



**YAPAY SİNİR AĞLARI VE BUKALEMUN
OPTİMİZASYON ALGORİTMASI İLE DAĞITIK
ENERJİ KAYNAKLARINDA TEKNO-EKONOMİK
VE ÇEVRESEL FAYDALAR SAĞLAYAN PRATİK
RADYAL DAĞITIM BESLEYİCİ
OPTİMİZASYONU**

**2024
DOKTORA TEZİ
ELEKTRİK VE ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ**

Jemaa BOJOD

**Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Bilgehan ERKAL**

**YAPAY SİNİR AĞLARI VE BUKALEMUN OPTİMİZASYON
ALGORİTMASI İLE DAĞITIK ENERJİ KAYNAKLARINDA TEKNO-
EKONOMİK VE ÇEVRESEL FAYDALAR SAĞLAYAN PRATİK RADYAL
DAĞITIM BESLEYİCİ OPTİMİZASYONU**

Jemaa BOJOD

**Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Bilgehan ERKAL**

**T.C.
Karabük Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında
Doktora Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK
Temmuz 2024**

Jemaa BOJOD tarafından hazırlanan “YAPAY SİNİR AĞLARI VE BUKALEMUN OPTİMİZASYON ALGORİTMASI İLE DAĞITIK ENERJİ KAYNAKLARINDA TEKNO-EKONOMİK VE ÇEVRESEL FAYDALAR SAĞLAYAN PRATİK RADYAL DAĞITIM BESLEYİCİ OPTİMİZASYONU” başlıklı bu tezin Doktora Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Dr. Öğr. Üyesi Bilgehan ERKAL

.....

Tez Danışmanı, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği

Bu çalışma, jürimiz tarafından Oy Birliği ile Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir. 18.07.2024

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Doç. Dr. Cevat RAHEBİ (İTOÜ)

.....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Bilgehan ERKAL (KBÜ)

.....

Üye : Doç. Dr. Salih GORGUNOGLU (KÜ)

.....

Üye : Doç. Dr. Hüseyin DEMİREL (AYBÜ)

.....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Selçuk ALPARSLAN (KBÜ)

.....

KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Doktora Tezi derecesini onamıştır.

Doç. Dr. Zeynep ÖZCAN

.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Jemaa BOJOD

ÖZET

Doktora Tezi

YAPAY SİNİR AĞLARI VE BUKALEMUN OPTİMİZASYON ALGORİTMASI İLE DAĞITIK ENERJİ KAYNAKLARINDA TEKNO- EKONOMİK VE ÇEVRESEL FAYDALAR SAĞLAYAN PRATİK RADYAL DAĞITIM BESLEYİCİ OPTİMİZASYONU

Jemaa BOJOD

Karabük Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Dr. Öğr. Üyesi Bilgehan ERKAL

Temmuz 2024, 76 sayfa

Dağıtılmış enerji kaynakları (DER'ler), yük merkezlerine yakın yük talebini karşılamak için daha iyi bir seçimdir. Optimum DER yerleşimi ve DER değerleri, güç kaybının azaltılmasına, voltaj profilinin iyileştirilmesine, çevre dostu olmasına, güvenilirliğe ve sistem değişikliklerinin ertelenmesine yol açar. Bu çalışma, güç kaybını azaltmak, voltaj seviyelerini düzenlemek ve öngörülemeyen yük talebi altında maliyet ve emisyonları azaltmak amacıyla yenilenebilir enerji kaynaklarının ve elektrikli araçların dağıtım besleyicilerindeki en iyi entegrasyonunu analiz etmek için yapay sinir ağlarını ve Bukalemun Optimizasyon Algoritmasını kullanmaktadır. Bu çalışmada modellerin üretilen çıkış güçleri güneş fotovoltaik üretim sistemleri ve rüzgar türbini üretim sistemleri ile karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, toplam aktif güç kaybını azaltırken aynı zamanda toplam maliyeti ve emisyon üretimini de

azaltmak için çeşitli hedefleri olan bir uygunluk fonksiyonu geliştirilmiştir. Çalışma, EV şarj/deşarj davranışının dağıtım sistemi üzerindeki etkisini dikkate aldı. Önerilen metodolojiyi test etmek için fiderlerdeki 28 buses kırsal dağıtım ağı kullanılmıştır. Sayısal sonuçların son analizi, Yapay Sinir Ağı ve Bukalemun Optimizasyon Algoritmalarının güç kaybı (440,94 kw) ve ortalama gerçek güç alımı (2224 kw) açısından daha iyi performans gösterdiğini ancak bu parametrelerin diğer optimizasyon algoritmalarını desteklemediğini gösterdi. Bu, önerilen stratejinin hem uygulanabilir hem de etkili olduğunu gösterdi.

Anahtar Sözcükler : Pratik Radyal Dağıtım Besleyici, Tekno-Ekonomik, Dağıtılmış Enerji Kaynakları, Yapay Sinir Ağı, Bukalemun Optimizasyon Algoritması

Bilim Kodu : 90502

ABSTRACT

Ph. D. Thesis

PRACTICAL RADIAL DISTRIBUTION FEEDER FOR TECHNO- ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL BENEFITS IN DISTRIBUTED ENERGY RESOURCES WITH ARTIFICIAL NEURAL NETWORK AND CHAMELEON OPTIMIZATION ALGORITHM

Jemaa BOJOD

Karabük University

Institute of Graduate Programs

Department of Electrical and Electronics Engineering

Thesis Advisor:

Assist. Prof. Dr. Bilgehan ERKAL

July 2024, 76 pages

Distributed energy resources (DERs) are a better choice to meet load demand close to load centers. Optimal DER placement and DER ratings lead to power loss minimization, voltage profile improvement, environmental sustainability, dependability, and deferment of system changes. This study uses artificial neural networks and the Chameleon Optimization Algorithm to analyze the best optimal assimilation of renewable energy sources and electric vehicles in the distribution infrastructure feeders to reduce power loss, regulate voltage levels, and decrease the cost and emissions under unpredictable load demand. In this investigation, the generated output power of the models is compared to solar photovoltaic generation systems and wind turbine generation systems. As a result, a fitness function with several objectives has been developed to reduce total active power loss while

also reducing total cost and emissions generation. The study took into account the effect of EV charging/discharging behavior on the distribution network. The 28-bus rural distribution network in feeders is used to test the suggested methodology. Final analysis of the numerical outcomes revealed that the Artificial Neural Network and Chameleon Optimization Algorithms outperformed in terms of power loss (440.94 kw) and average purchase of real power (2224 kw), but these parameters do not favor the other optimization algorithms. This showed that the proposed strategy is both viable and effective.

Key Word : Practical Radial Distribution Feeder, Techno-Economic, Distributed Energy Resources, Artificial Neural Network, Chameleon Optimization Algorithm
In this study,

Science Code : 90502

TEŞEKKÜR

Öncelikle, bu tezin tamamlanmasında gösterdiği büyük motivasyon, rehberlik, destek, sürekli tavsiye ve yapıcı önerilerinden dolayı danışmanım Yard. Doç. Dr. Bilgehan ERKAL'a en derin Őükranlarımı sunmak isterim. Bu çalışmayı geliőtirmek için zaman ve tavsiyeleriyle katkıda bulunan jürime teşekkür etmek istiyorum. Anneme, her girişimde tutku ve sevgiyle ilerlemem için beni teşvik ettiği için minnettarım. Başından beri yanımda oldu, lisans programlarım boyunca beni destekledi ve bu tezin tamamlanmasını sağlamak için benimle birlikte kaldı; böyle harika bir aileye sahip olduğum için şanslıyım. Aileme ve eşime, çalışmalarım boyunca bana gösterdikleri destek, teşvik ve sabır için teşekkür etmek istiyorum. Eğer birini unuttuysam, lütfen özrümü kabul edin, çünkü bu süreç boyunca bana moral desteği sağlayan pek çok nazik ve iyi insan vardı hepsine tüm kalbimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL	ii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
TABLolar DİZİNİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiii
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
1.1. ARKA PLAN	1
BÖLÜM 2	6
LİTERATÜR İNCELEMESİ	6
2.1. GİRİŞ.....	6
BÖLÜM 3	19
MATERYAL VE YÖNTEMLER	19
3.1. METASEZGİSEL YÖNTEMLER.....	19
3.2. ÖNERİLEN MATEMATİK PROBLEMI FORMÜLASYONU	19
3.2.1. Yaygın Enerji Kaynakları	24
3.2.2. Güç Kaybının, Maliyetlerin ve Emisyon Üretiminin Minimize Edilmesi	31
3.3. BUKALEMUN OPTİMİZASYON ALGORİTMASINA VE YAPAY SINIR AĞINA GENEL BAKIŞ	31
3.3.1. Yapay Sinir Ağının Kullanımı	34

	<u>Sayfa</u>
3.4. KARINCA KOLONISI OPTİMİZASYON ALGORİTMASI	36
3.4.1. Özelliklerin Uzaklığı ve Benzerliği Kriterleri.....	38
3.5. PARÇACIK SÜRÜ OPTİMİZASYON ALGORİTMASI.....	40
BÖLÜM 4	47
DENEYSEL SONUÇLAR.....	47
4.1. SONUÇLAR	47
4.2. DURUM ÇALIŞMALARI	51
4.2.1. Vaka 1	51
4.2.2. Vaka 2	52
4.2.3. Vaka 3	52
4.2.4. Vaka 4	52
BÖLÜM 5	56
SONUÇ VE ÖNERİLER	56
5.1. SONUÇ.....	56
5.2. ÖNERİLER.....	57
KAYNAKLAR.....	58
ÖZGEÇMİŞ.....	76

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2 1. BOA'nın adımları [58].....	8
Şekil 3 1. Eşdeğer bir radial dağıtım besleme dalının diyagramı	21
Şekil 3 2. Dağıtım yönetim sisteminin önerilen düzeni	25
Şekil 3 3. Işınım verileri.....	27
Şekil 3 4. Solar PV Enerji Üretimi (saat).....	27
Şekil 3 5. 50 metrede rüzgar hızı.....	29
Şekil 3 6. Rüzgar Türbini Jeneratörünün Güç Üretimi	30
Şekil 3 7. Yapay Sınır Ağı (YSA) Yapısı	34
Şekil 3 8. Önerilen çalışmanın akış şeması.	35
Şekil 3 9. veri faktörü ile bilgi içeriği arasındaki bağlantıyı gösterir	39
Şekil 3 10. PSO için Hız ve Konum Güncellemeleri [172]	43
Şekil 3 11. PSO akış şeması	44
Şekil 3 12. Yinelemeye karşı amaç fonksiyonu	45
Şekil 4 1. Belirsizlik Yük 24 Saatlik Güç Talebi	48
Şekil 4 2. YSA ve BOA'nın Yakınsama Grafiği	48
Şekil 4 3. YSA ve KKA ile 24 saat boyunca PV, Rüzgar, EV ve şebeke gücü	49
Şekil 4 4. EV'nin 24 saat şarj durumu.....	50
Şekil 4 5. EV pilinin V2G ve G2V ayrıntıları	50

TABLULAR DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 1 1. Elektrikli araç (EA) şarj ve deşarjıyla ilgili faktörler.....	3
Tablo 3 1. PSO'nun parametreleri.....	43
Tablo 4 1. Benzersiz karşılaştırmaları da dahil olmak üzere her senaryo için sayısal sonuçlar	53

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

KISALTMALAR

GA	: Genetik algoritma
İÖTO	: İyileştirilmiş öğrenme tabanlı optimizasyon
ADYZS	: Aşı destekli yapay zeka sistemleri
EP	: Evrimsel programlama
YAKD	: Yük altında kademe değiştirici
GAO	: Güve arama optimizasyonu
YSA	: Yapay Sinir Ağı
KOA	: Koala Optimizasyon Algoritması
KKA	: Karınca Koloni Algoritması
BOA	: Bukalemun Optimizasyon Algoritması
DEK	: Dağıtılmış enerji kaynakları
EA	: Elektrikli araçlar
RTJS	: Rüzgar türbini jenerasyon sistemleri
GEÜS	: Güneş enerjisi üretim sistemi
DÜ	: Dağıtılmış Üretim

BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1. ARKA PLAN

Fotovoltaik sistemlerin dağıtım ağlarına entegrasyonu, elektrik enerjisine olan sürekli artan talebin bir sonucu olarak hızla genişlemektedir, ancak bu, şebekenin güç bütünlüğünü önemli ölçüde etkilemektedir [1][2]. Sistem verimliliğini artırmak, gürültü kirliliğini azaltmak, karbon emisyonlarını en aza indirmek ve yabancı enerji kaynaklarına bağımlılığı azaltmak için daha fazla ülke, mikrotürbin, biyokütle, rüzgar ve güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına (RES) yönelmektedir [3]. Son yıllarda, avantajları nedeniyle yenilenebilir enerji kaynaklarına olan talep artmıştır [4][5][6]. Elektrik tüketimini ve emisyonları, sistemin en yoğun zamanlarında bile azaltabilecek elektrikli araçlar (EA'ler), sıklıkla önerilen elektrik kaynaklarından biridir. Daha büyük güç ve çevresel özellikleri nedeniyle, şebekeye bağlanabilen otomobillerin başarılı bir geleceği olması beklenmektedir [7][8].

Literatürde, belirtilen başlık üzerine iki tür çalışma yapılmıştır: genel ve özel. İlk durumda entegrasyon sorunu tek bir hedef fonksiyon kullanılarak çözülürken, ikinci durumda dağıtık enerji kaynakları (DEK) için entegrasyon sorunu çok amaçlı bir çerçeve kullanılarak çözülmektedir [7][8].

Rau ve Wan, güç kayıplarını dikkate alarak, alt ve dağıtım düzeyindeki iletim ağlarında optimal güç dağıtımını fikrini önerdiler [9][10]. Literatüre göre, DEK entegrasyon sorunlarını tek bir amaçla ele almak için farklı stratejiler vardır. Kullanılan yöntemler arasında genetik algoritmalar (GA), İyileştirilmiş öğrenme tabanlı optimizasyon (İÖTO) ve Aşı destekli yapay zeka sistemleri (ADYZS) ile evrimsel programlama (EP), karışık tam sayı doğrusal olmayan programlama (MINLP), analiz tabanlı yaklaşımlar ve yapay zeka yaklaşımları (MINLP,

İÖTO ve ADYZS) bulunmaktadır [11][12]. Literatür verileri, DEK entegrasyonunun çok amaçlı problemini çözmeye yönelik çeşitli girişimlerde bulunan çok sayıda çalışma olduğunu göstermektedir. PSO, MOABC, MOPSO, GA ve baskın olmayan sürü optimizasyonu (NSO) gibi yapay zeka tekniklerinde analitik tabanlı yöntemler kullanılmaktadır [13][14].

DEK entegrasyonuna dayalı dağıtım sistemleri hakkında birkaç yeni yayından da bahsedilmiştir. Yük altında kademe değiştirici (YAKD) transformatör bulunduğunda, şönt kapasitörler ve dağıtılabılır dağıtılmış üretim (DÜ'ler) yıllık güç kayıplarını ve voltaj dalgalanmalarını azaltacak şekilde inşa edilebilir [15][16]. Singh ve meslektaşları, bu ikisinin en iyi yerleşimini belirleme sorununu çözmek için güve arama optimizasyonu (GAO) yaklaşımını güncellemişlerdir [17][18].

Kurumsal problemlerde en uygun DEK'leri çok amaçlı bir çerçevede çözmek için fil sürüsü optimizasyonu ve çok kriterli karar verme kullanılmıştır [19]. Güncellenmiş bir PSO algoritması kullanılarak, hem ekonomik hem de çevresel nedenlerle en verimli konum ve boyutlarda DEK'ler ve şönt kapasitörler yerleştirilebilir [20][21]. Çok amaçlı bir indeks ve analitik bir yaklaşım kullanılarak, aktif ve reaktif güç kayıplarını azaltmak için bir talep-tepki programı dikkate alınarak DEK entegrasyon sorunu çözülmüştür [22][23]. Yenilenebilir enerji tabanlı DÜ'lerin en iyi yerleşimleri ve boyutları, yeni elde edilen voltaj kararlılığı ve hızlı PSO algoritması kullanılarak değerlendirilmiştir. Hesaroor ve Das, ağ yeniden yapılandırma ve RES entegrasyon problemlerini aynı anda çözmüşlerdir [24]. Bağlantı anahtarları konumları, DÜ yerleri ve boyutları aynı anda optimize edilerek yıllık güç kaybı azaltılmış ve maliyet tasarruflarından faydalanılmıştır [25][26].

Araştırmalar [27][28], birçok yazarın dağıtık enerji kaynağı (DEK) dağıtım ağlarını kurarak güç kaybını azaltma ve mali açıdan fayda sağlama konusunu tartıştiklarını göstermektedir. DEK'lerini nerede ve ne kadar büyük yapacaklarını seçmek için çeşitli teknikler kullandılar. Bilim insanları, bu konunun çok az ilgi görmesi nedeniyle oldukça endişelidirler. Yenilenebilir Enerji Kaynakları (RES'ler) ve Elektrikli Araçların (EA'ler) bulunabilirliği nedeniyle, çoğu bilim insanının her bir noktanın 24 saatlik bir ihtiyacı olduğunu göz ardı ettiği belirlenmiştir. Güç kaybı, toplam maliyet

ve emisyon oluşturmanın kombinasyonu, literatürdeki bir araştırma boşluğudur ve daha fazla araştırmayı gerektirmektedir [29][30][31].

Tablo 1.1, elektrikli araç (EA) şarj ve deşarjıyla ilgili faktörleri, ayrıca güç kaybı, maliyetler ve emisyonları dikkate alarak yenilenebilir enerji kaynaklarının (RES'ler) ve EV'lerin optimal konumlarını ve boyutlarını araştırmaktadır.

Tablo 1 1. Elektrikli araç (EA) şarj ve deşarjıyla ilgili faktörler

Kaynak	EV şarj ve deşarjının etkisi	RES ve EV'lerin optimum konumları ve boyutları	güç kayıpları	maliyetler	emisyonlar
[32]	✓	x	✓	✓	✓
[33]	✓	x	✓	✓	✓
[34]	✓	x	✓	✓	✓
[35]	x	x	✓	✓	✓
[36]	✓	x	✓	✓	✓
[37]	x	x	✓	✓	✓
[38]	x	x	✓	✓	✓
[39]	x	x	✓	✓	✓
[40]	✓	x	✓	✓	✓
[41]	x	✓	x	x	x
[42]	x	x	✓	✓	✓
[43]	x	✓	x	x	x
[44]	x	x	✓	✓	✓
[45]	✓	x	x	x	x
[46]	✓	x	x	x	x
[47]	✓	✓	x	x	x
[48]	✓	x	x	x	x

Bu nedenle, yapay sinir ağı (YSA) ve bukalemun Optimizasyon Algoritması (BOA) tarafından ele alınan çok amaçlı uygunluk fonksiyonu, var olan RES'lerin varlığı ve 24 saatlik (H) bilinmeyen yük gereksinimleri ile EV'lerin şarj/deşarj işlemlerini içermektedir. Bu optimizasyon stratejisi, ekonomik yük dağıtımı, ünite taahhüdü ve iletim ağı genişleme planlaması gibi geçmiş uygulamalarda etkili bir şekilde uygulanmıştır. Bu, yazarların teorilerini pratikte uygulayarak bu ölçekte bir dağıtım sistem planlama zorluğunu ele almalarını sağlamaktadır. Arıların doğal olarak yiyecek arama eğilimi, bu meta-sezgisel teknik kullanımında ilham kaynağı olarak hizmet etmiştir. Bileşik bir yakınsama oranı ve hızlı yakınsama ile bu teknik, doğrusal

olmayan sınırlı problemleri çözebilir. Ayrıca, azaltılmış sayıda yapılandırılabilir denetleyiciye sahiptir. Bu strateji, bu avantajlarından dolayı bu sorunu çözenin tercih edilen yöntemi olarak kabul edilmektedir. En önemli katkıları şunlardır:

- Çeşitli RES'lerin kurulumu, değişen güç faktörleri ve olasılıksal güç üretimi altında zamanla değişen yük talepleri ile yeni çok amaçlı uygunluk fonksiyonu ile kolaylaştırılmıştır.
- Bunun yanı sıra, bu araştırma EV'lerin şarj ve deşarjının dağıtım ağı üzerindeki etkisini ve değişken müşteri yük talebini göz önünde bulundurmaktadır.
- Yazar, diğer konular arasında aşağıdakileri ele almaktadır:
- Dağıtım besleyicisindeki en uygun konumları ve değerlendirmeleri bulmak için YSA ve BOA kullanımı.
- Her biri için matematiksel bir model kullanarak rüzgar hızı ve güneş ışınımı olasılığını hesaplamak. Böylece beklenen çıkış gücünü hesaplamak mümkündür. EV'lerin şarj ve deşarj kavramı da dikkate alınmaktadır.
- Aktif güç temini, RTJS ve GEÜS kurulumu ve İşletme ve Bakım (O&M) maliyetleri de dahil olmak üzere farklı maliyetlerin analizi.
- RES'ler ve elektrikli araçların şebekeye entegrasyonunu takiben toplam ağ maliyeti.

Bu tezde sunulan metodoloji aşağıdaki ağlara uygulanmıştır: Uygulanabilir bir 28-bus dağıtım ağı ve önerilen yaklaşımın pratikteki uygulanabilirliğini temsil etmek için teknoosyoekonomik bir çalışma yapılmıştır. Tezin yenilikçiliğini daha iyi açıklamak için aşağıdaki vurgular yapılmıştır:

- Dağıtım ağı içinde akım, gerilim ve güç kaybını değerlendirmek için bir geri/ileri yük akışı yöntemi oluşturulmuştur.
- Problemin gerçekçiliğini artırmak amacıyla, her bir bus için bilinmeyen günlük yük gereksinimi belirlenmiştir.
- Güneş ve rüzgar enerjisi üretimi için matematiksel modeller oluşturulması, ayrıca EV'lerin şarj ve deşarj edilmesi kavramı da incelenmiştir.

Bu çalışmada kullanılan BOA, yükün öngörülemezliğini dikkate alarak dağıtım sistemine bağlanacak en iyi DEK tahsislerini ve sayısını belirlemeyi amaçlamaktadır.

Bu, bukalemunların avcılık davranışlarından ilham alınarak geliştirilmiş yenilikçi bir meta-sezgisel optimizasyon stratejisini temsil etmektedir. Yöntemin birkaç hedefi bulunmaktadır; bunlar arasında toplam aktif güç kaybı, toplam maliyet ve öngörülemeyen yük altında şebeke emisyonlarını minimize etmek yer alır.

BOA'nın birkaç ayarlanabilir parametresi bulunmaktadır. Hızlı yakınsama oranı ile gösterdiği gibi bileşik doğrusal olmayan kısıtlama problemlerini çözmekte etkileyici bir performans sergiler. Bu avantajlar, bu sorunları çözmek için tercih edilen bir yaklaşım olarak seçilmesine yol açmıştır.

Bu belgenin geri kalanı aşağıdaki gibi düzenlenmiştir: ikinci bölümde, literatür incelemesi açıklanmış ve tartışılmıştır. Üçüncü bölümde, çok amaçlı bir fonksiyon olarak matematiksel problem formülasyonu ve işletimsel kısıtlamalar sunulmuştur. Bu araştırmanın üçüncü bölümünde, 24 saatlik bir süre içinde RES'ler ve EV'lerin şarj/deşarj özellikleri gösterilmektedir. BOA ve YSA'yi kullanarak uygunluk fonksiyonunda kullanılan optimal parametreleri azaltmak için nasıl kullanılacağı ve güç sistemlerinde uygunluk değeri ve cos fonksiyonu detaylı olarak üçüncü bölümde açıklanmıştır. Dördüncü bölüm simülasyon sonuçlarını tartışırken, beşinci bölüm çalışmayı sonuçlandırmaktadır. Son olarak, tez özeti sonuç bölümü ile kapanmakta ve yakın tarihli referans listesi sunulmaktadır

BÖLÜM 2

LİTERATÜR İNCELEMESİ

2.1. GİRİŞ

Gampa ve Das [49], dağıtım besleyicileri içinde yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanarak çeşitli Dağıtılmış Üretim (DÜ) sistemlerinin tahsislerini ve derecelendirmelerini optimize etmek için birleşik bir amaç fonksiyonu geliştirdiler. Yaklaşımları, gerilim sapması, toplam güç kaybı ve genel maliyetin azaltılmasını hedeflemiştir. Tan ve diğ.[50], dağıtım ağlarında biyokütle, rüzgar ve güneş enerjisi üretim ünitelerinin optimal konumlarını ve boyutlarını belirlemek için yenilikçi bir aşılı güçlendirilmiş yapay bağışıklık sistemi algoritması tanıttılar, ayrıca bağlantı ağındaki optimal pozisyonları belirlemek için optimal konumlar. Yang ve Liao [51], PV dizilerini entegre etmek için Bulanık Mutasyon Adaptif PSO yaklaşımını geliştirdi, özellikle hat kaybı minimizasyonuna odaklanan çok amaçlı optimizasyon problemlerini ele almak için. Tolabi ve ark. [52], güç kayıplarını azaltma amacıyla PV dizilerinin optimal konum ve kapasitesini değerlendirmek için bir Bulanık Karınca Kolonisi Optimizasyonu (KKO) tabanlı yaklaşım kullandı. Wen ve diğ.[53] dağıtım ağlarında enerji depolama ve rüzgar üretim ünitelerini birleşik Çok Amaçlı Parçacık Sürü Optimizasyonu (MOPSO) algoritması ile entegre etti, toplam giderin minimizasyonu ve geliştirilmiş gerilim seviyelerini hedefleyerek. Hung ve diğ.[54], dağıtım ağlarında zamanla değişen yük modelleri için PV modüllerinin optimal yerleşimini ve miktarını belirledi, reaktif ve aktif güç kayıplarını ile gerilim ayrışmasını minimize etti. Bu zorluğu analitik olarak yeni bir birleşik amaç indis fonksiyonu formüle ederek ele aldılar. Teng ve diğ.[55] dağıtım ağlarında Minimum Hat Kaybı Problemini çözmek için Bir Pil Depolama Sistemi (BSS) matematik modeli sundular, Güneş enerjisi üretim sistemi (GEÜS) dahil ettiler.

[9] makalesinde yazar, mikro şebekenin güvenilirliği ve güç kalitesini artırma etkisini incelemektedir. Belediye binasının inşası sırasında dikkate alınan Teknik konular arasında, belediyenin üst akım ağıyla nasıl bağlanacağı, belediyenin nasıl korunacağı, üretim ve tüketimin belediye içinde nasıl kontrol edileceği ve tahmin edileceği gibi konular bulunmaktadır [10], [11] ve [12].

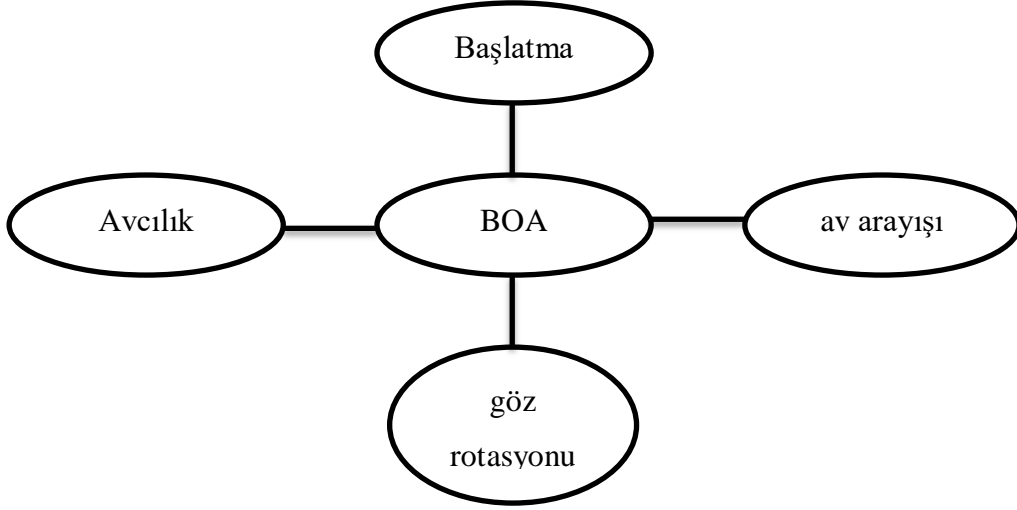
Ekonomik konuların ve güvenilirliğin hedef fonksiyonunda aynı anda dikkate alındığı durumlarda, daha gerçekçi sonuçlar elde etmek mümkündür. Bu durumlarda güvenilirlik genellikle yük boşaltma ücreti olarak ifade edilir, uygun katsayılarla maliyete dönüştürülür ve hedef fonksiyonunda maliyetlerle toplanır.

[56] makalesinde, öğreticünün kurulum ve montaj maliyeti ile güvenilirlikle ilgili olarak hedef fonksiyonunda rafinaj kapasitesi ve işletme maliyetinin optimize edilerek yük sağlanması takip edilmektedir. Yukarıdaki makalede, güvenilirlik basit bir varsayım olarak ele alınmakta ve izolatörün güvenilirliği, izolasyon durumunda başarısızlık olasılığı olduğu durumda %100 olarak kabul edilmektedir.

[57] makalesinde, soğutma cihazının kullanılabilirliği varsayılarak ve içindeki jeneratörlerin kapasitesinin belirlenmesi ile, 24 saatlik dönemde arz maliyeti güvenilirlik ve hedef fonksiyonda kirleticilerin azaltılması ile optimize edilmektedir.

BOA, Braik tarafından 2021 yılında tanıtılan en yeni meta-sezgisel algoritmalar arasında yer almaktadır [58]. Bukalemunların avlanma ve yiyecek arama davranışlarından ilham alınarak [59], bu algoritma bu yüksek derecede özelleşmiş yaratıkların benzersiz özelliklerini taklit etmektedir. Bukalemunlar, çevreleriyle mükemmel şekilde uyum sağlamalarını sağlayan renk değiştirme yeteneğine sahiptirler. Düşük araziler, dağlar, çöller ve yarı çöller gibi çeşitli habitatlara adapte olabilen bukalemunlar, başlıca olarak böcekler tüketmektedirler, bu da onların çok yönlü ve dayanıklı doğasını sergilemektedir.

Yiyecek avlama süreçleri, avı takip etme, görüşlerini kullanarak avı kovalama ve avlamayı içeren bir dizi adımdan oluşur, Şekil 2'de gösterildiği gibi. Bu algoritmanın matematiksel modelleri ve adımları, sonraki alt bölümlerde açıklanmaktadır [58].



Şekil 2 1. BOA'nın adımları [58]

Bu makale, PV, rüzgar ve EV'leri içeren DEK'lerin kaynak ağındaki entegrasyonunu Bukalemun optimizasyon yöntemi kullanarak güç kaybını, maliyeti ve emisyonları minimize etmek için optimize etmektedir.

Referans [60]'ta, ekonomik ve çevresel açılardan düşünülerek DEK sistemlerinin verimli planlanması için olasılıksal hesaplama çerçevesi önerilmektedir. Önerilen model, geleneksel enerji tedarik sistemlerine kıyasla enerji maliyetlerini ve CO2 emisyonlarını önemli ölçüde düşürmektedir [61].

Son yirmi yıldır, araştırmacılar ve uygulamacılar dağıtım ağları içinde DEK entegrasyonunu optimize etmeye adanmışlardır. Amaç, güç kaybını, maliyeti, emisyonları, gerilim dalgalanmalarını ve istikrarsızlığı azaltırken aynı anda yük talebini karşılamak ve sistem performansını sürdürmektir. DEK entegrasyonu için iki yaklaşım bulunmaktadır: tek amaçlı ve çok amaçlı optimizasyon [62]–[65].

Ayrıca, DEK entegrasyonuna dayalı dağıtım sistemleri üzerine birkaç yeni yayın da burada bahsedilmektedir. Yıllık enerji kayıplarını ve gerilim dalgalanmalarını azaltmak için, şunt kapasitansları ve yönlendirilebilir DÜ'ler bir yük üzerinde tap değiştirici (YAKD) transformatör ile birlikte kullanılabilir [66]. Singh ve ark. iki eş zamanlı olarak en iyi yerleşim yerinin bulunması için kelebek arama optimizasyonu (GAO) algoritmasını gözden geçirdi [67].

Referans'a göre, yenilenmiş bir gerilim stabilitesi ve hızlı PSO algoritması kullanılarak yenilenebilir enerji temelli Dağıtık Jeneratörler için optimal siteler ve boyutlar belirlendi [68]–[70].

RES'lerin entegrasyonu ve ağ yeniden yapılandırma sorunları Hesaroor ve Das tarafından aynı anda çözülmüştür. Yıllık enerji kaybını azaltmak ve maliyet tasarrufu sağlamak için, bağlantı anahtarlarının yanı sıra DÜ siteleri ve boyutları optimize edilmiştir [71].

Radial dağıtım ağlarında PV sistemleri ve BES'leri etkili bir şekilde entegre etmek için Equilibrium Optimization (EO) temelli yeni bir optimizasyon metodolojisi önerilmektedir [72]. Önerilen yöntem, güvenilirlik artışı, ekonomik faydalar ve çevresel etki hedeflerini dengelemekte ve alternatif optimizasyon algoritmalarına göre üstün verimlilik sergilemektedir [72].

DÜ birimlerini dağıtım sistemlerinde optimal olarak yerleştirmek ve boyutlandırmak için GOA ve CS'nin birleşik bir optimizasyon tekniği sunulmaktadır, güç kayıplarını etkili bir şekilde minimize ederken gerilim profillerini iyileştirir [73].

Çoklu DÜ birimlerinin dağıtım sistemlerinde optimal yerleşim ve boyutlandırma için iki aşamalı bir stokastik optimizasyon metodolojisi önerilmektedir, güç kayıplarını azaltır ve gerilim profillerini iyileştirir. Önerilen yöntem, geleneksel optimizasyon tekniklerine kıyasla üstün performans sergilemiştir [74].

Dağıtım sistemlerinde PV birimlerinin penetrasyon seviyesini değerlendirmek için zamanla değişen gerilime bağlı yük modelleri ve olasılıksal PV üretimi dikkate alınmaktadır. Bu yaklaşım, geleneksel yük modellerine kıyasla PV entegrasyonunun daha doğru bir değerlendirmesini sağlamaktadır [75].

Bu çalışma, mikrogridlerde yenilenebilir enerji tahmin hatalarının operasyonel zorluklarını ele almak için talep yanıtı programlarını entegre eden iki aşamalı stokastik bir optimizasyon yaklaşımı önermektedir [76].

Bu belge, çok taşıyıcılı enerji sistemleri için yeni bir enerji merkezi sistemi önermektedir, yenilenebilir DÜ birimlerini, elektrik ve ısı depolama sistemlerini içerir ve maliyet minimizasyonu ve emisyon azaltma için QPSO tabanlı bir optimizasyon modeli kullanır [77].

Bu makale, mikrogridler için çeşitli talep yanıtı programlarını içeren olasılıksal enerji ve rezerv planlama yaklaşımını sunmaktadır, operasyonel maliyetleri azaltmak ve güvenliği artırmak için [78]. Dağıtık Jeneratörler (DÜ'ler), Enerji Depolama Sistemleri (ESS'ler) ve Talep Yanıtı Programları (DPN) için rezerv düzenlemesi gerçekleştirilmektedir, Şekil 3'te gösterildiği gibi [79].

Bu belge, yenilenebilir enerji kaynaklarına sahip grid bağlantılı mikrogridlerin işletimini optimize etmek için yeni bir yönetim yaklaşımı önermektedir. Metodoloji, yenilenebilir jenerasyondaki belirsizlikleri dikkate alır ve toplam güç kayıplarında önemli azalmalar, gerilim profili iyileştirmeleri ve dağıtım ağının toplam işletme maliyetlerinde azalmalar elde etmektedir [80].

Makale, mikrogridlerin RES'lerle optimizasyonunu iyileştirmek için yenilikçi bir batarya işletim maliyeti çerçevesi önermektedir ve bunu olasılıksal kısıtlı modellerle entegre ederek enerji depolama yönetimini etkili bir şekilde yönetir ve işletme maliyetlerini azaltır [81].

Akıllı şebekelerde fotovoltaik (PV) güç çıkışının doğru tahmini için CNN ve LSTM modellerini birleştiren bir hibrit derin öğrenme stratejisi önerilmektedir. Yaklaşım, PV verilerindeki hem doğrusal olmayan hem de zamansal özellikleri etkili bir şekilde yakalar ve geleneksel yöntemlere kıyasla üstün tahmin performansı sağlar [82].

Khatod ve diğ.[15], WT'lerin ve Fotovoltaik dizilerin optimal konumlarını ve boyutlarını belirlemek için evrimsel programlama yaklaşımını tanıtmışlardır. Amacı, güç kayıplarını azaltmak ve gerilim seviyelerini iyileştirmektir. Bu metodoloji, Atwa ve El-Saadany [16] tarafından önerilmiştir, belirsiz dağıtım ağı planlama zorluklarını ele almak için Atwa ve ark.[17][18], MINLP tekniğini kullanmışlardır, rüzgar temelli

Dağıtık Jeneratörlerin optimal olarak tahsis edilmesi için bir yaklaşım sunmuşlardır [79].

Bu çalışma, elektrikli araçların (EA'ler) gelişi, otomotiv endüstrisinde yeni bir çağın başlangıcını işaret eden dönüştürücü bir değişimi beraberinde getiriyor [83]. Birleşmiş Milletler projeksiyonlarına göre 2050 yılına kadar küresel nüfusun yaklaşık üçte ikisi kentsel alanlarda yaşayacak, bu da intra-kent taşımacılığına olan talebi yoğunlaştırarak aynı zamanda fosil yakıtlara bağımlılığı artıracak ve sera gazlarının (GHG) emisyonlarına yol açacak [84], [85].

Bu artan sera gazı emisyonlarını azaltma ihtiyacı, çevre dostu ulaşım alternatiflerinin daha geniş kabul görmesine yol açmıştır [86]. Çin'de yapılan bir çalışma, EV'lerin içten yanmalı motorlu araçlara (ICEV'ler) göre GHG emisyonlarını azaltmadaki etkinliğini vurgulamaktadır [87].

Günümüzde, pil teknolojisindeki ilerlemeler sayesinde EV'ler günlük işe gidip gelme ve kısa mesafe seyahatleri için daha uygun hale gelmiştir. EV'ler çevre dostu taşımacılık sağlamada öncülük ederken, iyi donanımlı şarj istasyonlarının kurulması önem kazanmaktadır. Menzil endişesi, şarj altyapısının mevcudiyeti ve minimum şarj süresi gibi faktörler, EV'ler için güçlü bir şarj istasyonu ağı gerektirmektedir [88]. Ancak, EV'ler için uzun şarj süreleri, ICEV'lere kıyasla önemli bir zorluk teşkil etmektedir. Artan EV sayısı ile birlikte Elektrik Güç Kaynağı'nın (EPS) yönetimi karmaşık hale gelmekte, bu da elektrik piyasası dinamiklerini ve tüketim desenlerini etkilemektedir. Bu nedenle, EV şarj talebinin doğru bir şekilde tahmin edilmesi, EPS için kritik bir zorluk olarak ortaya çıkmaktadır [89].

Bu çalışma, elektrikli araç şarj istasyonlarının radial dağıtım ağlarında optimal olarak konumlandırılması için yenilikçi bir strateji sunmaktadır. Amaçları, bu istasyonların sistemin gerilim profiline, güç kayıplarına ve işletme maliyetlerine olan etkisini en aza indirmektir. Ayrıca, öğrenci psikolojisinden esinlenen kaotik optimizasyon algoritması, yenilenebilir dağıtık jeneratörlerin boyut ve konumunu optimize etmek için önerilmektedir, bu da sistem güvenilirliğini ve verimliliğini artırmaktadır [45].

Gerilim regülasyonu bir kısıtlama olarak kullanılmakta ve parçacık sürü optimizasyonu (PSO) algoritması ile birlikte, dağıtık jeneratörlerin optimal boyut ve konumunu belirlemektedir [90].

Ardından, Ali ve diğ. PSO'yu kullanarak radial dağıtım sistemlerinde dağıtık jeneratörlerin optimal boyut ve konumunu belirlemiştir, aktif gücü dengelemeyi, güç kayıplarını azaltmayı ve gerilim profillerini iyileştirmeyi amaçlamaktadır. Her bir veri grubundaki optimal DÜ boyutu, doğru bir kayıp formülü kullanılarak hesaplanır ve DÜ konum optimizasyonu kayıp hassasiyet metriği kullanılarak gerçekleştirilir [91].

Elektrikli Araç (EA) araştırmaları alanında, performansı artırmak ve zorlukları ele almak için çeşitli metodolojiler incelenmektedir. Araştırmacılar, EV entegrasyonunu artırmak için Yenilenebilir Enerji Depolama Sistemleri'nin (ESS) rolüne dalmaktadır. Ancak, alternatiflerin çokluğu ve karmaşık performans matrisleri, belirli uygulamalar için ESS teknolojisinin değerlendirilmesinde zorluklar yaratmaktadır [92]–[95].

Başka bir çalışma, San Francisco'da EV şarj istasyonlarının optimal yerleşim ve boyutlandırma stratejisini önermektedir. Strateji, sosyal adaleti, talep kapsamını ve site geliştirme maliyetlerini göz önünde bulundurur [96].

Zheng ve diğ. dağıtık Model Tahmin Kontrolü (MPC) yaklaşımını kullanarak toplam elektrik maliyetlerini en aza indirmek, EV şarj taleplerini karşılamak ve dağıtım ağı kısıtlamalarına uygun bir şekilde hareket etmek için önermektedir [97].

Yuan ve diğ. bir MILP yaklaşımı ile mikro-şebekelerin optimizasyonunu önermektedir, mevcut yöntemlere kıyasla üstün maliyet azaltma ve sistem stabilitesi sergilemektedir [98].

Önerilen bir MILP modeli, çoklu mikroşebeke sistemlerinin zamanlamasını sağlamak için önerilmiştir. Bu model, enerji maliyetlerini optimize eder ve normal ve acil durumlarda direnci artırarak mikroşebeke arızalarının genel dağıtım sistemine olan etkisini azaltır [99].

Selim ve arkadaşları, EV şarj yüklerini düzenlemek için kuyruk teorisi temelli bir talep yönetimi (DSM) yaklaşımı sunarlar. Bu yaklaşım, özellikle rüzgar enerjisi entegrasyonu senaryolarında EV sahipleri için önemli maliyet tasarrufları ve talep azalması sağlar [100].

Poniris ve Dounis, EV'lerin farklı şarj taleplerini ve güç sınırlarını karşılamak, toplam şarj maliyetlerini azaltmak ve yoğun saatlerde şarj aşırı yüklenmeyi önlemek için evrimsel bir algoritma tanıtırlar [101].

Hydroenerji, güneş enerjisi, jeotermal ve rüzgar enerjisi de dahil olmak üzere yenilenebilir enerji kaynaklarının genişleyen kullanımı, iklim değişikliği mücadelesine önemli katkılar sağlamaktadır [102]. Rüzgar türbinleri ve fotovoltaik paneller, mikroşebeke sistemlerinde son derece uyumlu olarak öne çıkmaktadır [103]. Ancak rüzgar enerjisi, aşırı hava koşullarına karşı hassasiyet göstermektedir [104].

Avrupa Birliği, fotovoltaik (PV) güç üretiminin iklim koruma hedeflerine önemli katkısını vurgulamaktadır [105]. Dağıtılmış Enerji Kaynakları (DEK) sistemlerinde güneş ve rüzgar kaynaklarının etkili kullanımıyla yenilenebilir enerji tahmini önem kazanmaktadır. Ancak bu kaynakların değişkenliği zorluklar oluşturmakta olup, doğru tahminlerin kritik öneme sahip olduğu belirtilmektedir [106].

Enerji talebini öngörmek, kaynak korunması ve istikrarlı enerji tüketim eğilimlerinin sürdürülmesi açısından hayati öneme sahiptir. Zaman Serisi Analizi, Modal Ayrıştırma Yöntemleri (Ampirik Mod Ayrıştırma - EMD) ve Fourier Ayrıştırma gibi çeşitli tahmin modelleri, yük talebi tahminlerinin doğruluğunu artırmak için mevcuttur [107]–[109].

Güç akış analizi, bir güç sistemi içindeki elektrik akışını modellemek ve değerlendirmek için kritik bir hesaplama yöntemi olarak hizmet vermektedir [110]. Sistem voltajı, akımı ve güç akışlarıyla ilgili temel bilgiler sağlayarak potansiyel zayıflıkların belirlenmesine yardımcı olur. Zayıflık analizinde, DC güç akış modelleri ve AC güç akış modelleri olmak üzere iki temel modelleme yaklaşımı kullanılmaktadır. Özellikle, lineerleştirilmiş DC güç modelinin doğruluğu sağlam

bozukluklar altında azalır, bu da hem etkin hem de görünür gücü aşırı tahmin edebilir [111], [112]. Dolayısıyla, DC modellerinin basitliği cazip olsa da, bu tür lineerleştirilmiş modellere dayalı kararlar anormal koşullar altında güç sistemlerini değerlendirmek için yetersiz olabilir, bu durum AC güç akışı modellerinin tercih edilmesini haklı çıkarır. AC güç akışı analizi için geri-ileri, Gauss-Seidel ve Newton Raphson gibi çeşitli yöntemler kullanılmaktadır [113]–[115].

Riskleri azaltmak ve güç sistemlerinin güvenilirliğini ve direncini sağlamak için titiz planlama, tasarım ve sağlam güvenlik önlemleri gerekmektedir. Elektrik üretiminde mikroşebekelerin (MG'ler) entegrasyonu, yerel enerji sağlama ve şebeke direncini artırma yeteneği nedeniyle önem kazanmıştır. Küçük ölçekli güç sistemleri olarak tanımlanan mikroşebekeler, güneş panelleri, rüzgar türbinleri ve enerji rezervuarları gibi merkezsiz güç kaynaklarını kullanarak otonom olarak veya ana şebekeye bağlı olarak çalışabilir [115].

Mikroşebekelerin güç sistemlerine entegrasyonu, siber saldırılara karşı savunma sağlayarak güvenilirlik, dirençlilik ve yerel enerji arzını güçlendirir. Bu mikroşebekeler, şifreleme, kimlik doğrulama ve diğer siber güvenlik önlemlerini içeren gelişmiş kontrol ve iletişim sistemleri ile donatılabilir, potansiyel tehditleri engellemek için yüksek güvenlik sağlayabilir [116], [117].

Dağıtılmış ürünlerin (DÜ'ler) ve YEK'lerin küresel olarak artan kullanımı, ekonomik ve çevresel nedenlerle bu üretimi zorunlu kılmıştır. Ancak, bu birimler dağıtım ağında daha yüksek verimlilik sergiler. Bu şekilde, DÜ birimleri ile dağıtım ağı pasif bir ağdan aktif bir ağa dönüşür. Dolayısıyla, bu kaynakların etkili yönetimi, güvenilirliği artırmak, kayıpları azaltmak, enerji üretim maliyetlerini düşürmek, enerji kalite göstergelerini artırmak vb. için son derece önemlidir [118]. Mikroşebekeler, yapıları ve işlevlerine göre üç farklı türde kategorize edilebilir, bu da üç ayrı tipe yol açar [118].

AC mikroşebeke, DC mikroşebeke ve AC-DC mikroşebeke bir araya getirilir [119]. Ayrıca, mikroşebeke ağına bağlı üç alt kümeye bölünebilir, bunlar işletim durumlarına göre geçici olarak birbirinden ve ağdan ayırt edilir [120].

Bağlı modda, ana şebeke gerilim ve frekans desteği sağlar. Sonuç olarak, dağıtım enerji kaynakları (DEK'ler) yalnızca elektrik gücü sağlamak için kontrol edilir. Genellikle, adalı mikroşebekelerde frekans kontrolü karmaşık bir problemdir çünkü mikroşebeke genellikle elektrik dönüştürücüler aracılığıyla mikroşebekeye bağlı olan inersiyelsiz kaynaklardan oluşur [121]. Ancak, düşük karakteristikler kullanılarak bir dereceye kadar sanal inersiyası oluşturmak mümkündür [122].

Adalı mikroşebeke konfigürasyonu, ulusal şebekeye erişimin olmadığı uzak bölgelerde yaygın olarak kullanılır. Bu modda, DÜ'ler gerilim ve frekans kontrolünden sorumlu olacaktır. Ulusal şebekeye erişimin olmadığı uzak bölgelerde adalı mikroşebeke konfigürasyonu sıkça kullanılır. Bu modda, DÜ'ler gerilim ve frekans kontrolünden sorumlu olacaktır. DÜ'ler genellikle enerji üretim seviyelerinde belirsizliklere sahip olduğundan, pil, süperkondansatör ve benzeri teknolojiler gibi enerji depolama sistemlerinin kullanılması, üretim dalgalanmalarını ve enerji talebi varyasyonlarını telafi etmek için hayati önem taşır [123], [124].

Bu çerçeve içinde, enerji yönetimi önemli ve etkili bir konum kazanır [125]. Fotovoltaik paneller, yakıt pilleri ve piller dahil olmak üzere çoğu YEK, doğru akım (DC) üretirken, indüksiyon motorları, bilgisayarlar ve iletişim ekipmanları gibi elektronik ve kontrol cihazları DC gerilimi gerektirir. Bu nedenle, araştırmacılar sistem verimliliğini artırmak için DC mikroşebekelerin kullanımını önermektedir [126]–[128]. DC mikroşebekelerin birçok avantajı, araştırmacılar için bu sistemleri son derece çekici kılmaktadır.

DC mikroşebekelerin bahsedilen avantajlarına rağmen, şebekeyi AC'den DC'ye dönüştürmek mevcut durumda finansal olarak uygun değildir. Bunun nedeni, dağıtım ağındaki AC kurulu yapısı ve AC girişli elektrik cihazlarının yaygın kullanımınıdır. Dolayısıyla, AC mikroşebekeler üzerinde optimal kontrol sağlamak, bu alandaki araştırmacıların ana önceliklerinden biridir. Bu alandaki devam eden araştırmalar, enerji yönetimi [129], arayüz dönüştürücü [130], [131] gibi konuları kapsamaktadır.

İmparatorlukçuluk Rekabetçi Algoritması (ICA), bağlantılı mikroşebekelerin işlevselliğini optimize etmek için kullanılmakta olup, piyasa performansını ve şebeke güvenilirliğini dikkate almaktadır [132].

Bugüne kadar, birçok araştırma, mikroşebekelerde nesil yönetiminin optimal yönetim alanını keşfetmiş ve ağın tüm kontrol potansiyelinin kullanıldığı kapsamlı bir yönetim planının eksikliği dikkat çekicidir. Örneğin, referanslarda volt/var, dağıtım ağını yönetmek için kullanılmaktadır [133], [134].

Mikroşebekelerin optimal yönetimi üzerine yapılan çoğu araştırma, talep yanıtı (DR) kullanarak mikroşebeke işletiminin maliyet-etkinliğini artırmaya odaklanmıştır. Bu çalışmalar genellikle mikro kaynakların ekonomik tahsisini yoluyla bireysel mikroşebekelerin izolasyonu sorununa yaklaşmış, ancak dağıtım ağı (DA) ve bağlantılı mikroşebekeler göz ardı edilmiştir. Bu yöntem, mikroşebeke işletiminin genel maliyetini ve programlanabilir DÜ'ler tarafından üretilen emisyonları dikkate alır ve NEA'nın evrimsel optimizasyon algoritmasını kullanarak sorunu çözer. Ayrıca, DÜ'leri kontrol etmek için iki seviyeli bir kontrol çerçevesi kullanılır, referans [135]. İlk seviye, düşük seviye kontrol veya dağıtık kontrol olarak adlandırılan, her DÜ tarafından yerel kontrolleri içerir ve belirli bir ağ bölümü içinde gerilim ve frekansı düzenlemeyi içerir. İkinci seviye, yüksek seviye kontrol veya merkezi kontrol olarak adlandırılan, DÜ'leri Merkezi Kontrol (CC) aracılığıyla koordine ederek hedef fonksiyonları optimize etmeye odaklanır. Referans [135]'deki çalışma, mikroşebeke operasyonel maliyet verimliliğini artırmak için Akıllı Enerji Yönetim Sistemi (SEMS) tanıtır. SEMS, üç aşamadan oluşur: programlanabilir olmayan kaynak üretiminin (örneğin, PV), enerji depolama yönetimi ve optimizasyonunun tahmin edilmesi. Bu referans, depolama cihazlarının stratejik kullanımını ve enerji fiyatlarına göre optimizasyonunu vurgular. Dahası, referans [135]'de kullanılan amaç fonksiyonu, ekonomik yük dağıtımını ve mikro kaynak kullanımını gibi kontrol değişkenlerini, akıllı depolama cihazı yönetimi ile birlikte içermektedir [135].

Referans [136], işletim maliyeti ve mikro kaynaklar ile ana şebeke kaynaklı kirlilik göz önüne alınarak mikroşebekeyi optimize etmek için çok amaçlı bir optimizasyon algoritması kullanmaktadır. Bu yaklaşım, önce ağ belirsizliklerine (üretim ve tüketim)

bağlı olasılık dağılım fonksiyonu ve Monte Carlo metodolojisini kullanarak potansiyel senaryoları sunar. Ardından, bu durumlar, sorunu çözmek için çok amaçlı evrimsel optimizasyon yöntemi kullanılarak bir senaryoya birleştirilir.

Referans [136]'daki algoritmanın sonucu, hakim olmayan çözümlerden oluşan bir koleksiyondur. Ağ operatörü, bu noktalardan birini ağın ihtiyaçlarına göre önerilen çözüm olarak seçer. Bu referansta, kontrol değişkenleri programlanabilir DÜ'lerin ve DS'lerin gücünü içerir.

Referans [137], yenilenebilir kaynakları kullanırken mikroşebeke enerjisini etkin bir şekilde yönetmeyi amaçlamaktadır; kirlilik azaltma, ekonomik hedefler ve belirsizlikleri dikkate alır. Mikroşebekenin performansı, bir enerji yönetim sistemi aracılığıyla denetlenebilir, kontrol edilebilir ve optimize edilebilir. Dolayısıyla, maliyet minimizasyonu gibi temel işletimsel hedefler, enerji yönetim algoritmasının uygulanmasını gerektirir. Araştırma, enerji tüketimini akıllıca optimize etmek için Su Döngüsü Algoritması'nın (WCA) uygulamasını keşfeder. Ayrıca, yenilenebilir kaynakları modellemek için olasılıksal senaryoların dahil edilmesi ve yük belirsizliğini hesaba katma üzerine çalışılmıştır [138].

Entegre enerji sistemleri, dizel jeneratör, rüzgar türbini, fotovoltaik (PV) dizisi, mikro türbin, FC ve bir depolama sistemi olarak pil içeren çalışmalarda incelenmiştir [139]. Bu sistemlerde işletme maliyeti, NO_x, SO₂ ve CO₂ emisyonlarının azaltılmasına göre optimize edilmiştir [139].

Son birkaç yılda, araştırmacılar giderek daha fazla, enerji yönetimini geliştirmeyi, maliyetleri azaltmayı ve gaz emisyonlarını en aza indirmeyi amaçlayan Sanal Güç Santrali (VPP) gibi yenilikçi şebeke yönetimi teknolojilerini benimsemiştir [140]. Önerilen optimizasyon yaklaşımının işletme maliyetini başarılı bir şekilde düşürdüğünü, DEK'lerin yakıt maliyetlerini, başlatma/kapatma giderlerini ve yardımcı tesis maliyetlerini kapsadığını göstermektedir. Aynı zamanda, algoritma CO₂, SO₂ ve NO_x gaz emisyonlarında önemli bir azalma sağlamıştır. DEK'lerin programlamasını pik dönemlerden düşük dönemlere kaydırmak da pik yükü etkili bir şekilde azaltmış ve bu şekilde yardımcı tesis güvenilirliğini artırmıştır. Genel olarak, sonuçlar, PV,

mikro-türbinler, ESS ve CCHP üretimi dahil edilerek VPP için verilen algoritmanın güvenilir ve tatmin edici performansını vurgulamaktadır [140].

Rüzgar enerjisi, PV, ısı geri kazanım kazanı ve pil dahil olmak üzere enerji sistemi, entegre bir enerji santralinin ekonomik performansı üzerine yapılan araştırmalarda incelenmiştir ve evrimsel algoritma kullanılarak ısı geri kazanımı ile ilgili dört farklı yöntemle yol açmıştır [141].

[142] numaralı referansta bir KKS sistemi ile ilgili bir optimizasyon modeli önerilmiştir, bu model birkaç dağıtık enerji kaynağını içermektedir. Sistemin minimum işletme maliyeti, modelin optimize edilmesiyle belirlenmektedir [142].

[143] makalesinde, işletme maliyeti harmoni arama algoritması (HSA) ile minimize edilen entegre bir enerji sistemi modeli sunulmaktadır. Ancak, pil şarj ve deşarj verimliliği [143]te dikkate alınmamıştır.

Enerji istasyonlarının koordinasyonu ve binaların termal kapasitesinin kullanılması, bölgesel entegre ısı ve güç sistemlerinde operasyonel maliyetleri etkin bir şekilde azaltabilir ve rüzgar enerjisi kullanımını artırabilir [144].

Genel olarak, bu araştırmalar, akıllı şebekelerin ve yenilenebilir enerji entegrasyonunun karmaşıklıklarıyla başa çıkmada optimizasyon algoritmaları ve yöntemlerinin önemli kapasitesini sergilemektedir. Bu ilerleme, daha verimli, çevre dostu ve sağlam enerji sistemlerinin gelişimini ilerletmede önemli rol oynamaktadır.

BÖLÜM 3

MATERYAL VE YÖNTEMLER

3.1. METASEZGİSEL YÖNTEMLER

Bu bölüm, yapay sinir ağı (YSA) ve koala optimizasyon algoritması (KOA) kavramları ile birlikte, kullanılan bileşenlerin (PV, rüzgar ve EV) optimizasyonuna yönelik amaç fonksiyonunun formülasyonunu açıklamaktadır.

3.2. ÖNERİLEN MATEMATİK PROBLEMI FORMÜLASYONU

Talep dalgalanmalarının doğası gereği, dağıtım hatlarına çeşitli enerji kaynaklarının entegre edilmesi çabası gösterilmiştir. Farklı enerji kaynaklarının (maliyet, elektrik kaybı ve kirlenici üretimi ana hedeflerdir) ideal konumlarını ve boyutlarını belirlemek için, birçok amacı tek bir uygunluk fonksiyonunda birleştiren bir uygunluk fonksiyonu geliştirilmiştir. Kritik hedeflerin sayısını eşzamanlı olarak azaltmak için ağırlık faktörü kuralı kullanılmaktadır. Stokastik çok amaçlı optimizasyon problemi, Denklem (3.1) kullanılarak modellenenir [22]:

$$\begin{aligned} \text{Minimization } F = w1 \times & \\ \underbrace{(C_p + PV_instt + PV_O\&M + W_instt + W_O\&M + \sum_{t=1}^{24} C_{EV}(t))}_{\text{Total Cost}} + w2 \times & \\ \sum_{t=1}^{24} P_{TLoss}(t) + w3 \times \sum_{t=1}^{24} E_{emission}(t) & \end{aligned} \quad (3.1)$$

Gerçek güç satın alma maliyeti (C_p), uygunluk fonksiyonunun birinci terimini hesaplamak için Denklem (3.2) kullanılarak ızgaradan alınmaktadır [22].

$$C_p = \sum_{y=1}^{yr} PW^y \times 365 \times \sum_{t=1}^{24} \rho_E(t) \times P_{real}(t) \quad (3.2)$$

Güncel değer (PW), $PW = (1 + \text{infR}) / (1 + \text{intR})$ olarak belirlenebilir ve burada yr, yıl sayısını (20 yıl) ifade eder.

Güneş enerjisi üretim sisteminin (GEÜS) kurulum maliyeti (PV_instt), uygunluk fonksiyonunun ikinci terimi ile temsil edilmekte olup, bu terim Denklem (3.3) ile değerlendirilmektedir.

$$PV_instt = PV_{purchase\ cost} + PV_{installation\ fee} = PV_{out} \times CP_{PV} + 0.5 * (PV_{out} \times CP_{PV}) \quad (3.3)$$

Güneş enerjisi üretim sistemi (GEÜS) için işletme ve bakım maliyetlerini hesaplamak amacıyla Denklem (3.4) kullanılmaktadır.

$$PV_O\&M = \sum_{y=1}^{yr} PW^y \times 0.02 \times PV_instt \quad (3.4)$$

Ana uygunluk fonksiyonunun dördüncü kısmı olan rüzgar türbini üretim sistemi (RTJS) kurulum maliyeti (W_instt), Denklem (3.5) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$W_instt = WT_{purchase\ cost} + WT_{installation\ fee}$$

$$W_instt = P_w \times CP_w + 0.25 * (P_w \times CP_w) \quad (3.5)$$

RTJS işletme ve bakım maliyetleri (RTJS O&M) olarak da bilinen $W_O\&M$ 'in hesaplanması, Denklem (3.6) kullanılarak yapılabilir.

$$W_O\&M = \sum_{y=1}^{yr} PW^y \times 0.05 \times W_instt \quad (3.6)$$

Ana uygunluk fonksiyonunun altıncı kısmı, elektrikli araçların şarj ve deşarj maliyetlerini göstermektedir. Araç sahipleri, araçlarından en iyi şekilde faydalanmak için araçlarını nasıl şarj edeceklerine ve deşarj edeceklerine karar vermelidir.

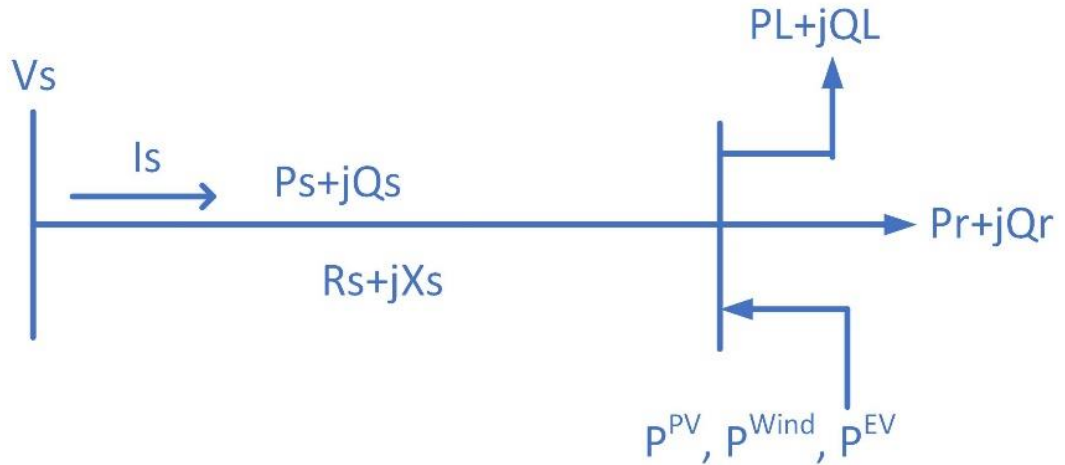
Düzenlemeye tabi olmayan bir elektrik piyasasında yaşayan bir bölgede, enerjiyi bir gün önceden beyan etmek yaygındır. Sonuç olarak, bu şu şekilde adlandırılabilir:

$$C_{EV}(t) = \rho_E(t)[\eta_{dch}P_{dch}(t) - \eta_{ch}P_{ch}(t)] \quad (3.7)$$

Yedinci terim, her dağıtım sistem segmenti için 24 saatlik bir süre içinde toplam aktif güç kayıplarını (P_{TLoss}) temsil etmektedir. Matematiksel olarak ifade etmek gerekirse, bu Denklem (3.8) ile düşünülebilir.

$$P_{TLoss} = \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^j P_{Loss}(i,j) \quad (3.8)$$

Serinin direnci ile tanımlanan dağıtım segmenti i-j R_{ij} olarak adlandırılırken, reaktansı olan dağıtım segmenti i-j X_{ij} olarak adlandırılır. Şekil 4.1, işlevsel olarak karşılaştırılabilir bir güç radial dağıtım besleme dalını tasvir etmektedir.



Şekil 3 1. Eşdeğer bir radial dağıtım besleme dalının diyagramı

24 saat boyunca emisyonlar aşağıdaki formül (3.9) kullanılarak hesaplanır.

$$E_{EMSN} = \sum_{t=1}^{24} P_{real}(t) \times (\widehat{CO}_2 + \widehat{NO}_x + \widehat{SO}_2) \quad (3.9)$$

Dal I'den dal j'ye aktif ve reaktif güç akışı, Denklemler (3.10) ve (3.11) kullanılarak değerlendirilir.

$$P_{ij} = P_j^F + P_{jL} - P_j^{WT} - P_j^{PV} - P_j^{V2G} + P_j^{G2V} + \frac{R_{ij}}{V_i^2} (P_{ij}^2 + Q_{ij}^2) \quad (3.10)$$

$$Q_{ij} = Q_j^F + Q_{jL} + \frac{X_{ij}}{V_i^2} (P_{ij}^2 + Q_{ij}^2) \quad (3.11)$$

Ayrıca, j. bus üzerindeki gerilim, Denklemler (3.12) kullanılarak hesaplanabilir. Bu denklemler, Kirchhoff'un yasalarına dayalı olarak oluşturulmuştur.

$$V_j^2 = V_i^2 - 2(P_{ij}R_{ij} + Q_{ij}X_{ij}) + \frac{R_{ij}^2 + X_{ij}^2}{V_i^2} (P_{ij}^2 + Q_{ij}^2) \quad (3.12)$$

i-j bölümündeki aktif ve reaktif güç akışı P_{ij} ve Q_{ij} ile temsil edilir. j. busun ötesinde, aktif ve reaktif güç sırasıyla P^F ve Q^F ile temsil edilir. P^{WT} , P^{PV} , P^{V2G} ve P^{G2V} ise gerçek gücü yansıtır. İth ve jth bus arasındaki akım akışı Denklem (3.13) kullanılarak hesaplanabilir.

$$I_{ij} = \sqrt{\frac{P_{ij}^2 + Q_{ij}^2}{V_i^2}} \quad (3.13)$$

Sırasıyla, Denklemler (3.14) ve (3.15), i-j segmentinin aktif ve reaktif güç kayıplarını analiz etmek için kullanılır.

$$P_{Loss}(i, j) = I_{ij}^2 R_{ij} \quad (3.14)$$

$$Q_{Loss}(i, j) = I_{ij}^2 X_{ij} \quad (3.15)$$

Sistemin toplam güç kaybı (P_{TLoss}), besleyiciye ait her dağıtım segmentinin güç kayıplarının Denklem (3.16) kullanılarak toplanmasıyla hesaplanabilir.

$$P_{TLoss} = \sum_{\substack{i=0 \\ i \neq j}}^{n-1} P_{Loss}(i, j) \quad (3.16)$$

Denklem (3.17)'de belirtilen talebi karşılamak için termal jeneratörlerden, güneş sistemlerinden, rüzgar çiftliklerinden ve elektrikli araçlardan yeterli elektrik geliştirilmelidir.

$$\sum_{t=1}^{24} P_{real}(t) + \sum_{t=1}^{24} P_{WTGS}(t) + \sum_{t=1}^{24} P_{PVGs}(t) + \sum_{t=1}^{24} P_{dch}(t) - \sum_{t=1}^{24} P_{ch}(t) - \sum_{t=1}^{24} P_{Load}(t) - \sum_{t=1}^{24} P_{TLoss}(t) = 0 \quad (3.17)$$

Her bir busun gerilimi, Denklem (3.18) dikkate alınarak belirlenen bir tolerans aralığında olmalıdır.

$$V_i^{min} \leq V_i \leq V_i^{max} \quad i \in NB \quad (3.18)$$

Ağ güvenilirliğini sağlamak için, her dağıtım segmentinin nominal termal yükü, matematiksel olarak Denklem (3.19) ile ifade edilebilecek değerden düşük olmalıdır.

$$I_{ij} \leq I_{Th}^{rated} \quad (3.19)$$

Sistem stabilitesini korumak için, her saat şarj etmek ve deşarj etmek üzere önceden belirlenmiş bir sayıda ızgara yetenekli araç, Denklem (3.20) kullanılarak gelmelidir.

$$\sum_{t=1}^{24} EV(t) \leq N_{EV} \quad (3.20)$$

İlgili çalışma kapsamında, ızgara bağlantılı araçların batarya kapasitesinin %90'ına kadar depolayabileceği ve %20'sini boşaltabileceği öngörülmektedir.

Bu çalışma kapsamında, şarj ve deşarj işlemlerinin aynı anda yapılmadığı varsayılacaktır. Yenilenebilir enerji kaynaklarını (YEK) elektrikli araçlarla entegre etmeye çalışılırken birçok varsayım yapılmıştır:

İncelenen sistem harmoniksiz ve dengeli olarak değerlendirilmiştir.

Bir numaralı bus üzerindeki gerilim büyüklüğü bir p.u. olarak alınmış ve bir köreltme bus olarak kabul edilmiştir.

Her bir dağıtım segmentinin şunt iletkenliği ve hassasiyeti göz ardı edilmiştir.

Güç öznitelik analizi için, bus gerilim büyüklüğü sapması en önemli göstergedir. Gerilim profili üzerindeki önemli bozulmalar, sistemin kötü bir görüntüsünü gösterir. Her bir bus için 24 saatlik ortalama gerilim sapması Denklem (3.21) kullanılarak belirlenir.

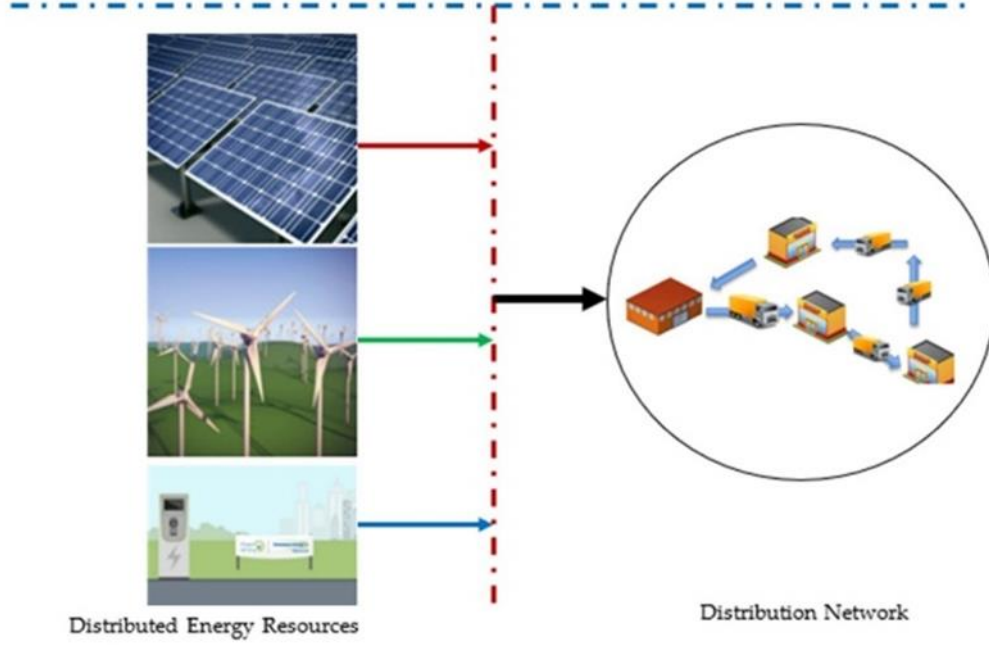
$$V_{\text{deviation}} = \sum_{t=1}^{24} \sum_{i=1}^{\text{NB}} \frac{|V_{\text{rated}} - V_i|}{V_{\text{rated}}} \quad (3.21)$$

3.2.1. Yaygın Enerji Kaynakları

Dağıtım sistemi tasarımında YEK'lerin hem üretim hem de işletme açısından dikkate alınması gerekmektedir. Bu insanlar ağıın genel direktörleri (DÜ) olarak adlandırılır. Elektrikli araçlar bazen "ızgaraya bağlanabilir" araçlar olarak anılır çünkü elektrik ihtiyaçları konusunda ızgaraya yardımcı olabilirler [145][146]. Elektrikli araç (EA) pilleri, ağ kullanılmadığında belirlenen maksimum ve minimum aralıklara kadar şarj edilip deşarj edilir. Elektrikli araçların entegrasyonu ile termal santral emisyonları azaltılabilir ve sistem güvenilirliği artırılabilir [147][148].

Bu çalışmada, hem yenilenebilir hem de yenilenemeyen YEK'lerin, dağıtım kontrol merkezi (DCC) ile iletişim kurması için düşünceler bulunmaktadır [149]. Eğer toplayıcıların verileri doğruysa, DCC, Şekil 3.2'de görüldüğü gibi elektrik enerjisi taşıyacaktır. Rüzgar türbini ve güneş enerjisi üretim sistemi toplayıcıları, sistemin elektrik üretimi hakkında veri toplar. İzgaraya bağlanabilir araç sahipleri, araçlarını kullanabilmek için önce EV toplayıcı ile kayıt yaptırmalıdır. Daha sonra şarj etme ve deşarj etme seçeneklerinden faydalanabilirler [150]. Araç sahipleri, araç toplayıcısı tarafından, ızgaranın mevcut yüklenme durumuna bağlı olarak araçlarını şarj etmeleri veya deşarj etmeleri konusunda bilgilendirilir [151][152]; ardından, elektrikli araç sahibi uygun gördüğü şekilde yanıt verebilir. Bu eylem, tüm ilgili tarafların yararına olan güvenilir işletim ve YEK'lerin uygun kullanımına izin veren akıllı bir dağıtım

sistemi olarak düşünülmektedir [153]. Bu bölüm aynı zamanda çeşitli YEK'ler için matematiksel modeli detaylandırmaktadır.



Şekil 3 2. Dağıtım yönetim sisteminin önerilen düzeni

Bir PV modülünün çıkış gücü, genellikle üzerine düşen güneş radyasyonunun yoğunluğu tarafından belirlenir. Güneş radyasyonunun davranışını belirlemek için genellikle bir binom dağılımı kullanılır [154]. Bu paradigim, iki doğrusal unimodal ilişkiye bağlıdır; her iki unimodal modelde de kullanılan beta olasılık yoğunluk fonksiyonu (PDF) aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

$$f_b(s) = \begin{cases} \frac{\Gamma(\alpha+\beta)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)} \times s^{(\alpha-1)}(1-s)^{(\beta-1)} & \text{for } 0 \leq s \leq 1, \alpha \geq 0, \beta \geq 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3.22)$$

Harf s, güneş radyasyonunu (kW/m² cinsinden) temsil etmektedir. Beta dağılım fonksiyonunun f_b(s) iki parametresi α ve β, sırasıyla Denklemler (3.23) ve (3.24) kullanılarak belirlenebilir.

$$\beta = (1 - \mu_s) \times \left(\frac{\mu_s \times (1 + \mu_s)}{\sigma_s^2} - 1 \right) \quad (3.23)$$

$$\alpha = \frac{\mu_s \times \beta}{1 - \mu_s} \quad (3.24)$$

Olasılıkları hesaplamak için gün, her biri belirli bir anki güneş radyasyon miktarına bağlı olarak değişken bir olasılığa sahip olan 24 eşit saatlik bölüme ayrılır. Her saatin ne kadar süreceğini belirlemek için tarihsel veriler incelenir ve gün sayısı belirlenir. Teorik olarak, s'nin 20 durumu vardır, her saat için adım büyüklüğü 0,05 kW/m²'dir. Günün her birinin 20 durumu için olasılıkları hesaplamak için s'nin zaman değerleri kullanılır (s, Denklem (3.22)'de temsil edilir) ve o saat için GEÜS çıkış gücü (PV_out) Denklem (3.25) kullanılarak hesaplanır.

$$PV_{out}(s) = N \times F_F \times V_y \times I_y \quad (3.25)$$

$$V_y = V_{oc} - V_k \times T_{cy} \quad (3.26)$$

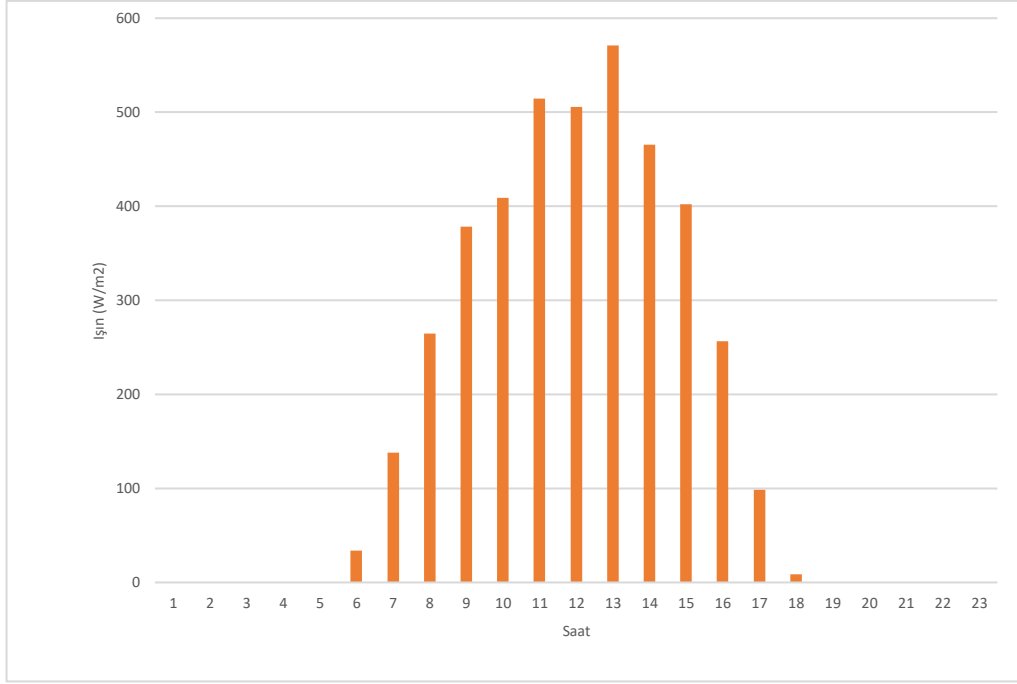
$$I_y = s [I_{sc} + I_k (T_{cy} - 25)] \quad (3.27)$$

$$F_F = \frac{V_{MPT} \times I_{MPT}}{V_{oc} \times I_{sc}} \quad (3.28)$$

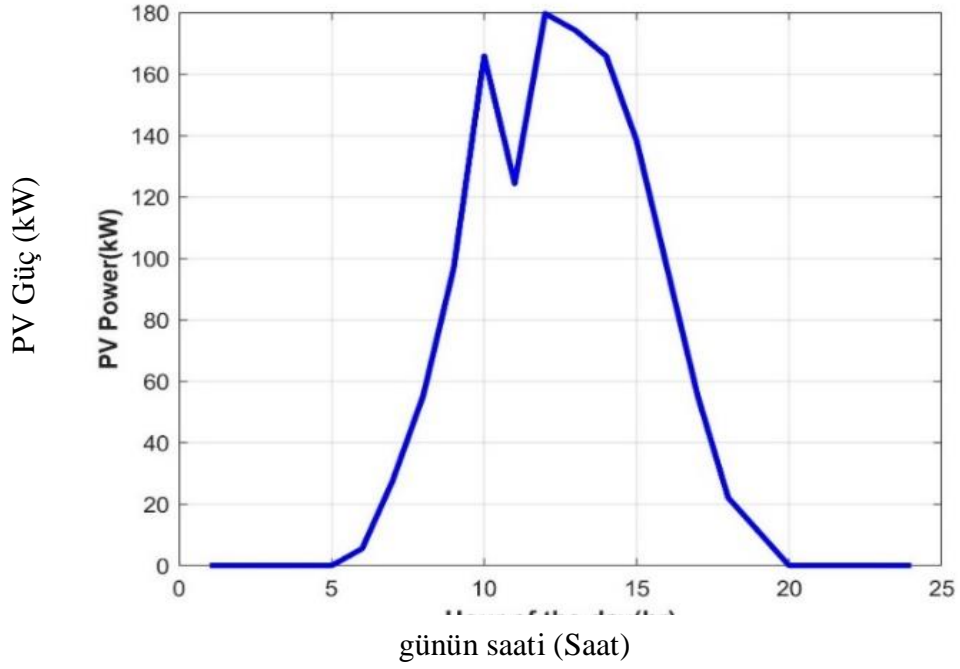
$$T_{cy} = T_A + s \left(\frac{N_{OT} - 20}{0.8} \right) \quad (3.29)$$

V_y ve I_y her bir panelin gerilim ve akımını göstermektedir.

Işıma verileri Şekil 3.3'te gösterilmişken, buna karşılık gelen GEÜS'nin saatlik üretim gücü Şekil 3.4'te görülmektedir.



Şekil 3 3. Işınım verileri



Şekil 3 4. Solar PV Enerji Üretimi (saat)

GEÜS'nin herhangi bir t anındaki toplam beklenen çıktı gücü (EOP), formül (3.30) kullanılarak hesaplanabilir.

$$EOP_{PV}(t) = \int_0^1 PV_{out}(s) \times f_b(s) \quad (3.30)$$

Her tahmin edilen dönem için, rüzgar hızının rastgeleliğini karakterize etmek amacıyla Rayleigh olasılık dağılım fonksiyonu kullanılır. Bu yöntem, yaygın olarak kullanılan Weibull olasılık dağılım fonksiyonunda da uygulanmaktadır [155].

$$f_w(v) = \left(\frac{2v}{c^2}\right) \exp\left[-\left(\frac{v}{c}\right)^2\right] \quad (3.31)$$

c ölçeklendirme faktörü, matematiksel olarak Denklem (3.33)'te ifade edilen ortalama rüzgar hızı (v_m) olarak Denklem (3.32) kullanılarak hesaplanabilir.

$$v_m = \int_0^\infty v f_w dv = \int_0^\infty \left(\frac{2v^2}{c^2}\right) \exp\left[-\left(\frac{v}{c}\right)^2\right] dv = \frac{\sqrt{\pi}}{2} c \quad (3.32)$$

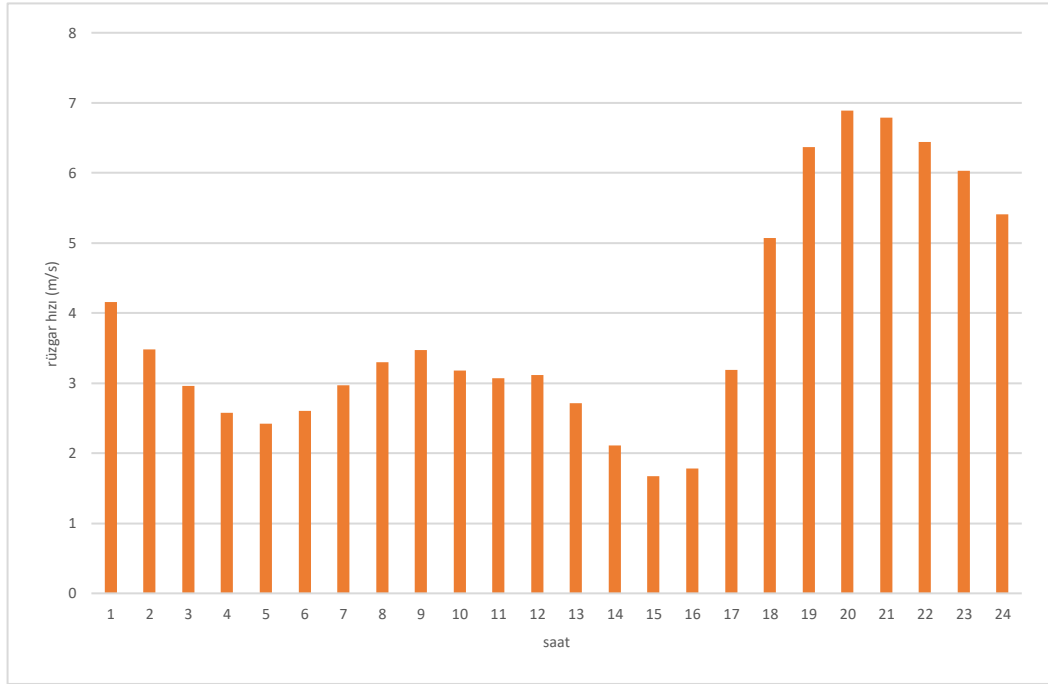
$$c = 1.128 v_m \quad (3.33)$$

PDF'yi oluşturmak için 24 saatlik bir zaman dilimi kullanılır ve her saate atanan olasılık, rüzgar hızına dayanmaktadır. Geçmiş verilere dayanarak, günün her saatine ait μ_w ve σ_w değerlerini hesaplayabiliriz. Her saatte rüzgar hızının 1 m/s artarak 24 seviyesi bulunmaktadır. 24 durum ile günün her saati için olasılık değerleri, Denklem (3.31)'de belirtilen w değerlerinden hesaplanır. Buna göre, o saat için rüzgar türbininin çıkış gücü Denklem (3.34) kullanılarak hesaplanır.

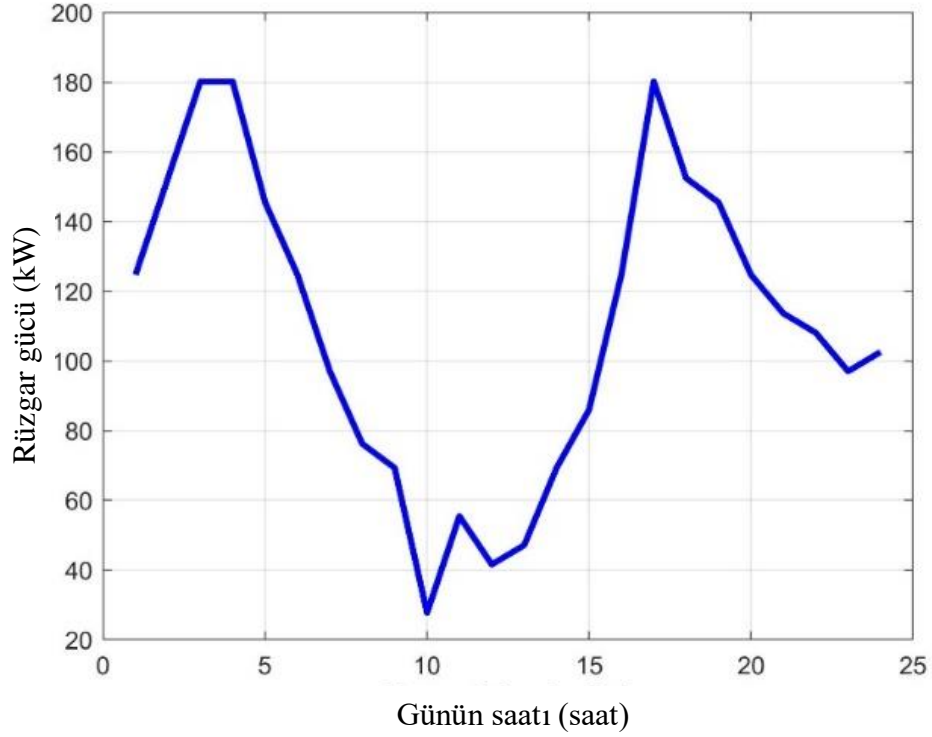
$$P_w(v) = \begin{cases} 0, & 0 \leq v_{aw} \leq v_{cin} \\ P_{rated} \times \frac{v_{aw} - v_{cin}}{v_{rt} - v_{cin}}, & v_{cin} \leq v_{aw} \leq v_{rt} \\ P_{rated}, & v_{rt} \leq v_{aw} \leq v_{cof} \\ 0, & v_{cof} \leq v_{aw} \end{cases} \quad (3.34)$$

$$EOP_{WT}(t) = \int_0^1 P_w(v) \times f_w(v) dv \quad (3.35)$$

Bir rüzgar türbininin EOP'si Denklemler (3.31) - (3.35) kullanılarak hesaplanabilir. Her saat, 24 saat boyunca rüzgar hızıyla Şekil 3.5'te gösterilmiştir ve Şekil 3.6'da RTJS'nin saatlik ürettiği çıkış gücü gösterilmektedir.



Şekil 3 5. 50 metrede rüzgar hızı



Şekil 3 6. Rüzgar Türbini Jeneratörünün Güç Üretimi

Bu çalışmada, şebekeye bağlı araçlar, sistemin EV (Elektrikli Araç) bataryalarını şarj etmesi gerektiğinde düşük talep zamanlarında yük olarak görülmekte, ancak yüksek talep zamanlarında yük gereksinimlerini karşılamak için şebekeye geri güç sağlamaktadır (bir DÜ gibi davranmaktadır). Elektrik arzının serbestleşmesi artık piyasadaki elektrik fiyatını kontrol etmektedir. EV sahipleri, kazançlarını maksimize edecek şekilde araçlarının şarj ve deşarj işlemlerini ayarlayabilirler. Sonuç olarak, EV'lerin saatlik şarj ve deşarj gücü sırasıyla Denklem (3.36) ve (3.37)'deki formüller kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$P_{dch}(t) = \mu_{vcap} [\varphi_{pre} - \varphi_{min}] N_{Ev(dch)}(t) \quad (3.36)$$

$$P_{ch}(t) = \mu_{vcap} [\varphi_{dep} - \varphi_{pre}] N_{Ev(ch)}(t) \quad (3.37)$$

Şarj etme ve deşarj etme derecelendirmeleri için bir minimum ve maksimum aralık (ϕ_{min}/ϕ_{max}) korunmalıdır. Elektrikli araçların (EA'lerin) batarya ömrü bu teknik kullanılarak artırılabilir.

3.2.2. Güç Kaybının, Maliyetlerin ve Emisyon Üretiminin Minimize Edilmesi

Dağıtım sistem planlaması sorununa uygun bir çözüm bulmak için bir optimizasyon algoritmasının uygulanması gereklidir. Tüm kısıtlamalar karşılandığında, ilgili karar değişkenlerini seçerek bu optimum çözüm bulunabilir. Güç kaybını, genel maliyeti ve kirlilik oluşturmayı önemli ölçüde azaltmak için DEK'lerin kullanılması esastır (DEK'ler önemlidir). Kesin konum ve boyut bilinmedikçe hiçbir güç kaynağı kullanılamaz. Yapay sinir ağları (YSA'ler) ve Karıncaların Koloni Algoritması (KKA), en iyi olası sonuçları tahmin etme güçleri ve kapasiteleri nedeniyle kullanılır. Farklı yük ve güç kaynağı koşullarında belirsiz yerleşim ve güç derecelendirmeleri uygun bir şekilde belirlenir. Dolayısıyla, bu dağıtım sistem planlama sorununda yerleşim yerleri ve boyutlar seçim faktörleri olarak belirlenir. Bu yöntemin, bu yaygın olmayan doğrusal olmayan optimizasyon sorununu ele almak ve üstün sonuçlar elde etmek için kabul edilebilir ve etkili olduğu açıktır.

3.3.BUKALEMUN OPTİMİZASYON ALGORİTMASINA VE YAPAY SINIR AĞINA GENEL BAKIŞ

Braik, BOA'yı 2021'de önerdi ve bu da onu en yeni metaheuristiklerden biri haline getirdi. Bu teknik kullanılarak, kertenkelelerin avlanma ve yiyecek bulma süreci simüle edilebilir. Kertenkeleler çevreleriyle uyum sağlamak için renk değiştirebildikleri için son derece özelleşmiş bir türdürler. Farklı ortamlara uyum sağlayabilme yetenekleri sayesinde, kertenkeleler düşük yerler, dağlar, çöller ve yarı-çöller dahil çeşitli habitatlarda var olabilirler. Avlarını izleme, takip etme ve avlama süreçleri, onların yiyecek arama sürecindeki aşamalarıdır. Bu yöntemin adım adım talimatları, sonraki alt bölümlerde bulunabilir [156].

Optimizasyon sürecine başlamak için BOA, rastgele oluşturulan bir başlangıç popülasyonu üretir. Bir optimizasyon problemi içinde türün boyutu n kadar kertenkele

oluşturulur, popülasyonun her üyesi bir alternatifi temsil eder. Denklem (3.38) kullanılarak kertenkelenin arama alanındaki konumu (y_t^i) belirlenir.

$$y_t^i = [y_{t,1}^i, y_{t,2}^i, \dots, y_{t,d}^i] \quad (3.38)$$

d, kertenkelenin konumunu $i = 1, 2, \dots, t$ iterasyonlarında gösterir.

Arama uzayındaki kertenkelerin sayısı ve problem boyutu, başlangıç popülasyonunu oluşturmak için kullanılır.

$$y^i = l_j + r(u_j - l_j) \quad (3.39)$$

İlk vektörün u_j ve l_j , 0 ile 1 arasında rastgele bir sayı kullanılarak, i. kertenkelenin arama uzayında rastgeleleştirilir. Her yeni pozisyonda çözümün kalitesi, amaç fonksiyonu kullanılarak değerlendirilir.

Konum güncelleme yaklaşımına dayanarak, arama sırasında kertenkele hareket desenleri sınıflandırılabilir. Bu, Denklem (3.40)'da gösterildiği gibi gerçekleştirilir.

$$y_{t+1}^{i,j} = \begin{cases} y_t^{i,j} + P_1(P_t^{i,j} - G_t^j)r_2 + P_2(G_t^j - y_t^{i,j})r_1 & r_1 \geq P_p \\ y_t^{i,j} + \mu(u^j - l^j)r_3 + l_b^j \text{sign}(\text{rand} - 0.5)r_1 & r_1 < P_p \end{cases} \quad (3.40)$$

Bu örnekte, t. iterasyon değeri t tarafından temsil edilir. i. kertenkelenin j. boyutunda i ve j ile temsil edilir. Kertenkelenin mevcut ve yeni konumları sırasıyla y_{ijt} ve y_{ijt+1} ile gösterilir. Kertenkelenin en iyi ve küresel en iyi konumları, sırasıyla $P_t^{(i,j)}$ ve G_t^j öneki ile gösterilir.

Bir kişinin keşif yeteneği, P_1 ve P_2 olarak adlandırılan iki pozitif tamsayı ile belirlenir. 0 ile 1 arasında rastgele üretilen r_1 , r_2 ve r_3 tamsayıları kullanılır. İndeks i kullanarak 0 ile 1 arasında herhangi bir rastgele tamsayı oluşturulabilir. Bir kertenkelenin avı algılama olasılığı, P_p parametresi tarafından verilir. "rand - 0.5"

işareti, kullanıldığı yerdeki sömürü ve keşif yönü üzerindeki etkisine bağlı olarak 0 veya 1 olabilir. Kertenkelenler, avlarının nerede saklandığını görmek için gözlerini döndürebilirler. Bu dönme özelliği sayesinde, kertenkeler avlarını tüm yönlere doğru görebilirler. Aşağıdaki adımlar izlenir:

Avın konumu, bir döndürme matrisi tarafından belirlenir ve kertenkelenin durumu, kütle merkezi etrafındaki döndürme matrisi kullanılarak güncellenir. Sonra, ilk ortaya çıktıkları yere geri dönerler.

Kurbanları çok yaklaştığında, kertenkelenler saldırır. Avlarına en yakın kertenkeler en büyük olarak kabul edilir. Bu kertenkele, hedefi vurmak için uzantısını kullanır. Kertenkeler, dil uzunluğunu iki katına çıkarma yeteneklerinden faydalanırlar. Bu yetenekleri sayesinde, kertenkeler av alanını tam anlamıyla kullanabilir ve avlarını yakalayabilirler. Kertenkelenin hızını belirlemek için Denklem (3.41) kullanılır.

$$v_{t+1}^{i,j} = wv_t^{i,j} + c_1(G_t^j - y_t^{i,j}) + c_2(P_t^{i,j} - y_t^{i,j})r_2 \quad (3.41)$$

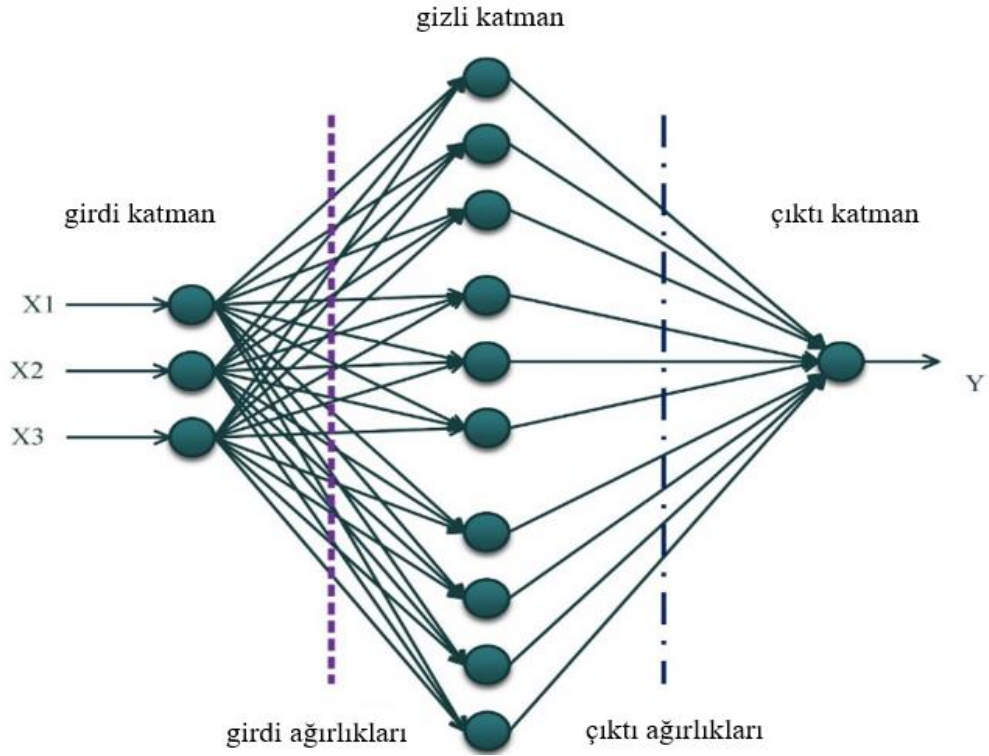
i. kertenkelenin yeni hızını t+1 iterasyonunun j. boyutunda gösteren ve o boyuttaki i. kertenkelenin mevcut hızını $v_{(t+1)}^{(i,j)}$ olarak gösteren.

Avın konumu bir döndürme matrisi tarafından belirlenir ve kertenkelenin durumu kütle merkezi etrafındaki döndürme matrisi kullanılarak güncellenir. Daha sonra, ilk ortaya çıktıkları yere geri dönerler.

Kurbanları çok yaklaştığında, kertenkelenler saldırır. Avlarına en yakın kertenkeler en büyük olarak kabul edilir. Bu kertenkele, hedefi vurmak için uzantısını kullanır. Kertenkeler, dil uzunluğunu iki katına çıkararak bu yeteneklerinden faydalanırlar. Bu yetenekleri sayesinde, kertenkele av alanından tam olarak yararlanabilir ve avını yakalayabilir. Kertenkelenin hızını belirlemek için Denklem (3.41) kullanılır.

3.3.1. Yapay Sinir Ağının Kullanımı

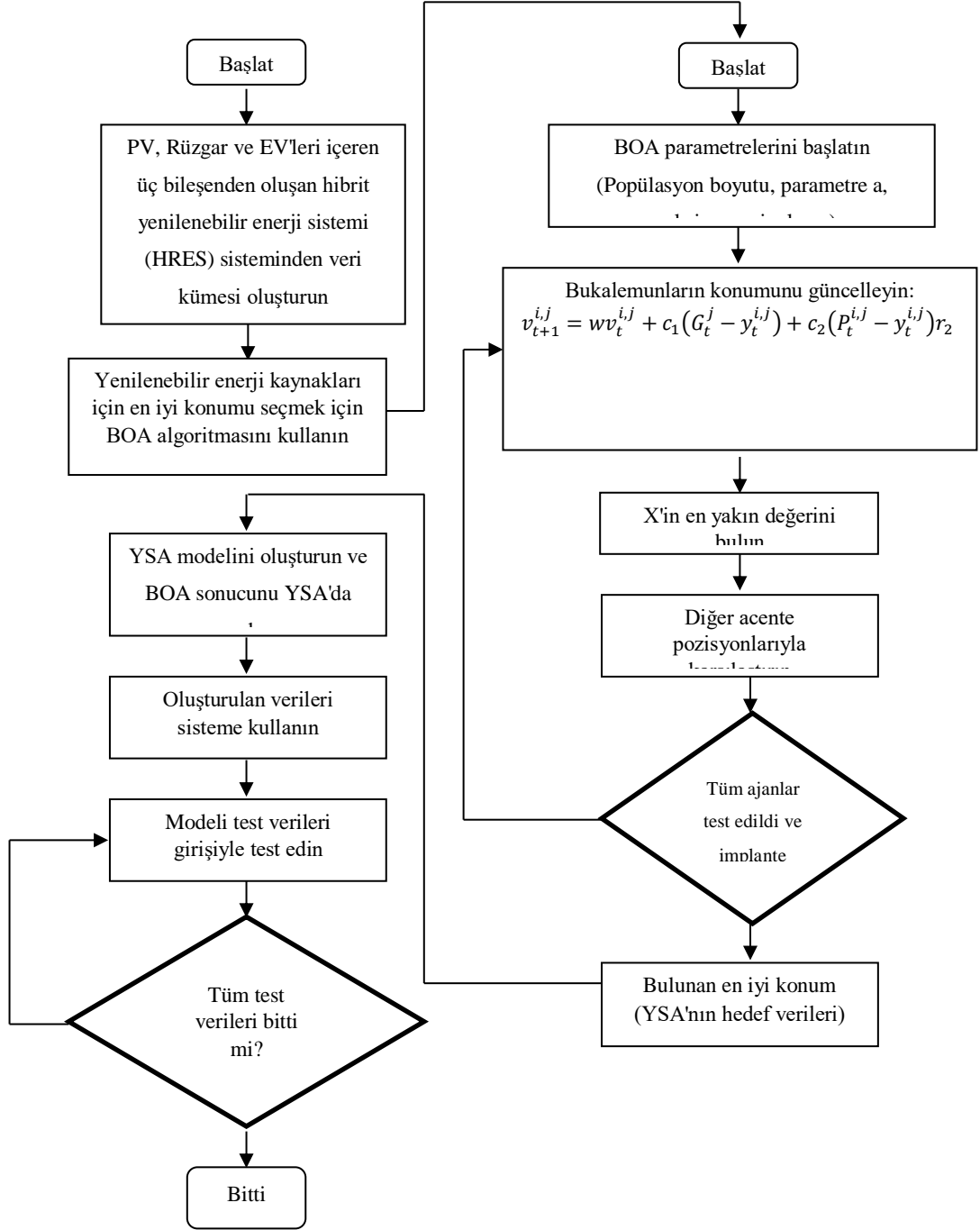
Bu çalışmadaki yapay sinir ağı (YSA), bir giriş katmanı, bir gizli katman ve bir çıkış katmanından oluşmaktadır. Her katmana belirli bir ağırlık verilmiştir [157]. Şekil 3.7, YSA'in yapılandırma diyagramını göstermektedir.



Şekil 3 7. Yapay Sinir Ağı (YSA) Yapısı

Çıkış katmanı, gizli katmandan sinyal alır ve oraya gönderir. Her katmanın çıkış değeri şimdi ağırlıklı bağlantılarıyla belirlenir. Girdi sinyalinden en iyi çıkışı üretmek için ağırlık değeri ayarlanması gereklidir (bu eğitim aşamasıdır). YSA'nin ağırlıkları, önerilen yöntemde geri yayılım ile eğitilir. PV panelinin boyutu, rüzgar türbini ve batarya, YSA için girdi verileri arasında yer almaktadır. YSA, BOA test sonuçlarından en iyi çözümü üreterek maliyeti, emisyonları ve güç kaybını azaltmaktadır.

Bu çalışmada YSA ve BOA, güç kaybını ve genel maliyetleri düşürmek amacıyla aynı anda amaç fonksiyonunun optimal parametrelerini ve EV kurulum görevlerini belirlemek için kullanılmıştır. Bu, aktif elektrik satın alma maliyeti, RTJS kurulumu ve bakımı maliyeti, GEÜS kurulumu ve bakımı maliyeti, elektrikli araçların (EA'lerin) şarj ve deşarj maliyetini içermektedir. Bu çalışmanın özeti Şekil 3.8'de gösterilmiştir.



Şekil 3.8. Önerilen çalışmanın akış şeması.

3.4.KARINCA KOLONISI OPTİMİZASYON ALGORİTMASI

Bu tez, karıncaların ilginç avlanma davranışlarına derinlemesine girmekte ve onların yiyecekleri etkili bir şekilde bulma yetenekleri ile en kısa yolun belirlenmesinde hata yapmamalarıyla karakterize edilen yüksek zekalarını incelemektedir. Çalışma, karınca davranışlarını tanıtmakta ve optimal sonuçlar elde etmek için modifiye edilmiş bir karınca kolonisi optimizasyon yaklaşımı önermektedir. İkinci aşamada, yapay sinir ağı, optimum sonuçların tespitinde kullanılmaktadır.

Marco Dorigo, 1990 yılında karınca kolonisi optimizasyon algoritmasını, hibrit optimizasyon problemlerini çözmek için tasarlanmış öncü bir yaklaşım olarak tanıttı [158]. Bu algoritma, karıncaların doğal avlanma davranışından ilham alır, burada her karınca, yiyeceğe giden yol boyunca feromon adı verilen kimyasal bir madde bırakır. Sonraki karıncalar, bu feromon izlerini kullanarak en kısa yolunu belirler ve seçerler [159]. Algoritma, belirsiz polinomial (NP) problemleri etkili bir şekilde ele almakta ve seyahat eden satıcı problemleri, zamanlamalı zorluklar, araç yönlendirme problemleri gibi çeşitli alanlarda uygulama bulmaktadır [160].

Karıncalar kolonisi algoritması kullanılarak herhangi bir NP problemi ele almak için şu adımlar gereklidir:

- Senaryoyu, düğümler ve bağlantıları içeren bir grafik haline getirerek başlayın.
- Mesafe düğümlerinin ağırlıklarını (η) tanımlayın ve yükseltin.
- Soruna özgü bir potansiyel çözüm formüle edin.
- Başarılı bağlantıları belirlemek için adaptasyon kılavuzunu kullanın.
- Sıradaki noktayı belirlemek için şans eseri kaydırma prensibini uygulayın [161].

Karıncia kolonisi algoritmalarının çeşitli uygulamaları, Karıncia yaklaşımı, Max-Min Karıncia Yaklaşımı ve Karıncia Kolonisi yaklaşımı gibi, öncelikle feromon güncelleme formüllerinde farklılık göstermektedirler [161]. Önerilen algoritmanın uygulama detayları, özellik seçiminin karıncia kolonisi yaklaşımına dayandığı şekilde

açıklanmaktadır. Özellik-sınıf (FC) ve özellik-özellik (FF) olmak üzere iki ölçüm yaklaşımı kullanılmaktadır.

Başlangıçta, S koleksiyonundaki tüm özelliklerin görsel bir tasviri sunulmuş olup, özellikler birbirine bağlı düğümler olarak kabul edilmektedir. Daha sonra, model için τ , η parametreleri, karınca sayısı ve iterasyonlar belirlenmelidir [162]. τ parametresi, feromon izi olarak adlandırılan, algoritmanın başlangıcında tüm özellikler için varsayılan olarak sabit bir değer olan bir değeri alır. η parametresi ise sezgisel bilgi olarak adlandırılır ve özellikler arasındaki mesafenin tersidir [163]; Bu tezde, bu mesafenin hesaplanması FC ve FF yaklaşımlarına göre belirlenecektir.

Başlangıç parametreleri belirlendikten sonra, algoritma çalışır hale gelir. Her döngüde, bir karınca rasgele bir noktaya yerleştirilir. Sonraki düğümü belirlemek için aktarım yasası uygulanır, Denklem (3.42)'de gösterildiği gibi:

$$P_i^k(t) = \frac{|\tau_i(t)|^{\alpha} \cdot |\eta_i(t)|^{\beta}}{\sum_{u \in j^k} |\tau_i(t)|^{\alpha} \cdot |\eta_i(t)|^{\beta}} \text{ if } (q > q_0) \quad (3.42)$$

$$j = \max_{u \in j^k} (\tau_i(i)^{\alpha} \cdot \eta_i(i)^{\beta}) \text{ if } (q < q_0) \quad (3.43)$$

α ve β 'nin ayarları, τ ve η 'nin etkinliğini artırmak için yapılandırılmıştır. j^k kümesi, karıncanın henüz karşılaşmadığı özellikleri temsil eder; karıncanın daha önce gözlemlediği özelliklere sıfır değeri atanır. q_0 parametresi, seçim stratejisini belirlemede kritik bir rol oynar ve hırslı (greedy) ile olasılıksal yöntemleri içerir. Değişken q , sıfırdan bir'e kadar olan öngörülemez bir değerdir.

n 'inci karıncanın düğüm taramasının tamamlanmasının ardından, taramadan elde edilen feromon miktarı, orijinal formülasyona göre Denklem (3.44) uyarınca güncellenir.

$$\tau_i(t+1) = (1 - \rho)\tau_i(t) + \sum_{i=1}^n \Delta\tau_i^k(t) \quad (3.44)$$

ρ değerinin belirlenmesi, etkiyi azaltmak için esastır. $\Delta\tau_i^k$ parametresi, Wrapper yaklaşımı için elde edilen farkın tersine düşmesini temsil eder ve Filter tekniği için seçilen düğümlerin ortalama miktarına eşdeğerdir [162].

3.4.1. Özelliklerin Uzaklığı ve Benzerliği Kriterleri

Bir çift stokastik değişken arasındaki korelasyon, lineer ve doğrusal olmayan olmak üzere iki türe ayrılır. Lineer ilişkileri değerlendirmek için yaygın olarak kullanılan yaklaşım, korelasyon indeksi hesaplamasıdır. [164]'te, yazarlar doğrusal olmayan ilişkileri hesaplamak için entropi yöntemini ve bilgi teorisini tercih etmişlerdir. Korelasyon katsayısı yönteminin sınırlaması, sayısal olmayan ve grup bilgilerine uygulandığında etkinliğinin az olmasıdır, oysa entropi tekniği etkinlik gösterir [164].

Entropi veya düzensizlik kriterleri, bir kesikli veya sürekli rasgele değişkenin içsel belirsizliğini değerlendirmek için kullanılır. Kesikli stokastik elemanlar $X=(x_1,x_2,\dots,x_n)$ için entropi, $H(X)$ olarak gösterilir ve Denklem (3.45) kullanılarak hesaplanır.

$$H(X) = -\sum_{i=1}^n p(x_i)\log(p(x_i)) \quad (3.45)$$

Burada $p(x_i)$, tüm küme içinde gerçekleşme olasılığını temsil eder. X ve Y gibi her biri n büyüklüğünde olan iki kesikli stokastik eleman için Entropiyi, Formül (3.46) kullanarak belirleyin.

$$H(X, Y) = -\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n p(x_i, y_j)\log(p(x_i, y_j)) \quad (3.46)$$

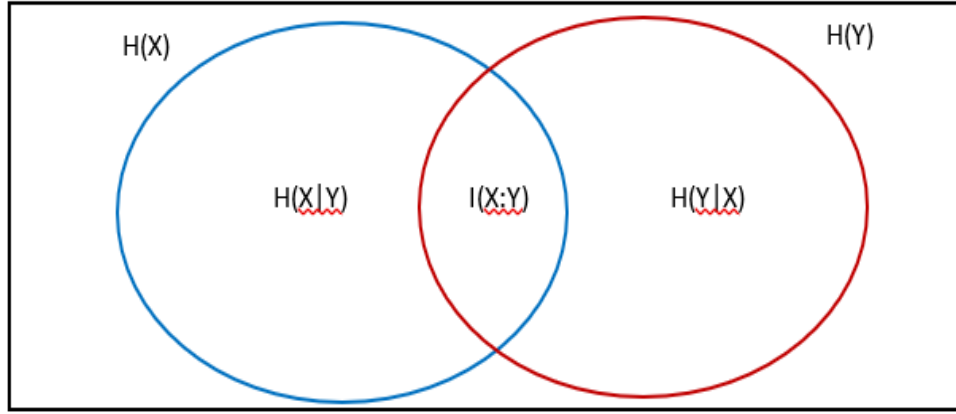
Denklem (3.47), Y koşulu altında X 'in bağımlı entropisini hesaplamak için kullanılır.

$$H(X|Y) = -\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n p(x_i, y_j)\log(p(x_i|y_j)) \quad (3.47)$$

Yukarıdaki Denklemin amacı, Bilgi Faktörü (IF) hesaplamaktır. Bir çift elemanın birbirine olan bağımlılığını değerlendirmek için IF ölçüsü kullanılır, bu ölçü Denklem (3.48) ile tanımlanmıştır.

$$I(X, Y) = H(X) - H(X|Y) \quad (3.48)$$

IF için sıfır değeri, eşleştirilmiş elemanlar arasında bağımsızlığı ifade eder ve büyüklüğü ne kadar fazlaysa, X ve Y arasındaki bağımlılık o kadar fazladır [165]. Şekil 3.9, bilgi katsayısı ile entropi arasındaki ilişkiyi göstermektedir.



Şekil 3 9. veri faktörü ile bilgi içeriği arasındaki bağlantıyı gösterir

Bu araştırmada, Bilgi Kazancının standartlaştırılmış versiyonu olan simetrik belirsizlik (SU) olarak adlandırılan ölçüt kullanılmaktadır, bu da Denklem (3.49) ile ifade edilmiştir. Bu ifadenin değeri, iki değişken arasındaki korelasyon ölçüsünün 0 ile 1 arasında normalizasyonunu içermesinden gelmektedir. SU değeri bir'e yaklaştıkça, iki değişken arasında bağımlılık olduğunu gösterirken, sıfıra yaklaşan bir değer bağımsızlığı işaret eder.

$$SU(X, Y) = \frac{2 \cdot I(X, Y)}{H(X) + H(Y)} \quad (3.49)$$

Bu araştırmada, η 'nin hesaplanması için $[[SU]]_{FC}$ ve $[[SU]]_{(FF)}$ olmak üzere iki kriter kullanılmaktadır [164]. $[[SU]]_{FC}$ kriteri, her bir özniteliğın sınıfa bağımlılığını ölçer. Bir'e daha yakın bir değer, o özniteliğın daha büyük öneme sahip olduğunu ve seçilmeli olduğunu gösterir.

$$\eta_i = \frac{1}{1-SU_{FC}} \quad (3.50)$$

$[[SU]]_{FF}$ kriteri, iki özellik arasındaki bağımlılığını ölçer. Değeri bir'e yaklaştığında, iki özellik arasında yüksek bir benzerlik olduğunu gösterir; bu da bir özniteliğın çıkarılması için değerlendirilebileceğini önerir.

$$\eta_i = \frac{1}{SU_{FF}} \quad (3.51)$$

Öznitelik seçerken, amaç sınıflarla ilişkili öznitelikleri korurken gereksiz veya önemsiz olanları elemektir. Hedef, daha yüksek bir $[[SU]]_{FC}$ ve daha düşük bir $[[SU]]_{(FF)}$ seçmektir [166].

3.5.PARÇACIK SÜRÜ OPTİMİZASYON ALGORİTMASI

Ajanların (parçacıklar, popülasyonlar) kullanımını yaklaşık olarak açık doğal işlemlerle etkileşim içinde bulundu. Bu, doğal olayları taklit etmeye çalışan bilgisayar animasyonlarında resimlerin anlaşılma sorununu ele almak için kullanıldı. Alanın öncülerinden biri olan Rios, Lacasse Film'deki görevleri sırasında, her biri bulanık bir fonksiyon üretmek için bir araya gelen birkaç bileşeni olan parçacık cihazlarından yararlandı. Parçacık üretici genellikle önceden belirlenmiş koordinatlarda başlayan hareketli noktaların rastgele bir dizisini üretiyordu. Grafik simülasyonunda renk, doku, sınırlı yaşam süresi gibi ek yönler bulunmaktaydı.

Hız vektörleri bazı rastgele değişkenler tarafından sık sık değiştiriliyordu. Her parçacık daha sonra hız vektörüne uygun olarak bir sonraki noktaya göç eder ve

başlangıç pozisyonundan ayrılırdı. Manevra doğal görünmesi için konum, zorunlu bir açı benimseyerek değiştiriliyordu. Bu teknolojiler, grafik bağlamlarda toplumsal sonuçlar ve gerçek dünya etkileşimleri sunmak için önemli gelişmeler geçirdi. Kuş popülasyonlarını tasvir eden animasyonlarda gözlemlenen kolektif davranışlardaki daha karmaşık dinamiklerin sunulması gerekiyordu. Çok zorlu olmasına rağmen, bir üye davranışı başlatma dosyası oluşturulması mümkün olmuştu, ancak doğal kulağa sahip bir yanıt sağlamak da zordu. Reynolds, Rios parçacık sistemi üzerine daha yüksek düzey grup algoritmasını oluşturdu.

Bu, parçacıkların önceki hareketini dikkate aldı ve bunu eğimler, pozisyonel kimlik ve veri hizalaması gibi diğer unsurlarla daha da iyileştirdi. Grup üyelerinin bu ek eylemleri, çarpışmaları önleme, diğer üyelerin hız vektörüne göre kendi hız vektörünü değiştirme ve diğer üyelerin üstün pozisyonunu koruma gibi grup üyeliğinin temel prensipleriyle uyumluydu. Üye zekasını artırırken, bu temel modellerin oluşturulması rota kaydının gereksiz hale getirilmesini sağlamıştı. Ancak bireyin özgürlük düzeyinin artırılması, uyumsuzluk gibi sorunlara yol açabilir. Reynolds, bu sorunu ele almak için hakimiyet gereksinimine dayalı özel bir eylem geliştirdi. Ancak seçim bir kez daha tamamen rastlantısal ve mantıksız olabilir. Basit bir uygulama ile bir cihaz, her parçacığın bir bütün olarak montaj hareketlerinin farkında olmasını gerektirebilir. Nüfus parçacıklarının artışı nedeniyle bu durumda zorluk çok zor hale gelebilir veya belki de imkansız hale gelebilir.

Reynolds, bu sorunu çözmek için mahalle sistemi önerdi. Bu sistem, parçacıkların sınırlı gözlemini dikkate aldığından doğada uygulama bulmuştur, ancak güncel çalışmalar bu yaklaşımın grup davranışını değiştirdiğini göstermektedir. Kennedy ve Haharat, Reynolds'ın yaklaşımını sosyal davranışları dahil ederek genişletmeyi amaçladılar. Ayrıca, yuva bulma amacı taşıyan basit grup algoritmasından türetilen Hepner ve Greenander yöntemini daha pratik bir şekilde yiyecek elde etme amacıyla değiştirdiler. Bu nedenle, araştırmacılar bu yaklaşımı karmaşık matematiksel sorunlara uygulamaya başladılar. Bu yöntemlerde, sorunun amaç fonksiyonu nüfus uygunluğu fonksiyonu olarak görülür. Gereksiz ve etkisiz değişkenleri ortadan kaldırarak daha etkili ve basit bir model üretildi [167][168][169][170][171].

PSO, zaman içinde parçacık pozisyonunu ve hızını değiştirerek hem tüm sürü için hem de her bir birey parçacık için en iyi çözümü bulmayı amaçlar. Parçacık konumları ve hızları, rastgele varyasyonu tanıtmak için 0 ile 1 arasındaki aralıktaki uniform rastgele değişkenler kullanılarak iteratif olarak güncellenir. Burada, r_1 ve r_2 sırasıyla sıfır ile bir arasında rastgele değerleri temsil eder. Ayrıca, v_i, k , i parçacığının k iterasyonundaki hızını temsil eder, burada v_i, k , içinde bulunma faktöründen (k), öz güven öğrenme sabiti (α) ve sürü etkisi öğrenme sabiti (β) etkilenir. Önemli bir şekilde, nüfusun hiçbir üyesi GB'den daha üstün bir pozisyon elde etmemiştir ve Parçacık hiç PB'den daha iyi performans göstermemiştir. Parçacığın mevcut konumu x_i, k olarak gösterilir. Elde edilen parçacık pozisyonu hesaplama algoritması aşağıdaki gibi yazılmıştır:

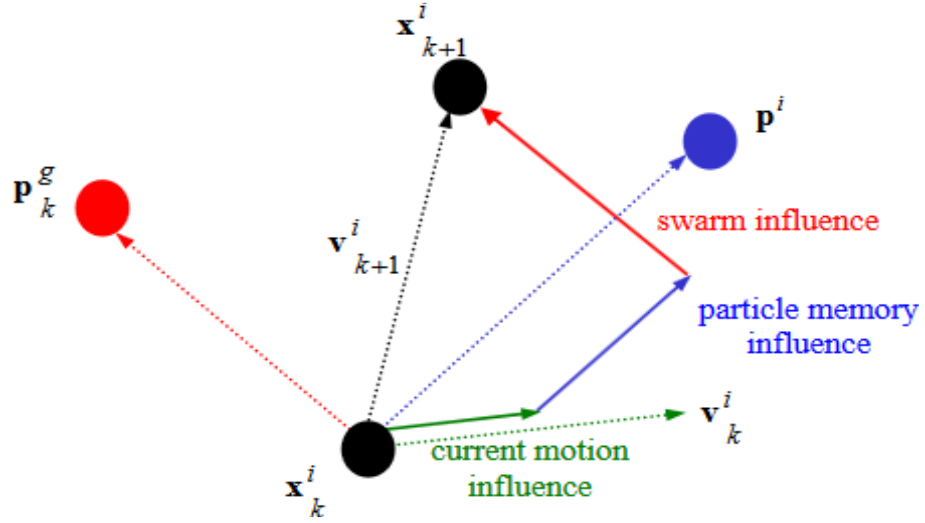
$$v_{t+1} = v_t + \varphi_1 \beta_1 (p_i - x_i) + \varphi_2 \beta_2 (p_g - x_i) \quad (3.52)$$

$$v_{i,k+1} = w * v_{i,k} + \alpha * r_1 * (PB - x_{i,k}) + \beta * r_2 * (GB - x_{i,k}) \quad (3.53)$$

$$x_{t+1} = v_t + v_{t+1} \quad (3.54)$$

$$x_{i,k+1} = x_{i,k} + v_{i,k} \quad (3.55)$$

Parçacık konumu ve hızının güncellenmesi, P_i 'nin en iyi yerel çözümü ve P_g 'nin en iyi global çözümü temsil ettiği Şekil 3.10'da gösterilmiştir. Hassan ve diğerleri tarafından yapılan kapsamlı çalışmaya göre [172], parçacık sürüleri genetik algoritmalarından çok daha hızlı ve başarılı bir şekilde benzer çözümlere yakınsar.



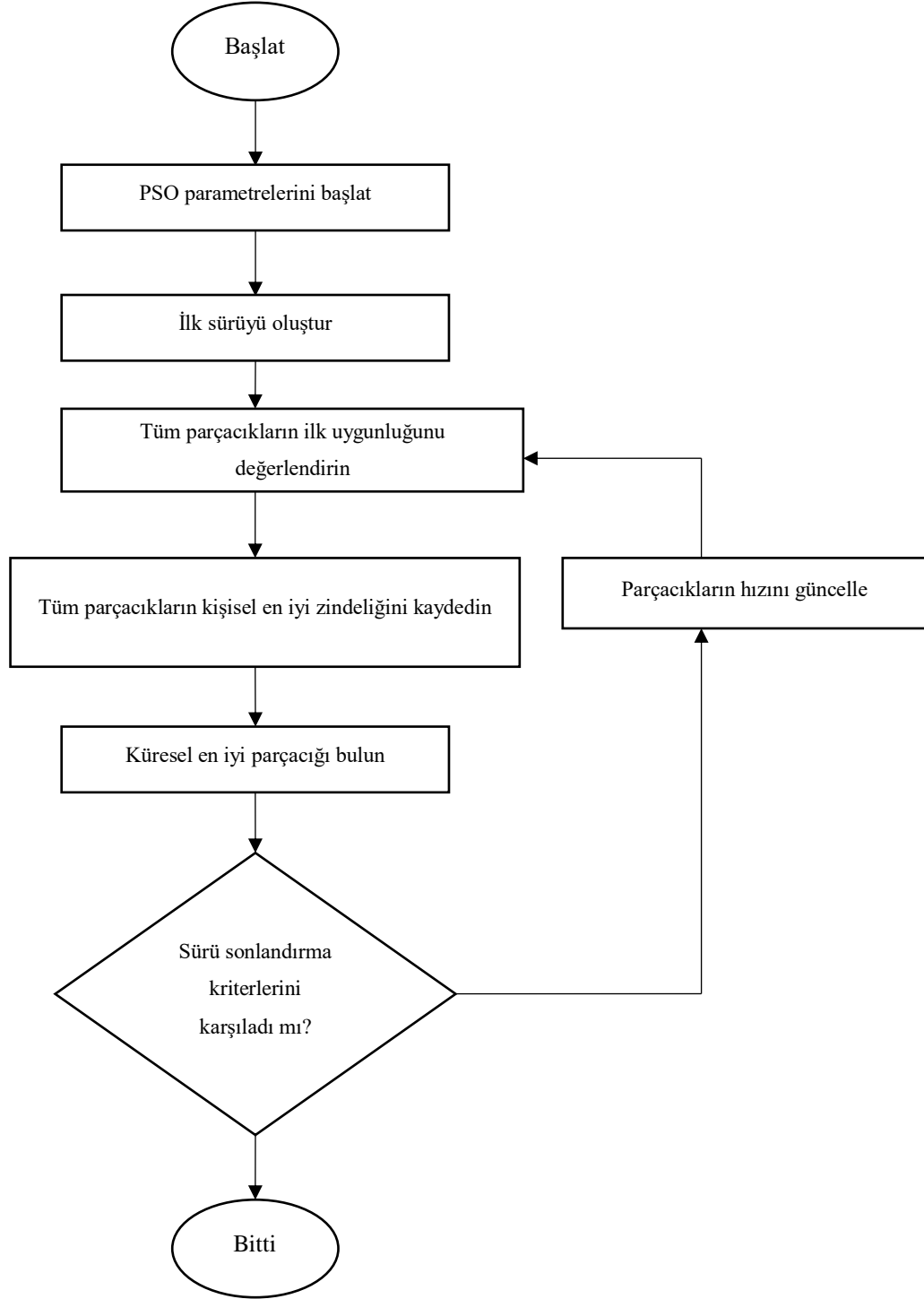
Şekil 3 10. PSO için Hız ve Konum Güncellemeleri [172]

PSO'nun parametreleri Tablo 3.1'de gösterilmektedir.

Tablo 3 1. PSO'nun parametreleri

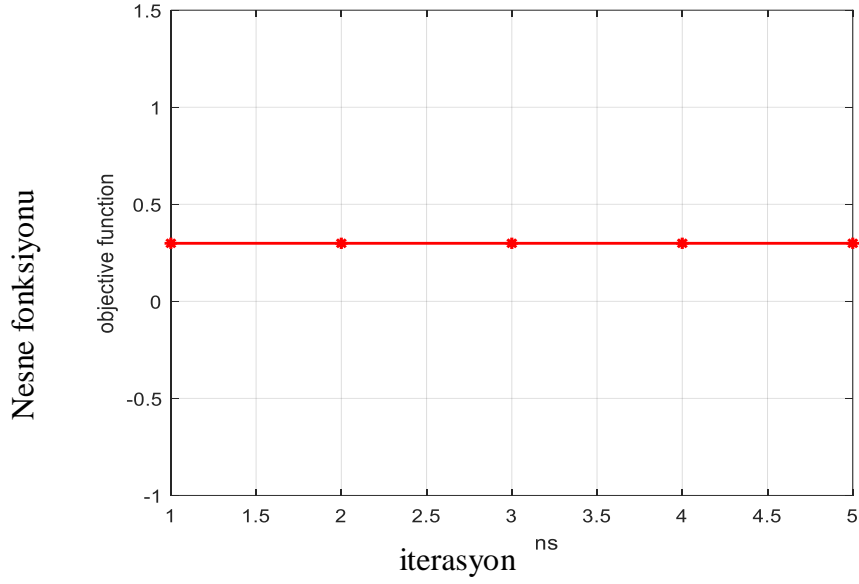
Parametre	Miktar
Maximum iteration (generation)	110
Population size of the swarm	18
Cognitive parameter	0.76
Social parameter	3
Constriction factor	0.99
Dimension of the problem	8

Algoritmanın Şekil 3.11'de gösterilen akış şeması yöntemin nasıl çalıştığını göstermektedir.



Şekil 3 11. PSO akış şeması

Şekil 3.12 yinelemeye karşı Hedef fonksiyonunu göstermektedir.



Şekil 3 12. Yinelemeye karşı amaç fonksiyonu

PSO algoritmasının formülü şu şekilde örneklenmiştir [173]:

$$v_i^d(t+1) = wv_i^d(t) + c_1r_1(pbest_i^d(t) - x_i^d(t)) + c_2r_2(gbest^d(t) - x_i^d(t)) \quad (3.56)$$

aşağıdaki paragrafı akademik dilde türkçeye çevir:

Her döngü, her parçacığı "en iyi" değerlerinden iki tanesi kadar iyileştirir. Burada w atalet ağırlığını, v wmax ve wmin değerlerine bağlı hızı ve x ise çözümü temsil etmektedir. Aşağıda t tahriş edici maddelerin miktarını, topluluğun uygulanabilirliğini, d ise araştırma alanının alanını göstermektedir. İki bağımsız rastgele değer (r1, r2) ve ivme faktörleri (c1, c2) [0, 1] aralığındadır. Pbest, bireysel en iyi çözümü veya şimdiye kadarki en iyi tepkiyi temsil ederken, Parçacık sürüsü optimizasyonu, tüm popülasyonda herhangi bir parçacığın elde ettiği en uygun değeri ifade eden kolektif optimumu kaydeder. Daha sonra, sonraki denklemden gösterildiği gibi, hız bir olasılık değerini dönüştürür:

$$s(v_i^d(t+1)) = \frac{1}{1+\exp(-v_i^d(t+1))} \quad (3.57)$$

Pratik konum ve $pbest$ ve $gbest$ sırasıyla aşağıdaki denklemlere çevrilir:

$$x_i^d(t+1) = \begin{cases} 1, & \text{if } rand < S(v_i^d(t+1)) \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3.58)$$

Burada $rand$, 0 ila 1 aralığında rastgele oluşturulmuş bir sayıyı temsil eder.

$$pbest_i(t+1) = \begin{cases} x_i(t+1), & \text{if } F(x_i(t+1)) < F(pbest_i(t)) \\ pbest_i(t), & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3.59)$$

$$g\ best(t+1) = \begin{cases} p_{best_i}(t+1), & \text{if } F(p_{best_i}(t+1)) < F(gbest(t)) \\ gbest(t), & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3.60)$$

Burada F uygunluk fonksiyonunu temsil eder.

$$w = w_{max} - (w_{max} - w_{min}) \left(\frac{t}{T_{max}} \right) \quad (3.61)$$

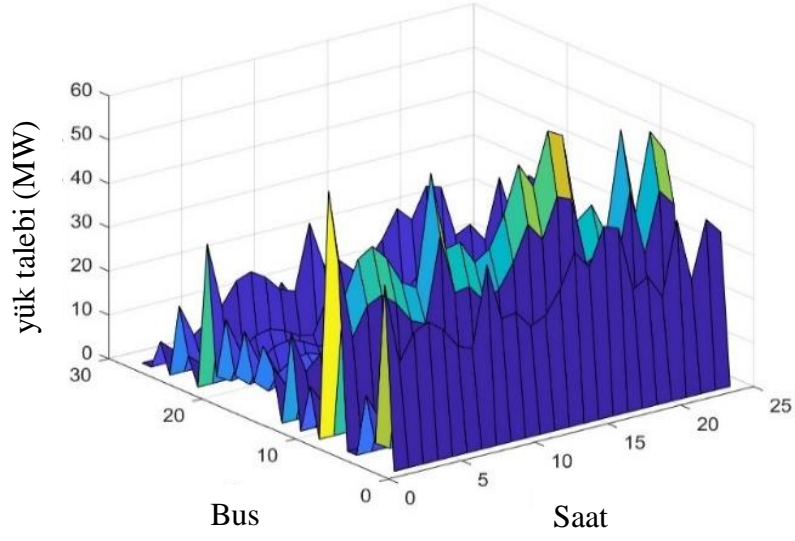
BÖLÜM 4

DENEYSEL SONUÇLAR

4.1.SONUÇLAR

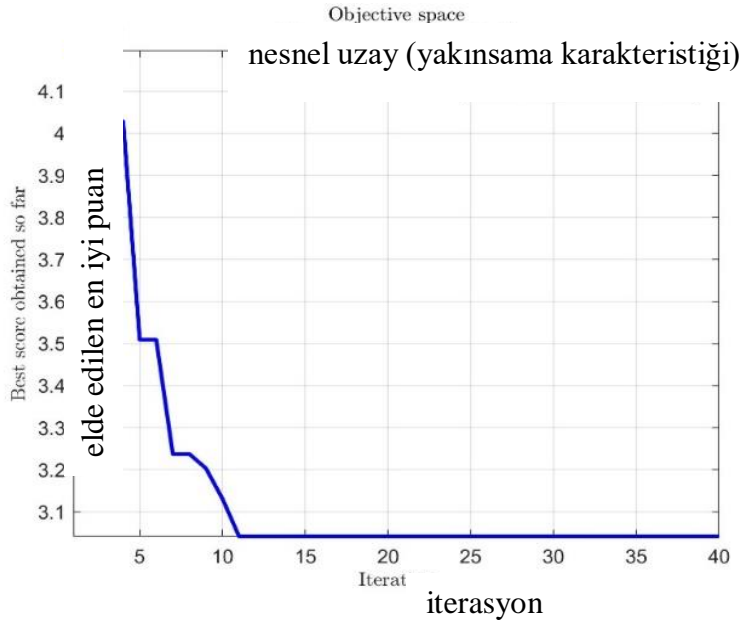
Bu bölümde, GEÜS, RTJS ve EV'lerin 28 hatlı gerçekçi kırsal dağıtım besleyicisi üzerindeki etkileri doğal olarak değerlendirilmiştir. Bu ağlar, çeşitli yük hatlarında üç farklı müşteri türüne hizmet vermektedir: konut, ticari ve endüstriyel. Entegre teknik, test sistemlerinde genel güç kaybını, maliyeti ve emisyonları minimize etmek için kullanılmıştır. Serbestleştirilmiş elektrik piyasasında spot enerji piyasa fiyatı bir gün önceden duyurulmaktadır. Tüm simülasyon işleri için MATLAB R2022a kullanılmıştır ve bu işlem Intel Core(i7) CPU 1.80GHz üzerinde gerçekleştirilmiştir. IEEE 1547 standardına göre, yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik güç ağına birlikte yakın bir sabit güç faktöründe çalışması gerekmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının maksimum kapasitesi %0.95 olarak belirlenmiştir.

Şekil 4.1, her bir hat için 24 saatlik yük talebi belirsizliğini göstermektedir.



Şekil 4 1. Belirsizlik Yük 24 Saatlik Güç Talebi

Bu 11 kV, 100 MVA sistemi 28 bara, 27 bağlantı ve beş yan hatlı bir ana besleyiciden oluşur. YSA ve BOA'nın yakınsama grafiği için Şekil 4.2'ye bakın.

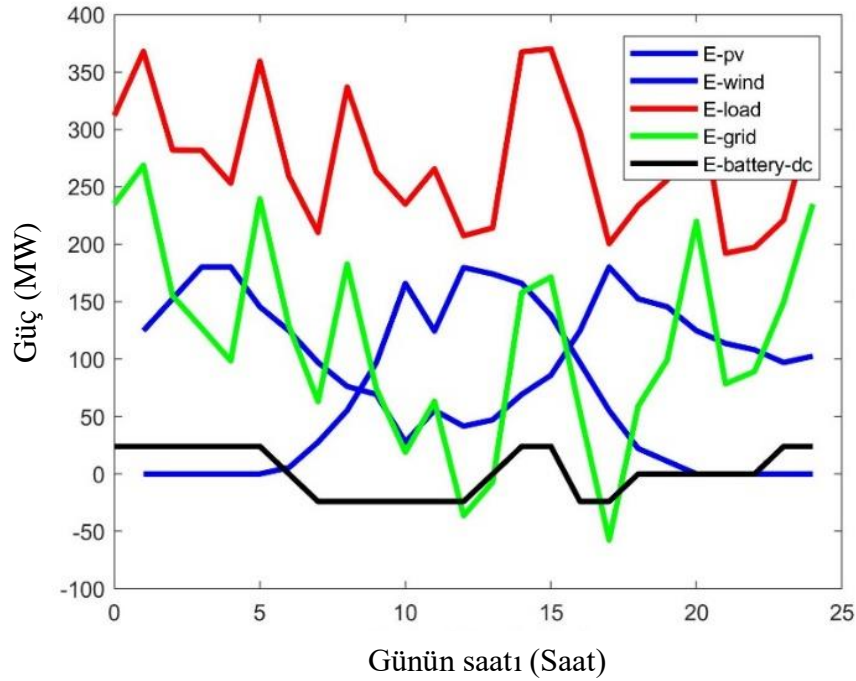


Şekil 4 2. YSA ve BOA'nın Yakınsama Grafiği

Yapay Sinir Ağı (YSA) ve Karınca Kolonisi Algoritması (KKA), 11. iterasyonda global optimum değerine ulaşmış ve elde edilen global optimum değer 304150.16'dır. Güneş paneli boyutu 800'dür ve tek bir panel derecelendirmesi 250 W'dir; rüzgar jeneratörü sayısı 4'tür ve tek bir rüzgar jeneratörü derecesi 50 kW'dır; pil boyutu 12000'dir ve derecesi 200 Ah, 12V'dir.

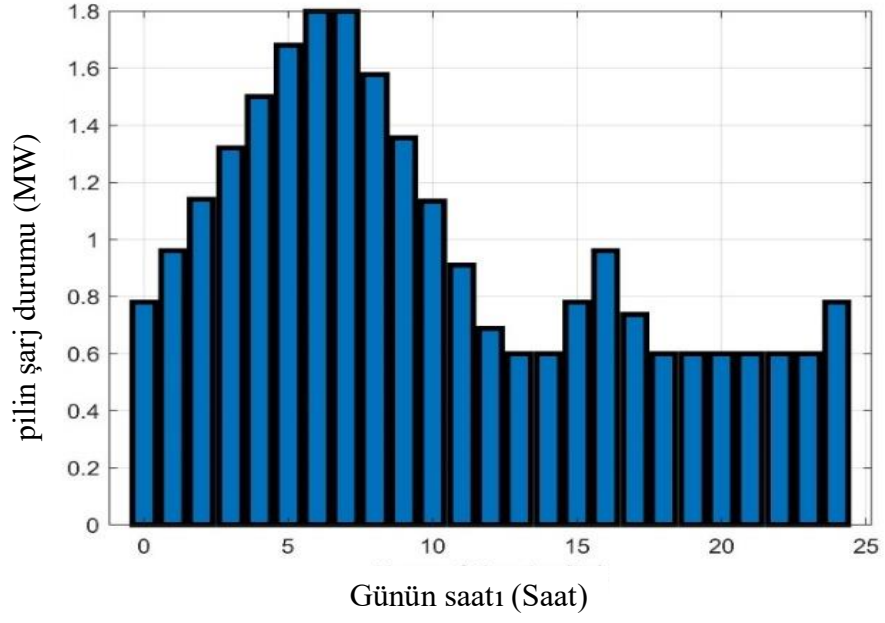
Bu teknik, yük ve EV belirsizliği koşullarında optimal tahsisleri ve DER'lerin ideal sayısını belirlemek için kullanılmıştır.

Şekil 4.3, 24 saat boyunca YSA ve KKA kullanılarak PV, rüzgar, EV ve şebeke gücünü göstermektedir.



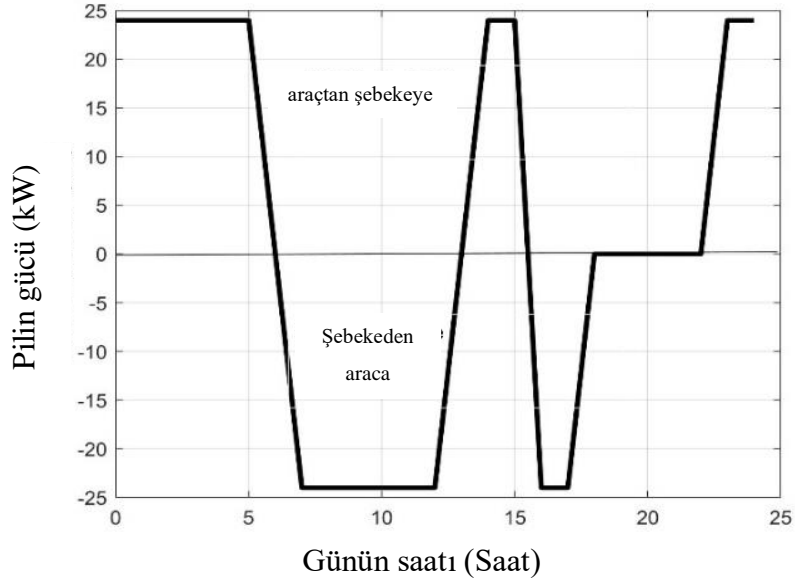
Şekil 4 3. YSA ve KKA ile 24 saat boyunca PV, Rüzgar, EV ve şebeke gücü

YSA ve KOA kullanılarak enerji, yük talebine (EA talebi) dayalı olarak etkili bir şekilde dengelenmiştir. Şekil 4.4, Elektrikli Araç (EA)nin Şarj Durumu (SOC) varyasyonunu göstermektedir.



Şekil 4 4. EV'nin 24 saat şarj durumu

Şekil 4.5'te Elektrikli Araç (EA) bataryasının araçtan şebekeye (V2G) ve şebekeden araca (G2V) etkileşimlerinin özellikleri sunulmaktadır.



Şekil 4 5. EV pilinin V2G ve G2V ayrıntıları

Elektrikli Araç (EA) bataryası, 0 ile 6 saat arasında, 13 ile 16 saat arasında ve 22 ile 24 saat arasında şebekeye güç sağlar. Ancak, EV bataryası, 6 ile 12 saat arasında ve 17 ile 18 saat arasında şebekeden şarj olur. Özellikle, EV bataryası 19 ile 21 saat arasında pasif durumda kalır.

4.2.DURUM ÇALIŞMALARI

IEEE 1547, yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik şebekesi ile etkin bir şekilde çalışabilmesi için sabit güç faktörünün birlik yakınında olması gerektiğini belirtmektedir. Birçok enerji şirketi ve otonom güç sağlayıcı, RES'lerin zaten %0.95'lik bir zirve verimlilik düzeyinde çalışabileceğini iddia etmektedir. Güç faktörü, yenilenebilir enerji kaynaklarının etkilerini incelemek için değiştirilmektedir; bu durumda birçok durum dikkate alınmıştır. RTJS ve GEÜS için maliyet gereksinimleri bu çalışma için [25]'ten elde edilmiştir. RTJS, GEÜS ve EV'ler hakkındaki teknik bilgiler sırasıyla [174][55][175]'ten alınmıştır. Simülasyon bulgularının aşağıdaki vaka analizleriyle tartışılması:

- Vaka 1: Herhangi bir DEK entegrasyonu olmadan (temel vaka)
- Vaka 2: RTJS, GEÜS ve EV'lerin verimli bir şekilde şebekeye entegrasyonu; RTJS ve GEÜS, 0.95'te önde gelen güç faktörü ile çalışır
- Vaka 3: RTJS, GEÜS ve EV'lerin verimli bir şekilde şebekeye entegrasyonu; RTJS ve GEÜS, birlik güç faktörü ile çalışır
- Vaka 4: RTJS, GEÜS ve EV'lerin verimli bir şekilde şebekeye entegrasyonu; RTJS ve GEÜS, 0.95'te gecikmeli güç faktörü ile çalışır

4.2.1. Vaka 1

Bu durumda ağa herhangi bir DEK bağlı değildir. Bu, ağın gerçek temel durumudur. Sistem içindeki toplam gerçek ve reaktif güç kayıpları sırasıyla 371.87 kVAr reaktif güç ve 554.55 kW gerçek güçtür. Şebeke tarafından sağlanan aktif güç satın alma maliyeti 3706.20 ABD Doları'dır. 24 saatlik bir dönemde, şebeke 20,952.00 lb/KWh emisyon üretmiştir.

4.2.2. Vaka 2

Mevcut durumda, ideal WT ünitelerinin ideal hat pozisyonuna kurulduğu ve hat numarasının 5 olduğu görülmektedir. Bu WT ünitelerinin tanıtılmasından sonra reaktif ve gerçek güç kayıpları sırasıyla 279.45 kVar ve 419.70 kW olarak artmıştır. Şebekeden aktif güç satın alma maliyeti 1772.06 ABD Doları, WT kurulum maliyeti 29,310,937.50 ABD Doları ve işletme ve bakım (O&M) maliyeti ise 415,029.36 ABD Doları olarak belirlenmiştir. 24 saatlik tam işletme süresinde toplam emisyon miktarı 10,786.20 lb/MWh olarak hesaplanmıştır.

4.2.3. Vaka 3

WT ve PV dizileri aynı anda dağıtım şebekesine ideal konumlarda yerleştirilebilir. Bu hattın ideal konumu 5 iken, ideal WT ünite sayısı 36'dır. Benzer şekilde, 14 ve 7 numaralı hatlar ideal konumda ve PV modüllerinin her bir hatta uygun miktarda seçilmiştir. Dahil edilmesinden sonra sistemde toplam aktif ve reaktif güç kayıpları sırasıyla 348.57 kW ve 228.85 kVar düzeyindedir. Ağ üzerinden sağlanan aktif güç fiyatı önemli ölçüde 1196.23 ABD Doları'na düşürülmüştür, bu muazzam bir miktardır. WT kurulum ve bakım maliyetleri sırasıyla 58,621,875.00 ABD Doları ve 356,058.72 ABD Doları olarak belirlenmiştir. Bu durumda, dağıtım ağı tüm DEK'leri optimal olarak konumlandırmıştır. 28 ve 16 numaralı hatlar sırasıyla WT ve PV için optimal konumlar olarak belirlenmiş olup, bunların kurulum ve işletme-maintenance (O&M) maliyetleri sırasıyla 4,555,960.00 ABD Doları ve 316,451.87 ABD Doları'dır. 24 saatlik emisyon üretiminde önemli bir azalma sağlanmıştır.

4.2.4. Vaka 4

Bu durumda, dağıtım ağı tüm DEK'leri optimal olarak konumlandırmıştır. WT ve PV için en iyi yerleşimlere sahip olan hatlar sırasıyla 28 ve 14'tür ve bahsi geçen hatlara bağlı üniteler sırasıyla 26 ve 8'dir. Hat numarası 24, gün boyunca şarj ve deşarj için gelen EV'leri alır. EV'ler belirli bir anda şarj olabilir veya deşarj olabilir, ancak aynı anda her ikisini de yapamazlar. Araçlar kavramı saat başı rastgele oluşturulur ve maksimumda bir yüze kadar olabilir. DEK'ler dikkate alındığında, gerçek güç

kayıpları için 225.81 kW ve reaktif güç kayıpları için 148.90 kVar olarak belirlenmiştir. Şebekeden aktif güç satın alma maliyeti 2727.88 ABD Doları'dır. WT kurulumu, işletme ve bakım maliyetleri sırasıyla 57,720,000.00 ABD Doları ve 778,273.20 ABD Doları'dır. Benzer şekilde, PV sistemi kurulumu ve bakım maliyeti sırasıyla 4,891,520.00 ABD Doları ve 442,821.78 ABD Doları'dır. Alternatif kombinasyonlarla karşılaştırıldığında, WT, PV ve EV'lerin eklenmesi sistemin genel maliyetini önemli ölçüde azaltmıştır (vakalar). EV'leri şarj etmek için ağdan alınan aktif güç miktarının artması nedeniyle, 24 saatlik bir dönemde oluşturulan emisyon miktarı Vaka 3'ten daha yüksektir. EV sahibi için net finansal kazanç 162.22 ABD Doları'dır.

Her senaryo için kapsamlı sayısal sonuçlar, benzersiz karşılaştırmalarıyla birlikte Tablo 4.1'de gösterilmiştir. Tablo, DEK'lerin eklenmesinin gerçek güç kaybı, reaktif güç kaybı, oluşturulan kirlilik ve şebekeden satın alınan aktif elektrik maliyeti üzerindeki etkisini 24 saatlik bir zaman diliminde sunmaktadır.

Tablo 4 1. Benzersiz karşılaştırmaları da dahil olmak üzere her senaryo için sayısal sonuçlar

Vaka	Σ Ploss (kW)	% Ploss Azaltma	Σ Qloss (kVAr)	Σ Satın alınan gerçek Güç maliyeti (\$)	RT kurulum maliyeti (\$)	RT İşletme ve Bakım maliyeti (\$)	PV kurulum maliyeti (\$)	PV İşletme ve Bakım maliyeti (\$)	Σ Emisyon (lb/kWh) (Kaydedilen emisyon)
V.1 (BOA)	554.55	-	371.87	3706.20	-	-	-	-	20.952.00
V.1 (KKO)	525.26	-	343.25	3402.34	-	-	-	-	18.478.00
V.1 (PSO)	512.35	-	322.13	3332.12	-	-	-	-	17.422.00
V.2 (BOA)	419.70	24.32	279.45	1772.06	29.310.937.50	415.029.36	7.361.640.00	172.018.07	10.786.20
V.2 (KKO)	398.23	23.44	246.76	1657.22	30.429.660.00	435.120.26	7.998.840.00	182.148.00	9.666.00
V.2 (PSO)	377.21	22.16	233.57	1598.25	32.478.987.00	444.321.29	8.076.430.00	189.342.00	9.312.00
V.3 (BOA)	348.57	37.14	228.85	1196.23	58.621.875.00	356.058.72	4.555.960.00	316.451.87	7.030.67
V.3 (KKO)	375.34	38.24	244.25	1226.45	59.421.673.00	378.150.00	4.789.230.00	333.852.24	6.120.67
V.3 (PSO)	382.31	39.54	254.05	1232.22	59.321.553.00	391.120.00	4.822.190.00	334.243.21	6.009.89
V.4 (BOA)	225.81	59.28	148.90	2727.88	57.720.000.00	778.273.20	4.891.520.00	442.821.78	4.884.50
V.4 (KKO)	246.23	57.24	132.23	3677.33	58.340.050.00	784.262.20	4.991.950.00	463.995.00	4.286.00

V.4 (PSO)	251.44	56.65	128.09	3897.54	59.660.149.0 0	791.322.20	4.999.978.00	471.655.0 0	4.152.00
-----------	--------	-------	--------	---------	-------------------	------------	--------------	----------------	----------

Bulgular, karınca kolonisi optimizasyonu (KKO) kullanılarak elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Kullanılan metodoloji, sonuçlara göre BOA'nın KKO yaklaşımını geride bıraktığını ortaya koymuştur.

Vaka 1 için, maksimum gerçek güç kaybı yaklaşık 554.55 kW, maksimum reaktif güç kaybı yaklaşık 371.87 kVAR ve maksimum satın alınan aktif güç maliyeti yaklaşık 3706.20 ABD Doları'dır. Voltaj sapması maksimumu yaklaşık 0.07 pu'dur. Simülasyondan, önerilen YSA ve BOA'nın 28 hatlı sistemde güç kaybı, üretim maliyeti ve emisyon maliyetlerinin optimize edilmesi için oldukça uygun olduğu görülmüştür.

Enerji endüstrisindeki paydaşlar, YSA ve BOA'ya dayalı Dağıtım enerji kaynakları (DEK'ler) için Teknolojik-Ekonomik bir Uygulamalı Radial Dağıtım Besleyici'nin kullanılmasından aşağıdaki şekillerde faydalanabilirler:

- Güç kaybı azaltımının iyileştirilmesi: Tablo, farklı vakalar için toplam güç kaybını (Ploss) ve güç kaybındaki yüzde azalma oranını (% Ploss Azaltma) detaylandırır. YSA ve BOA ile Uygulamalı Radial Dağıtım Besleyici kullanılarak, paydaşlar güç kaybında önemli azalmalar sağlayabilir, bu da sistem verimliliğini ve maliyet tasarrufunu artırır. •İyileştirilmiş maliyet etkinliği: Tablo ayrıca her vaka için satın alınan aktif gücün toplam maliyetini içermektedir. Önerilen yaklaşımı kullanarak DEK'leri optimize eden paydaşlar, satın alınan aktif güce olan bağımlılıklarını azaltarak maliyet tasarrufu sağlayabilirler. Algoritma, sistemi optimize etmek ve güç satın alımları ile ilgili giderleri minimize etmek için teknoloji-ekonomik faktörleri dikkate alır.
- Çevresel etkiyi azaltma: Tablo, her vaka için toplam emisyonları (lb/kWh) sunar. YSA ve BOA ile Uygulamalı Radial Dağıtım Besleyici kullanarak, paydaşlar DEK'lerin daha iyi kullanımı ile daha düşük emisyonlara ulaşabilirler. Bu, çevresel sürdürülebilirliğe katkıda bulunur ve endüstrinin karbon ayak izini azaltma ve temiz enerjiyi teşvik etme çabalarıyla uyum sağlar.

- DEK'lerin verimli kullanımı: Optimizasyon yaklaşımı, rüzgar türbinleri (WT) ve fotovoltaik (PV) sistemler gibi DEK'lerin kullanımını maksimize etmek için YSA ve BOA'yı kullanır [176]. Algoritma, kurulum maliyeti, işletme ve bakım (O&M) maliyeti ve genel sistem performansı gibi faktörleri dikkate alarak bu kaynakların optimal kurulum ve işletmesini belirler. Bu, paydaşların DEK yatırımlarından maksimum faydayı elde etmelerini sağlar.
- Tekno-ekonomik analiz: YSA ve BOA kullanımı, tabloda yansıtıldığı gibi kapsamlı bir tekno-ekonomik analize olanak tanır. Paydaşlar, kurulum maliyeti, işletme ve bakım maliyeti gibi maliyet parametrelerine dayalı bilinçli kararlar verebilirler ve genel sistem performansını değerlendirebilirler. Bu analiz, daha iyi planlama, optimizasyon ve kaynak tahsisi sağlayarak nihayetinde iyileştirilmiş karlılık ve proje başarısı elde edilmesine katkıda bulunur.

Özetle, YSA ve BOA'ya dayalı Dağıtım enerji kaynakları (DEK'ler) için Tekno-Ekonomik bir Uygulamalı Radial Dağıtım Besleyici'nin kullanımı, enerji endüstrisindeki paydaşlara önemli avantajlar sunar. Bu avantajlar arasında güç kaybının azaltılması, maliyet etkinliğinin artırılması, çevresel etkinin düşürülmesi, DEK'lerin verimli kullanımı ve kapsamlı tekno-ekonomik analiz bulunur. Bu faydalar, daha sürdürülebilir ve verimli bir enerji sistemi oluşturmaya katkı sağlar.

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1.SONUÇ

Bu araştırma, DEK'lerin dağıtım sistemine entegrasyonunun teknolojik, ekonomik ve ekolojik açıdan mümkün olup olmadığını değerlendiriyor. Dağıtım sistem planlaması ile bu sorunu çözmek için, GEÜS, RTJS ve EV'lerin ideal konumları ve boyutları 28 bus ağı üzerinde YSA ve BOA kullanılarak belirlenmiştir. RES'ler ve EV'ler entegre edildikten sonra EV aktif güç satın alma maliyeti, gerilim değişimi, en düşük sistem gerilimi, kirlilik düzeyi ve enerji maliyeti önemli ölçüde azalmıştır. Ekonomik fayda için bir aracın bataryasını şarj/boşaltma işlemi, EV sahipleri arasında yaygın bir uygulamadır. Bu nedenle, şebeke'nin düşük talep dönemlerinde sistem talebinde artış görülecektir. En yaygın optimizasyon problemleri için, YSA ve BOA simulasyon sonuçları tatmin edici olmuştur. Vaka 1'de, BOA ve KKO Ploss, Qloss, satın alınan gerçek güç maliyeti ve emisyonlar için benzer sonuçlar göstermiştir. Ancak, Vaka 2 ve sonrasında BOA, Ploss (419.70 kW), Qloss (279.45) ve emisyonlar (10.786.20lb/kWh) azalırken, WT kurulumu, WT O&M, PV kurulumu ve PV O&M maliyetlerinde azalma göstererek KKO'ya göre daha iyi performans sergilemiştir.

Vakalar ilerledikçe, BOA sürekli olarak Ploss azaltma, Qloss azaltma, emisyon azaltma ve maliyet tasarrufu açısından üstün sonuçlar göstermektedir, bu da sistemin optimize edilmesi için tercih edilen bir yaklaşım yapmaktadır. Yöntemin ayrıca daha az iterasyon ile optimal sonucu bulmada etkili olduğu gösterilmiştir. PEV sahiplerinin araçlarını şarj edip boşaltarak finansal avantaj elde etme davranışı, düşük talep saatlerinde ağ talebinde artışa neden olabilir. Dağıtım ağının DEK'lerin birleşik etkilerini göz önünde bulundurduğunda, emisyonlar, toplam maliyetler ve güç kaybı önemli ölçüde azalmaktadır.

5.2.ÖNERİLER

Yazarlar gelecekte, balıkçı peygamberi optimizasyon algoritması gibi farklı türde yeni metaheuristik yöntemlerin kullanılmasını önerirler. Ardından, optimum sonuçları elde etmek için derin öğrenmeyi kullanılmasını tavsiye ederler.

KAYNAKLAR

1. E. A. Sharew, H. A. Kefale, and Y. G. Werkie, "Power quality and performance analysis of grid-connected solar PV system based on recent grid integration requirements," *International Journal of Photoenergy*, vol. 2021, pp. 1–14, 2021.
2. B. Xiao, H. Zhu, S. Zhang, Z. OuYang, T. Wang, and S. Sarvazizi, "Gray-related support vector machine optimization strategy and its implementation in forecasting photovoltaic output power," *International Journal of Photoenergy*, vol. 2022, 2022.
3. A. Ab-BelKhair, J. Rahebi, and A. Abdulhamed Mohamed Nureddin, "A study of deep neural network controller-based power quality improvement of hybrid PV/Wind systems by using smart inverter," *International Journal of Photoenergy*, vol. 2020, pp. 1–22, 2020.
4. M. Nemati, M. Braun, and S. Tenbohlen, "Optimization of unit commitment and economic dispatch in microgrids based on genetic algorithm and mixed integer linear programming," *Appl Energy*, vol. 210, pp. 944–963, 2018.
5. K. S. Swarup, "Ant colony optimization for economic generator scheduling and load dispatch," in *Proceedings of the 6th WSEAS international conference on Evolutionary computing*, 2005, pp. 167–175.
6. N. Karmakar and B. Bhattacharyya, "Hybrid intelligence approach for multi-load level reactive power planning using VAR compensator in power transmission network," *Protection and Control of Modern Power Systems*, vol. 6, no. 1, pp. 1–17, 2021.
7. A. A. M. Nureddin, J. Rahebi, and A. Ab-BelKhair, "Power management controller for microgrid integration of hybrid PV/fuel cell system based on artificial deep neural network," *International Journal of Photoenergy*, vol. 2020, pp. 1–21, 2020.
8. M. Al-Jumaili, J. Rahebi, A. Akbas, and A. Farzamnia, "Economic dispatch optimization for thermal power plants in Iraq," in *2017 IEEE 2nd International Conference on Automatic Control and Intelligent Systems (I2CACIS)*, IEEE, 2017, pp. 140–143.

9. K. LaCommare and C. Marnay, "Microgrids and heterogeneous power quality and reliability," *International Journal of Distributed Energy Resources*, vol. 4, no. LBNL-777E, 2007.
10. E. Serban and H. Serban, "A control strategy for a distributed power generation microgrid application with voltage-and current-controlled source converter," *IEEE Trans Power Electron*, vol. 25, no. 12, pp. 2981–2992, 2010.
11. R. Majumder, A. Ghosh, G. Ledwich, and F. Zare, "Power management and power flow control with back-to-back converters in a utility connected microgrid," *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 25, no. 2, pp. 821–834, 2009.
12. N. Amjady, F. Keynia, and H. Zareipour, "Short-term load forecast of microgrids by a new bilevel prediction strategy," *IEEE Trans Smart Grid*, vol. 1, no. 3, pp. 286–294, 2010.
13. H. Sajir, J. Rahebi, A. Abed, and A. Farzamnia, "Reduce power losses and improve voltage level by using distributed generation in radial distributed grid," in *2017 IEEE 2nd International Conference on Automatic Control and Intelligent Systems (I2CACIS)*, IEEE, 2017, pp. 128–133.
14. A. H. Abed, J. Rahebi, and A. Farzamnia, "Improvement for power quality by using dynamic voltage restorer in electrical distribution networks," in *2017 IEEE 2nd International Conference on Automatic Control and Intelligent Systems (I2CACIS)*, IEEE, 2017, pp. 122–127.
15. D. K. Khatod, V. Pant, and J. Sharma, "Evolutionary programming based optimal placement of renewable distributed generators," *IEEE Transactions on Power systems*, vol. 28, no. 2, pp. 683–695, 2012.
16. Y. M. Atwa and E. F. El-Saadany, "Probabilistic approach for optimal allocation of wind-based distributed generation in distribution systems," *IET Renewable Power Generation*, vol. 5, no. 1, pp. 79–88, 2011.
17. Y. M. Atwa and E. F. El-Saadany, "Optimal allocation of ESS in distribution systems with a high penetration of wind energy," *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 25, no. 4, pp. 1815–1822, 2010.
18. Y. M. Atwa, E. F. El-Saadany, M. M. A. Salama, and R. Seethapathy, "Optimal renewable resources mix for distribution system energy loss minimization," *IEEE transactions on power systems*, vol. 25, no. 1, pp. 360–370, 2009.
19. N. K. Meena, S. Parashar, A. Swarnkar, N. Gupta, and K. R. Niazi, "Improved elephant herding optimization for multiobjective DER accommodation in

- distribution systems,” *IEEE Trans Industr Inform*, vol. 14, no. 3, pp. 1029–1039, 2017.
20. C. Mateo, P. Frías, and K. Tapia-Ahumada, “A comprehensive techno-economic assessment of the impact of natural gas-fueled distributed generation in European electricity distribution networks,” *Energy*, vol. 192, p. 116523, 2020.
 21. Z. Ullah, M. R. Elkadeem, S. Wang, S. W. Sharshir, and M. Azam, “Planning optimization and stochastic analysis of RE-DGs for techno-economic benefit maximization in distribution networks,” *Internet of Things*, vol. 11, p. 100210, 2020.
 22. M. Dixit, P. Kundu, and H. R. Jariwala, “Techno-economic analysis-based optimal incorporation of distributed energy resources in distribution network under load uncertainty,” *International Journal of Ambient Energy*, vol. 42, no. 6, pp. 605–611, 2021.
 23. M. Dixit, P. Kundu, and H. R. Jariwala, “Incorporation of distributed generation and shunt capacitor in radial distribution system for techno-economic benefits,” *Engineering Science and Technology, an International Journal*, vol. 20, no. 2, pp. 482–493, 2017.
 24. K. Hesaroor and D. Das, “Annual energy loss reduction of distribution network through reconfiguration and renewable energy sources,” *International transactions on electrical energy systems*, vol. 29, no. 11, p. e12099, 2019.
 25. A. Maleki, M. G. Khajeh, and M. Ameri, “Optimal sizing of a grid independent hybrid renewable energy system incorporating resource uncertainty, and load uncertainty,” *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, vol. 83, pp. 514–524, 2016.
 26. W. Hu, C. Su, Z. Chen, and B. Bak-Jensen, “Optimal operation of plug-in electric vehicles in power systems with high wind power penetrations,” *IEEE Trans Sustain Energy*, vol. 4, no. 3, pp. 577–585, 2013.
 27. S. Suthar, S. H. C. Cherukuri, and N. M. Pindoriya, “Peer-to-peer energy trading in smart grid: Frameworks, implementation methodologies, and demonstration projects,” *Electric Power Systems Research*, vol. 214, p. 108907, 2023.
 28. R. Lazdins, A. Mutule, and D. Zalostiba, “PV energy communities—Challenges and barriers from a consumer perspective: A literature review,” *Energies (Basel)*, vol. 14, no. 16, p. 4873, 2021.

29. M. A. Butturi, F. Lolli, M. A. Sellitto, E. Balugani, R. Gamberini, and B. Rimini, "Renewable energy in eco-industrial parks and urban-industrial symbiosis: A literature review and a conceptual synthesis," *Appl Energy*, vol. 255, p. 113825, 2019.
30. M. A. Hannan, M. Faisal, P. J. Ker, R. A. Begum, Z. Y. Dong, and C. Zhang, "Review of optimal methods and algorithms for sizing energy storage systems to achieve decarbonization in microgrid applications," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 131, p. 110022, 2020.
31. S. M. Zahraee, N. Shiwakoti, and P. Stasinopoulos, "Biomass supply chain environmental and socio-economic analysis: 40-Years comprehensive review of methods, decision issues, sustainability challenges, and the way forward," *Biomass Bioenergy*, vol. 142, p. 105777, 2020.
32. M. A. Butturi, F. Lolli, M. A. Sellitto, E. Balugani, R. Gamberini, and B. Rimini, "Renewable energy in eco-industrial parks and urban-industrial symbiosis: A literature review and a conceptual synthesis," *Appl Energy*, vol. 255, p. 113825, 2019.
33. S. Sharma, A. K. Panwar, and M. M. Tripathi, "Storage technologies for electric vehicles," *Journal of traffic and transportation engineering (english edition)*, vol. 7, no. 3, pp. 340–361, 2020.
34. J. Zhao, X. I. Xi, Q. I. Na, S. Wang, S. N. Kadry, and P. M. Kumar, "The technological innovation of hybrid and plug-in electric vehicles for environment carbon pollution control," *Environ Impact Assess Rev*, vol. 86, p. 106506, 2021.
35. M. Jafari, A. Botterud, and A. Sakti, "Decarbonizing power systems: A critical review of the role of energy storage," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 158, p. 112077, 2022.
36. Y. He et al., "Multi-objective planning-operation co-optimization of renewable energy system with hybrid energy storages," *Renew Energy*, vol. 184, pp. 776–790, 2022.
37. Z. Ullah, M. R. Elkadeem, K. M. Kotb, I. B. M. Taha, and S. Wang, "Multi-criteria decision-making model for optimal planning of on/off grid hybrid solar, wind, hydro, biomass clean electricity supply," *Renew Energy*, vol. 179, pp. 885–910, 2021.
38. S. Bin Wali et al., "Battery storage systems integrated renewable energy sources: A biblio metric analysis towards future directions," *J Energy Storage*, vol. 35, p. 102296, 2021.

39. W. Zhang et al., "SoilingEdge: PV Soiling Power Loss Estimation at the Edge Using Surveillance Cameras," *IEEE Trans Sustain Energy*, 2023.
40. D. Sadeghi, A. H. Naghshbandy, and S. Bahramara, "Optimal sizing of hybrid renewable energy systems in presence of electric vehicles using multi-objective particle swarm optimization," *Energy*, vol. 209, p. 118471, 2020.
41. D. Ji, M. Lv, J. Yang, and W. Yi, "Optimizing the locations and sizes of solar assisted electric vehicle charging stations in an urban area," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 112772–112782, 2020.
42. D. Sadeghi, S. E. Ahmadi, N. Amiri, M. Marzband, A. Abusorrah, and M. Rawa, "Designing, optimizing and comparing distributed generation technologies as a substitute system for reducing life cycle costs, CO₂ emissions, and power losses in residential buildings," *Energy*, vol. 253, p. 123947, 2022.
43. P. Sharma and H. D. Mathur, "Optimal Siting and Sizing of Renewable Energy Sources in Distribution System," in *Optimal Planning and Operation of Distributed Energy Resources*, Springer, 2023, pp. 91–107.
44. A. M. Hemeida et al., "Impact of loading capability on optimal location of renewable energy systems distribution networks," *Ain Shams Engineering Journal*, p. 102340, 2023.
45. K. Balu and V. Mukherjee, "Optimal allocation of electric vehicle charging stations and renewable distributed generation with battery energy storage in radial distribution system considering time sequence characteristics of generation and load demand," *J Energy Storage*, vol. 59, p. 106533, 2023.
46. Z. Yang et al., "Energy management programming to reduce distribution network operating costs in the presence of electric vehicles and renewable energy sources," *Energy*, vol. 263, p. 125695, 2023.
47. F. Zainab et al., "An optimal joint planning of DGs and electric vehicle charging stations in grid-connected and islanded microgrids," *IET Renewable Power Generation*, 2023.
48. T. Hai, A. K. Alazzawi, J. Zhou, and T. Muranaka, "Optimal energy scheduling of microgrid with electric vehicles based on electricity market price," *J Energy Resour Technol*, vol. 145, no. 6, p. 61301, 2023.
49. S. R. Gampa and D. Das, "Optimum placement and sizing of DGs considering average hourly variations of load," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, vol. 66, pp. 25–40, 2015.

50. S. Tan, J.-X. Xu, and S. K. Panda, "Optimization of distribution network incorporating distributed generators: An integrated approach," *IEEE Transactions on power systems*, vol. 28, no. 3, pp. 2421–2432, 2013.
51. H.-T. Yang and J.-T. Liao, "MF-APSO-based multiobjective optimization for PV system reactive power regulation," *IEEE Trans Sustain Energy*, vol. 6, no. 4, pp. 1346–1355, 2015.
52. H. B. Tolabi, M. H. Ali, and M. Rizwan, "Simultaneous reconfiguration, optimal placement of DSTATCOM, and photovoltaic array in a distribution system based on fuzzy-ACO approach," *IEEE Trans Sustain Energy*, vol. 6, no. 1, pp. 210–218, 2014.
53. S. Wen, H. Lan, Q. Fu, C. Y. David, and L. Zhang, "Economic allocation for energy storage system considering wind power distribution," *IEEE Transactions on power Systems*, vol. 30, no. 2, pp. 644–652, 2014.
54. D. Q. Hung, N. Mithulananthan, and K. Y. Lee, "Determining PV penetration for distribution systems with time-varying load models," *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 29, no. 6, pp. 3048–3057, 2014.
55. J.-H. Teng, S.-W. Luan, D.-J. Lee, and Y.-Q. Huang, "Optimal charging/discharging scheduling of battery storage systems for distribution systems interconnected with sizeable PV generation systems," *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 28, no. 2, pp. 1425–1433, 2012.
56. Y. Zoka, A. Sugimoto, N. Yorino, K. Kawahara, and J. Kubokawa, "An economic evaluation for an autonomous independent network of distributed energy resources," *Electric Power Systems Research*, vol. 77, no. 7, pp. 831–838, 2007.
57. M. Meiqin, J. Meihong, D. Wei, and L. Chang, "Multi-objective economic dispatch model for a microgrid considering reliability," in *The 2nd International Symposium on Power Electronics for Distributed Generation Systems*, IEEE, 2010, pp. 993–998.
58. M. Said, A. M. El-Rifaie, M. A. Tolba, E. H. Houssein, and S. Deb, "An efficient chameleon swarm algorithm for economic load dispatch problem," *Mathematics*, vol. 9, no. 21, p. 2770, 2021.
59. M. S. Braik, "Chameleon Swarm Algorithm: A bio-inspired optimizer for solving engineering design problems," *Expert Syst Appl*, vol. 174, p. 114685, 2021.

60. M. Di Somma, G. Graditi, E. Heydarian-Forushani, M. Shafie-khah, and P. Siano, "Stochastic optimal scheduling of distributed energy resources with renewables considering economic and environmental aspects," *Renew Energy*, vol. 116, pp. 272–287, 2018.
61. J. Bojod and B. Erkal, "A New Approach in Distributed Energy Resources for Techno-Economic with Metaheuristic Method and Artificial Neural Network," in *2023 IEEE International Conference on Integrated Circuits and Communication Systems (ICICACS)*, IEEE, 2023, pp. 1–6.
62. L. Abualigah, "Group search optimizer: a nature-inspired meta-heuristic optimization algorithm with its results, variants, and applications," *Neural Comput Appl*, vol. 33, no. 7, pp. 2949–2972, 2021.
63. M. Nemati, M. Braun, and S. Tenbohlen, "Optimization of unit commitment and economic dispatch in microgrids based on genetic algorithm and mixed integer linear programming," *Appl Energy*, vol. 210, pp. 944–963, 2018.
64. K. S. Swarup, "Ant colony optimization for economic generator scheduling and load dispatch," in *Proceedings of the 6th WSEAS international conference on Evolutionary computing*, 2005, pp. 167–175.
65. N. Karmakar and B. Bhattacharyya, "Hybrid intelligence approach for multi-load level reactive power planning using VAR compensator in power transmission network," *Protection and Control of Modern Power Systems*, vol. 6, no. 1, pp. 1–17, 2021.
66. D. K. Khatod, V. Pant, and J. Sharma, "Evolutionary programming based optimal placement of renewable distributed generators," *IEEE Transactions on Power systems*, vol. 28, no. 2, pp. 683–695, 2012.
67. Y. M. Atwa and E. F. El-Saadany, "Optimal allocation of ESS in distribution systems with a high penetration of wind energy," *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 25, no. 4, pp. 1815–1822, 2010.
68. M. Dixit, P. Kundu, and H. R. Jariwala, "Techno-economic analysis-based optimal incorporation of distributed energy resources in distribution network under load uncertainty," *International Journal of Ambient Energy*, vol. 42, no. 6, pp. 605–611, 2021.
69. M. Dixit, P. Kundu, and H. R. Jariwala, "Incorporation of distributed generation and shunt capacitor in radial distribution system for techno-economic benefits," *Engineering Science and Technology, an International Journal*, vol. 20, no. 2, pp. 482–493, 2017.

70. A. H. Abed, J. Rahebi, H. Sajir, and A. Farzamia, "Protection of sensitive loads from voltages fluctuations in Iraqi grids by DVR," in 2017 IEEE 2nd International Conference on Automatic Control and Intelligent Systems (I2CACIS), IEEE, 2017, pp. 144–149.
71. W. Hu, C. Su, Z. Chen, and B. Bak-Jensen, "Optimal operation of plug-in electric vehicles in power systems with high wind power penetrations," IEEE Trans Sustain Energy, vol. 4, no. 3, pp. 577–585, 2013.
72. A. A. Abou El-Ela, R. A. El-Seheimy, A. M. Shaheen, W. A. Wahbi, and M. T. Mouwafi, "PV and battery energy storage integration in distribution networks using equilibrium algorithm," J Energy Storage, vol. 42, p. 103041, 2021.
73. M. C. V Suresh and J. B. Edward, "A hybrid algorithm based optimal placement of DG units for loss reduction in the distribution system," Appl Soft Comput, vol. 91, p. 106191, 2020.
74. S. Kaur, G. Kumbhar, and J. Sharma, "A MINLP technique for optimal placement of multiple DG units in distribution systems," International Journal of Electrical Power & Energy Systems, vol. 63, pp. 609–617, 2014.
75. D. Q. Hung, N. Mithulananthan, and K. Y. Lee, "Determining PV penetration for distribution systems with time-varying load models," IEEE Transactions on Power Systems, vol. 29, no. 6, pp. 3048–3057, 2014.
76. M. Mazidi, A. Zakariazadeh, S. Jadid, and P. Siano, "Integrated scheduling of renewable generation and demand response programs in a microgrid," Energy Convers Manag, vol. 86, pp. 1118–1127, 2014.
77. E. Shahrabi, S. M. Hakimi, A. Hasankhani, G. Derakhshan, and B. Abdi, "Developing optimal energy management of energy hub in the presence of stochastic renewable energy resources," Sustainable Energy, Grids and Networks, vol. 26, p. 100428, 2021.
78. A. Zakariazadeh, S. Jadid, and P. Siano, "Smart microgrid energy and reserve scheduling with demand response using stochastic optimization," International Journal of Electrical Power & Energy Systems, vol. 63, pp. 523–533, 2014.
79. Y. Li et al., "Optimal operation of multimicrogrids via cooperative energy and reserve scheduling," IEEE Trans Industr Inform, vol. 14, no. 8, pp. 3459–3468, 2018.
80. A. A. Dashtaki, S. M. Hakimi, A. Hasankhani, G. Derakhshani, and B. Abdi, "Optimal management algorithm of microgrid connected to the distribution

- network considering renewable energy system uncertainties,” *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, vol. 145, p. 108633, 2023.
81. T. A. Nguyen and M. L. Crow, “Stochastic optimization of renewable-based microgrid operation incorporating battery operating cost,” *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 31, no. 3, pp. 2289–2296, 2015.
 82. G. Li, S. Xie, B. Wang, J. Xin, Y. Li, and S. Du, “Photovoltaic Power Forecasting with a Hybrid Deep Learning Approach,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 175871–175880, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3025860.
 83. M. Emanović, M. Jakara, and D. Barić, “Challenges and Opportunities for Future BEVs Adoption in Croatia,” *Sustainability*, vol. 14, no. 13, p. 8080, 2022.
 84. S. Shahriar, A. R. Al-Ali, A. H. Osman, S. Dhou, and M. Nijim, “Prediction of EV charging behavior using machine learning,” *IEEE Access*, vol. 9, pp. 111576–111586, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3103119.
 85. S. Aggarwal and A. K. Singh, “Electric vehicles the future of transportation sector: a review,” *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects*, pp. 1–21, 2021, doi: 10.1080/15567036.2021.1976322.
 86. K. Dimitriadou, N. Rigogiannis, S. Fountoukidis, F. Kotarela, A. Kyritsis, and N. Papanikolaou, “Current Trends in Electric Vehicle Charging Infrastructure; Opportunities and Challenges in Wireless Charging Integration,” *Energies (Basel)*, vol. 16, no. 4, p. 2057, 2023.
 87. X. Zhang, F. Gao, X. Gong, Z. Wang, and Y. Liu, “Comparison of Climate Change Impact Between Power System of Electric Vehicles and Internal Combustion Engine Vehicles,” in *Advances in Energy and Environmental Materials: Proceedings of Chinese Materials Conference 2017 18th*, Springer, 2018, pp. 739–747. doi: 10.1007/978-981-13-0158-2_75.
 88. J. R. Pillai and B. Bak-Jensen, “Impacts of electric vehicle loads on power distribution systems,” in *2010 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference, VPPC 2010*, IEEE, 2010, pp. 1–6. doi: 10.1109/VPPC.2010.5729191.
 89. T. Alquthami, A. Alsubaie, M. Alkhrajjah, K. Alqahtani, S. Alshahrani, and M. Anwar, “Investigating the impact of electric vehicles demand on the distribution network,” *Energies (Basel)*, vol. 15, no. 3, p. 1180, 2022.
 90. M. H. Ali, S. Kamel, M. H. Hassan, M. Tostado-Véliz, and H. M. Zawbaa, “An improved wild horse optimization algorithm for reliability based optimal DG

- planning of radial distribution networks,” *Energy Reports*, vol. 8, pp. 582–604, 2022.
91. Z. Jiang, Q.-S. Jia, and X. Guan, “On large action space in EV charging scheduling optimization,” *Science China Information Sciences*, vol. 65, no. 2, p. 122201, 2022.
 92. R. Viral and D. K. Khatod, “Optimal planning of distributed generation systems in distribution system: A review,” *Renewable and sustainable energy Reviews*, vol. 16, no. 7, pp. 5146–5165, 2012.
 93. A. Aldik, A. T. Al-Awami, and F. Alismail, “Fuzzy optimization-based sizing of a battery energy storage system for participating in ancillary services markets,” in *2018 IEEE Industry Applications Society Annual Meeting (IAS)*, IEEE, 2018, pp. 1–7.
 94. J. Li, D. Niu, M. Wu, Y. Wang, F. Li, and H. Dong, “Research on battery energy storage as backup power in the operation optimization of a regional integrated energy system,” *Energies (Basel)*, vol. 11, no. 11, p. 2990, 2018.
 95. M. A. Hannan, S. Y. Tan, A. Q. Al-Shetwi, K. P. Jern, and R. A. Begum, “Optimized controller for renewable energy sources integration into microgrid: Functions, constraints and suggestions,” *J Clean Prod*, vol. 256, p. 120419, 2020.
 96. A. Loni and S. Asadi, “Data-driven equitable placement for electric vehicle charging stations: Case study San Francisco,” *Energy*, vol. 282, p. 128796, 2023.
 97. Y. Zheng, Y. Song, D. J. Hill, and K. Meng, “Online distributed MPC-based optimal scheduling for EV charging stations in distribution systems,” *IEEE Trans Industr Inform*, vol. 15, no. 2, pp. 638–649, 2018.
 98. H. Yuan et al., “Optimal scheduling for micro-grid considering EV charging–swapping–storage integrated station,” *IET Generation, Transmission & Distribution*, vol. 14, no. 6, pp. 1127–1137, 2020.
 99. M. Ebadat-Parast, M. H. Nazari, and S. H. Hosseinian, “Distribution system resilience enhancement through resilience-oriented optimal scheduling of multi-microgrids considering normal and emergency conditions interlink utilizing multi-objective programming,” *Sustain Cities Soc*, vol. 76, p. 103467, 2022.
 100. A. Selim, M. Abdel-Akher, S. Kamel, F. Jurado, and S. A. Almohaimeed, “Electric vehicles charging management for real-time pricing considering the preferences of individual vehicles,” *Applied Sciences*, vol. 11, no. 14, p. 6632, 2021.

101. S. Poniris and A. I. Dounis, "Electric Vehicle Charging Schedules in Workplace Parking Lots Based on Evolutionary Optimization Algorithm," *Energies (Basel)*, vol. 16, no. 1, p. 221, 2022.
102. D. Icaza and D. Borge-Diez, "Technical and economic design of a novel hybrid system photovoltaic/wind/hydrokinetic to supply a group of sustainable buildings in the shape of airplanes," *Heliyon*, vol. 9, no. 3, 2023.
103. R. J. Barthelmie and S. C. Pryor, "Potential contribution of wind energy to climate change mitigation," *Nat Clim Chang*, vol. 4, no. 8, pp. 684–688, 2014.
104. M. Bilgili, H. Alphan, and A. Ilhan, "Potential visibility, growth, and technological innovation in offshore wind turbines installed in Europe," *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 30, no. 10, pp. 27208–27226, 2023.
105. D. Markovics and M. J. Mayer, "Comparison of machine learning methods for photovoltaic power forecasting based on numerical weather prediction," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 161, p. 112364, 2022.
106. L. Hernández, C. Baladrón, J. M. Aguiar, B. Carro, A. Sánchez-Esguevillas, and J. Lloret, "Artificial neural networks for short-term load forecasting in microgrids environment," *Energy*, vol. 75, pp. 252–264, 2014.
107. J. Li et al., "Forecasting the tuberculosis incidence using a novel ensemble empirical mode decomposition-based data-driven hybrid model in Tibet, China," *Infect Drug Resist*, pp. 1941–1955, 2021.
108. S. Cho, M. R. Shahriar, and U. Chong, "Identification of significant intrinsic mode functions for the diagnosis of induction motor fault," *J Acoust Soc Am*, vol. 136, no. 2, pp. EL72–EL77, 2014.
109. S. Duraivel et al., "Comparison of signal decomposition techniques for analysis of human cortical signals," *J Neural Eng*, vol. 17, no. 5, p. 56014, 2020.
110. J. Ansari, A. R. Abbasi, M. H. Heydari, and Z. Avazzadeh, "Simultaneous design of fuzzy PSS and fuzzy STATCOM controllers for power system stability enhancement," *Alexandria Engineering Journal*, vol. 61, no. 4, pp. 2841–2850, 2022.
111. C. Coffrin, P. Van Hentenryck, and R. Bent, "Accurate load and generation scheduling for linearized DC models with contingencies," in *2012 IEEE Power and Energy Society General Meeting*, IEEE, 2012, pp. 1–8.

112. T. Kim, S. J. Wright, D. Bienstock, and S. Harnett, "Analyzing vulnerability of power systems with continuous optimization formulations," *IEEE Trans Netw Sci Eng*, vol. 3, no. 3, pp. 132–146, 2016.
113. A. M. Eltamaly and A. N. A. Elghaffar, "Load flow analysis by gauss-seidel method; a survey," *Int J Mech Electr Comput Technol (IJMEC)*, PIISSN, pp. 2411–6173, 2017.
114. W. F. Tinney and C. E. Hart, "Power flow solution by Newton's method," *IEEE Transactions on Power Apparatus and systems*, no. 11, pp. 1449–1460, 1967.
115. R. H. Lasseter, "Microgrids and distributed generation," *Journal of Energy Engineering*, vol. 133, no. 3, pp. 144–149, 2007.
116. A. M. R. Lede, M. G. Molina, M. Martinez, and P. E. Mercado, "Microgrid architectures for distributed generation: A brief review," in *2017 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference-Latin America (ISGT Latin America)*, IEEE, 2017, pp. 1–6.
117. A. Mohan, G. Brainard, H. Khurana, and S. Fischer, "A cyber security architecture for microgrid deployments," in *Critical Infrastructure Protection IX: 9th IFIP 11.10 International Conference, ICCIP 2015, Arlington, VA, USA, March 16-18, 2015, Revised Selected Papers 9*, Springer, 2015, pp. 245–259.
118. Z. Yusupov, E. Yaghoubi, and V. Soyibjonov, "REDUCING THE VULNERABILITY IN MICROGRID POWER SYSTEMS," *Science and innovation*, vol. 2, no. A5, pp. 166–175, 2023.
119. R. Wazirali, E. Yaghoubi, M. S. S. Abujazar, R. Ahmad, and A. H. Vakili, "State-of-the-art review on energy and load forecasting in microgrids using artificial neural networks, machine learning, and deep learning techniques," *Electric Power Systems Research*, vol. 225, p. 109792, 2023.
120. L. Ortiz, R. Orizondo, A. Águila, J. W. González, G. J. López, and I. Isaac, "Hybrid AC/DC microgrid test system simulation: grid-connected mode," *Heliyon*, vol. 5, no. 12, 2019.
121. M. Bhadu, B. Rathor, K. L. Agarwal, S. K. Bishnoi, and O. P. Mahela, "A Performance Analysis on Robust Primary Control of AC Microgrid with Mitigation of Measurement Noise," in *Deregulated Electricity Market*, Apple Academic Press, 2022, pp. 179–200.

122. B. Kroposki, R. Lasseter, T. Ise, S. Morozumi, S. Papathanassiou, and N. Hatziargyriou, "Making microgrids work," *IEEE power and energy magazine*, vol. 6, no. 3, pp. 40–53, 2008.
123. M. Debouza, A. Al-Durra, T. H. M. EL-Fouly, and H. H. Zeineldin, "Survey on microgrids with flexible boundaries: Strategies, applications, and future trends," *Electric Power Systems Research*, vol. 205, p. 107765, 2022.
124. S. Bahramirad, W. Reder, and A. Khodaei, "Reliability-constrained optimal sizing of energy storage system in a microgrid," *IEEE Trans Smart Grid*, vol. 3, no. 4, pp. 2056–2062, 2012.
125. K. Liguori et al., "Antimicrobial resistance monitoring of water environments: a framework for standardized methods and quality control," *Environ Sci Technol*, vol. 56, no. 13, pp. 9149–9160, 2022.
126. S. A. Muaddi and C. Singh, "Reliability constrained optimal sizing and examining capacity credit and alternatives for renewable energy sources," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 71133–71142, 2022.
127. Y. Liu et al., "A Novel Integral Reinforcement Learning-Based Control Method Assisted by Twin Delayed Deep Deterministic Policy Gradient for Solid Oxide Fuel Cell in DC Microgrid," *IEEE Trans Sustain Energy*, vol. 14, no. 1, pp. 688–703, 2022.
128. R. Kumar and C. N. Bhende, "Active Damping Stabilization Techniques for Cascaded Systems in DC Microgrids: A Comprehensive Review," *Energies (Basel)*, vol. 16, no. 3, p. 1339, 2023.
129. K. Zhou, X. Qiu, Y. Song, Q. Jin, and Z. Mo, "Research on coordinated DC voltage control strategy of DC microgrid based on photovoltaic power generation system," in *Journal of Physics: Conference Series*, IOP Publishing, 2022, p. 12066.
130. A. M. S. Alonso, L. D. O. Arenas, D. I. Brandao, E. Tedeschi, R. Q. Machado, and F. P. Marafão, "Current-based coordination of distributed energy resources in a grid-connected low-voltage microgrid: An experimental validation of adverse operational scenarios," *Energies (Basel)*, vol. 15, no. 17, p. 6407, 2022.
131. A. E. Salem, S. H. Arafah, and O. M. Salim, "Power quality enhancement of grid-islanded parallel microsources using new optimized cascaded level control scheme," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, vol. 140, p. 108063, 2022.

132. W. Budahab, M. Hamouda, and K. Al-Haddad, "Transient mode of parallel inverters connected to a hybrid microgrid: evaluation of dynamic performance considering a virtual impedance droop controller," in *IECON 2022–48th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, IEEE, 2022, pp. 1–6.
133. N. Nikmehr and S. N. Ravadanegh, "Reliability evaluation of multi-microgrids considering optimal operation of small scale energy zones under load-generation uncertainties," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, vol. 78, pp. 80–87, 2016.
134. H. Lotfi and A. A. Shojaei, "A dynamic model for multi-objective feeder reconfiguration in distribution network considering demand response program," *Energy Systems*, pp. 1–30, 2022.
135. A. Maulik, "Probabilistic power management of a grid-connected microgrid considering electric vehicles, demand response, smart transformers, and soft open points," *Sustainable Energy, Grids and Networks*, vol. 30, p. 100636, 2022.
136. J. Jiang et al., "Optimal sizing, operation strategy and case study of a grid-connected solid oxide fuel cell microgrid," *Appl Energy*, vol. 307, p. 118214, 2022.
137. S. Hossain et al., "Grid-Vehicle-Grid (G2V2G) Efficient Power Transmission: An Overview of Concept, Operations, Benefits, Concerns, and Future Challenges," *Sustainability*, vol. 15, no. 7, p. 5782, 2023.
138. T. Niknam, R. Azizipanah-Abarghooee, and M. R. Narimani, "An efficient scenario-based stochastic programming framework for multi-objective optimal micro-grid operation," *Appl Energy*, vol. 99, pp. 455–470, 2012.
139. M. A. Taghikhani and J. Khamseh, "Multi-objective optimal energy management of storage system and distributed generations via water cycle algorithm concerning renewable resources uncertainties and pollution reduction," *J Energy Storage*, vol. 52, p. 104756, 2022.
140. A. Lorestani and M. M. Ardehali, "Optimization of autonomous combined heat and power system including PVT, WT, storages, and electric heat utilizing novel evolutionary particle swarm optimization algorithm," *Renew Energy*, vol. 119, pp. 490–503, 2018.
141. M. Lamari, Y. Amrane, M. Boudour, and B. Boussahoua, "Multi-objective economic/emission optimal energy management system for scheduling micro-grid integrated virtual power plant," *Energy Sci Eng*, vol. 10, no. 8, pp. 3057–3074, 2022.

142. M. Bornapour, R.-A. Hooshmand, A. Khodabakhshian, and M. Parastegari, "Optimal stochastic scheduling of CHP-PEMFC, WT, PV units and hydrogen storage in reconfigurable micro grids considering reliability enhancement," *Energy Convers Manag*, vol. 150, pp. 725–741, 2017.
143. A. Maleki, H. Hafeznia, M. A. Rosen, and F. Pourfayaz, "Optimization of a grid-connected hybrid solar-wind-hydrogen CHP system for residential applications by efficient metaheuristic approaches," *Appl Therm Eng*, vol. 123, pp. 1263–1277, 2017.
144. D. Guangqian, K. Bekhrad, P. Azarikhah, and A. Maleki, "A hybrid algorithm based optimization on modeling of grid independent biodiesel-based hybrid solar/wind systems," *Renew Energy*, vol. 122, pp. 551–560, 2018.
145. D. Wang et al., "Optimal scheduling strategy of district integrated heat and power system with wind power and multiple energy stations considering thermal inertia of buildings under different heating regulation modes," *Appl Energy*, vol. 240, pp. 341–358, 2019.
146. G. Sree Lakshmi, R. Olena, G. Divya, and I. Hunko, "Electric vehicles integration with renewable energy sources and smart grids," in *Advances in Smart Grid Technology: Select Proceedings of PECCON 2019—Volume I*, Springer, 2020, pp. 397–411.
147. N. I. Nimalsiri, E. L. Ratnam, D. B. Smith, C. P. Mediwaththe, and S. K. Halgamuge, "Coordinated charge and discharge scheduling of electric vehicles for load curve shaping," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 23, no. 7, pp. 7653–7665, 2021.
148. M. Kumar, S. Vyas, and A. Datta, "A review on integration of electric vehicles into a smart power grid and vehicle-to-grid impacts," in *2019 8th International Conference on Power Systems (ICPS)*, IEEE, 2019, pp. 1–5.
149. S. Shafiq, U. Bin Irshad, M. Al-Muhaini, S. Z. Djokic, and U. Akram, "Reliability evaluation of composite power systems: Evaluating the impact of full and plug-in hybrid electric vehicles," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 114305–114314, 2020.
150. M. Dixit, "Impact of optimal integration of renewable energy sources and electric vehicles in practical distribution feeder with uncertain load demand," *International Transactions on Electrical Energy Systems*, vol. 30, no. 12, p. e12668, 2020.

151. A. T. Lemeski, R. Ebrahimi, and A. Zakariazadeh, "Optimal decentralized coordinated operation of electric vehicle aggregators enabling vehicle to grid option using distributed algorithm," *J Energy Storage*, vol. 54, p. 105213, 2022.
152. M. A. Hannan et al., "Vehicle to grid connected technologies and charging strategies: Operation, control, issues and recommendations," *J Clean Prod*, vol. 339, p. 130587, 2022.
153. T. U. Solanke, V. K. Ramachandramurthy, J. Y. Yong, J. Pasupuleti, P. Kasinathan, and A. Rajagopalan, "A review of strategic charging–discharging control of grid-connected electric vehicles," *J Energy Storage*, vol. 28, p. 101193, 2020.
154. M. I. Azim, W. Tushar, T. K. Saha, C. Yuen, and D. Smith, "Peer-to-peer kilowatt and megawatt trading: A review of challenges and recent advances in distribution networks," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 169, p. 112908, 2022.
155. M. A. Rogalski and M. A. Duffy, "Local adaptation of a parasite to solar radiation impacts disease transmission potential, spore yield, and host fecundity," *Evolution (N Y)*, vol. 74, no. 8, pp. 1856–1864, 2020.
156. M. Sumair, T. Aized, M. M. A. Bhutta, F. A. Siddiqui, L. Tehreem, and A. Chaudhry, "Method of Four Moments Mixture-A new approach for parametric estimation of Weibull Probability Distribution for wind potential estimation applications," *Renew Energy*, vol. 191, pp. 291–304, 2022.
157. M. S. Braik, "Chameleon Swarm Algorithm: A bio-inspired optimizer for solving engineering design problems," *Expert Syst Appl*, vol. 174, p. 114685, 2021.
158. B. Shboul et al., "A new ANN model for hourly solar radiation and wind speed prediction: A case study over the north & south of the Arabian Peninsula," *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, vol. 46, p. 101248, 2021.
159. M. Dorigo, M. Birattari, and T. Stutzle, "Ant colony optimization," *IEEE Comput Intell Mag*, vol. 1, no. 4, pp. 28–39, 2006.
160. M. Dorigo and K. Socha, "An introduction to ant colony optimization," in *Handbook of approximation algorithms and metaheuristics*, Chapman and Hall/CRC, 2018, pp. 395–408.
161. M. Dorigo and C. Blum, "Ant colony optimization theory: A survey," *Theor Comput Sci*, vol. 344, no. 2–3, pp. 243–278, 2005.

162. H. R. Kanan, K. Faez, and S. M. Taheri, "Feature selection using ant colony optimization (ACO): a new method and comparative study in the application of face recognition system," in *Advances in Data Mining. Theoretical Aspects and Applications: 7th Industrial Conference, ICDM 2007, Leipzig, Germany, July 14-18, 2007. Proceedings 7*, Springer, 2007, pp. 63–76.
163. S. Tabakhi, P. Moradi, and F. Akhlaghian, "An unsupervised feature selection algorithm based on ant colony optimization," *Eng Appl Artif Intell*, vol. 32, pp. 112–123, 2014.
164. R. K. Sivagaminathan and S. Ramakrishnan, "A hybrid approach for feature subset selection using neural networks and ant colony optimization," *Expert Syst Appl*, vol. 33, no. 1, pp. 49–60, 2007.
165. L. Yu and H. Liu, "Efficient feature selection via analysis of relevance and redundancy," *The Journal of Machine Learning Research*, vol. 5, pp. 1205–1224, 2004.
166. M. Bennisar, Y. Hicks, and R. Setchi, "Feature selection using joint mutual information maximisation," *Expert Syst Appl*, vol. 42, no. 22, pp. 8520–8532, 2015.
167. N. Hoque, D. K. Bhattacharyya, and J. K. Kalita, "MIFS-ND: A mutual information-based feature selection method," *Expert Syst Appl*, vol. 41, no. 14, pp. 6371–6385, 2014.
168. V. Fernandez-Viagas, R. Ruiz, and J. M. Framinan, "A new vision of approximate methods for the permutation flowshop to minimise makespan: State-of-the-art and computational evaluation," *Eur J Oper Res*, vol. 257, no. 3, pp. 707–721, 2017.
169. G. Beni, "Swarm intelligence," *Complex Social and Behavioral Systems: Game Theory and Agent-Based Models*, pp. 791–818, 2020.
170. B. H. Nguyen, B. Xue, and M. Zhang, "A survey on swarm intelligence approaches to feature selection in data mining," *Swarm Evol Comput*, vol. 54, p. 100663, 2020.
171. W. Niu, Z. Feng, B. Feng, Y. Xu, and Y. Min, "Parallel computing and swarm intelligence based artificial intelligence model for multi-step-ahead hydrological time series prediction," *Sustain Cities Soc*, vol. 66, p. 102686, 2021.

172. W. K. T. Cho, "An evolutionary algorithm for subset selection in causal inference models," *Journal of the operational research society*, pp. 1–15, 2017.
173. R. Hassan, B. Cohanim, O. De Weck, and G. Venter, "A comparison of particle swarm optimization and the genetic algorithm," in 46th AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC structures, structural dynamics and materials conference, 2005, p. 1897.
174. J. Too, A. R. Abdullah, and N. Mohd Saad, "A new co-evolution binary particle swarm optimization with multiple inertia weight strategy for feature selection," in *Informatics*, MDPI, 2019, p. 21.
175. V. Black, "Cost and performance data for power generation technologies," Prepared for the National Renewable Energy Laboratory, 2012.
176. A. Ellis et al., "Reactive power interconnection requirements for PV and wind plants—recommendations to NERC," Sandia National Laboratories, Albuquerque, New Mexico, vol. 87185, 2012.
177. A. Naderipour et al., "Carrier wave optimization for multi-level photovoltaic system to improvement of power quality in industrial environments based on Salp swarm algorithm," *Environ Technol Innov*, vol. 21, p. 101197, 2021.

ÖZGEÇMİŞ

Jemaa BOJOD

2007-2008 Mühendislik Lisansı, Elektrik Mühendisliği Bölümü, Omar Al-Mukhtar Üniversitesi - Libya.

2010-2011 Yeni ve Yenilenebilir Enerji Yüksek Lisans Programı, Durham Üniversitesi - Birleşik Krallık.

2012 Ömer El Muhtar Üniversitesi'nde öğretim görevlisi olarak çalışıyordu.

2013'ten bu yana Arap Körfezi Petrol Şirketi'nde çalışan ve Omar Al-Mukhtar Üniversitesi'nde işbirlikçi olarak görev yapıyor.