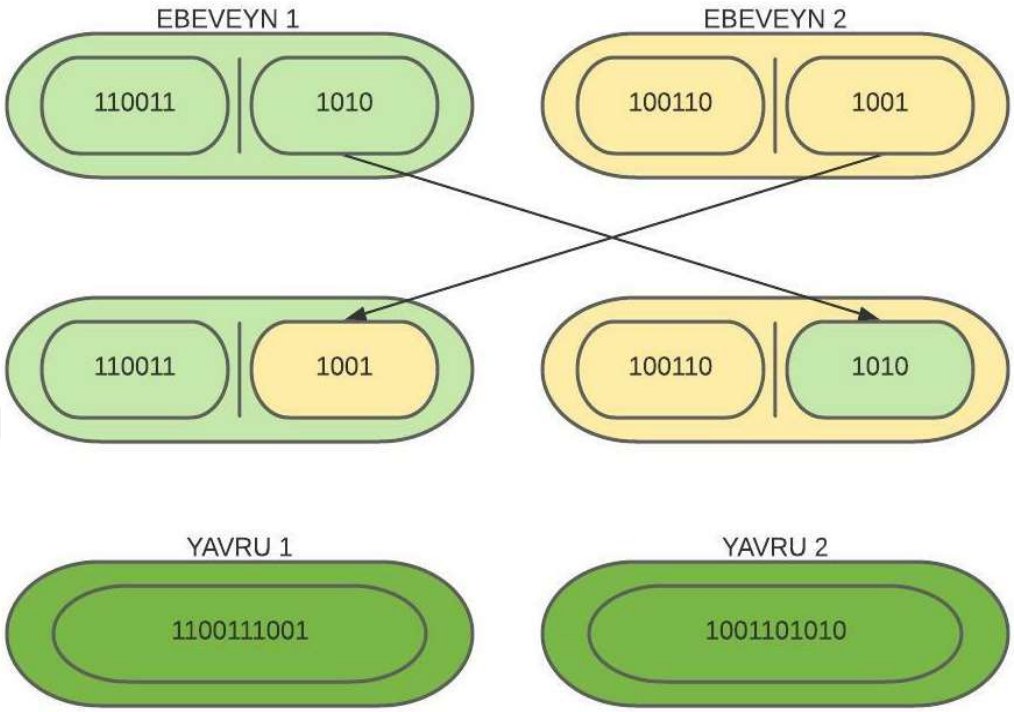
Seçkinlik (Elitism); popülasyon içerisindeki en iyi bireyin korunması esasına dayanır. Mevcut popülasyon içerisindeki bireylerin uygunluk değerlerine bakıldığında uygunluk değeri en yüksek yani en iyi birey oluşturulmak istenen yeni popülasyona kopyalanır. Mevcut popülasyondaki diğer bireyler ise çaprazlama veya mutasyon işlemine uğratılarak yeni popülasyona dahil edilir. Böylece yeni bir popülasyon oluşturulmuş olur. En iyi popülasyon elde edilene kadar bu işlem devam ettirilir. Amaç gereksiz verilerden kaliteli yeni bir topluluk oluşturmaktır.

3.1.2.4.2. Çaprazlama

GA uygulamalarında en çok kullanılan operatörlerden biri çaprazlamadır. Çözüm performansını büyük ölçüde bu operatör etkiler. Farklı çözümlerden aldığı bilgilerin değişimlerini sağlayarak arama uzayında benzer fakat araştırılmamış bölgelere erişmeyi sağlar. Farklı bireylerden gelen bilgiler ve genetik materyaller bir araya getirilerek seçilen bireylerden daha iyi bireyler meydana gelir ve popülasyon zenginleştirilmiş olur. Çaprazlamanın seçim operatöründen farkı ise seçim operatörü ile iyi diziler klonlanmış olur fakat yeni diziler oluşturulmaz (Sakawa, 2002). Çaprazlama yöntemleri çeşitli başlıklar altında incelenebilir:

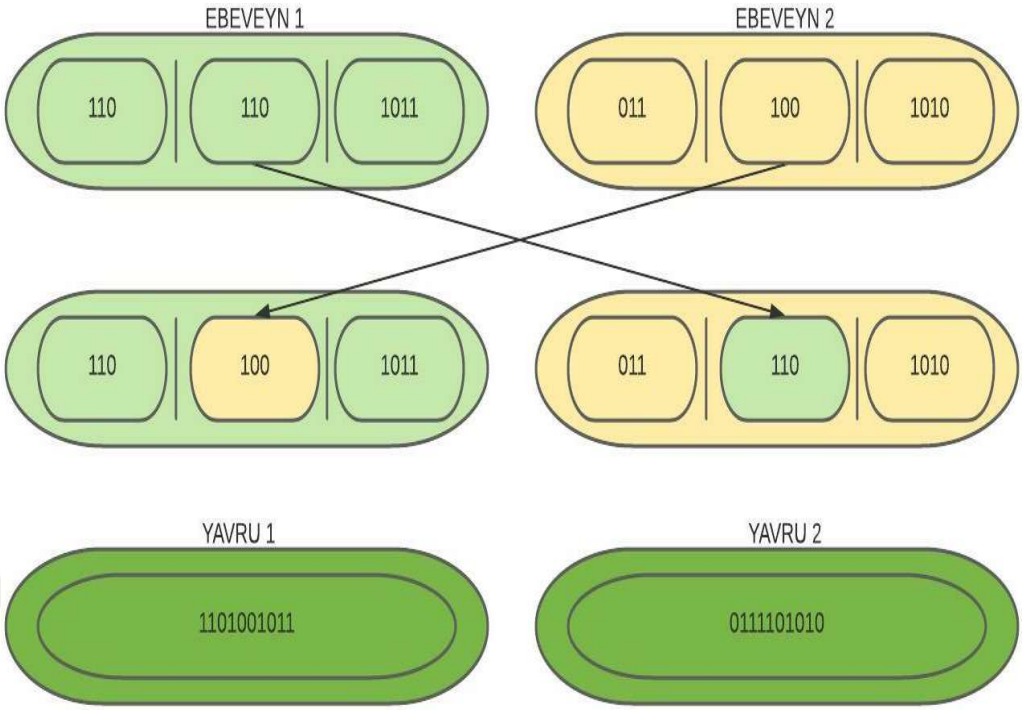
Tek nokta çaprazlama; *e*n çok kullanılan ve en basit çaprazlama yöntemlerinden biridir. Çaprazlama yapılacak olan ebeveynler belirli bir noktadan bölünür ve bölünen parça iki ebeveyn arasında yer değiştirilir. Çaprazlama yapılacak olan bu noktalar rastgele belirlenir, bir sonraki bitten itibaren değişim gerçekleşir. Nokta uygun

belirlenmişe iyi yavrular meydana gelir. Aksi halde dizi kalitesi düşer (Sakawa, 2002; Sivanandam ve Deepa, 2008).



Şekil 3. 2. Tek Nokta Çaprazlama

Çift nokta çaprazlama; çift nokta çaprazlama yönteminde iki farklı nokta seçilir ve eşleştirilen ebeveynlerin belirlenen noktalar arasındaki parçaları birbirleri ile yer değiştirir.



Şekil 3. 3. Çift Nokta Çaprazlama

Tek nokta çaprazlama yönteminde ebeveynin baş ve son kısmı birlikte kopyalanmaz. Hem baş hem son kısmı iyi bir genetik bilgi içermekte ise noktalı çaprazlamada bu bilgiler döl'e aktarılmaz. İki nokta çaprazlama yönteminde böyle bir problem ile karşılaşılmaz ve tek noktalı çaprazlama yöntemine göre daha iyi sonuç verir (Sivanandam ve Deepa, 2008).

Çaprazlama yöntemleri arasında birden çok bölünme noktası olan farklı çaprazlama yöntemleri vardır. Bölünme noktasının artmasıyla problem yüzeyinin tam taranması bir avantajdır. Fakat bölünme noktaları arttıkça ebeveynler arasındaki değişecek parçalar birbirine çok benzer ve genetik algoritmanın performansında düşüş görünür.

N noktalı bir çaprazlamada sonucun etkinliği genlerin kromozomdaki yerine bağlıdır. Çözüm esnasında bağımlı karakteristikleri kodlayan genler birbirlerine yakın olmalıdır. Genin yerleşiminde dolayı meydana gelen problemlere çözüm olarak uniform çaprazlama kullanılır (Sivanandam ve Deepa, 2008).

Uniform çaprazlama; noktalı çaprazlama yöntemlerinden farklıdır. Döl üzerinde

bulunan genler, kromozomlarla aynı boyutta ve rastgele oluşturulan ikili bir çaprazlamaya göre belirlenen ebeveynden gelir. Çaprazlama maskesinde gen, 1 olan yerde ilk ebeveynden alınır, 0 olan yerde ise ikinci ebeveynden kopyalama yapılır. Her ebeveyn çifti için rassal bir şekilde yeni çaprazlama maskesi oluşturulur. Böylece döller ebeveynlerden gelen gen karışımını taşırlar (Sakawa, 2002; Sivanandam ve Deepa, 2008).

Üç ebeveynli çaprazlama yönteminde öncelikli olarak rastgele seçilen üç ebeveyn arasında karşılaştırma yapılır. İlk seçilen ebeveynin her bir biti ikinci ebeveyinle karşılaştırılır. Bitler aynı ise döl için bu gen seçilir. Eğer bitler farklı ise üçüncü ebeveynin geni seçilerek çaprazlama yapılır.

Karıştırmalı (shuffle) çaprazlama yöntemi kullanılırken, tek noktalı çaprazlama yönteminde olduğu gibi tek bir nokta seçilir. Fakat değişkenler karşılıklı değiştirilmeden önce her iki ebeveynin rakamları rastgele karşılaştırılır ve değişim sonrasında gerçekleşir. Bu yöntem diğer noktalı çaprazlama yöntemleri ile birlikte de kullanılabilmektedir. Her çaprazlama sonrası değişkenler rastgele yeniden atandığı için konumsal eğilimlerinde önüne geçilmiş olur (Sivanandam ve Deepa, 2008).

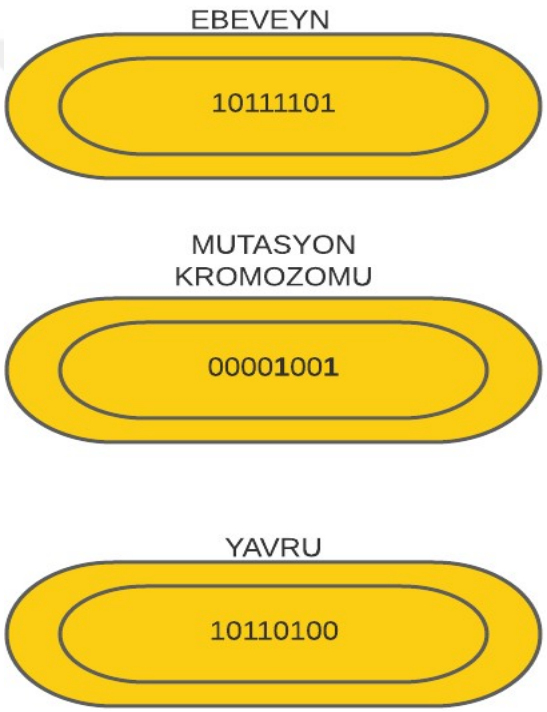
3.1.2.4.3. Mutasyon

Gen potansiyelini araştırmak için çaprazlama yapılırken, popülasyon gerekli olan tüm bilgileri içermez ise istenilen sonuç alınmayabilir. Bundan dolayı elimizde var olan kromozomlardan yeni bir kromozom üretme ihtiyacı doğar. Bunu ise mutasyon denilen operatör ile gerçekleştirebiliriz. Mutasyon ile var olan bireylerden yeni genetik özelliklere sahip bireyler oluşturulabilir ve popülasyona çeşitlilik kazandırılabilir. Mutasyon, genler üzerindeki alellere ulaşabilmek için çaprazlamayla beraber kullanılabilir (Engerbrecht, 2007). Mutasyon uygulanırken, bir alel ile rastgele başka bir alel yer değiştirir ve yeni bir çözüm meydana gelmiş olur (Bäck ve ark, 2000).

Mutasyon, uygulanan işlemler sonucu kaybolan genetik bilgilerin geri kazanılmasında da fayda sağlar. Çaprazlama operatörü, daha iyi bir çözüme ulaşmak

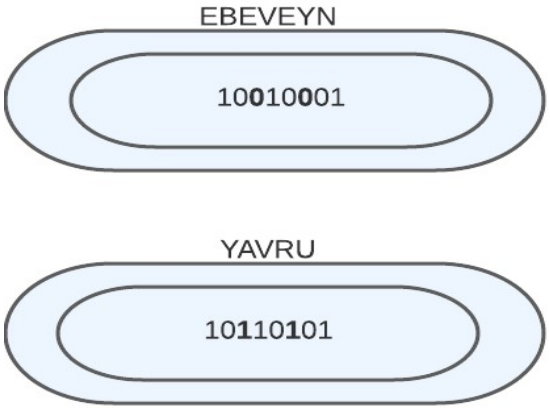
için mevcut çözümü kullanırken; arama operatörü olarak kullanılan mutasyon tüm arama uzayını keşfetmek için kullanılır.

Döndürme (flipping); oluşturulan bir mutasyon kromozomuna göre 0'ı 1'e ve 1'i 0'a çevirme işlemidir. İlk olarak bir ebeveyn seçilir ve tesadüfi olarak bir mutasyon kromozomu oluşturulur. Mutasyon kromozomundaki bir 1'e tekabül eden ebeveyn üzerindeki bit '0' ise '1'e; '1' ise 0'a çevrilerek yeni birey oluşturulur (Sivanandam ve Deepa, 2008).



Şekil 3.4. Döndürme (flipping)

Karşılıklı değişim ve Gaussian mutasyon; *d*eğiş-tokuş dizi içerisinde rastgele olarak belirlenen iki noktadaki bitlerin karşılıklı yerleri değiştirilerek yeni bir kromozom elde edilmesi işlemidir.



Şekil 3.5. Karşılıklı değişim yöntemi

Gaussian mutasyon yönteminde ise kromozom üzerinde bulunan genler, Poison dağılımı kuralına göre mutasyona uğratılır. Bu yöntem ile yeni bir gen belirlenir. Bu belirlenen gen dönüştürülür. (Çakar, 2009).

3.2. Yöntem

Abonelerin aylık tüketim verileri ile kaçak kullanıcılarının tespiti, abonelere bağlı sayaçların değişimini gerektirmediğinden az maliyetli bir işlemdir. Yaptığımız çalışmada, genetik algoritma (GA) yöntemi kullanılarak kullanıcıların tüketim değerleri ile trafo değerleri arasında ilişki kurarak aradaki farka bakıp, kaçak elektrik kullanıcılarını tespit etmek amaçlanmıştır. Bu farkın bir kısmı iletim hattından kaynaklı kayıplar olmakla beraber bir kısmı da kaçak elektrik kullanımından kaynaklıdır. Kayıp-kaçak miktarının tespiti için kullanılması gereken veriler Denklem 3.2'de gösterilmiştir.

$$T = AX + E \tag{3.2}$$

Denklem 3.2' de verilmiş olan T sütun vektöründeki değerler trafodan okunan aylık tüketim değerleridir. A matrisini oluşturan elemanlar abonelerin aylık elektrik tüketim miktarını gösterir. A matrisindeki a_{mn} elemanı m. ayda n. abonenin tüketim miktarlarını gösterir. E sütun vektörü ise sistemdeki aylık kayıpları gösteren vektördür. X abone kat sayı vektörüdür. Denklem 3.3'te açık bir şekilde ifade edecek olursak,

$$\begin{bmatrix} Tay_1 \\ Tay_2 \\ \vdots \\ Tay_M \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11} & \cdots & A_{1N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ A_{M1} & \cdots & A_{MN} \end{bmatrix}_{MxN} \begin{bmatrix} Abone_1 \\ Abone_2 \\ \vdots \\ Abone_N \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Kayıp_1 \\ Kayıp_2 \\ \vdots \\ Kayıp_N \end{bmatrix} \quad (3.3)$$

İdeal durumlarda x vektörü 1'lerden oluşur. AX ile elde edilmiş olan T değeri ile trafodan okunmuş olan T değeri arasındaki fark, kayıplar göz önünde bulundurularak incelendiğinde kayıp ile açıklanmayacak bir fark var ise kaçak kullanım var demektir.

Bu farkı eşitleyebilmek için x vektöründe bulunan bazı değerlerin 1 den büyük bir değer alması gerekir. İdeal durum ve şüpheli durumu kayıpları ihmal ederek (E=0) örnekleyecek olursak;

$$[420] = [100 \quad 110 \quad 110 \quad 100] \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (3.4)$$

Denklem 3.4' te ideal durum yani kaçak kullanımın olmadığı durum gösterilmektedir. Abonelerin toplam tüketim değeri ile trafo değeri eşittir.

$$[420] \neq [100 \quad 110 \quad 80 \quad 100] \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (3.5)$$

Denklem 3.5'te abonelerin toplam tüketim değeri trafo değerinden azdır. Denklem 3.6 'da 3 nolu abonenin kat sayısı arttırılarak 1'den 1.37'ye çıkarılmış ve eşitlik sağlanmıştır.

$$[420] = [100 \quad 110 \quad 80 \quad 100] \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1.37 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (3.6)$$

Abone katsayılarının olduğu vektör incelendiğinde değerlere göre hangi

abonenin kaçak elektrik kullandığı tespit edilebilir. Problemin çözümünde Denklem 3.7 kullanılarak X vektörü kromozom olarak tanımlanmıştır.

$$fitness_i = \sum |T - AX_i| \tag{3.7}$$

Bu denklemde, T trafodan okunan aylık toplam tüketim değeridir. AX, popülasyondaki i. bireyin (kromozomun) katsayılar kullanılarak elde edilmiş olan toplam tüketim değeridir. Uygunluk değeri sıfıra ne kadar yaklaşır ise x bireyinin problemi çözüm yeteneği o kadar fazladır.

Bu çalışmada Octave programı ile 2 farklı yöntem kullanılarak benzetim çalışması yapılmıştır. Farklı abone sayıları için farklı kaçak oranlar kullanarak için ayrı ayrı hesaplama yapılmıştır. Her bir hesaplama 10 ar defa tekrarlanarak elde edilen 10 değerin aritmetik ortalaması alınmıştır ve ortalama bir başarım değeri elde edilmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Uygulaması yapılan her iki yöntem için tüm abonelerin normal kullanıcı olduğu varsayılarak değerleri 1 atanmıştır. Kacak Abone sayısı kadar abonenin değeri ise 1.6667 ile 3.3333 arasında değiştirilmiştir. Bu katsayılar 1/ (1-0.4) ve 1/ (1-0.7) yüzde 40,70 kaçak oranları varsayılarak hesaplanmıştır.

1.yöntemde standart genetik algoritma kullanılmıştır. 100, 200, 300, 400 ve 500 abone sayısı değerleri için 6 aylık, 12 aylık ve 18 aylık gözlem yapılmıştır. Kaçak oranı olarak %10, %15, %20, %25 kabul edilmiştir. Popülasyon büyüklüğü, abone sayısının 2 katı olarak kabul edilmiştir. Popülasyonda bulunan tüm aboneler şüpheli yani kaçak kullanıcısı kabul edilerek başlangıç popülasyonu oluşturulmuştur. Bu yöntem sonucunda elde edilen başarı yüzdelikleri %20-%30 aralığındadır. Elde edilen başarım ortalamaları aşağıda verilen çizelgelerde gösterilmiştir.

Çizelge 4. 1. Yöntem 1 için 6 ay başarım değeri ortalamaları

Yöntem 1 (Standart GA yöntemi)					
	Abone Sayısı				
K.O(%)	100	200	300	400	500
10	0.22	0.26	0.31	0.33	0.35
15	0.30	0.29	0.33	0.32	0.31
20	0.24	0.30	0.34	0.32	0.32
25	0.24	0.29	0.31	0.33	0.30

Çizelge 4.1'deki 6 ay gözlem sonucunda elde edilen başarım değerleri incelendiğinde abone sayısı arttıkça elde edilen başarım değerlerinde az miktarda değişim gözlemlenmiştir. Başarım yüzdelerinde düzensiz olarak artma ve azalmalar vardır. Kaçak oranındaki artışa göre inceleme yapıldığında başarım oranının sabitlik, artma ve azalma gösterdiği görülmüştür. Yine az miktarda ve düzensiz bir değişimin olduğu ve başarım yüzdeliklerinin %22 ile %35 aralığında olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 4. 2. Yöntem 1 için 12 aylık başarım değeri ortalamaları

Yöntem 1 (Standart GA yöntemi)					
	Abone Sayısı				
K.O(%)	100	200	300	400	500
10	0.26	0.26	0.32	0.34	0.37
15	0.26	0.32	0.33	0.36	0.33
20	0.31	0.32	0.34	0.31	0.32
25	0.30	0.29	0.31	0.32	0.31

Çizelge 4. 2'deki 12 ay gözlem sonucunda elde edilen başarım değerleri incelendiğinde abone sayısı arttıkça elde edilen başarım değerlerinde artma ve azalmanın olduğu ve bu değişimin az miktarda düzensiz bir değişim gözlemlenmiştir. Kaçak oranındaki artışa göre inceleme yapıldığında başarım oranının sabitlik, artma ve azalma gösterdiği görülmüştür. Yine az miktarda ve düzensiz bir değişimin olduğu ve başarım yüzdeliklerinin %26 ile %37 aralığında olduğu gözlemlenmiştir. Çizelge 4. 1'e kıyasla başarım yüzdelik aralığının arttığı görülmektedir.

Çizelge 4. 3. Yöntem 1 için 18 aylık başarım değeri ortalamaları

Yöntem 1 (Standart GA yöntemi)					
	Abone Sayısı				
K.O(%)	100	200	300	400	500
10	0.22	0.30	0.29	0.35	0.37
15	0.26	0.33	0.31	0.36	0.33
20	0.28	0.32	0.32	0.31	0.32
25	0.28	0.29	0.30	0.32	0.31

Çizelge 4.3 ‘deki 18 ay gözlem sonucunda elde edilen başarım değerleri incelendiğinde abone sayısı arttıkça elde edilen başarım değerlerinde artma ve azalmanın olduğu ve bu değişimin az miktarda ve düzensiz bir değişim olduğu gözlemlenmiştir. Kaçak oranındaki artışa göre inceleme yapıldığında başarım oranının sabitlik, artma ve azalma gösterdiği görülmüştür. Yine az miktarda ve düzensiz bir değişimin olduğu ve başarım yüzdeliklerinin %22 ile %37 aralığında olduğu gözlemlenmiştir. Çizelge 4. 1’e kıyasla başarım yüzdelik aralığının arttığı görülmektedir.

Sonuç olarak baktığımızda yöntem 1 in abone sayısı artışı, kaçak oran miktarı ve gözlem süresindeki değişimlerden az miktarda etkilendiği ve bu miktarın azımsanacak miktarda olduğu görülmektedir. Bu 1. Yöntemin olumlu yönü olmakla beraber başarım yüzdeliklerinin %22 ile %37 aralığında çıkması yöntemi pratikte kullanmak için başarımın yeterli olmadığını göstermektedir. Bu yöntem sonucunda elde edilen başarım yüzdeliklerinin arttırılması için Yöntem 2 çalışması yapılmıştır.

2. yöntemde 100, 200, 300, 400 ve 500 abone sayısı değerleri için 6 aylık, 12 aylık ve 18 aylık gözlem yapılmıştır. Kaçak oranı olarak %10, %15, %20, %25 kabul edilmiştir. Popülasyon büyüklüğü, abone sayısının 2 katı olarak kabul edilmiştir. Başlangıç popülasyonu oluşturulurken abonelerin aylık tüketim değerlerinin ortalaması ve standart sapması hesaplanarak, ortalamanın çok altında tüketim değerine sahip aboneler şüpheli abone olarak kabul edilmiştir. Bu şüpheli abonelerin numaralarından bir vektör oluşturularak bir popülasyon oluşturulmuştur. Bu yöntem sonucunda elde edilen başarı yüzdelikleri %89-%100 aralığındadır. Elde edilen başarım ortalamaları verilen çizelgelerde gösterilmiştir.

Çizelge 4. 4. Yöntem 2 için 6 aylık başarım değeri ortalamaları

Yöntem 2 (İstatistiksel Yöntem)					
	Abone Sayısı				
K.O(%)	100	200	300	400	500
10	0.93	0.98	0.93	0.91	0.91
15	0.94	0.93	0.92	0.94	0.89
20	0.93	0.91	0.90	0.93	0.89
25	0.91	0.91	0.90	0.89	0.89

Çizelge 4. 4 ‘deki 6 ay gözlem sonucunda elde edilen başarım değerleri incelendiğinde abone sayısı arttıkça elde edilen başarım değerlerinde az miktarda değişim gözlemlenmiştir. Düzensiz olarak artma ve azalmalar vardır. Kaçak oranındaki artışa göre inceleme yapıldığında az miktarda ve düzensiz bir değişimin olduğu başarım oranının sabitlik, artma ve azalma gösterdiği görülmüştür. Başarım yüzdeliklerinin %89 ile %94 aralığında olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 4. 5. Yöntem 2 için 12 aylık başarım değeri ortalamaları

Yöntem 2 (İstatistiksel Yöntem)					
	Abone Sayısı				
K.O(%)	100	200	300	400	500
10	1.00	0.97	0.95	0.95	0.93
15	0.96	0.92	0.92	0.92	0.92
20	0.95	0.90	0.91	0.90	0.91
25	0.90	0.91	0.90	0.91	0.90

Çizelge 4. 5' deki 12 ay gözlem sonucunda elde edilen başarım değerleri incelendiğinde abone sayısı arttıkça elde edilen başarım değerlerinde artma ve azalmanın olduğu ve bu değişimin az miktarda olduğu gözlemlenmiştir. Kaçak oranındaki artışa göre inceleme yapıldığında az miktarda artış ve azalma olduğu görülmüştür. Başarım yüzdeliklerinin %90 ile %100 aralığında olduğu gözlemlenmiştir. Çizelge 4. 4'e kıyasla başarım yüzdelik aralığının arttığı görülmektedir

Çizelge 4. 6. Yöntem 2 için 18 aylık başarım değeri ortalamaları

Yöntem 2 (İstatistiksel Yöntem)					
	Abone Sayısı				
K.O(%)	100	200	300	400	500
10	0.98	0.96	0.96	0.94	0.93
15	0.98	0.94	0.94	0.90	0.91
20	0.96	0.94	0.93	0.91	0.93
25	0.91	0.91	0.92	0.91	0.89

Çizelge 4. 6'daki 18 ay gözlem sonucunda elde edilen başarım değerleri incelendiğinde abone sayısı arttıkça elde edilen başarım değerlerinde artma ve azalmanın olduğu ve bu değişimin az miktarda ve düzensiz bir değişim olduğu gözlemlenmiştir. Kaçak oranındaki artışa göre inceleme yapıldığında başarım oranının sabitlik, artma ve azalma gösterdiği görülmüştür. Yine az miktarda ve düzensiz bir değişimin olduğu ve başarım yüzdeliklerinin %89 ile %98 aralığında olduğu gözlemlenmiştir.

Sonuç olarak tablolar incelendiğinde farklı kaçak oranlar ve abone sayıları kullanılarak her iki çalışmamız için GA 'nın başarım değerleri benzetim yapılarak çıkartılmıştır. Her iki yöntemde de başarım oranının, abone sayısı değişimi, kaçak oran miktarı ve gözlem süresindeki değişimlerden az miktarda etkilendiği ve bu miktarın azımsanacak miktarda olduğu görülmektedir. Yöntem1 ile yöntem 2 kıyaslanacak olur ise, yöntem 2 de başarımın %100 e yaklaştığı ve yöntem 1'e göre büyük bir başarı elde edildiği görülmektedir. Sonuçlara bakılarak yöntem 2'nin, pratikte özelikle saha uygulamalarında kullanılabilir olduğu aldığımız sonuçlar doğrultusunda ön

görülmektedir.

Çizelgeler incelendiğinde farklı kaçak oranlar ve abone sayıları kullanılarak her iki çalışmamız için GA 'nın başarım değerleri çıkartılmıştır. Her bir durum için 10 benzetim yapılarak elde edilen sonuçların ortalamaları tabloda belirtilmiştir. Her iki çalışmada da kaçak oranları arttıkça başarım değerlerinde ortalama %10 luk bir düşüş gözlenmektedir. Gözlem süresi ve abone sayılarının artması genel olarak başarım değerlerini olumsuz yönde etkilememiştir.

Bu iki çalışma kendi arasında kıyaslanacak olursa, 1. yöntemin başarım değerleri 2. yönteme göre oldukça düşüktür. Bu da 1.yöntemin pratikte kullanmak için yeterli olmadığı göstermektedir. 2. yöntemin değerlerine bakıldığında ise %90-%100 arası başarı yüzdelikleri elde edildiği görülmektedir. Bu da yöntemin günlük ve pratik kullanıma uygun olduğunu göstermektedir.

5.SONUÇLAR ve ÖNERİLER

100, 200, 300, 400 ve 500 abone kullanarak 6 aylık, 12 aylık ve 18 aylık gözlem süresi için yaptığımız çalışmada, kaçak oranı %10, %15, %20, %25 olarak kabul edilmiştir. Yöntem 1 de tüm aboneler şüpheli gözüyle değerlendirilmiş ve standart genetik algoritma yöntemi uygulanmıştır. Yöntem 2 de ise ortalama değer ve standart sapma değerine bakılmış ve ortama ile standart sapma farkının altında kalan aboneler kaçak kullanım şüphelisi olarak değerlendirilmiştir. Bu yöntem ile şüpheli abone miktarı azaltılmıştır ve çalışmanın başarım oranı arttırılmıştır.

Kaçak elektrik tespiti için yaptığımız çalışmada iki farklı yöntem kullanılarak elde edilen değerler kıyaslanmıştır. Sonuç olarak 1.yöntemde elde edilen başarım oranlarının %20-%30 civarlarında olduğu gözlemlenirken, yapılan 2. yöntemde bu oranın %80 ile %100 arasında olduğu gözlemlenmiştir. 1.yöntemin pratikte kullanım için yeterli başarıya sahip olmadığı fakat 2. Yöntemin başarı yüzdeliklerinin fazla olduğu, pratikte kullanılması için yeterli yüzdeliklere sahip olduğu görülmektedir.

Kayıp ve kaçak kullanım oranları incelendiğinde kayıp kaçak miktarlarını azaltmaya yönelik ve kaçak kullanımının tespitine yönelik çalışmaların arttırılması gerektiği görülmektedir. Kaçak kullanıma yönelik tüm tesisatın mühürlenmesi, taklidi zor mühürler kullanılması, sayaçların mühürlü sayaç dolaplarının içine konulması, kofra ve sayaç dolabında koruyucu olarak kompakt şalter veya anahtarlı sigorta kullanılması, tüketim düşüşü sürekli olan abonelerin incelenmesi, abonelik işlemlerinin kolaylaştırılması, kanun ve yönetmeliklere ağır ve caydırıcı cezalar getiren maddeler konulması kaçak elektrik kullanımında caydırıcı olabilecek bazı çözüm önerileridir.

Kayıpları azaltmaya yönelik ise, elektrik puant tarifesi kullanıcılara ayrıntılı ve doğru bir biçimde tanıtılmalıdır. Tüketiciye ekonomik tüketim nasıl yapılabileceği ekonomik zaman dilimlerinin hangileri olduğu anlatılmalıdır. Üretimi yapılan ve ithal edilen elektrik enerjisine ihtiyaç duyan bazı cihazların (beyaz eşya, asansör motoru, flüoresan gibi) güç faktörlerinin en az 0.95 olması koşulu ile kendi içinde kompanze

edilmesi koşulu getirilmelidir. Ömrünü doldurmuş tesisler yenilenmelidir. Yeni yapılacak tesislerde kayıpların az olabilmesi için Elektrik Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliğinde mevcut olan gerilim düşümü değerleri düşürülmelidir.

Kayıp ve kaçak kullanım miktarlarının birbirinden ayrı olarak hesaplanabilmesi, kayıp enerjinin net olarak tespit edilmesi için çalışmalar yapılmalıdır. Enerji fiyatlandırma politikalarında düzenleme yapılmalı, gelir seviyesi düşük olarak belirlenmiş ailelere ucuz tarifeler uygulanmalıdır. Elektrik fiyatlarının yüksek olmasından dolayı ülke genelinde kaçak elektrik kullanımına yönelim söz konusudur. Özellikle kaçak kullanımının yoğun olduğu GAP bölgesi, güneş enerjisi üretiminde verimlilik açısından en verimli bölgelerden biridir. Bu bölgede güneş enerjisi kullanımının arttırılması için çalışmalar yapılmalı ve devlet teşviklerinin arttırılması sağlanmalıdır. Böylece hem kaçak elektriğe yönelim azalmış olur hem doğal kaynaklarımızdan faydalanarak maliyeti düşük enerji üretimi yapmış olunur. Teknik kayıpların azaltılması için çalışmalar yapılmalı, bölgedeki enerji alt yapısı gözden geçirilmelidir. Halk enerji tüketimi konusunda bilinçlendirilmeli, enerji tasarrufunun yaşam biçimi haline getirilmesi için toplumsal çalışmalar yapılmalı, yayın organları daha aktif bir biçimde kullanılmalıdır.

KAYNAKLAR

BAYINDIR, R. ve DEMİRTAŞ, K., 2014. Akıllı Şebekeler: Elektronik Sayaç Uygulamaları. Politeknik Dergisi, 17(2): 75-82.

BÄCK and THOMAS, 1996. Evolutionary Algorithms in Theory and Practice. Oxford University Press, New York, First Edition.

BÄCK, THOMAS., FOGEL, DAVID B., MICHALEWICZ and ZBIGNIEW, 2000. Evolutionary Computation I: Basic Algorithms and Operators. Instıtute of Physics Publishing.

BÄCK, THOMAS., FOGEL, DAVID B., MICHALEWICZ and ZBIGNIEW, 2000. Evolutionary Computation II: Advanced Algorithms and Operators. Instıtute of Physics Publishing, Bristol and Philadelphia.

BÄCK and THOMAS. 1994. Selective pressure in evolutionary algorithms: A characterization of selection mechanisms. Proceedings of the first IEEE Conference on Evolutionary Computation, IEEE Press, Orlando, s:57-62.

CABRAL, J. E., PİNTO, J. and PİNTO, M. A., 2009. Fraud Detection System For High And Low Voltage Electricity Consumers Based On Data Mining, 2009 IEEE Power & Energy Society General Meeting, Calgary, AB, Canada.

ÇAKAR, K., 2009. Genetik Algoritmalar Yardımıyla Acil Servis İstasyonu Yerleşiminin Optimizasyonu. Atatürk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum, 114s.

ÇAVDAR, İ. H., 2004. Solution to Remote Detection of Illegal Electricity Usage via Power Line Communications. IEEE Transactions on Power Delivery, 19(4): 1663-1667.

ÇUNKAŞ, M, 2006. Genetik Algoritmalar ve Uygulamaları. Selçuk Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Elektronik Bilgisayar Eğitimi, Konya.

DÜZGÜN B., 2018. Türkiye Elektrik İletim ve Dağıtım Şebekesinin Enerji Verimliliğinin Değerlendirilmesi ve 2023 Projeksiyonları. Gazi Üniversitesi, Politeknik Dergisi, 21(3): 621-632.

EMO, Türkiye'de Elektrik Enerjisi Gelişiminin Kisa Tarihçesi Ve Genel Üretim Bilgileri, 2021, https://www.emo.org.tr/ekler/0082ac261d74f5a_ek.pdf , Erişim Tarihi:17.06.2022.

ENGELBRECHT and ANDRIES P., Computational Intelligence, John Wiley & Sons Inc., Second Edition, 2007.

EPDK, Elektrik Piyasası Yıllık Sektör Raporu, 2022, https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-24/elektrikyilliksektor, Erişim Tarihi:05.07.2022.

GÜNGÖR, O., 2014. Kaçak Elektrik Kullanımının GSM Aracılığıyla Takibi. Tubitak, 4(8): 29-33.

HOŞGÖR, H. H., 2018. Kaçak Elektrik Kullanımını Önlemek İçin Matematiksel Yöntemlerin Geliştirilmesi. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 79s.

KAHRAMAN, S., 2004. Kaçak Elektrik Kullanımının Belirlenmesinde Matlab Simülasyonu. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya, 69s.

KOÇ, E. ve KAYA, K., 2015. Enerji Kaynakları-Yenilenebilir Enerji Durumu. Mühendis ve Makina, 56(668): 36-47.
KOZA, J. R.,1992, Genetic Programming, A Bradford Book.
MUNGAN M. ve ÇİFTÇİ M., 2009. Elektrik Enerjisi Üretim, İletim ve Dağıtım Sistemlerine Genel Bir Bakış. Ege Bölgesi Enerji Forumu, 12-13 Ekim, Denizli, s.58-72.
NAZLİ, M. B. and ASHOUR W., 2018. Automated Fraud Detection Model for Electricity Consumption. The Islamic University of Gaza, Faculty of Engineering, Master of Computer Engineering, Gazze, 51s.
ÖZTÜRK, A., TOSUN, S., ERDOĞMUŞ, P. ve HASIRCI, U., 2009. Elektrik Enerji Dağıtım Sisteminde Ekonomik Aktif Güç Dağıtımının Genetik Algoritma ile Belirlenmesi. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 17(3): 185-197
PASDAR, A. M.and MİRZAKUCHAKİ, S., 2007. A Solution to Remote Detecting of Illegal Electricity Usage Based on Smart Metering. Soft Computing Applications, Sofa, s.163-167.
SAKAWA and MASATOSHI, 2002. Genetic Algorithms and Fuzzy Multiobjective Optimization. Kluwer Academic Publisher, Massachusetts.
SİVANANDAM, S.N. and DEEPA, S.N., 2008. Introduction To Genetic Algorithms. Springer-Verlag, New York.
ŞENEL, S., 2006. Genetik Algoritmalar ile Enerji İletim Kayıpları ve Saatlik Yakıt Gideri Optimizasyonu. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 52s.
TANRISEVEN, D., 2000. Genetik Algoritmalar Kullanarak Peptidlerde Motif Bulma. Boğaziçi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 90s.
TÜFEKÇİ, T., 2002/Mayıs. Elektrik Enerjisinde Kayıp-Kaçak Sorunumuz. Kaynak Elektrik, s.122-126.
TÜZÜN, M. N., 2005. Güney doğu Anadolu bölgesindeki enerji sorunları ve Diyarbakır ili elektrik sorunlarını tespit etme ve anket sonuçları. Emo Güneydoğu Anadolu Bölgesi Enerji Forumu, s.40-47.
ÜSTÜNSOY, F., SAYAN, H. ve SAYGIN, A., 2018. AG Dağıtım Şebekelerinde Kaçak Kullanımın Tespiti ve Otomatik Faturalama İçin Örnek Laboratuvar Çalışması. Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 6(4):1178-1189.
YAŞAR, C., ASLAN, Y. ve BİÇER, T., 2010. Bir Dağıtım Transformatörü Bölgesindeki Kayıpların İncelenmesi. Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 1(22): 9-22.
YENİAY, Ö., 2001. An Overview of Genetic Algorithms. Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 2(1): 37-49.
WİKİPEDİA, John Henry Holland, 2018, Erişim Tarihi: https://en.wikipedia.org/wiki/John_Henry_Holland, 05.06.2022.
WİKİPEDİA, John Koza, 2022, https://en.wikipedia.org/wiki/John_Koza, Erişim Tarihi: 05.06.2022

EKLER

EK 1: Octave Programı Çalışma Kodları

PROBLEM

```
function [gerA,A,b,kacakOranVec,x,basarimOrani] = problem(abone,ay,kacakOran)
## [gerA, A,b,kacakOranVec,x] = problem(abone,ay,kacakOran)
##kacak oran [0,1] aralığında verilmeli.
##abone toplam abone sayısıdır.
##ay sayaçların kac ay okunduğunu belirtir.
##yazar: Zemzem Tuba İlhan
##tarih: 20.04.2022
pkg load ga;
global A;
global b;
global kacAboSay;
global supAboneVec;
nvars = abone;
lb(1:nvars) = 1.42;
ub(1:nvars) = 3.33;
popSize = 2 * abone;
maxGeneration = 50;
kacAboSay = ceil(abone*kacakOran);
[gerA,A,b,kacakOranVec,kacakEL,kacakAboneVec]=okunanelec(abone,ay,kacAboS
ay);
#aylara gore abonelerin aylık ortalama tüketimleri
mA = mean(A');
#aylara göre abonelerin aylık standart sapmaları
stdA = std(A');
#abonenin bireysel ortalaması
aboneMA = mean(A);
#eğer abonenin bireysel ortalaması genel ortalamanın çok altında ise
#abone şüpheli abone vektörüne ekleniyor.
```

```
supAboneVec = [];
for i = 1 : abone
flag = 0;
for j = 1 : ay
if ( aboneMA(i) <= ( mA(j) - stdA(j) ) );
flag = flag + 1 ;
endif
endfor
#tüketim aylarının çoğunluğunda ortalamanın altında tüketim yapılmış ise abone
şüpheli sayılıyor
if (flag >= 0.6 * ay )
supAboneVec = [supAboneVec i];
endif
endfor
myOptions=gaoptimset('CreationFcn',@myInitPopType2,'CrossoverFcn',@myCross
Type1,'MutationFcn',{@myMutation,4,1},'PopulationSize',popSize,'Generations',ma
xGeneration);
x = ga(@myfitness,nvars,[],[],[],[],lb,ub,[],myOptions);
#kacakAboneVec, gerçek kaçak kullanıcıları vektörü ile x vektöründeki değeri
#1 veya 1.2'den farklı olan indis numaralarını karşılaştırarak algoritmanın yüzde
#kac başarılı olduğunun bulunması
hespkacAboVec = find(x > 1.01);
lk = length(kacakAboneVec);
puan = 0;
for ii = 1: lk
temp = kacakAboneVec(ii);
if( find( hespkacAboVec == temp) )
puan=puan+1;
endif
endfor
#[puan lk-puan]
basarimOrani = puan / lk;
```

```
#lk değeri kacak abone sayısını
#verdiginden basarım oranını bulmuş oluyor
Endfunction

OKUNANELEK
function
[gerA,A,b,kacakOranVec,kacakEl,kacAboVec]=okunanelec(abone,ay,kacAboSay)
#[gerA,A,b]=okunanelec(abone,ay,kacAboSay)
#gerA matrisi abonelerden okunması gereken değerler karşılaştırma amacı
#ile kullanılacak.
#A matrisi abonelerden alınmış elektrik tüketim değerlerinin matrisi
#b vektörü trafoda aylık okunan gerçek tüketimin değeri
global A;
global gerA;
global b;
global kacakOranVec;
global kacakEl;
#rassal sayı generatörü bilgisayarın saati ile seed ediliyor.
v = rand ("state");
rand ("state", v);
kacakOranVec=0.01*round(40+30*rand(1,kacAboSay));
#elektrik kaçıran kişilerin yüzde 40 ile 70 arasında
# kacak elektrik kullandıkları varsayılıyor. kacakOranVec de [0.4,0.7] aralığında
#sayılar var.
secilimVec = 1:abone;
sonIndis = abone;
kacAboVec = zeros(1,kacAboSay);
#hafızada yer ayırtarak programın daha hızlı çalışmasını sağlıyor
for i=1:kacAboSay
tempIndis = randi(sonIndis,1,1);
kacAboVec(i)= secilimVec(tempIndis);
temp = secilimVec(sonIndis);
```

```
secilimVec(sonIndis) = secilimVec(tempIndis);
secilimVec(tempIndis) = temp;
sonIndis = sonIndis - 1;
endfor
gerA = rand(ay,abone);
#12 ayda,100 abonenin rastgele değerlerinden oluşan A matrisi
gerA = 80+40*gerA;
#abonelerin 80kw ile 120 kw arasında elektrik kullandıkları varsayılıyor.
gerA = round(gerA); #A matrisi değerlerini tam sayıya yuvarla
b = sum(gerA')';
#A matrisinin transpozesinin elemanlarının toplamının transpozesi b matrisine eşittir
A = gerA;
for i=1:kacAboSay
A(:,kacAboVec( i ) ) = (1 - kacakOranVec(i)) *  A(:,kacAboVec( i ) );
A(:,kacAboVec( i ) ) = round(A(:,kacAboVec( i ) ));
endfor
btemp=sum(A')';
kacakEl = b - btemp;
endfunction
```

PARAMETRİK

```
kacakOrani = [0.1,0.15,0.2,0.25];
#tum aboneler içerisinde kacak abone oranı
LKO = length(kacakOrani);
#kacakoranı vektörü uzunluğu
simulasyonSayisi = 10;
for i=1:LKO
puan=0;
for j=1:simulasyonSayisi
[gerA,A,b,kacakOranVec,x,basarimOrani] = problem(100,18,kacakOrani(i));
puan = basarimOrani + puan;
end
```

```
puan= puan /simulasyonSayisi;
sonuc(i,1)=kacakOrani(i);
#kacak oranı birinci sutunda
sonuc(i,2)=puan;
#Basarım ikinci sutunda
end
sonuc(:,2)
```

MYMUTATİON

```
function mutationChildren = myMutation (parents, options, nvars, FitnessFcn,state,
thisScore,thisPopulation)
lparents = length(parents);
mutationChildren = ones(lparents,nvars);
for i = 1 : lparents
temp = thisPopulation(parents(i),:);
temp = temp - ones(1,nvars);
mutationIndex = find(temp);
lmIndex = length(mutationIndex);
if(lmIndex > 0 )
if (lmIndex > 1)
mutationPoint1 = randi(lmIndex,1);
else
 mutationPoint1 = lmIndex;
endif
if ( mutationPoint1 == 0)
mutationPoint1 = 1;
endif
mutationPoint2 = randi(nvars,1);
temp = thisPopulation(parents(i),:);
mutationIndex(mutationPoint1);
tempVal = temp( mutationIndex( mutationPoint1 ) );
temp(mutationIndex( mutationPoint1 ) ) = temp(mutationPoint2);
```

```
temp(mutationPoint2) = tempVal ;
mutationChildren(i,:) = temp;
lse
temp(1,randi(nvars,1)) = 1.6667 + 1.6663 * rand();
mutationChildren(i,:) = temp;
endif
endfor
endfunction
```

MYFİTNESS

```
function fit = myfitness( x )
global A;
global b;
global kacakEl
lkEl = length(kacakEl);
kacakElTemp = b - A*x';
v = find ( kacakElTemp < 0 );
lv = length(v);
fit = 100*lv/lkEl + sum( abs( b - A * x' ) );
endfunction
```

MYCROSSTYPE1

```
function xoverKids = myCrossType1(parents, myoptions, nvars, myfitness,unused,
myPop)
nc_parents=columns(parents) ;
xoverKids(nc_parents / 2,1:nvars) = 1 ;
for i = 1 : nc_parents / 2
nonZeroIndex1 = find(myPop(parents(i),1:nvars) != 1);
nonZeroIndex2 = find(myPop(parents(i+1),1:nvars) != 1);
if ( length( nonZeroIndex1 ) == 0)
crossPoint1 = nonZeroIndex1;
else
```

```
crossPoint1 = randi(length(nonZeroIndex1),1);
endif
if ( length( nonZeroIndex2 ) == 0)
crossPoint2 = nonZeroIndex2;
else
crossPoint2 = randi(length(nonZeroIndex2),1);
endif
temp = myPop(parents(i),crossPoint1);
xoverKids (i,1:nvars) = myPop(parents(i),1:nvars);
xoverKids(i,crossPoint1) = 1;
xoverKids(i,crossPoint2) = myPop(parents(i+1),crossPoint2);
endfor
endfunction
```

MYCROSSTYPE2

```
function xoverKids = myCrossType2(parents, myoptions, nvars, FitnessFcn, unused,
myPop)
indisVec1=[];
#myoptions = optimoptions('ga','CrossoverFcn', @myCrossType2);
for i=1:nvars
if(parents(1,i)~=1)
indisVec1=[indisVec1 i];
end
end
L1 = length(indisVec1);
if(L1 == 0 )
L1 = 1;
end
L2 = length (indisVec2);
if(L2 == 0)
L2 = 1;
end
```

```
indis1=randi(1,L1);
indis2=randi(1,L2);
temp=parents(indis1);
parent1=parents(1,:);
parent2=parents(2,:);
end
```

MYINİTPOP

```
function myPop = myInitPop(abone, myfitness, myoptions)
global kacAboSay;
myPop(1:myoptions.PopulationSize,1:abone) = 1;
for i = 1 : myoptions.PopulationSize
for j = 1:kacAboSay
myPop(i, randi(abone,1)) = 1.6667 + 1.6663 * rand();
endfor
endfor
endfunction
```

MYINİTPOPTYPE2

```
function myPop = myInitPopType2(abone, myfitness, myoptions)
#bu fonksiyon problemin çözümü olabilecek x vektörlerinden oluşan
#bir popülasyon oluşturur. Bunun için öncelikle tüm abonelerin
#normal kullanıcı olduğu varsayılır ve değerleri 1 olarak atanır.
#kacak Abone sayısı kadar abonenin değeri ise 1.6667 ile 3.3333 arasında
değiştirilir.
#bu katsayılar 1/(1-0.4) ve 1/(1-0.7) yüzde 40,70 kacak oranları varsayılarak
#hesaplanmıstır.
global supAboneVec;
lsupAboneVec = length(supAboneVec);
myPop(1:myoptions.PopulationSize,1:abone) = 1;
for i = 1 : myoptions.PopulationSize
for j = 1:lsupAboneVec
```

```
myPop(i, supAboneVec(j)) = 1.6667 + 1.6663 * rand();
endfor
endfor
endfunction
```

EK 2: EPDK 21 Elektrik Dağıtım Şirketine Ait 2014-2021 Yılları Arası Teknik Ve Teknik Olmayan Kayıp Oranları

Evrak Tarih ve Sayısı: 19.07.2022-491156

T.C.
ENERJİ PİYASASI DÜZENLEME KURUMU
Tarifeler Dairesi Başkanlığı

Sayı : E-32841861-110.03.02-
Konu : Kayıp Oranları Bilgi Edinme

Sayın ZEMZEM TUBA İLHAN
Doğukent MH 1129 sk Yunusemre apt No 11/7 Karaköprü /Şanlıurfa

İlgi : 05.07.2022 tarihli ve 558677 sayılı yazı.

İlgide kayıtlı yazınızda özetle; Türkiye'deki teknik ve teknik olmayan kayıp oranlarına ilişkin veriler talep edilmektedir.

Bu kapsamda 2014-2021 yılları arasında 21 elektrik dağıtım şirketinin gerçekleşen teknik ve teknik olmayan kayıp oranlarını içeren tablo aşağıda yer almaktadır.

21 ELEKTRİK DAĞITIM ŞİRKETİ TEKNİK VE TENİK OLMAYAN KAYIP ENERJİ ORANLARI								
ŞİRKET	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
AKDENİZ ELEKTRİK DAĞITIM ANONİM ŞİRKETİ	8,64%	7,04%	6,32%	6,67%	5,78%	5,91%	7,08%	7,57%
AKEDAŞ ELEKTRİK DAĞITIM ANONİM ŞİRKETİ	6,82%	4,98%	7,22%	5,33%	5,51%	6,46%	6,10%	5,52%
ARAS ELEKTRİK DAĞITIM ANONİM ŞİRKETİ	26,21%	26,60%	25,68%	24,55%	23,55%	21,64%	20,56%	20,08%
ADM ELEKTRİK DAĞITIM ANONİM ŞİRKETİ	7,92%	5,34%	5,74%	5,26%	5,53%	5,63%	6,18%	6,18%
İSTANBUL ANADOLU YAKASI ELEKTRİK DAĞITIM ANONİM ŞİRKETİ	7,20%	7,00%	6,78%	6,10%	6,04%	5,05%	5,40%	6,22%
BAŞKENT ELEKTRİK DAĞITIM ANONİM ŞİRKETİ	7,68%	7,00%	6,98%	6,05%	6,11%	5,89%	6,18%	6,59%
BOĞAZİÇİ ELEKTRİK DAĞITIM ANONİM ŞİRKETİ	9,16%	9,44%	9,61%	6,74%	6,59%	7,96%	7,64%	7,23%
ÇAMLIBEL ELEKTRİK DAĞITIM ANONİM ŞİRKETİ	7,79%	7,09%	6,05%	6,59%	5,08%	4,75%	7,57%	5,42%
ÇORUH ELEKTRİK DAĞITIM ANONİM ŞİRKETİ	9,05%	9,28%	9,25%	8,11%	7,85%	7,38%	7,33%	6,80%
DİCLE ELEKTRİK DAĞITIM ANONİM ŞİRKETİ	74,15%	72,17%	67,64%	64,82%	54,94%	51,32%	46,32%	46,19%
FIRAT ELEKTRİK DAĞITIM ANONİM ŞİRKETİ	9,51%	10,44%	10,56%	10,95%	10,32%	9,93%	9,81%	9,34%
GDZ ELEKTRİK DAĞITIM ANONİM ŞİRKETİ	8,38%	7,36%	7,32%	7,25%	6,63%	7,55%	6,43%	6,36%
KAYSERİ VE CİVARI ELEKTRİK TÜRK ANONİM ŞİRKETİ	6,95%	5,25%	5,87%	6,03%	6,57%	6,02%	6,08%	6,56%
MERAM ELEKTRİK DAĞITIM ANONİM ŞİRKETİ	7,33%	7,30%	6,65%	5,77%	6,69%	6,22%	6,05%	5,76%
OSMANGAZİ ELEKTRİK DAĞITIM ANONİM ŞİRKETİ	7,61%	7,62%	5,75%	6,97%	6,41%	6,61%	6,54%	6,91%
SAKARYA ELEKTRİK DAĞITIM ANONİM ŞİRKETİ	6,76%	6,68%	6,58%	6,41%	6,52%	5,96%	5,93%	5,95%
TOROSLAR ELEKTRİK DAĞITIM ANONİM ŞİRKETİ	13,20%	12,50%	12,12%	11,35%	11,85%	11,76%	11,37%	11,55%
TRAKYA ELEKTRİK DAĞITIM ANONİM ŞİRKETİ	6,33%	6,57%	5,46%	5,10%	4,37%	4,50%	5,59%	5,31%
ULUDAĞ ELEKTRİK DAĞITIM ANONİM ŞİRKETİ	6,86%	6,94%	5,57%	4,15%	4,20%	4,82%	5,86%	5,23%
VANGÖLÜ ELEKTRİK DAĞITIM ANONİM ŞİRKETİ	61,02%	59,70%	56,42%	53,30%	49,16%	47,56%	44,57%	38,07%
YEŞİLIRMAK ELEKTRİK DAĞITIM ANONİM ŞİRKETİ	8,27%	7,90%	8,20%	7,43%	7,63%	7,13%	7,28%	6,89%
ART. ORT.	14,61%	14,01%	13,42%	12,62%	11,78%	11,43%	11,23%	10,77%
AĞR. ORT.	17,10%	16,52%	15,56%	14,50%	12,98%	12,69%	12,08%	11,32%

Ayrıca söz konusu verilere https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-24/elektrikyillik-sektor-raporu internet adresinde yer alan Elektrik Piyasası Yıllık Sektör Raporlarından da ulaşılması mümkündür.

Bilgilerinize sunulur.

Mehmet Ali KÖLMEK
Başkan a.
Daire Başkanı

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Belge Doğrulama Kodu : BSDMCSCB32 Belge Doğrulama Adresi : https://www.turkiye.gov.tr/epdk-ebys

Mustafa Kemal Mahallesi, 2078. Sokak No:4 06510 Çankaya/ ANKARA
Telefon No:(0312) 201 45 44 Faks No:(0312) 201 42 00
e-Posta:. İnternet Adresi:https://www.epdk.gov.tr
Kep Adresi:epdk.tarife@epdk.hs03.kep.tr

Bilgi için: Merve BİLDİRİCİ
Unvanı: Enerji Uzmanı

Bu belge 5070 sayılı Elektronik İmza Kanununun 5. Maddesi gereğince güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.