

T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI İÇEREN MİKRO ŞEBEKELERDE
MALİYET ETKİLİ ENERJİ KARIŞTIRMA ORANLARININ BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ebru KÖMÜRGÖZ

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Cemal KELEŞ

HAZİRAN 2022

T.C
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI İÇEREN MİKRO ŞEBEKELERDE
MALİYET ETKİLİ ENERJİ KARIŞTIRMA ORANLARININ BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Ebru KÖMÜRGÖZ
(36193615039)**

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Cemal KELEŞ

HAZİRAN 2022

TEŞEKKÜR VE ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasının her aşamasında ve yüksek lisans öğrenimim boyunca büyük bir özveriyle yardım, öneri, bilgi, tecrübe ve desteklerini esirgmeden beni her konuda yönlendiren danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Cemal KELEŞ'e,

Ayrıca tüm hayatım boyunca olduğu gibi bu çalışmalarım süresince de benden her türlü desteklerini esirgemeyen, her daim yanımda olan annem Aysun KÖMÜRGÖZ, babam Suat KÖMÜRGÖZ ve biricik kardeşlerime,

Tezin gelişim aşamasında vermiş oldukları maddi ve manevi destekten dolayı İnönü Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği saygıdeğer öğretim üyelerine,

Şükranlarımı sunarım.



ONUR SÖZÜ

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “Yenilenebilir Enerji Kaynakları İçeren Mikro Şebekelerde Maliyet Etkili Enerji Karıştırma Oranlarının Belirlenmesi” başlıklı bu çalışmanın bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın tarafımdan yazıldığına ve yararlandığım bütün kaynakların hem metin içinde hem de kaynakçada yöntemine uygun biçimde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

Ebru KÖMÜRGÖZ



İÇİNDEKİLER

| | |
|--|-------------|
| TEŞEKKÜR VE ÖNSÖZ | iv |
| ONUR SÖZÜ | v |
| İÇİNDEKİLER | vi |
| ÇİZELGELER DİZİNİ | vii |
| ŞEKİLLER DİZİNİ | viii |
| SEMBOLLER VE KISALTMALAR | ix |
| ÖZET | xii |
| ABSTRACT | xiii |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 1.1 Literatür Taraması..... | 4 |
| 1.2 Tez Çalışmasının Sınırları..... | 8 |
| 2. KURAMSAL TEMELLER | 9 |
| 2.1 Akıllı Enerji Sistem Konfigürasyonu..... | 9 |
| 2.2 Akıllı Şebekelere Genel Bakış..... | 10 |
| 2.3 Akıllı Evler Paradigması..... | 11 |
| 2.3.1 Talep cevabı..... | 13 |
| 2.3.2 Tüketici tutumu..... | 13 |
| 2.3.3 Tahmin..... | 13 |
| 2.4 Mikro Şebeke Konsepti..... | 14 |
| 3. MATERYAL ve YÖNTEM | 16 |
| 3.1 Optimizasyon..... | 16 |
| 3.2 Yapay Arı Kolonisi Algoritması..... | 18 |
| 3.3 Parçacık Sürü Optimizasyon Algoritması..... | 21 |
| 3.4 Genetik Algoritma..... | 24 |
| 3.5 Ateş Böceği Algoritması..... | 26 |
| 3.6 Rastgele Arama Algoritması..... | 29 |
| 3.7 Hibrit YAK-PSO Optimizasyon Algoritması..... | 30 |
| 4. ARAŞTIRMA BULGULAR | 33 |
| 4.1 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarını İçeren Mikro Şebekelerde Enerji Karıştırma Problemi..... | 33 |
| 4.2 YEK İçeren Mikro Şebekelerde Enerji Yönetim Sistemi Benzetim Modeli..... | 35 |
| 4.2.1 Evin ilk tüketim profili için güneşli ve bulutlu havadaki benzetim sonuçları..... | 37 |
| 4.2.2 Evin farklı tüketim profili için güneşli ve bulutlu havadaki benzetim sonuçları..... | 43 |
| 5. SONUÇ | 48 |
| 6. KAYNAKLAR | 50 |
| ÖZGEÇMİŞ | 54 |

ÇİZELGELER DİZİNİ

| | |
|--|-----------|
| Çizelge 3.1: Sezgisel algoritmaların sınıflandırılması..... | 17 |
| Çizelge 3.2: YAK algoritması parametreler..... | 36 |
| Çizelge 3.3: PSO algoritması parametreler..... | 37 |
| Çizelge 3.4: Hibrit ABC-PSO algoritması parametreler..... | 37 |



ŞEKİLLER DİZİNİ

| | |
|---|----|
| Şekil 2.1: Tipik bir akıllı enerji sisteminin yapısı..... | 10 |
| Şekil 2.2: Akıllı şebeke organizasyon yapısı..... | 11 |
| Şekil 2.3: Akıllı evlerde enerji verimliliğinin kavramsal diyagramı..... | 12 |
| Şekil 2.4: Mikro şebeke konseptinin oluşum etmenleri..... | 14 |
| Şekil 2.5: Mikro şebekenin mimari, sistemsel ve işlevsel olarak sınıflandırılması..... | 15 |
| Şekil 3.1: Optimizasyon sürecinin temel aşaması..... | 16 |
| Şekil 3.2: Yapay arı kolonisi algoritması akış şeması..... | 20 |
| Şekil 3.3: Parçacık sürü optimizasyonu akış diyagramı..... | 23 |
| Şekil 3.4: Genetik algoritma akış diyagramı..... | 25 |
| Şekil 3.5: Ateş böceği algoritması akış diyagramı..... | 28 |
| Şekil 3.6: Hibrit YAK-PSO algoritması akış diyagramı..... | 32 |
| Şekil 4.1: Optimum mikro şebeke enerji yönetim sisteminin mimari yapısı..... | 34 |
| Şekil 4.2: Mikro şebekede maliyet etkin enerji yönetimi için benzetim modeli..... | 36 |
| Şekil 4.3: Güneş enerjisi sisteminin güneşli havadaki üretim profili..... | 38 |
| Şekil 4.4: Güneş enerjisi sisteminin bulutlu havadaki üretim profili..... | 38 |
| Şekil 4.5: Evin ortalama talep profili..... | 39 |
| Şekil 4.6: Enerji kaynaklarının fiyatlandırma profili..... | 39 |
| Şekil 4.7: Önerilen yapay arı kolonisi algoritmasının güneşli havada belirlediği enerji karıştırma oranları..... | 40 |
| Şekil 4.8: Önerilen yapay arı kolonisi algoritmasının bulutlu havada belirlediği enerji karıştırma oranları..... | 40 |
| Şekil 4.9: Mikro şebekenin enerji denge hatası..... | 41 |
| Şekil 4.10: Maliyet fonksiyonunun güneşli havadaki saatlik değişimi..... | 41 |
| Şekil 4.11: Maliyet fonksiyonunun bulutlu havadaki saatlik değişimi..... | 42 |
| Şekil 4.12: Hibrit YAK-PSO, YAK ve PSO algoritmaları tarafından hesaplanan güneşli havadaki maliyet fonksiyonunun saatlik değişimi..... | 42 |
| Şekil 4.13: Hibrit YAK-PSO, YAK ve PSO algoritmaları tarafından hesaplanan bulutlu havadaki maliyet fonksiyonunun saatlik değişimi..... | 43 |
| Şekil 4.14: Evin farklı tüketim profili..... | 44 |
| Şekil 4.15: Önerilen yapay arı kolonisi algoritmasının farklı tüketim profili-güneşli havada belirlediği enerji karıştırma oranları..... | 44 |
| Şekil 4.16: Önerilen yapay arı kolonisi algoritmasının farklı tüketim profili-bulutlu havada belirlediği enerji karıştırma oranları..... | 45 |
| Şekil 4.17: Mikro şebekenin farklı tüketim profilindeki enerji denge hatası..... | 45 |
| Şekil 4.18: Maliyet fonksiyonunun farklı tüketim profili- güneşli havadaki saatlik değişimi..... | 46 |
| Şekil 4.19: Maliyet fonksiyonunun farklı tüketim profili- bulutlu havadaki saatlik değişimi..... | 46 |
| Şekil 4.20: Hibrit YAK-PSO, YAK ve PSO algoritmaları tarafından hesaplanan farklı tüketim profili-güneşli havadaki maliyet fonksiyonunun saatlik değişimi..... | 47 |
| Şekil 4.21: Hibrit YAK-PSO, YAK ve PSO algoritmaları tarafından hesaplanan farklı tüketim profili-bulutlu havadaki maliyet fonksiyonunun saatlik değişimi..... | 47 |

SEMBOLLER VE KISALTMALAR

| | |
|----------------|---|
| YEK | : Yenilenebilir enerji kaynakları |
| DÜ | : Dağıtık üretim |
| AŞ | : Akıllı şebeke |
| MŞ | : Mikro şebeke |
| EYS | : Enerji yönetim sistemi |
| EEYS | : Ev enerji yönetim sistemi |
| TTC | : Talep tarafı cevap |
| OEEYS | : Otomatik ev enerji yönetim sistemi |
| DE | : Diferansiyel evrim |
| PSO | : Parçacık sürü optimizasyonu |
| ÇOA | : Çekirge optimizasyon algoritması |
| GKA | : Guguk kuşu arama |
| GP-YH | : Güneş paneli-yakıt hücresi |
| YAK-PSO | : Hibrit yapay arı kolonisi-parçacık sürü optimizasyonu |
| GA-PSO | : Hibrit genetik algoritma-parçacık sürü optimizasyonu |
| GP | : Güneş paneli |
| RT | : Rüzgâr türbini |
| HOMER | : Çoklu enerji kaynaklarının hibrit optimizasyon programı |
| ÇAPSO | : Çok amaçlı parçacık sürü optimizasyonu |
| AB | : Avrupa birliği |
| DC | : Doğru akım |
| Ç-DGM | : Çoklu darbe genlik modülasyonu |
| RAO | : Rastgele arama optimizasyonu |
| RAA | : Rastgele arama algoritması |
| UEA | : Uluslararası enerji ajansı |
| SEB | : Sıfır enerjili bina |
| TC | : Talep cevabı |
| TTY | : Talep tarafı yönetim |
| YAK | : Yapay arı kolonisi |
| PB | : Popülasyon büyüklüğü |
| D | : Toplam pozisyon sayısı |
| MDS | : Maksimum döngü sayısı |
| BKP | : Besin kaynaklarının popülasyonu |
| GA | : Genetik algoritma |

| | |
|--------------------|--|
| MEYS | : Mikro şebeke enerji yönetim sistemi |
| f_u | : Nektar miktarının uygunluk değeri |
| fit_i | : i . kaynağın nektar miktarını |
| p_u | : Olasılık değeri |
| c_1, c_2 | : Hızlanma katsayıları |
| ω | : Atalet |
| I | : Ateş böceğinin parlaklığı |
| β | : Ateş böceğinin çekiciliği |
| I_0 | : Başlangıç ışık yoğunluğu |
| γ | : Işık soğurma katsayısı |
| α_g | : Güneş sistemi için karıştırma oranı |
| α_r | : Rüzgâr sistemi için karıştırma oranı |
| α_b | : Batarya sistemi için karıştırma oranı |
| α_ς | : Şebeke için karıştırma oranı |
| E_T | : Kaynaklardan şebeke yüklerine gönderilen toplam enerji |
| E_g | : Güneş sisteminden gelen anlık enerji |
| E_r | : Rüzgâr sisteminden gelen anlık enerji |
| E_b | : Batarya sisteminden gelen anlık enerji |
| E_ς | : Şebekeden gelen anlık enerji |
| F | : Maliyet fonksiyonu |
| Δt | : Örnekleme zamanı |
| c_g | : Güneş sisteminin birim enerji maliyeti |
| c_r | : Rüzgâr sisteminin birim enerji maliyeti |
| c_b | : Batarya sisteminin birim enerji maliyeti |
| c_ς | : Şebekenin birim enerji maliyeti |
| P_g | : Güneş sisteminin ortalama çıkış gücü |
| P_r | : Rüzgâr sisteminin ortalama çıkış gücü |
| P_b | : Batarya sisteminin ortalama çıkış gücü |
| P_ς | : Şebekeden çekilen ortalama güç |
| P_D | : Toplam talep gücü |
| P_T | : Kaynakların toplam ortalama çıkış gücünü |
| γ | : Arz ile talep gücü arasındaki oran |
| E_h | : Enerji denge hatası |

$\tilde{\alpha}_x$: $\alpha_g + \alpha_r + \alpha_b + \alpha_s = 1$ koşulunun sağlanması için karıştırma oranlarının normalizasyonu ile elde edilen değeri



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI İÇEREN MİKRO ŞEBEKELERDE MALİYET ETKİLİ ENERJİ KARIŞTIRMA ORANLARININ BELİRLENMESİ

Ebru KÖMÜRĞÖZ

İnönü Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

54+XIII sayfa

2022

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Cemal KELEŞ

Sürdürülebilir enerji, hem modern dünyanın ihtiyaçlarını karşılamak hem de enerji kaynaklarını üretimden tüketime kadar bütün aşamalarda etkin ve verimli kullanmak için ekonomik, sosyal ve çevresel perspektifte büyük bir paya sahiptir. Akıllı ulaşım sistemleri, akıllı şehirler, akıllı şebekeler enerjide sürdürülebilir gelişme yolundaki çabaların önemli başlıklarından bazılarıdır. Dünyada elektriğe olan talep artışı, enerji optimizasyon tekniklerini mutlak gerekli kılmıştır. Enerji optimizasyonu, insanoğlunun ve çevrenin yararına olacak şekilde elektriğin kullanılıp kullanılmaması durumu olarak tarif edilebilir. Enerji optimizasyonu için kullanılan yöntemler; otomasyon sistemi, gerçek zamanlı izleme sistemi, akıllı ölçüm sistemleri, akıllı endüstriyel ekipman, optimum operasyonel yönetim, üretim planlama ve enerji yönetim sistemidir. Enerji yönetim sistemi, üretken tüketicilere muhtelif seçenekler arasından pek çok hizmet olanağı sunar. Enerji kaynaklarının güç ve birim fiyatını değerlendirerek maliyet etkili enerji karıştırma oranlarını belirlemek öncelikli işlevleri arasında yer almaktadır. Bu tez çalışmasında, YEK içeren çok kaynaklı mikro şebeke sistemin düşük maliyetli enerji kullanımını sağlamak için enerji kaynaklarının hangi oranda kullanılması gerektiğini bulmak amacıyla yapay arı kolonisi algoritması (YAK) uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar, YAK algoritmasının şebekenin dinamik enerji fiyat dalgalanmaları kapsamında YEK içeren çok kaynaklı mikro şebekelerin enerji yönetimi için düşük maliyetli enerji karıştırma sağlayabileceğini göstermiştir. Ek olarak YAK algoritmasının optimal sonuca yakınsama performansının iyileştirilmesi adına PSO algoritmasıyla birleşiminden oluşan hibrit YAK-PSO algoritması uygulanmıştır. Böylelikle, enerji dengesi korunarak ve değişken elektrik tarifeleri göz önünde bulundurularak, kullanıcıların konfor şartlarını etkilemeden ve enerji üretim kalitesinden ödün vermeden maliyet verimliliği sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sezgisel optimizasyon, yapay arı kolonisi algoritması, düşük maliyetli enerji karışımı, mikro şebeke.

ABSTRACT

Master Thesis

DETERMINATION OF COST EFFECTIVE ENERGY MIXING RATES IN MICRO GRIDS INCLUDING RENEWABLE ENERGY SOURCES

Ebru KÖMÜRĞÖZ

Inonu University
Graduate School of Nature and Applied Sciences
Department of Electrical and Electronics Engineering

54+XIII sayfa

2022

Supervisor: Dr. Öğr. Üyesi Cemal KELEŞ

Sustainable energy has a large share in the economic, social, and environmental perspective both to meet the needs of the modern world and to use energy resources effectively and efficiently at all stages from production to consumption. Smart transportation systems, smart cities, smart grids are some of the important topics of efforts towards sustainable development in energy. The increase in demand for electricity in the world has made energy optimization techniques absolutely necessary. Energy optimization can be defined as whether electricity is used or not for the benefit of human beings and the environment. The methods used for energy optimization are automation systems, real-time monitoring systems, smart measurement systems, smart industrial equipment, optimum operational management, generation planning and energy management system. The energy management system provides productive consumers with a wide range of services from a variety of options. Determining cost-effective energy mixing ratios by evaluating the power and unit price of energy resources is among its primary functions. In this thesis, the artificial bee colony algorithm (ABC) has been applied to find the rate at which energy resources should be used to ensure low-cost energy use of the multi-source microgrid system containing RES. The obtained results showed that the ABC algorithm can provide low-cost energy mixing for the energy management of multi-source microgrids with RES within the dynamic energy price fluctuations of the grid. In addition, to improve the convergence performance of the ABC algorithm to the optimal result, the hybrid ABC-PSO algorithm which is a combination of the PSO algorithm has been applied. Thus, cost efficiency has achieved without affecting the comfort conditions of the users and without compromising the quality of energy production, by maintaining the energy balance and taking into account the variable electricity tariffs.

Keywords: Heuristic optimization, artificial bee colony algorithm, cost efficient energy mixing, micro grid.

1. GİRİŞ

Birincil enerji kaynaklarının kullanılabilirliğinin azalması, enerjiye olan bağımlılığın artması, geleneksel ve eski elektrik iletim ve dağıtım sistemlerinin günümüz koşullarına yeterli cevabı verememesi modern toplumlarda, mevcut şebeke mimarisi modernizasyonunu, yenilikçi çözüm ve teknolojilerini gerekli kılmaktadır [1]. Bu bağlamda enerji endüstrisi global dünyada “akıllı enerji” adı verilen yeni bir döneme kapılarını açmaktadır. Enerji, bilgi ve iletişim teknolojisi kullanılarak yakın gelecekte daha sürdürülebilir, güvenilir, yeşil ve sürekli bir hal alacaktır. Diğer taraftan akıllı enerji sistemi, yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan maliyet etkin bir sistemdir. Akıllı şebeke, talep cevabı, mikro şebeke, akıllı ev bu alandaki başlıca kavramlardır [2].

Dağıtık üretim (DÜ) ve akıllı şebeke (AŞ) kavramları, son yıllarda elektrik enerjisi piyasasında enerji üretim ve tüketimin yeni paradigması olarak varsayılmaktadır. Dağıtık üretim teknolojileri, akıllı şebeke kavramının geliştirilmesine olanak sağlayan mikro şebekeleri ön plana çıkarmaktadır [3]. Mikro şebekeler (MŞ); mikro türbinler, yakıt hücreleri, güneş panelleri, rüzgâr türbinleri, depolama sistemleri gibi mikro kaynakları içeren küçük, yerel dağıtım sistemleri olarak tarif edilebilir [1]. Geleneksel fosil yakıtların çevre üzerindeki olumsuz etkileri ve yenilenebilir enerji teknolojisindeki gelişmelerin kamu bilincini arttırması sonucu mikro şebekelere olan talep artmıştır [4]. Yenilenebilir enerji tabanlı mikro şebeke sistemlerinin, şebekeden bağımsız toplulukların elektrifikasyonu için en uygun, maliyet etkin bir yöntem olduğu düşünülmektedir. Ancak, teknik ve ekonomik şartlar göz önünde bulundurulduğunda böyle sistemlerin optimum tasarım ve çalışma durumları çeşitli sebeplerden dolayı zorluklar içermektedir [5]. Bunlardan biri yenilenebilir enerji kaynaklarının (YEK) doğası gereği aralıklı üretime sahip olmalarıdır. Bu durum tüketicilerin taleplerini kayda değer bir şekilde dalgalandırmaktadır [6]. Genellikle mikro şebekelerde talep tarafı yönetim akıllı bir optimizasyon sürecinden yararlanarak gerçekleştirilebilir [7].

Enerji yönetim sistemi (EYS), mikro şebekenin stabil, güvenilir ve sürdürülebilir çalışmasını ve yakıt tüketimi, maliyeti minimize etmek gibi diğer çalışma durumlarını sağlamak için ana şebeke, dağıtılmış enerji kaynakları ve yükler arasındaki güç akışını kontrol eden bir araçtır.

Ayrıca, sistemin şebeke bağlantılı veya ada modlu çalışma durumlarına geçişinde karar verici olarak işlev görmektedir [1].

Akıllı şebekelerin ve akıllı ev enerji yönetim sistemlerinin (EEYS) geliştirilmesiyle, kullanıcılara talep tarafı yönetimine (TTY) aktif olarak katılma olanağı sunulmuştur. Akıllı ev enerji yönetim sistemi aracılığıyla kullanıcılar elektrik tüketimlerini optimize edebilir, konfor düzeylerini iyileştirebilirler [8]. Akıllı bir evde yeterli algoritmalara sahip otomatik ev enerji yönetim sistemi (OEEYS), zamana göre farklılaştırılmış tarifeler karşısında mevcut enerji kaynaklarının (şebeke, yükler, yerel üretim ve depolama) optimizasyonuna izin vermelidir. Bu minvalde, OEEYS çekirdeğindeki algoritmalar bazı son kullanıcı yüklerin kullanımına ilişkin esneklikten faydalanılmasına izin vererek daha yüksek seviyelerde yenilenebilir enerji üretimini barındırmaya ve tüketicilerin enerji faturalarını düşürmeye katkıda bulunmaktadır [9].

Mikro şebekelerin kurulum, bakım ve işletme maliyeti dahil toplam maliyet, üretim ve verimlilik gibi temel kriterler baz alınarak mikro şebeke sisteminde her bir enerji kaynağının optimal enerji karıştırma oranlarının tespiti için algoritmalar uygulanmaktadır. Enerji tüketimi, sıcaklık, güneş ışınması, günün saati ve doluluk gibi çeşitli değişkenler arasındaki ilişkileri düzenlemek için akıllı ölçüm sistemlerinden ve hava istasyonlarından toplanan veriler, gelişmiş yapay zekâ teknikleri ve makine öğrenmesi algoritmaları tarafından güncellenebilir [10]. Maliyet, verimlilik, enerjinin izlenmesi konularında yapay zekânın “Enerji Zekâsı” olarak temsil edilmesi kullanıcılar açısından rehber niteliği taşımaktadır [11].

Bu tez çalışmasında, YEK içeren çok kaynaklı mikro şebeke sistemin düşük maliyetli enerji kullanımını sağlamak için enerji kaynaklarının hangi oranda kullanılması gerektiğini bulmak amacıyla yapay arı kolonisi algoritması (YAK) uygulanmıştır. Bu işlem için Matlab yazılımı kullanılmış olup, sistemin benzetim modeli üzerinde uygulama gerçekleştirilmiştir. Bir optimizasyon problemi olan enerji karıştırma oranının belirlenmesi için sezgisel algoritmaların, en kısa sürede en iyi cevabın elde edildiği noktaya ulaşmaya çalışması uygulanabilirliği yönünden avantajını göstermektedir.

Literatürde YAK algoritmasının optimal sonuca yakınsama performansının iyileştirilmesi için diğer optimizasyon algoritmalarının üstün özellikleri kullanılarak hibrit algoritmalar tasarlanmıştır [12]. Metasezgisel algoritmaların farklı hibrit şekilleri arasında YAK ve diferansiyel evrim (DE) algoritmalarının birleşimi [13], YAK ve parçacık sürü optimizasyon

(PSO) algoritmalarının birleşiminden oluşan hibrit YAK-PSO algoritması [14] yer almaktadır. Ek olarak bu tez çalışmasına hibrit YAK-PSO algoritması uygulanmıştır.



1.1 Literatür Taraması

Ülkelerin demografik ve endüstriyel gelişim hızlarına bağlı olarak enerji ihtiyaçları da her geçen gün artan eğilim içerisinde rol almaktadır. Fosil yakıtların sürdürülemezliğinin ve çevre üzerindeki olumsuz etkilerinin sonucu olarak güneş, rüzgâr, jeotermal, biyokütle gibi yeşil, güvenilir ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı yaygınlaşmıştır. Tekil yenilenebilir enerji kaynaklarından oluşan sistemlerden enerji üretiminin gerçekleştirilmesinin yanı sıra diğer yenilenebilir enerji kaynaklarıyla oluşan hibrit sistemlerden de yararlanılmaktadır. Şebekeye bağlı ya da şebekeden bağımsız (ada mod) olarak çalışabilen bu sistemlerin, talep gücünü güvenilir, enerji verimli ve sürdürülebilir şekilde karşılamak için en az maliyetle optimize edilmesi araştırmacılar tarafından ilgi odağı olmuştur. Optimizasyon sürecinde en uygun çözüme en kısa sürede yakınsama özelliklerinden dolayı sezgisel algoritmalar tercih edilmektedir [15, 16].

Bukar v.d. [5] tarafından yapılan çalışmada güç kaynağı olasılığının yetersizliğine ve enerji maliyetine dayalı olarak enerji talebini güvenilir bir şekilde karşılayabilecek mikro şebeke optimum sistem konfigürasyonunu belirlemek için yeni bir meta sezgisel optimizasyon algoritması olan çekirge optimizasyon algoritması (ÇOA) uygulanmıştır. Önerilen mikro şebeke güneş panelleri, rüzgâr türbini, batarya depolama sistemi ve bir dizel jeneratörden oluşmaktadır. Önerilen ÇOA'nın optimizasyon problemini çözmedeki etkinliği incelenmiş ve performansı PSO ve guguk kuşu arama (GKA) optimizasyon algoritması ile karşılaştırılmıştır. ÇOA'nın emsallarına oranla optimizasyon sürecinde daha hızlı ve daha iyi sonuçlar vermesi hibrit mikro şebeke optimum tasarım probleminin başarılı bir şekilde tamamlandığı sonucunu göstermiştir.

Singh v.d. [14] tarafından yapılan çalışmada küçük bir toplum merkezine kesintisiz elektrik temini sağlamak için şebeke bağlantılı bir hibrit güneş paneli-yakıt hücresi (GP-YH) enerji sisteminin ayrıntılı bir matematiksel modeli ve çalışma stratejisi önerilmiştir. Önerilen sistemin net mevcut maliyetini optimize etmek için yapay arı kolonisi, parçacık sürü optimizasyonu ve her ikisinin bir melezi kullanılarak üç meta-sezgisel algoritma uygulanmıştır. Hibrit YAK-PSO'nun daha iyi optimal boyutlandırma sonuçları sağlaması açısından hem YAK hem de PSO'dan daha iyi performans gösterdiği gözlemlenmiştir. Sonuçlardan, önerilen hibrit enerji sisteminin özellikle gelişmekte olan ülkelerde şebekeye olan bağımlılığı azaltmak için hidrojen ve güneş temelli enerji sistemini teşvik etmeye yardımcı olabileceği ortaya çıkarılmıştır.

Ghorbani v.d. [17] tarafından yapılan çalışmada güneş panelleri (GP), rüzgâr türbinleri (RT) ve bataryadan oluşan şebekeden bağımsız bir evin en uygun boyutu için hibrit genetik algoritma parçacık sürü optimizasyonuna (GA-PSO) sahip bir algoritma uygulanmıştır. Yaptıkları çalışmanın amacı kurulum, işletme ve bakım maliyeti dahil toplam maliyeti en aza indirmek ve yük talebini karşılamaktır. Rüzgâr hızı, güneş ışınımı ve yük talebi HOMER paket programı aracılığıyla 12 ay için test edilmiştir. Daha sonra GP ve RT'nin optimum boyutu hem GA-PSO hem de ÇAPSO yöntemleriyle elde edilmiş ve HOMER sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Sonuçlar GP/RT/BAT sistemi için seviyelendirilmiş 5.6 \$/kWh enerji maliyetinin 0.508'i ile önerilen yaklaşımın karşılaştırmalı metottan daha iyi sonuçlara sahip olduğu görülmüştür.

Whei-Min Lin v.d. [18] çalışmalarında YEK ve batarya sisteminden oluşan çok kaynaklı mikro şebekenin enerji yönetim stratejisini gelişmiş bir arı kolonisi optimizasyonu yöntemiyle ele almışlardır. Mikro şebekenin işlevsel maliyetlerini en aza indirmek için farklı zaman dilimlerinde hem şebeke bağlı hem de ada modundaki çalışma durumu incelenmiştir. Diğer optimizasyon algoritmalarının yanı sıra gelişmiş arı kolonisi optimizasyon tekniğinin etkin, verimli ve yüksek performansta mikro şebeke enerji yönetimi için uygulanabilir bir araç olduğu sonucuna varılmıştır.

Binaların Enerji Performansı Direktifinin (2010/31 / AB) yeniden düzenlenmiş versiyonu “en uygun maliyetli seviyelere ulaşmak amacıyla” binaların enerji performansını tanımlamayı amaçlayan karşılaştırmalı bir metodoloji önermiştir. Gerçekten, en uygun maliyetli teknolojiler nasıl tespit edilebilir? Ayrıca, maliyet etkinliğini elde etmek için en uygun enerji verimliliği önlem paketleri nasıl seçilebilir? Ascione v.d. [19] tarafından yapılan çalışmada binaların enerji performansının ve iç mekan termal konforunun çok amaçlı optimizasyonu yoluyla maliyet etkinliğinin değerlendirilmesi için yeni bir metodoloji önererek bu sorulara cevaplar sağlanmıştır. Optimizasyon prosedürü, MatLab ve EnergyPlus arasındaki bağlantı ile genetik bir algoritma uygulanarak gerçekleştirilmiş ve binalara uygulanan enerji verimliliği önlemlerinin kârlı ve uygulanabilir paketlerin değerlendirilmesine olanak sağlanmıştır.

S. Abdul Muqsit v.d. [20] çalışmalarında DC baralı bir mikro şebekenin optimizasyonunu ve enerji yönetim sistemini Matlab/Simulink tabanlı bulanık kontrol dizayn ve analiz yöntemiyle gerçekleştirmişlerdir. DC baralı mikro şebeke; güneş enerji sistemi, rüzgâr enerji sistemi, yakıt hücresi ve lityum-ion pilden oluşmaktadır. Fazla enerjinin depolanmasını sağlayan lityum-ion pilin performansını ve kullanım süresini iyileştirmek için şarj

durumunun Matlab/Labview uygulamasında bulanık kontrol kurallarıyla arzulan seviyede tutulması sağlanmıştır. Geliştirilen model üzerinden elde edilen simülasyon çalışmaları, DC baralı mikro şebekenin bulanık kontrol kurallarını kullanarak güç dengesini ve lityum-ion pilin arzulan şarj/deşarj seviyelerinde kalmasını sağlayabildiğini göstermiştir ve akıllı mikro şebeke enerji yönetim sistemlerine optimizasyon yöntemlerinin başarıyla uygulanabileceği sonucuna varılmıştır.

Jaeyeong Yoo v.d. [21] yaptıkları çalışmalarında üretken tüketicilerin aktif olarak akıllı şebeke içinde yer aldığı, şebeke bağlantılı bir yerleşim yerinde batarya ihtiva eden bir fotovoltaik sistem için kritik fiyatlandırma kapsamında bir enerji yönetim sistemi sunmuşlardır. Birincil enerji kaynağı olarak fotovoltaik sistem baz alınmış olup batarya sistemi ise fazla enerjiyi depolamak için kullanılmıştır. Kalman filtresi ve makul doğrulukta bir sonraki günün yük talebini tahmin etme yeteneğine dayanan enerji yönetim diyagramı, elektriksel cihazlar ve güç sistemleri arasındaki güç alış-veriş ilişkisinin öngörülebilirliğini sağlamak amacıyla dizayn edilmiştir. Geliştirilen modelin performansını teyit etmek için üç ayrı senaryo üzerinde hava durumu, gerçek zamanlı yük talepleri ve hane büyüklüğü dataları baz alınmıştır. Elde edilen sonuçlardan yola çıkarak, geliştirilen enerji yönetim diyagramının geçerliliği doğrulanmış olup, üç ayrı senaryo durumu maliyet açısından iktisat sağlandığını göstermiştir.

Gonçalves v.d. [9] tarafından yapılan çalışmada çeşitli enerji kaynaklarını içeren aynı zamanda kullanıcıların özgürce karar vermelerine olanak tanıyan, bir dizi konfor özellikleri olan akıllı ev modeli tanımlanmıştır. Tanımlanan akıllı ev modellemesi kapsamında, kullanıcı kaynaklı memnuniyetsizliklerin (yük çalışmasını yeniden planlama) giderilmesi ve toplam maliyetin (enerji ve güç) azaltılmasına yönelik çözüm özellikleri olan ev enerji yönetim sistemi incelenir. Farklı güç tarifelendirmelerinin ve ev enerji yönetim sistemi tarafından bulunan çözümlerin bunları nasıl etkilediğine dikkat çekilir. Ev enerji yönetimi kapsamındaki çalışmanın 90 sn'den daha kısa bir sürede pratik uygulama için çeşitli çözümler sunarak uygun maliyetli sistemlere uygulanabilirliği ortaya konulmuştur.

Curto v.d. [22] tarafından yapılan çalışmada özel karbonlaşma hedefini gerçekleştirmek için güneş, rüzgâr ve deniz dalgası santrallerine dayalı ekonomik ve teknik açıdan üretim sistemine geçişi incelenmiştir. Yenilenebilir enerjiden elde edilen sabit yıllık elektrik üretimini karşılayabilecek optimum enerji karışımını bulmak için bir matematiksel model önerilmiştir. Bu işlem için güneş panellerinden 1509 kW, rüzgâr türbinlerinden 2100 kW ve dalga enerjisi dönüştürücülerinden 640 kW'tan oluşan optimum enerji karışımına ihtiyaç

vardır. Böylece, elektrik üretimi için mevcut maliyet 0.282 €/kWh değerinden 0.260 €/kWh değerine düşürülmüştür.

Keleş v.d. [23] çok kaynaklı YEK içeren mikro şebekelerde uygun maliyetli enerji yönetimini sağlamak için enerji karıştırma oranlarının tahmin edilmesi konusunu ele almışlardır. Yenilenebilir enerji kaynaklarını içeren mikro şebekeler için önerilen çoklu darbe genlik modülasyonu (Ç-DGM) enerji karıştırıcılara düşük maliyetli enerji kullanımını sağlamak için enerji kaynaklarının hangi oranda kullanılması gerektiğini bulmak amacıyla stokastik ayırık optimizasyon tekniklerine dayanan rastgele arama algoritması uygulanmıştır. Güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, batarya sistemi ve şebekeden oluşan mikro şebekenin enerji yönetimi için önerilen rastgele arama algoritmasının simülasyon sonuçları muhtelif enerji fiyat dalgalanmaları kapsamında çok kaynaklı yenilenebilir enerji kaynakları içeren mikro şebekeler için düşük maliyetli enerji karışımı sağlayabileceğini göstermiştir.

Keleş v.d. [24] bir diğer çalışmalarında, çok kaynaklı YEK içeren mikro şebekelerde düşük maliyetli enerji yönetimi için PSO yönteminin kullanımını göstermişlerdir. PSO algoritması enerji dengesi kapsamında yenilenebilir mikro şebekelerin günlük enerji maliyetlerini en aza indiren optimum enerji karıştırma oranlarını bulmak için kullanılır. Çalışmada yer alan mikro şebeke; güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, batarya sistemi ve şebeke oluşumunu içermektedir. Mikro şebekeler arasındaki enerji dağıtımını kontrol etmek için hizmet şebekelerinde değişken enerji fiyatlandırılmasının kullanıldığı varsayılmıştır. Sonuçlar, önerilen düzenin değişken üretim, talep ve fiyat koşulları altında mikro şebekenin maliyet verimli ve enerji dengeli yönetimini elde etmek için enerji karıştırma oranlarını ayarlayabileceğini göstermiştir.

1.2 Tez Çalışmasının Sınırları

Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde; güneş, rüzgâr, jeotermal, dalga enerjisi gibi dağıtık yenilenebilir enerji kaynaklarını güç sistemlerine entegre etmek için mikro şebekeler etkili ve uygulanabilir bir çözüm olarak görülmektedir ve bunun için uygun bir enerji yönetim sistemi (EYS) gereklidir. Mikro şebekelerde yenilenebilir enerji tabanlı üretim yaygınlaştıkça ada modlu hibrit mikro şebekelerin maliyet etkili tasarımı ve çalışması daha da önem kazanmaktadır [16].

Diğer taraftan, mikro şebeke sisteminin güç akışı enerji yönetim planlaması aracılığıyla, enerji üretim maliyeti ve şebekeden enerji satın alma giderleri azaltılır, sistemin performansı ile işletme maliyeti arasındaki farkı optimize etmek için bir kontrol stratejisi sunulur, değişken yükler ve YEK'in aralıklı olarak çalışması dikkate alınarak yine mikro şebeke sisteminin çalışma durumu optimize edilir ve her bir bileşenin efektif bir şekilde kullanılması sağlanır [25]. Bu tez çalışması güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, batarya sistemi ve şebekeden oluşan bir hibrit modeli ele almaktadır. Bu hibrit model için optimal enerji karıştırma oranının belirlenmesi ve sistemin maliyet fonksiyonunun minimize edilmesi için literatürde iki farklı optimizasyon tekniği kullanılmıştır. Bunlardan biri rastgele arama optimizasyonu (RAO) [23] diğeri ise PSO [24] tekniğidir. Bu tez çalışmasında ise YAK uygulanarak düşük maliyetli enerji kullanımını sağlamak için enerji kaynaklarının hangi oranda kullanılması gerektiğini bulmak amacıyla karıştırma oranları belirlenmiştir. Bu işlem için Matlab yazılımı kullanılmış olup, sistemin benzetim modeli üzerinde uygulama gerçekleştirilmiştir. Farklı algoritma ve optimizasyon teknikleri kullanılarak daha önce yapılan benzetim çalışmaları sonuçları ile bu tez çalışmasında sisteme uygulanması düşünülen yöntem karşılaştırılarak yöntemin üstünlük ve eksiklikleri değerlendirilmiştir. Aynı zamanda literatürde YAK algoritmasının iyi bir keşif, zayıf bir yararlanma yeteneği söz konusu olduğu için bu iki zıt faktör arasında bir denge kurmak adına YAK algoritması ile diğer optimizasyon algoritmalarının üstün özellikleri kullanılarak hibrit algoritmalar tasarlanmıştır [12]. Bunlar içerisinde hibrit YAK-PSO algoritması uygulanarak YAK algoritmasının optimal sonuca yakınsama performansı iyileştirilmiştir.

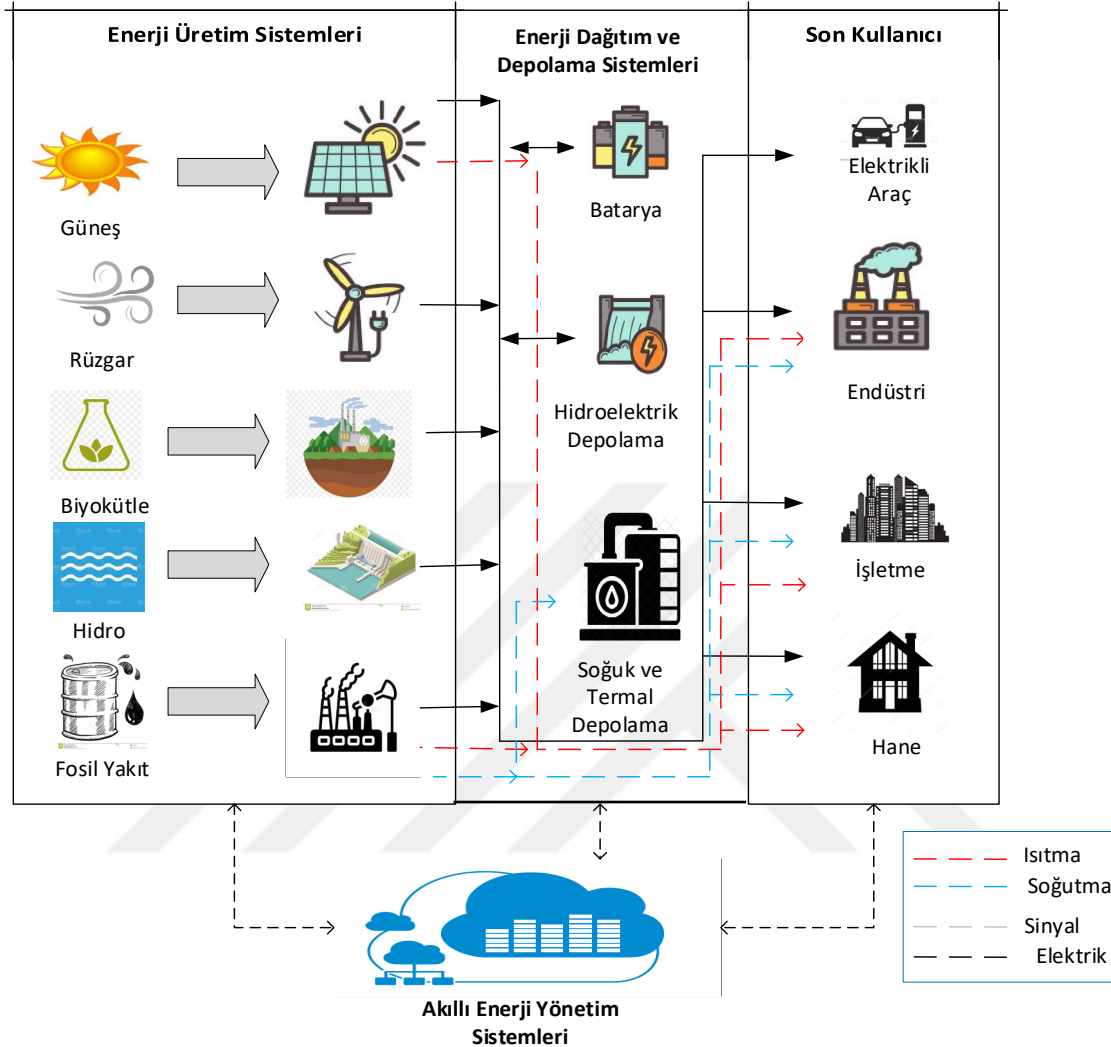
2. KURAMSAL TEMELLER

2.1 Akıllı Enerji Sistem Konfigürasyonu

Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) sera gazı emisyonunu azaltmanın en etkili yolunun enerji verimliliğinin iyileştirilmesi olduğunu raporlamıştır. Bu yüzden verimlilik, gelecekte daha sürdürülebilir bir enerji sistemine sahip olmak için büyük bir önem arz etmektedir. Bu açıdan, enerji sistemlerinin daha da “akıllı” olması hedeflenmektedir. Enerji sektöründe akıllı terimi, çoğunlukla sistem güvenilirliğini güvence altına alan, pazar hizmetinin önünü açan, enerji verimliliğini arttıran, maliyeti azaltan, bilgi ve iletişim teknolojilerini üretim, dağıtım ve tüketim ile birleştiren bir uygulama paketi olarak tarif edilir [26].

Akıllı enerji sistemleri kavramı, birden çok enerji sektörünü entegre ederek beklenen yeni enerji sistemleri paradigmasını tanımlamak için 2012 yılında önerilmiştir [27]. Akıllı enerji sistemleri, tüketimi üretimle uyumlu hale getirerek ve birden çok enerji sektörünü entegre ederek daha iyi kontrol ve enerji kullanımına sahip olmayı amaçlar. Akıllı enerji sistemlerinin tanımı, geliştirilmesi ve uygulanmasına ilişkin birçok bilimsel çalışma literatürde yer almaktadır. Shao vd. [6] akıllı enerji sistemlerinin özelliklerini, tipik bir akıllı enerji sisteminde enerji akış analiz yöntemini ve hesaplanmasını ele almışlardır. Gayathri vd. [6] akıllı enerji depolama ve kontrol stratejileri açısından akıllı enerji sistemlerini incelemiştir. Beyin veya kontrol merkezi olarak akıllı bir enerji yönetim sistemi, akıllı enerji sistemlerinin optimum kontrolünde ve yönetiminde önemli bir role sahiptir. Akıllı bir enerji yönetim sistemi enerji üretim sistemlerini, son kullanıcıları, dağıtım ve depolama sistemlerini entegre eder ve son derece otomatik yanıt veren ve esnek enerji sistemleri oluşturmak için akıllı iletişim ve kontrol stratejileri sunar. Tipik bir entegre akıllı enerji sistemi dört ana alt sisteme bölünebilir; enerji üretim sistemleri, enerji son kullanıcıları, enerji dağıtım ve depolama sistemleri ve akıllı enerji yönetim sistemleri. Enerji üretim sistemleri, çeşitli son kullanıcıların enerji taleplerini karşılamak için kullanılan temiz ve sürdürülebilir enerjiler üretir. Dağıtım sistemleri, enerjiyi arzdan talebe iletir ve enerji depolama sistemleri fazla enerjiyi depolar. Tüm sistem ve alt sistemler, operasyon optimizasyonu ile sistemin verimli ve kararlı çalışmasını gerçekleştiren, fosil yakıt

tüketimini ve kirlenici emisyonu azaltan akıllı enerji yönetim sisteminin gelişmiş bilgi ve veri teknolojileri ile kontrol edilmektedir [6, 27].



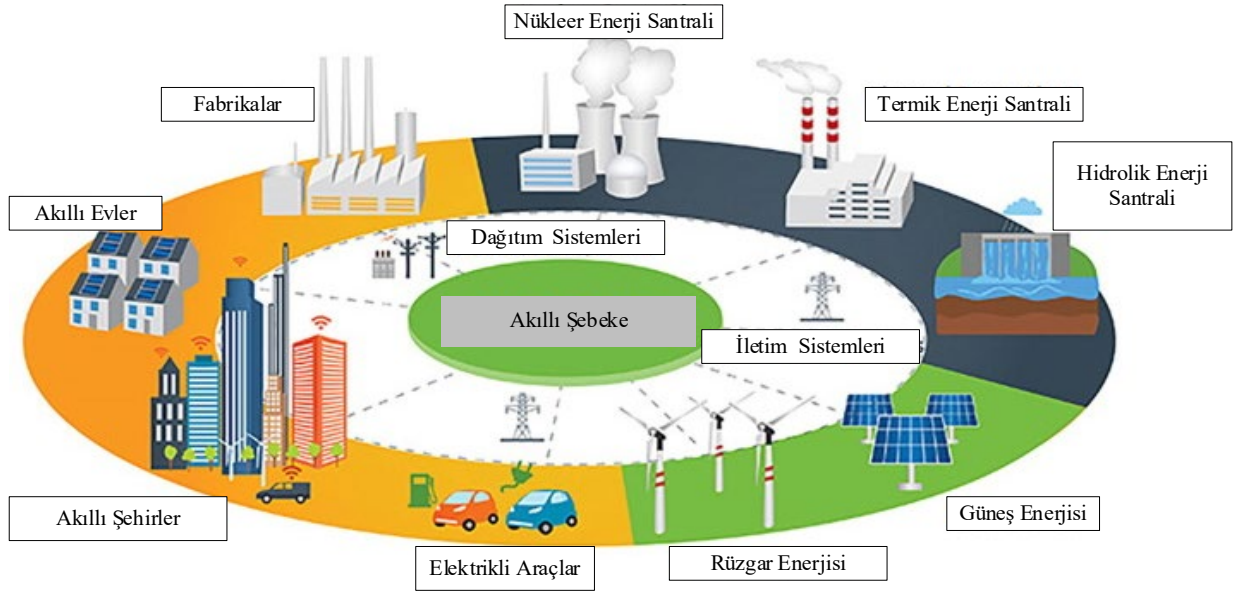
Şekil 2.1: Tipik bir akıllı enerji sisteminin yapısı [6]

2.2 Akıllı Şebekelere Genel Bakış

Mevcut haldeki elektrik şebekesi yüksek iletim kayıpları, düşük güç kalitesi, kesintilere açık, dağıtık enerji kaynaklarının entegrasyonuna imkan tanımayan, üretim, iletim ve dağıtım gibi bazı temel fonksiyonları yerine getiren bir enerji ağı olarak işlev görmektedir. Bu noktada, akıllı şebeke teknolojisi daha etkin bir şekilde elektrik enerjisinin üretimi ve bu enerjinin iletimi ve dağıtımını için yenilikçi çözümler sunmaktadır [28].

Akıllı şebeke, güç sistem güvenliğini, güvenilirliğini ve verimliliğini arttırabilecek iki yönlü iletişim ve güç akışını sağlamak için bilgi ve iletişim teknolojilerini güç sistemlerine entegre eden gelişmiş bir enerji sistemidir [29]. Akıllı şebekeler, modern yaşamın organizasyonu ve

işleyişinde üç kilit rol oynamaktadır. Öncelikle, akıllı şebekelerin otomasyon sistemi ile uzaktan izleme ve kontrolü sağlanırken, aynı zamanda akıllı şebekenin kendi kendini iyileştirmesi aracılığıyla güç sisteminin modernizasyonu sağlanır. İkinci olarak, akıllı şebekeler mevcut enerji kaynaklarının kullanılabilirliği, tüketim ve maliyet bilgilerine erişim sağlayarak kullanıcılara bu süreç içerisinde aktif rol almalarına olanak tanır. Üçüncü olarak, akıllı şebekeler var olan enerji sistemlerine dağıtık ve yenilenebilir kaynakları entegre etmek ve kullanmak için bütüncül bir yaklaşım benimsemektedir [30]. Şekil 2.2 akıllı şebeke organizasyon yapısını göstermektedir.



Şekil 2.2: Akıllı şebeke organizasyon yapısı [31]

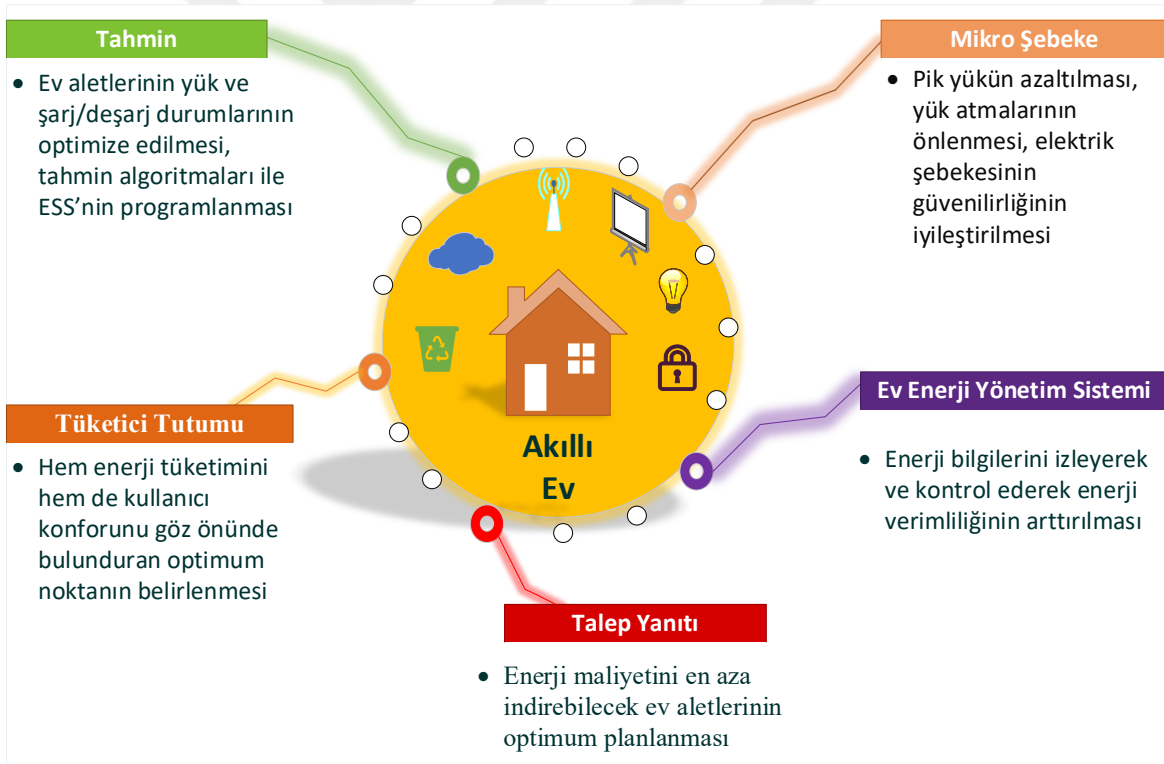
Akıllı şebekeler yalnızca elektrik sistemleri için yeni bir paradigma sunmakla kalmaz, aynı zamanda tüm paydaşlar arasında etkileşimi artırıp sosyal refah ve ekonomik değerler gibi yeni ağların oluşumuna zemin hazırlamaktadır [32].

2.3 Akıllı Ev Paradigması

Akıllı ev kavramı, makul ölçüde enerji tüketimiyle daha fazla konfor elde etmek için akıllılığı konutlara dahil eden akıllı şebeke paradigmasının bir bölümüdür [3]. Yenilenebilir enerji kaynaklarının binalarda kullanımı önemli bir etkiye sahiptir. Binaların enerji tüketimi dünya çapında kullanılan enerjinin %40'ına tekabül etmektedir [10]. Yakın gelecekte binaların tükettikleri enerji miktarını üretebileceği düşünülmektedir. Bu durum sıfır enerjili binaları (SEB) tanımlamaktadır. SEB'ler, binanın enerji talebini kabaca karşılayan, yerinde yenilenebilir enerji üreten, şebekeyle etkileşim içerisinde olan yapılardır. Tüketici talebinin

çok fazla olduğu ve yenilenebilir enerji kaynaklarının yetersizliği durumlarında SEB'ler şebekeden enerji tüketimi yapar. Şebeke etkileşimli SEB'ler üretim, tüketim ve depolama sistemleriyle donatıldığı için karmaşık bir hal almasının önüne geçmek adına, hem maliyet tasarrufu hem de gereken durumlarda şebekeden bağımsız hedeflere ulaşabilmek için bina tasarımını optimize etmek gereklidir. SEB'ler için enerji sistemi optimizasyonunun binanın enerji verimliliğini ve performansını arttırmak, sistem maliyetini azaltmak gibi iki temel amacı vardır [10, 33].

Fosil enerji yakıtları sürdürülemez olduğu için, akıllı evlerde yenilenebilir enerji kullanım fikri toplum tarafından büyük ilgi uyandırmıştır. Akıllı şebekelerin ve akıllı ev enerji yönetim sistemlerinin (EEYS) geliştirilmesiyle, kullanıcılara talep tarafı yönetimine (TTY) aktif olarak katılma olanağı sunulmuştur. EEYS aracılığıyla kullanıcılar elektrik tüketimlerini optimize edebilir, konfor düzeylerini iyileştirebilirler [8]. Şekil 2.3 akıllı evlerde enerji verimliliğinin beş teknik işlevsel diyagramını göstermektedir [32].



Şekil 2.3: Akıllı evlerde enerji verimliliğinin kavramsal diyagramı [32]

Akıllı şebekeler kapsamında talep cevabı, tüketici tutumu ve tahmin kavramlarının neleri ifade ettikleri şu şekilde verilebilir.

2.3.1 Talep cevabı

Chen v.d. talep cevabı (TC) “elektrik fiyatlandırmalarına tepki olarak enerji kullanım miktarının tüketim düzeninden farklı olması” olarak tanımlamışlardır [32]. Enerji kullanılabilirliği açısından performansın temel ilkesi, önemli durumlarda sınırlı tedarigi çoğunlukla azaltan talep cevabıdır. TC programlar, şebekenin en yoğun olduğu zamanlarda maksimum tüketimi azaltma konusunda önemli bir işleve sahiptir [31]. Akıllı ev teknolojileri ve akıllı ölçüm cihazları, talep tarafı yönetim (TTY) stratejilerinin gelişiminde rol alan temel yapı taşlarıdır. TTY, pik yükü azaltmaya odaklanırken bu süreçte son kullanıcılar elektrik faturalarının azalmasını yanı sıra konforlarının da korunmasını talep ederler [34]. Mevcut TC programlar teşvik ve fiyat tabanlı programlar olarak iki kategoriye ayrılır. Teşvik temelli programlar, müşterilere kapasite eksikliği veya olağanüstü yüksek elektrik fiyatları olan zamanlarda talebi azaltma yönünde ekonomik teşvikler sağlarken, fiyat tabanlı olanlar elektrik kullanım düzenlerindeki genel değişiklikleri destekleyen dinamik tarife oranlarını içerir [10].

2.3.2 Tüketici tutumu

Ev aletlerinin enerji verimliliğini arttırmak için önceleri enerji tasarruf sistemleri tercih edilirdi. Ancak son zamanlarda enerji tasarrufuna ek olarak tüketicilerin ısıtma, soğutma, havalandırma, aydınlatma gibi konforlarının da iyileştirilmesi yönünde araştırmalarda artış görüldü. Böylece hem enerji tüketimi hem de kullanıcı konforu dikkate alınarak enerji sistemlerinin optimal çalışma noktalarının belirlenmesi kolaylaştırılmıştır [32]. GramHanssen, binalarda enerji tüketimi açısından verimli teknolojiye oranla binanın fiziği kadar kullanıcı davranışının da enerji talebi üzerinde etkili olduğunu göstermiştir [35].

2.3.3 Tahmin

Enerji tasarruf sistemlerinin çeşitli bileşenlerini tahmin etmek için hava durumu, çıkış gücü ve beklenen yük talebi gibi değişkenler tahmin algoritmaları tarafından toplanmalı ve buna karşılık gelen bir veritabanında saklanmalıdır. Bu şekilde enerji talebinin dengelenmesi ve akıllı evlerin tedarik ihtiyacının sağlanmasıyla talep cevabı programında yer alan enerji tasarrufu ve tüketici konforunun optimum bir şekilde kesişmesi sağlanmış olur [32].

2.4 Mikro Şebeke Konsepti

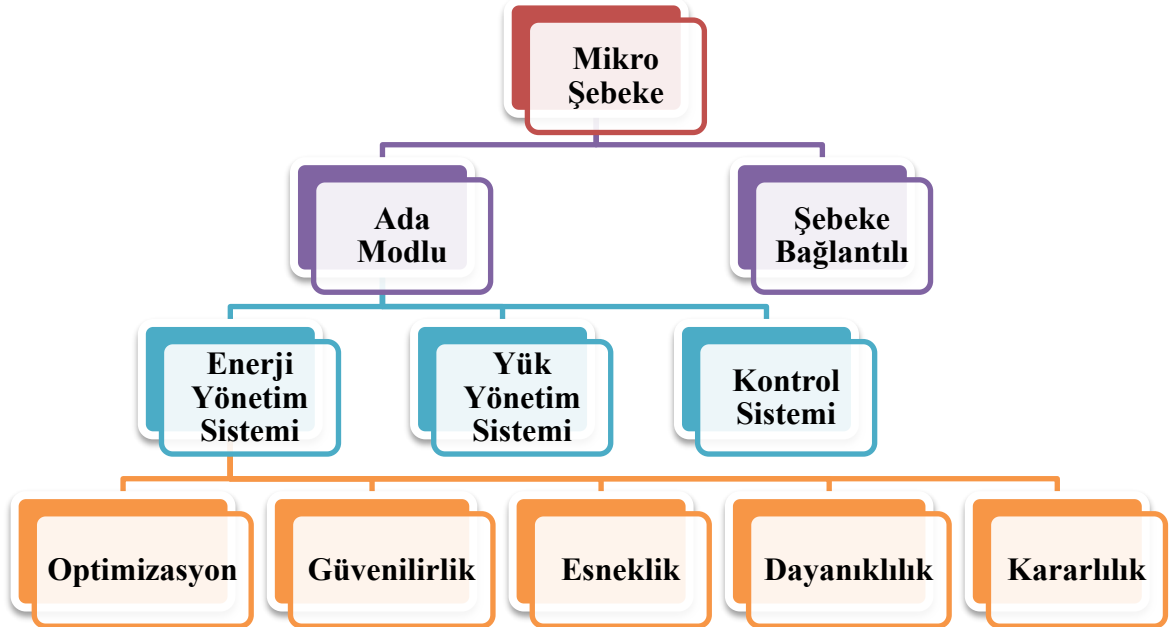
Modern elektrik güç sistemleri dünya çapında artan elektrik enerji talebi, gelişen siyasi baskı ve karbon emisyonunu azaltma konusunda kamu bilinci, büyük ölçekli yenilenebilir enerji penetrasyonunu dahil etme, bilgi ve iletişim teknolojilerini güç sistemi operasyonu ile harmanlama nedeniyle devrim niteliğinde bir değişim geçirmektedir. Bu meseleler son on yılda büyük gelişme ve değişiklikler gösteren ve son zamanlarda akıllı şebeke teknolojileri ile birlikte büyümesinde bir ivme kazanan “mikro şebeke” konseptinin oluşumuna ön ayak olmuştur. Dağıtık üretim (DÜ), son yıllarda yüksek verimlilik, iletim ve dağıtım kayıplarının azaltılması, yerel elektrik şebekesinin desteklenmesi ve sistem istikrarının iyileştirilmesi gibi birçok yönden avantaj sağladığı için modern bir çözüm olarak dikkat çekmeye başlamıştır. Dağıtık üretimin ortaya çıkan potansiyelini gerçekleştirmenin daha iyi bir yolu “mikro şebeke” olarak tanımlanan bir sistem yaklaşımı benimsemektir [1].

Mikro şebekeler; mikro türbinler, yakıt hücreleri, güneş panelleri, rüzgâr türbinleri, depolama sistemleri gibi bir dizi mikro kaynakları içeren küçük, yerel dağıtım sistemleri olarak tarif edilebilir. Elektrik şebekesine bağlanabilir (şebeke modu) ya da arıza veya harici bozucu durumlarında elektrik şebekesinden izole edildiğinde (ada modu) bağımsız olarak çalıştırılabilir. Böylece arz kalitesi artırılır, müşteriler daha yüksek verimlilik, daha ucuz ve daha temiz enerji elde etme imkanına sahip olurlar [1, 16].



Şekil 2.4: Mikro şebeke konseptinin oluşum etmenleri

Mikro şebeke tarafından oluşturulan yerel dağıtım sistemlerinin içerisinde var olan aktif kaynaklar, yük atma olasılığını azaltarak güç sistemlerinin daha kararlı bir şekilde işlev görmesine katkıda bulunur.

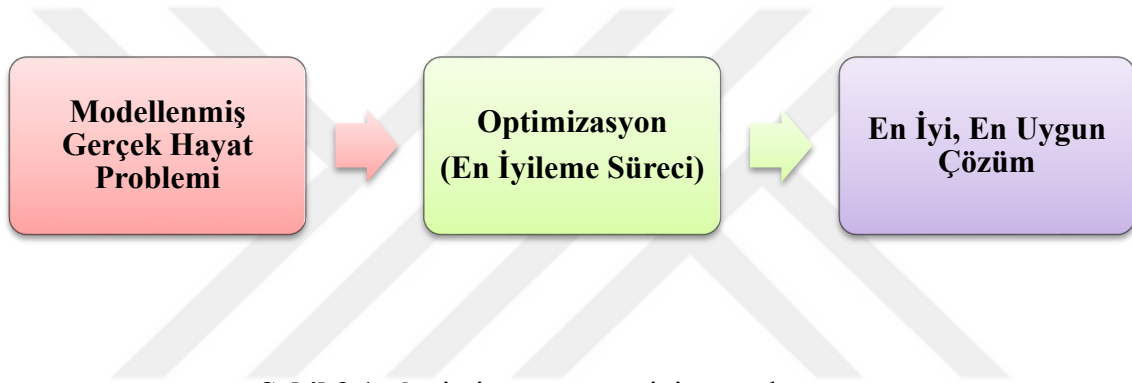


Şekil 2.5: Mikro şebekenin mimari, sistemsel ve işlevsel olarak sınıflandırılması [36]

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Optimizasyon

İnsanoğlu çağlar boyunca optimizasyon süreci içerisine müdahil olmuştur. Dijital bilgisayarların daha hızlı, çok yönlü ve etkin bir hal alması neticesinde optimizasyon teknikleri büyük bir ivme kazanmıştır. Optimizasyon uygulaması en iyi çözümü bulmak için kullanılacak tekniklerin, yöntemlerin, prosedürlerin ve algoritmaların bütünü oluşturur. Mühendislik, fizik, matematik, ekonomi, ticaret hatta politika gibi birçok alanda optimizasyon problemleriyle karşılaşmaktadır [37].



Şekil 3.1: Optimizasyon sürecinin temel aşaması

Optimizasyon problemlerini çözmek için sıklıkla kullanılan optimizasyon algoritmaları, deterministik ve sezgisel algoritmalar olarak sınıflandırılır. Metasezgisel optimizasyon algoritmalarının yapı bakımından basit ve kolay uygulanabilir olması, yerel minimumu atlayabilmesi, gradyan enformasyon istememesi ve birçok disiplini içeren mühendislik uygulamalarının çeşitli problemlerinde sıklıkla kullanılmasından dolayı oldukça popüler olmaya başlamıştır. Fiziksel veya biyolojik olayları taklit ederek optimizasyon problemlerini çözen ve doğadan esinlenen sezgisel algoritmaların sınıflandırılması çizelge 3.1'de görüldüğü gibidir. Fizik tabanlı yöntemler evrendeki fizik yasalarından, evrim tabanlı yöntemler doğal evrim yasalarından, sürü tabanlı yöntemler de hayvanların sosyal davranışlarından ilham alırlar [38].

Çizelge 3.1: Sezgisel algoritmaların sınıflandırılması [38].

| Yöntemler | Algoritmalar |
|------------------|---|
| Evrimsel tabanlı | Genetik Evrimsel Stratejisi Biyocoğrafya Tabanlı Optimizasyon |
| İnsan tabanlı | Tabu Arama Harmoni Arama Grup Arama Optimizasyonu Öğretme Öğrenme Tabanlı |
| Fizik tabanlı | Benzetilmiş Tavlama Büyük Patlama-Büyük Buzulma Yer Çekimi Arama Kara Delik |
| Sürü tabanlı | Parçacık Sürü Optimizasyonu Karıncalar Kolonisi Optimizasyonu Ateş Böceği Guguk Kuşu Yapay Arı Kolonisi |

Sezgisel bilgilerden yararlanarak problemlere makul çözümler sunmaya çalışan sezgisel algoritmalar gerçek hayatı simüle ederler. En uygun çözüme en kısa sürede yakınsama özelliğine sahip olan sezgisel algoritmalar daima en uygun çözümleri bulma garantisi vermezler [39].

Çoğu sezgisel algoritma öncelikle bir başlangıç popülasyonundan oluşur ve ardından popülasyon her bir algoritmanın özgün süreçlerini kullanarak optimum çözüme ulaşmak için hareket eder. Bu algoritmaların zayıf yönlerinden biri, bir önceki nesilden edinmiş oldukları bilgilerden tam anlamıyla faydalanmamalarıdır. Popülasyonun olası dağılımının, gelecek nesilin popülasyonu hakkında değerli bilgiler sunabileceği ön görülmüştür [40].

3.2 Yapay Arı Kolonisi Algoritması

Sürü tabanlı algoritmalar, çeşitli karmaşık problemlere uygun maliyetli, hızlı ve sağlam çözümler üretme yeteneği olan, doğadan esinlenen popülasyona dayalı algoritmalar ailesi olarak görülmektedir. Bu nedenle sürü zekâsı; karınca kolonileri, bal arıları ve kuş sürüleri gibi doğadaki sosyal sürülerin davranışlarını model olarak kullanan yapay zekânın yeni bir dalı olarak tanımlanabilir [41].

Bal arılarının yiyecek arama davranışlarından esinlenerek sürü modeli içeren yapay arı kolonisi (YAK) algoritması 2005 yılında Derviş Karaboğa tarafından öne sürülmüştür. YAK algoritmasında yiyecek kaynağı ya da nektar, optimizasyon probleminin olası çözümlerini temsil ederken bu noktalardaki nektar miktarı da çözümün kalitesini veya uygunluğunu konumlandırır [42].

YAK algoritması; işçi arı, gözcü arı ve kaşif arı sınıfının oluşturduğu arı kolonisine dayanmaktadır. Bu algorithmada her döngüde üç adım bulunmaktadır. İşçi arılar besin kaynağını arar ve konumu hafızada saklanır. Gözcü arılar işçi arılardan bilgi toplar ve besin kaynağının nektar miktarını ölçerek en iyi besin kaynağını seçer. Ardından kaşif arılar yeni besin kaynakları arar. Arı popülasyonuna bakıldığında popülasyonun yarısı işçi arılardan diğer yarısı da gözcü arılardan oluşmaktadır. Her işçi arı için sadece bir besin kaynağı vardır. İşçi arılar tarafından terk edilmiş besin kaynağı, gözcü arılar tarafından yeni rastgele oluşturulmuş besin kaynağı konumu ile değiştirilir. Bu algorithmada, besin kaynağının konumu, optimizasyon probleminin olası çözümlerinin toplam sayısını gösterir ve besin kaynağının nektar miktarı, o özel çözümün kalitesini veya uygunluğunu ifade eder. Genel bir optimizasyon problemini çözmek için bir YAK algoritmasının basitleştirilmiş adımları aşağıda listelenmiştir [43].

1. Adım: YAK algoritmasının parametreleri olan popülasyon büyüklüğü (PB), toplam pozisyon sayısı (D), maksimum döngü sayısı (MDS), besin kaynaklarının popülasyonu (BKP) tanımlanır.

2. Adım: Aşağıdaki denklem kullanılarak parametre sınırları içerisinde rastgele dağıtılmış popülasyon oluşturulur.

$$X_{ij} = X_j^{\min} + \text{rand}(0,1)(X_j^{\max} - X_j^{\min}) \quad i=1,\dots,PB \quad j=1,\dots,D \quad (3.1)$$

3. Adım: Sayaç sıfırlanır ve ilk besin kaynağı için amaç fonksiyonu değerlendirilir.

4. Adım: Döngü=1

5. Adım: İşçi arılar için aşağıdaki denklem kullanılarak yeni bir güncellenmiş besin yeri oluşturulur.

$$X_{ij}^{yeni} = X_{ij} + rand[-1,1](X_{ij} - X_{kj}) \quad (3.2)$$

Burada $kc(1, PB)$ olup rastgele seçilir. $rand[-1,1]$ ise -1 ile 1 arasında rastgele üretilmiş bir sayıyı ifade eder.

6. Adım: Nektar miktarının uygunluk değeri (f_u) aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$f_u = \begin{cases} \frac{1}{1+fit_i} & 0 \leq fit_i \\ 1 + abs(fit_i) & fit_i \leq 0 \end{cases} \quad (3.3)$$

Burada f_u i . kaynağın nektar miktarının uygunluk değerini, fit_i ise i . kaynağın amaç fonksiyon değerini (nektar miktarını) ifade etmektedir.

7. Adım: Keşfedilen yeni kaynağın nektar miktarı kontrol edilerek yeni kaynağın nektar miktarı eski kaynaktan fazla ise yeni kaynak hafızaya alınıp eski kaynak hafızadan silinir.

8. Adım: f_u değeri kullanılarak olasılık değeri (p_u) aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$p_u = \frac{f_u}{\sum_1^{PB} f_u} \quad (3.4)$$

9. Adım: p_u olasılığı temelinde seçilen bir besin kaynağının konumu için denklem (3.2) kullanılarak kaşif arının modifikasyonunu üretir.

10. Adım: Yeni çözümler kullanılarak amaç fonksiyonu değerlendirilir.

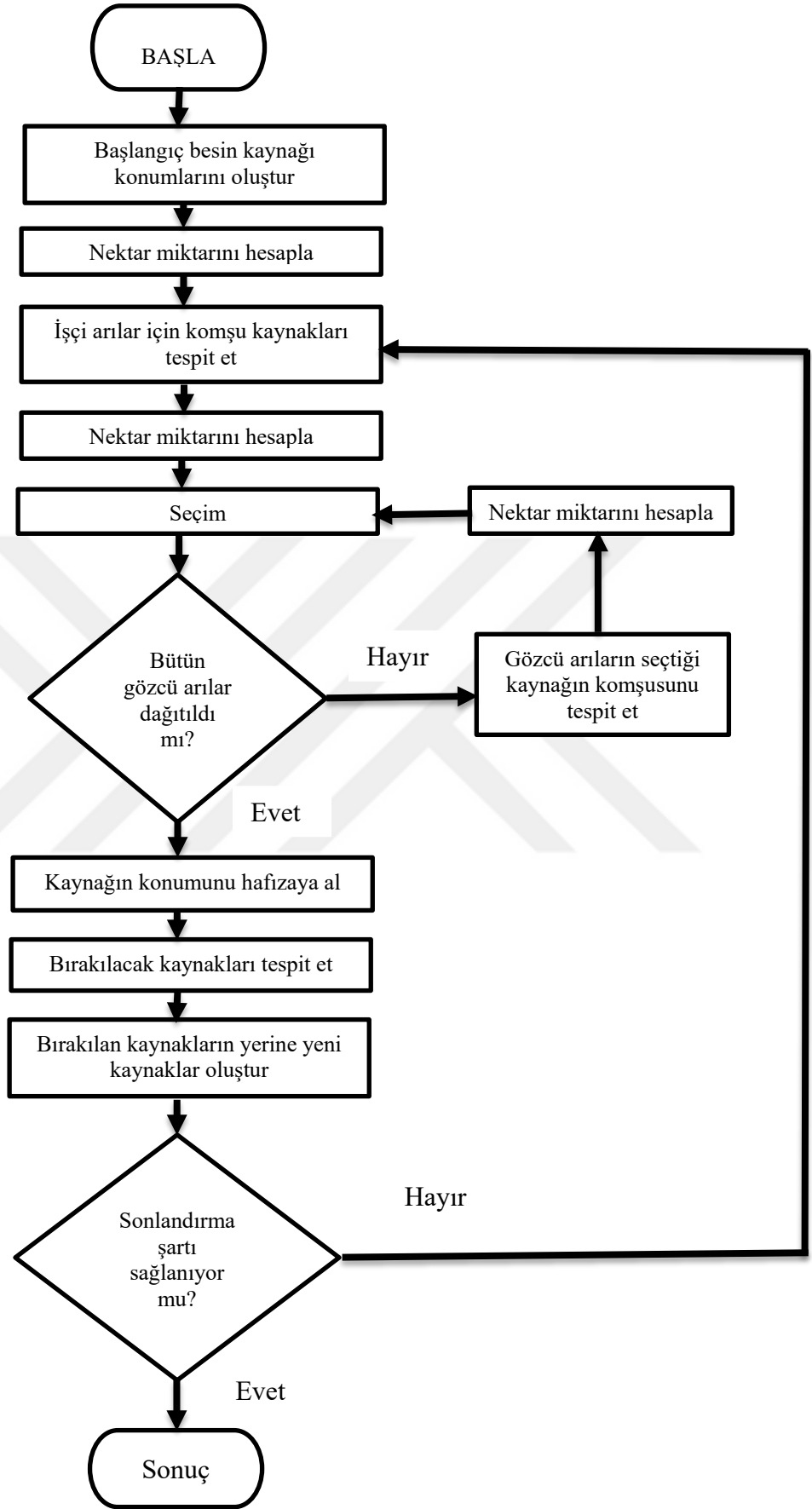
11. Adım: Kaşif arılar için 8. adım tekrarlanır.

12. Adım: Gözcü arı için terk edilmiş çözüm belirlenir ve varsa, onu rastgele oluşturulmuş yeni bir çözümle değiştirir.

13. Adım: En iyi çözüm hafızaya alınır.

14. Adım: Döngü=Döngü+1

15. Adım: While (Döngü ++ \leq MDS), 4. adıma git.



Şekil 3.2: YAK algoritması akış şeması [44]

3.3 Parçacık Sürü Optimizasyon Algoritması

1995 yılında parçacık sürü optimizasyonu algoritması (PSO), “balık sürüsü” veya “kuş sürüsü” nün davranışlarından esinlenilerek evrimsel hesaplama yöntemi olarak James Kennedy ve Russell Eberhart tarafından ileri sürülmüştür. Algoritmik basitliği, hızlı yakınsama özelliği gibi avantajlarından dolayı pek çok uygulamada kullanılan optimizasyon tekniklerinden biridir. PSO yaklaşımının veri girişleri arasında meteorolojik bilgiler, hibrit sistemlerin kurulum ve işletme birim maliyetleri, elektrik güç sistem uygulamaları, yapay sinir ağı eğitimi, birçok robotik uygulamalar yer almaktadır [38, 45].

N boyutlu çözüm uzayında çözümleri bir dizi nokta olarak temsil edilebilecek problemleri çözebilen PSO algoritmasında parçacık terimi, esasen sürü pozisyonu olarak tanımlanan popülasyon üyelerini temsil eder. Aynı zamanda her boyutta parçacığın hızını temsil eden hız vektörü ile çözüm uzayı boyunca harekete geçirilir. Her parçacık geçmişteki en iyi çözümü saklamaya yönelik bir belleğe sahiptir. PSO'nun başarısının sırrı, her parçacığın deneyiminin sürünün tamamına veya bir kısmına sürekli iletilmesidir. Böylelikle tüm sürü hareketi en son ana kadar arama uzayında en umut verici alanlara yönlendirilir. Bu nedenle her iterasyonda hareket eden parçacıklar mevcut konumlarını, optimize edilecek problemin uygunluk fonksiyonuna göre değerlendirir ve sürüdeki diğer üyelerin veya kendilerinin geçmişteki en iyi pozisyonlarını ya yerel olarak komşu sınır içerisinde ya da tüm sürü boyunca global olarak mevcut uygunluk değeriyle karşılaştırır. Akabinde her parçacık, kendi deneyimleri ve sürünün en iyi deneyimlerine göre yeni hızlarını günceller [41].

Parçacıklar N boyutlu konum vektörü $X_k^{\rightarrow} = [X_{k1}, X_{k2}, X_{k3}, \dots, X_{kN}]$ ve bir hız vektöründen $V_k^{\rightarrow} = [V_{k1}, V_{k2}, V_{k3}, \dots, V_{kN}]$ oluşur. PSO'da parçacıklar denklem 3.5 ve 3.6'yı kullanarak konum ve hızlarını günceller.

$$V_{kn}^{t+1} = \omega V_{kn}^t + c_1 r_1 (P_{eniyi_{kn}}^t - X_{kn}^t) + c_2 r_2 (G_{eniyi_n}^t - X_{kn}^t) \quad (3.5)$$

$$X_{kn}^{t+1} = X_{kn}^t + V_{kn}^{t+1} \quad k=1,2,\dots,D; n=1,2,\dots \quad (3.6)$$

Burada V_{kn} n. boyuttaki k. parçacığın hızını ve X_{kn} n. boyuttaki k. parçacığın konumunu ifade ederken t ve t+1 ise mevcut ve bir sonraki iterasyonu simgelemektedir. N. boyuttaki k. parçacığın elde edilen en iyi konumu $P_{eniyi_{kn}}$, n. boyuttaki global en iyi konumu ise G_{eniyi_n} ile ifade edilir. c_1 ve c_2 hızlanma katsayılarını temsil ederken r_1 ve r_2 [0,1] aralığında üretilmiş rastgele sayılar olmakla birlikte ω ise eylemsizlik (atalet) ağırlığıdır [46].

PSO algoritmasının basitleştirilmiş adımları aşağıda listelenmiştir [47].

Adım 1: Problem uzayında n boyutlarında parçacıklara gelişigüzel olarak konum ve hız vektörleri atanır.

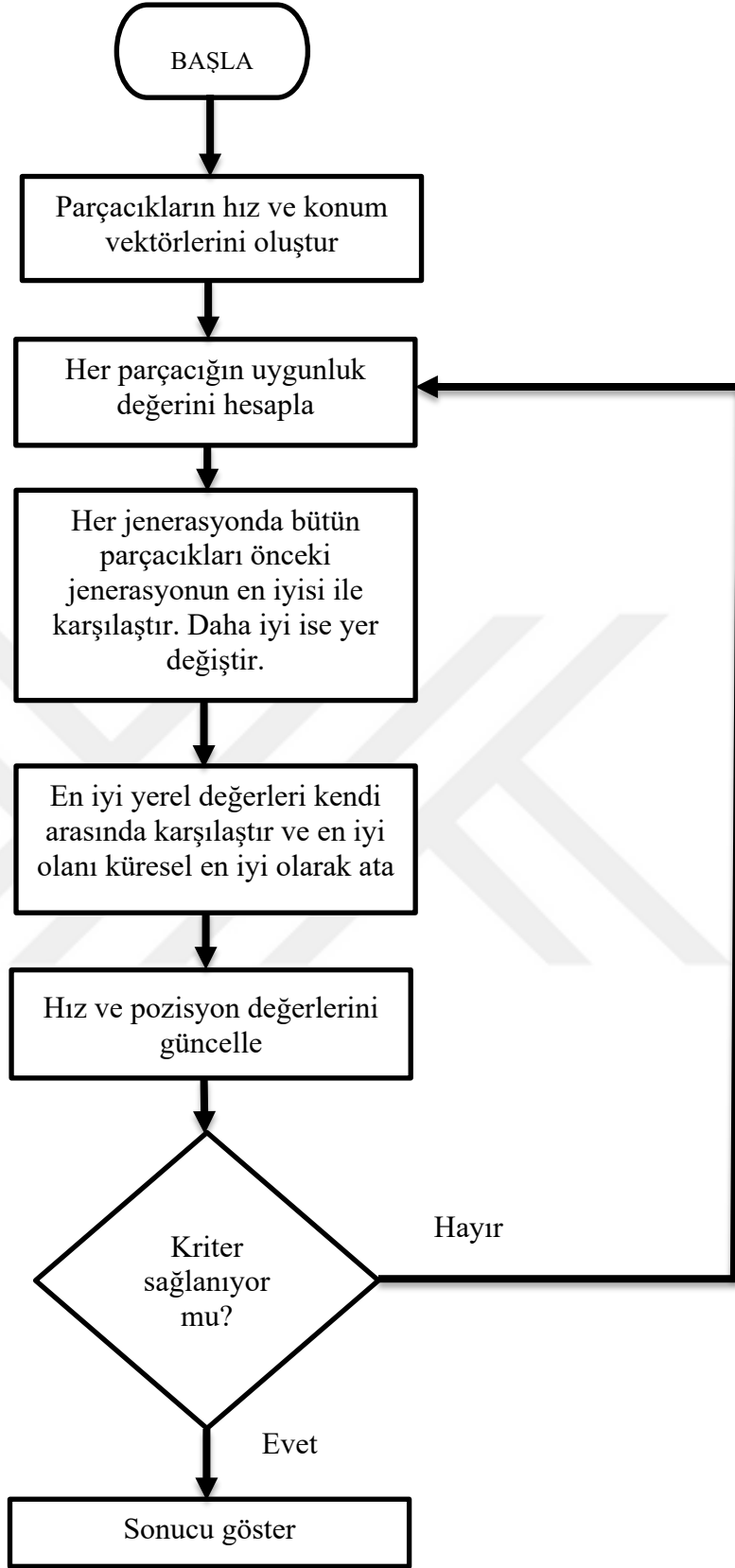
Adım 2: Her parçacık konumunu optimize etmek için istenilen uygunluk fonksiyonu hesaplanır.

Adım 3: Her parçacığın uygunluk değeri P_{eniye} ile karşılaştırılarak mevcut değer P_{eniye} 'den daha iyi ise mevcut değer P_{eniye} olarak atanır ve n boyutlu alanda mevcut konum da P_{eniye} konum olarak atanır.

Adım 4: Bulunan uygunluk değeri popülasyonun bir önceki G_{eniye} ile karşılaştırılıp mevcut değer G_{eniye} 'den daha iyi ise mevcut parçacığın indeks ve değerleri G_{eniye} olarak atanır.

Adım 5: Parçacık hız ve konumu birer birer denklem 3.5 ve 3.6'ya göre değiştirilir.

Adım 6: İterasyon tamamlanıncaya kadar ya da yeterince uygunluk değeri bulununcaya kadar adım 2'ye dönülür.



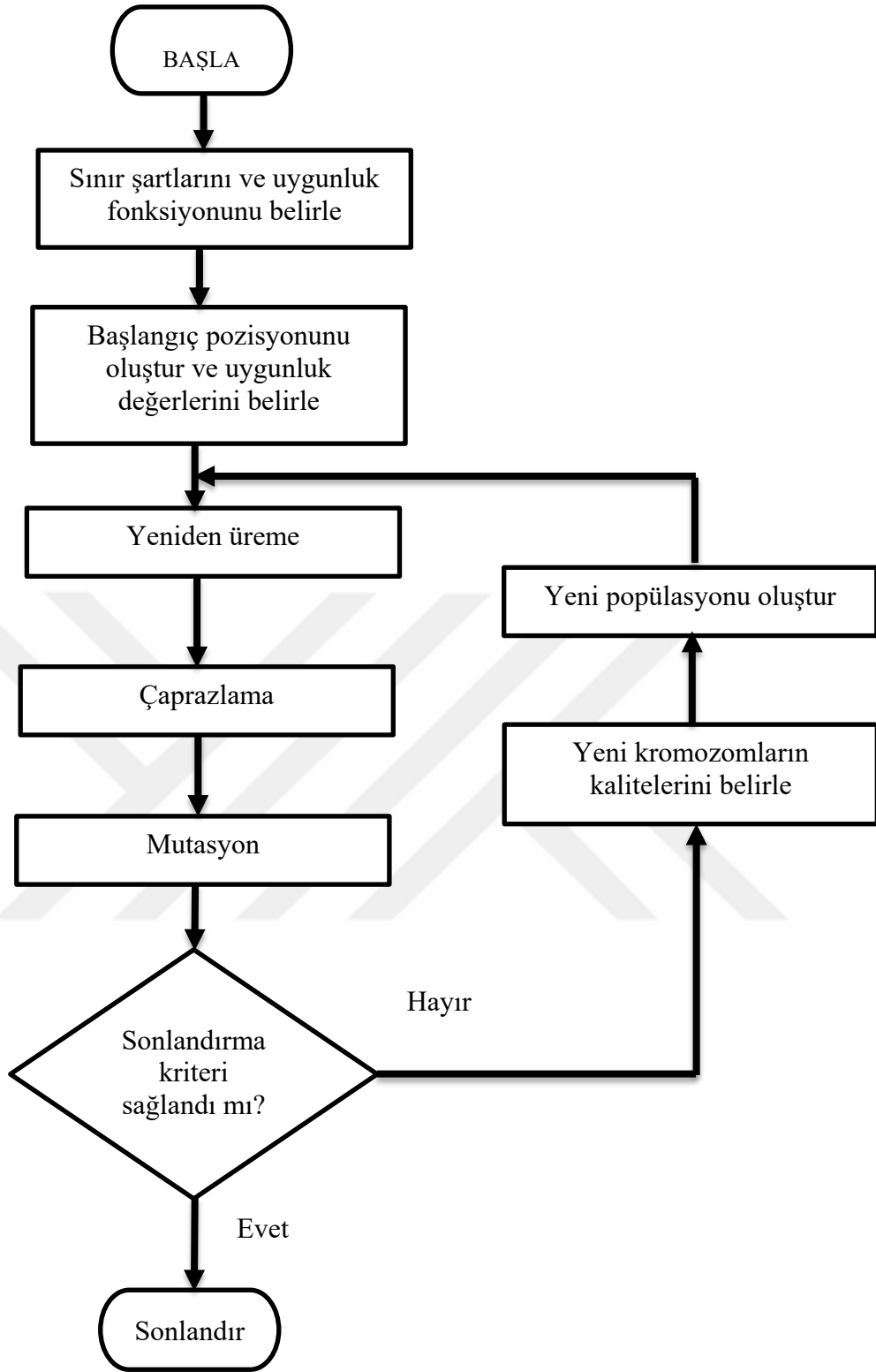
Şekil 3.3: Parçacık sürü optimizasyonu akış diyagramı [48]

3.4 Genetik Algoritma

Genetik algoritma (GA) 1967 yılında Michigan Üniversitesi'nde Bagley'in doktora tezinde tanıtılmıştır [49]. GA, doğal biyolojik evrim metaforunu taklit eden uyarlanabilir küresel arama yöntemidir. GA; uçak uygulamaları, malzeme bilimi, kimya, inşaat, sismoloji, tıp, web uygulamaları gibi pek çok disiplin dalında başarıyla uygulanan sezgisel optimizasyon algoritmalarından biridir. Holland'ın GA'sı çaprazlama, mutasyon ve seleksiyon olmak üzere üç tane operatör içerir. GA modeli bir probleme olası çözümlerin bir gen havuzu oluşturduğu bir dizi kromozomdan oluşur. Orijinal operatörlerin birçok çeşidi bulunmasına rağmen çoğu uygulama için asıl amaçlarını korurlar ve aşağıdaki gibi tanımlanabilirler:

- a) Çaprazlama: Bir çocuk kromozomu oluşturmak için iki veya daha fazla ebeveyn kromozomu arasında kromozom segmentleri değişikliği yapılarak uygulanır. Çaprazlama operatörü arama uzayını daha umut vadeden bölgelere indirgemek ve ebeveynlerinin özelliklerini almak için yavrulamaya olanak veren bir mekanizma sağlama gibi iki amaca hizmet eder. Çaprazlama işlemi çoğunlukla yeniden birleşme olarak adlandırılır [50].
- b) Mutasyon: Biyolojik olarak ortaya çıkan beklenmedik durumlar ve tahmin edilemez olanı taklit eden bir süreçtir. GA'da mutasyon, evrim süreci boyunca nadiren meydana gelen, rastgele bir veya daha fazla gen pertürbasyonudur. Mutasyonun amacı yerel minimumdan kurtulmak için bir mekanizma sağlamaktır. Yerel minimum arama uzayında genetik özelliklerini kaybetmiş, durmuş evrimsel süreci gösterir [50].
- c) Seleksiyon: Biyolojik evrim teorisinde en uygun hayatta kalma prensibini taklit eden bir süreçtir. GA'da seleksiyon popülasyonda hangi kromozomların ayakta kalacağını ve hangilerinin gelecek nesillere aktarılacağını karar verilmesi için uygulanan bir politikadır [50].

Üç operatörün de evrimsel sürecin arama alanının alternatif bölgelerini keşfetmesine veya geçerli alanlardan yararlanmasına olanak verecek şekilde dengelenmiş olması gerekmektedir [38, 50].



Şekil 3.4: Genetik algoritma akış diyagramı [48]

3.5 Ateş Böceği Algoritması

Ateş böceği algoritması, doğadan ilham alan diğer metasezgisel yaklaşımlara alternatif olarak Xin-She Yang tarafından ileri sürülmüştür. Ateş böceklerinin ışıldama yapıp sönmesi sonucu diğer ateş böcekleriyle iletişime geçme mekanizmasının gözlenmesi prensibine dayanmaktadır. Ateş böceği algoritmasında dikkate alınan optimizasyon probleminin çözüm kalitesi ateş böceğinin sözde parlamaları olarak tanımlanan bir varsayım üzerinedir. Ateş böcekleri aynı zamanda ajan olarak adlandırıldığı için her bir ajan işbirliği yaparak parlaklıkları ile hem potansiyel iş ortaklarının ilgilerini çekmeye hem de avlanmaya karşı duyarlılık gösterirler. Ateş böceklerinin bu karakteristik ve evrim özellikleri algoritmik açıdan arama uzayının etkin bir şekilde keşfedilmesini sağlar [51].

Ateş böceği algoritması yanıp sönen ateş böceklerinin davranışsal özelliklerinin simülasyonuna ve üç temel ilkeye dayandığı varsayılır.

- Her ışık parlaması başka bir ateş böceği için çekici olabilir ve ateş böcekleri için cinsiyet farkı göz önünde bulunmamaktadır.
- Ateş böceğinin çekiciliği parlaklığıyla orantılıdır. Ateş böcekleri arasındaki uzaklık arttıkça çekicilik azalır.
- Bir ateş böceği kendinden daha iyi parlayan başka bir ateş böceği yoksa gelişigüzel hareket eder.

Ateş böceğinin pırıltısı optimize edilecek amaç fonksiyonunun düzenlenmesi ile belirlenir. Bu durum parlaklığın, amaç fonksiyonunun değeri ile orantılı olduğu sonucunu göstermektedir [51].

$x \in S$ için $f(x)$ maliyet fonksiyonunun minimize edilecek sürekli optimizasyon problemini varsayalım.

$$f(x^*) = \min_{x \in S} f(x) \quad (3.7)$$

Ateş böceği algoritması tarafından bir optimizasyon problemini çözmek için m adet ateş böceği bulunur ve x_i maliyetini gösteren $f(x_i)$ fonksiyonunda ateş böceği için bir çözüm temsil eder. Başlangıçta tüm ateş böcekleri bazı stratejileri kullanarak ya da rastgele olarak S arama uzayında oluşturulur. Bir optimizasyon problemi için ateş böceğinin parlaklığı I , çekiciliği ise β olarak simgelenmektedir. β , i . ve j . ateş böceği arasındaki uzaklığa bağlıdır. Işık yoğunluğu aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$I = I_0 e^{-\gamma r} \quad (3.8)$$

I_0 , γ ve r sırasıyla başlangıç ışık yoğunluğunu, ışık soğurma katsayısını ve iki ateş böceği arasındaki uzaklığı ifade etmektedir. Ateş böceğinin çekiciliği parlaklığa ve uzaklığa bağlıdır.

$$\beta = \beta_0 e^{-\gamma r} \quad (3.9)$$

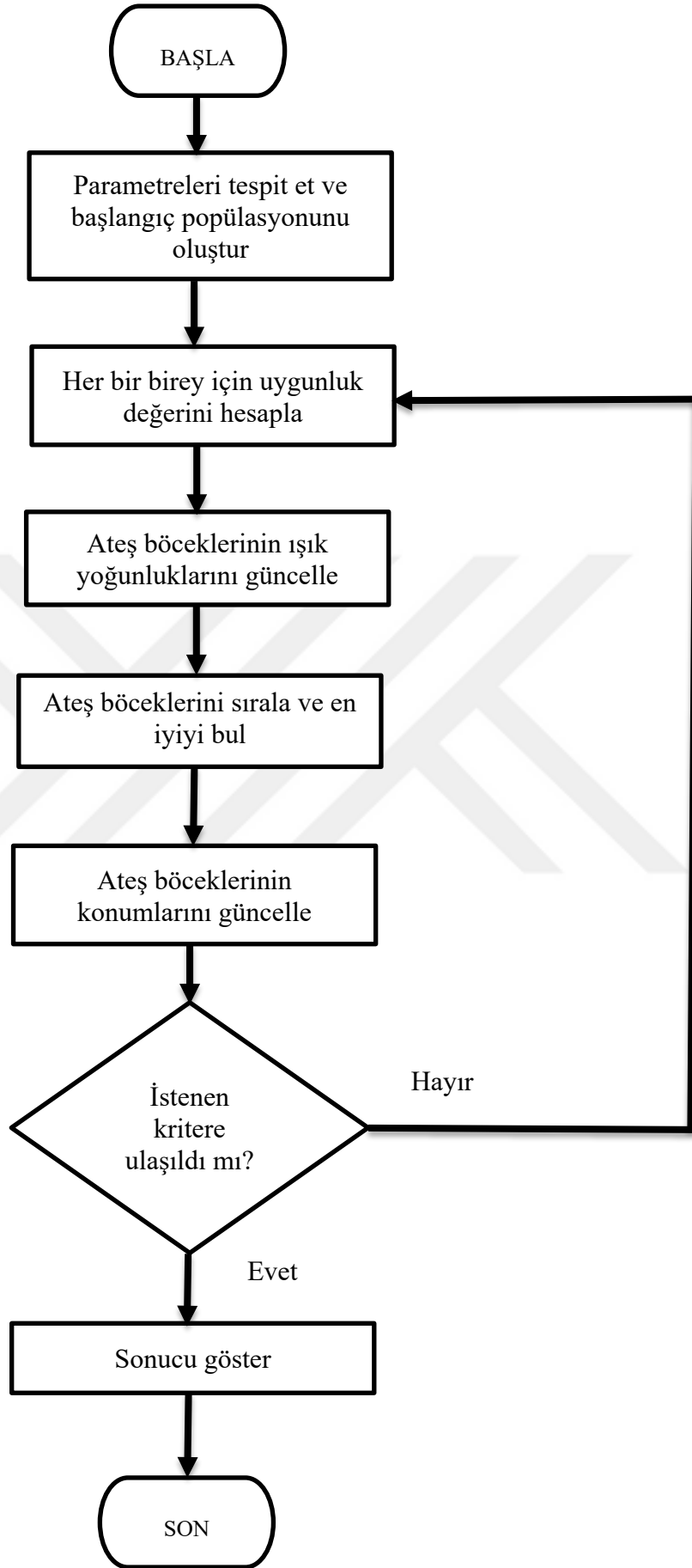
β ateş böceğinin çekiciliğini, β_0 iki ateş böceği arasındaki uzaklığı gösteren r 'nin 0 olduğundaki çekicilik değerini ifade eder.

β ifadesindeki değere bağlı olarak az çekici olan i . ateş böceği kendisinden daha çekici olan j . ateş böceğine doğru hareket eder. Yapılan bu hareket aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$x_i^{t+1} = x_i + \beta_0 e^{-\gamma r_{ij}^2} (x_j - x_i) + \alpha \epsilon_i^t \quad (3.10)$$

İki ateş böceği arasındaki uzaklık kartezyen uzaklık formülü ile belirlenir.

$$r_{ij} = |x_i - x_j|^2 = \sqrt{\sum_{k=1}^d (x_{i,k} - x_{j,k})^2} \quad (3.11)$$



Şekil 3.5: Ateş böceği algoritması akış diyagramı [52]

3.6 Rastgele Arama Algoritması

Rastgele arama algoritması (RAA), yöntemin tanımında bir tür rastgelelik veya olasılık kullanan bir algoritmayı ifade eder ve literatürde Monte Carlo metodu veya stokastik algoritma olarak adlandırılabilir. Nispeten iyi bir çözümü hızlı ve kolay bir şekilde sağlayabildiği için RAA popülerdir. Yöntemler genellikle gradyan ve hessian bilgilerinden ziyade sadece fonksiyon değerlendirmelerine dayandığından, hızlı bir şekilde kodlanabilirler ve geniş bir küresel optimizasyon problemleri sınıfına uygulanabilir. Bu yöntemlerin bir dezavantajı, şu anda büyük ölçüde deneme yanılma yoluyla her bir özel soruna göre özelleştirilmeleridir [53].

Rastgele arama, amaç fonksiyonunu maksimize veya minimize eden optimum noktayı bulmak için görünüşte rastgele bir şekilde amaç fonksiyonunun parametre uzayını sıralı bir şekilde araştırır. Matyas tarafından önerilen en ilkel versiyonu ele alacak olursak $f(x)$ minimize edilmek istenen amaç fonksiyonunu, x ise mevcut koşullar altındaki güncel noktayı ifade eder. Orijinal rastgele arama metodu aşağıda yer alan dört adımı takip ederek optimum x noktasını bulmaya çalışır [54].

Adım 1: Güncel nokta olarak bir başlangıç x noktası seçin.

Adım 2: Parametre uzayındaki mevcut x noktasına rastgele bir dx vektörü ekleyin ve $x+dx$ deki yeni amaç fonksiyonunu değerlendirin.

Adım 3: $f(x+dx) < f(x)$ ise mevcut x noktasını $x+dx$ noktasına güncelleyin.

Adım 4: Maksimum fonksiyon değerlendirme sayısına ulaşırsa iterasyonu durdurun, aksi takdirde yeni bir nokta bulmak için 2. adıma dönün.

Belirtilen gözlem sonuçlarından yola çıkarak ilkel versiyonu iyileştirmek mümkündür.

Gözlem 1: Tek bir yönde arama daha yüksek bir amaç fonksiyonu ile sonuçlanırsa, ters yön çoğunlukla daha düşük bir amaç fonksiyonuna sebep olabilir.

Gözlem 2: Belirli bir yönde yapılan art arda başarılı çalışmalar, sonraki aramaları bu yöne doğru yönlendirmelidir. Aksi takdirde, belirli bir yönde art arda başarısız sonuçlar bu yönde daha fazla arama yapmaya imkan vermemelidir.

3.7 Hibrit YAK-PSO Optimizasyon Algoritması

Bilim ve teknoloji dünyasında karmaşık optimizasyon sorunlarının kısa sürede çözüme kavuşması zorlu bir çalışma alanı olarak görülmesine rağmen bu konuyu ele alan birçok algoritma ve yöntem geliştirilmiştir. Metasezgisel yöntemler, problemin olası çözümlerini en iyi duruma getirmek için sıklıkla kullanılan genel bir yöntemdir. Her metasezgisel algoritmanın problemleri çözmek ve başarılı bir hedefe ulaşmak için sahip olduğu özellikler vardır [55].

Küresel minimumu bulma noktasında sezgisel algoritmaların keşif ve yararlanma özellikleri büyük önem taşımaktadır. İlk iterasyonlarda algoritma, yerel minimuma düşmemek için büyük adımlarla çözüm uzayını arar. Bu duruma algoritmanın keşif özelliği adı verilir. Sonraki iterasyonlarda algoritma, en iyi minimumu bulmak için küçük adımlarla çözüm uzayını arar. Bu duruma algoritmanın yararlanma yeteneği adı verilir. Sezgisel algoritmalarda iyi bir sonuç elde etmek için keşif ve yararlanma yeteneği arasında bir dengenin olması çoğunlukla arzu edilen bir durumdur [38]. Ancak araştırmalar YAK algoritmasının çözüm arama sürecinde iyi keşif, zayıf yararlanma gerçekleştirdiğini göstermektedir [56]. PSO'nun yararlanma yeteneği iyidir fakat parçacık ya da popülasyon yerel minimuma düştüğünde, PSO'nun yerel minimum düzeyden kurtulma özelliği yoktur ve PSO arama uzayının keşfi için yeterli değildir [57]. Bu iki algoritmanın avantajlarından yararlanmak, dezavantajlarını ortadan kaldırmak için YAK-PSO adı verilen hibrit küresel optimizasyon yaklaşımı kullanılabilir [58].

Bu algoritmada, YAK'ın üç aşaması kullanılır ve işçi arı aşaması için PSO'nun yeni besin kaynağı bulma yöntemi ve hızından yararlanır. Yeni besin kaynağının konumu güncellendikten sonra mevcut en iyi konum denklem 3.12 kullanılarak belirlenir.

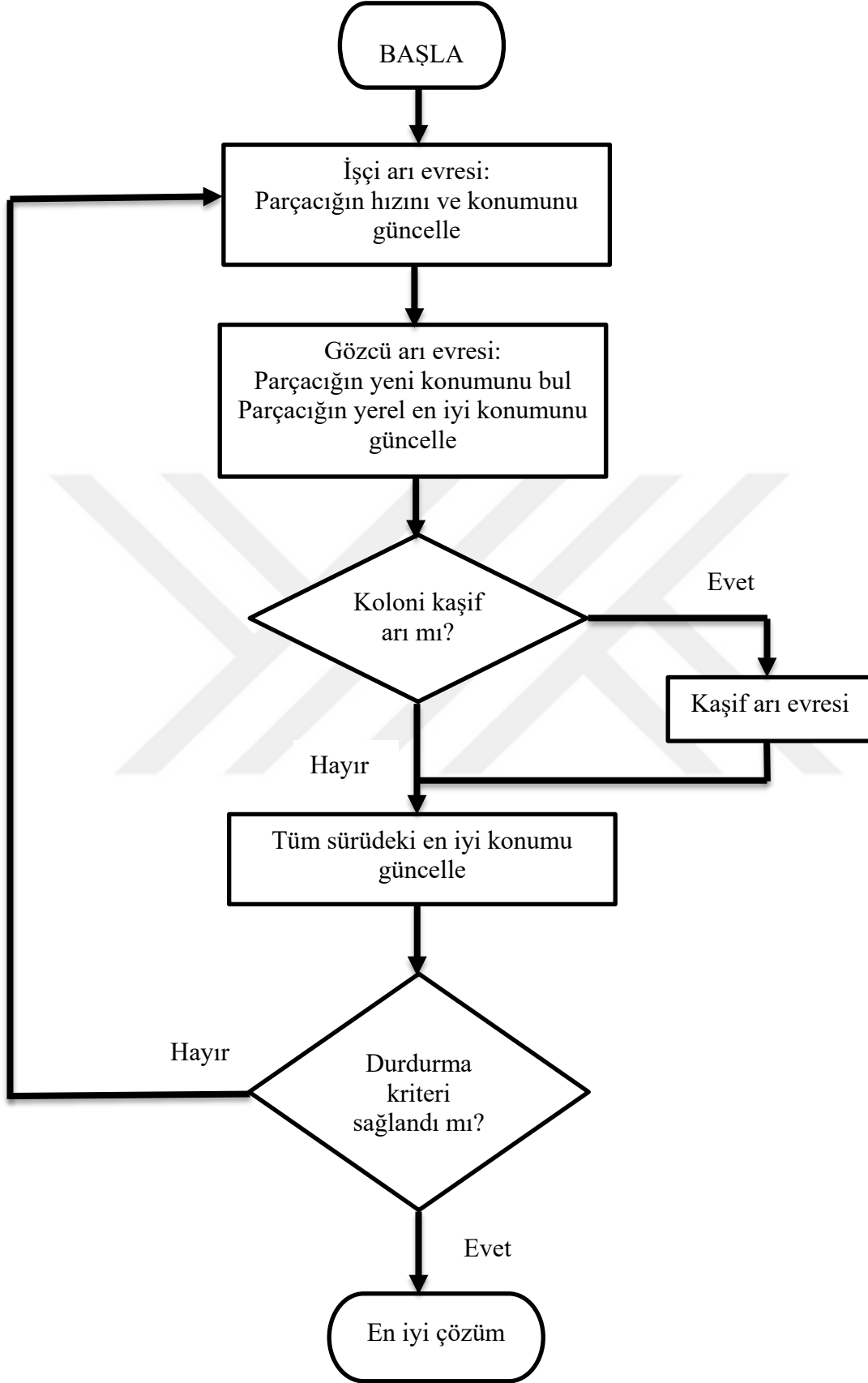
$$Pbest_i^{t+1} = \begin{cases} Pbest_i^t, & \text{if } f(Pbest_i^t) \leq f(X_i^{t+1}) \\ X_i^{t+1}, & \text{if } f(Pbest_i^t) > f(X_i^{t+1}) \end{cases} \quad (3.12)$$

İşçi arı tarafından belirlenen gözcü arı aşamasında, gözcü arılar işçi arının ziyaret ettiği en iyi besin kaynağı konumu bilgisine dayanarak yeni bir besin kaynağı konumu bulacak ve hafızaya alacaktır. Bu işlemi denklem 3.13'e göre gerçekleştirir.

$$X_{ij} = \begin{cases} Pbest_{ij} & , \text{ if } j \neq m \\ Pbest_{im} + \phi_{im}(Pbest_{im} - Pbest_{km}), & \text{ if } j = m \end{cases} \quad (3.13)$$

Burada $m \in [1, D]$ olup rastgele seçilir, $k \neq j$ ve $\phi_{im} \in [-1, 1]$ arasında üretilmiş rastgele sayıdır. Kâşif arı aşaması ise YAK algoritmasında olduğu gibidir. Hibrit YAK-PSO algoritmasının akış diyagramı Şekil 3.6'da gösterilmiştir [58].





Şekil 3.6: Hibrit YAK-PSO algoritması akış diyagramı [58]

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarını İçeren Mikro Şebekelerde Enerji Karıştırma Problemi

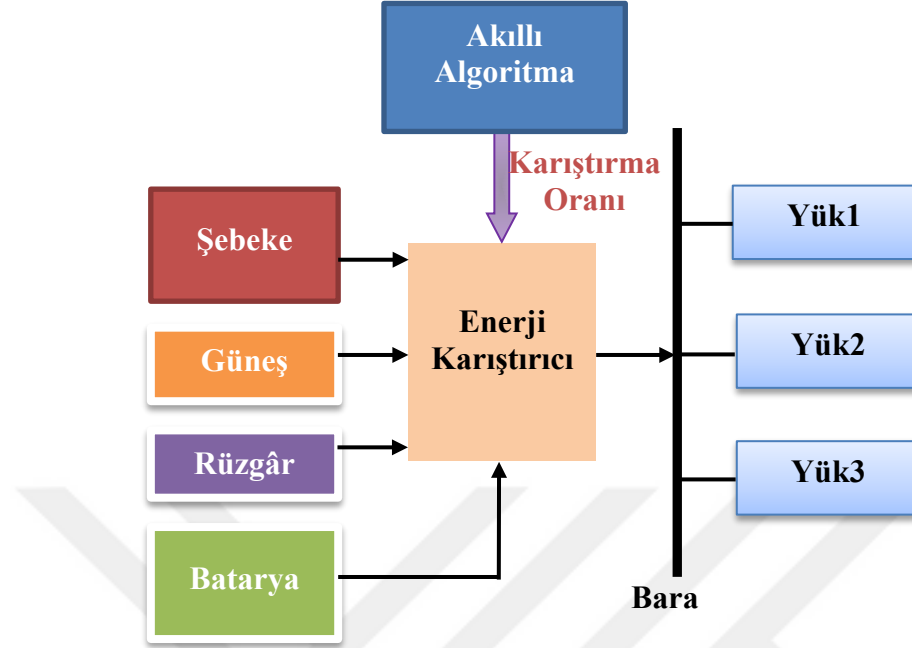
Artan enerji ihtiyacında arz-talep dengesinin sağlanması için merkezi yapıların milyonlarca insanın enerji ihtiyacını karşılamada yetersiz kaldığı tüm dünyada görülmektedir. Enerjiye olan talep arttıkça dağıtık olma ihtiyacı da artma eğilimi göstermektedir. Bu bağlamda mikro şebekeler, dağıtık üretimin kontrol esnekliği ve kullanım verimliliğindeki avantajlarından dolayı bu yapının etkili bir organizasyon biçimidir. Aynı zamanda hem merkezi güç yapılarını hem de dağıtık güç kaynaklarını birleştiren “akıllı şebekenin” önemli bir parçasıdır.

Dağıtık üretim (DÜ) teknolojisinin gelişmesiyle birlikte, büyük ölçekli uygulama alanlarında sistem entegrasyonu ve optimal çalışma durumu karşılaşılan temel teknik bir sorun haline gelmiştir. Dahası DÜ'nün çıktıları belirsiz ve dalgalanma eğiliminde olduğu sürece mikro şebekenin kararlı ve ekonomik işleyişi arzu edilen düzeyde olmayacaktır. Bu nedenle mikro şebekeyi etkili bir şekilde yönetmek ve optimize etmek için mikro şebeke enerji yönetim sisteminin (MEYS) geliştirilmesi gerekir [59].

Şekil 4.1'deki mikro şebeke enerji yönetim sisteminin mimari yapısı YEK, batarya, yük, şebeke, enerji karıştırma bileşeni ve akıllı algoritmadan oluşmaktadır. Bu yapı uygun maliyetli, çevre dostu ve enerji açısından güvenilir akıllı mikro şebeke sisteminin tanımını vermektedir. Bu alandaki yazarların önceki çalışmalarında, rastgele arama optimizasyonu (RAO) ve PSO algoritmaları yenilenebilir enerji kaynaklarının güç seviyeleri ve birim enerji maliyetlerine göre belirlenen zaman aralıklarında maliyet etkili optimal enerji karıştırma oranlarını bulmak için uygulanmıştır. Bu bölümde ise YAK algoritması uygulanarak düşük maliyetli enerji kullanımını sağlamak için enerji kaynaklarının hangi oranda kullanılması gerektiğini bulmak amacıyla karıştırma oranları belirlenmesi problemi ele alınmıştır.

Güneş paneli, rüzgâr türbini, batarya sistemi ve şebeke enerjilerinin sırasıyla α_g , α_r , α_b ve α_s olarak ifade edilen karıştırma oranları nispetinde birleştirildiğini kabul edelim. Bu durumda, mikro şebekenin yüklerine kaynaklardan sağlanan toplam enerji şu şekilde hesaplanabilir [23]:

$$E_T = \alpha_g E_g + \alpha_r E_r + \alpha_b E_b + \alpha_s E_s \quad (4.1)$$



Şekil 4.1: Optimum mikro şebeke enerji yönetim sisteminin mimari yapısı [23]

Burada E_g güneş, E_r rüzgar, E_b batarya ve E_s şebekeden gelen anlık enerjiyi temsil etmektedir. Güneş sisteminin, rüzgâr sisteminin, batarya sisteminin ve şebekenin sırasıyla c_g, c_r, c_b ve c_s birim enerji maliyetleri dikkate alınarak, kaynakların enerji verimli, maliyet etkili karışımı için optimizasyonda kullanılacak maliyet fonksiyonu şu şekilde hesaplanabilir [23]:

$$F = \alpha_g c_g E_g + \alpha_r c_r E_r + \alpha_b c_b E_b + \alpha_s c_s E_s \quad (4.2)$$

YAK optimizasyon algoritması tarafından karıştırma oranı katsayılarının her Δt zaman aralığında güncellendiğini göz önünde bulunduralım. Böylelikle, Δt zaman aralıklarında kaynakların ortalama çıkış güçleri kullanılarak en aza indirgenmiş maliyet fonksiyonu şu şekilde hesaplanabilir [24]:

$$F(\alpha) = \alpha_g c_g P_g \Delta t + \alpha_r c_r P_r \Delta t + \alpha_b c_b P_b \Delta t + \alpha_s c_s P_s \Delta t \quad (4.3)$$

Burada P_g güneş sisteminin, P_r rüzgâr sisteminin, P_b batarya sisteminin ortalama çıkış güçlerini ve P_s ise şebekeden çekilen ortalama gücü göstermektedir. Ayrıca, mikro şebeke için karıştırma oranı vektörü $\alpha = [\alpha_g \alpha_r \alpha_b \alpha_s]$ olarak gösterilir. Mikro şebekenin enerji üretimi (E_T) ile enerji talebi (E_D) arasındaki dengeyi sağlamak önem arz etmektedir.

Şebekedeki enerji talebinin ve üretiminin dengelenmesi durumu şu şekilde gösterilebilir [24]:

$$\gamma P_D = P_T = \alpha_g P_g + \alpha_r P_r + \alpha_b P_b + \alpha_s P_s \quad (4.4)$$

Burada P_D değişkeni total talep gücünü, P_T değişkeni ise tüm kaynakların ortalama total çıkış gücünü belirtir. $\gamma > 1$ durumu, enerjinin yetersiz olma ihtimalini azaltmak için bir miktar fazla üretim yaparak sanal bir talep olanağı oluşturur. Enerji denge hatasının belirlenmesi durumu şu şekilde hesaplanabilir [24]:

$$E_h = P_D \Delta t - P_T \Delta t \quad (4.5)$$

Denklem (4.4)'de ifade edilen enerji denge sınır koşulu dikkate alınarak şebekenin karışım oranı aşağıdaki formül ile hesaplanabilir [24]:

$$\alpha_g = (\gamma P_D - \alpha_g P_g - \alpha_r P_r - \alpha_b P_b) / P_s \quad (4.6)$$

$\alpha_g \leq 0$ koşulu mikro şebekenin ada modlu çalışmasına işaret eder. Sistemin hem ada modunda çalışma durumunun tespit edilmesi hem de şebekeye bağlı çalışma durumunun devam ettirilmesi için α_s değerine göre maliyet fonksiyonu yeniden şu şekilde hesaplanmıştır [24]:

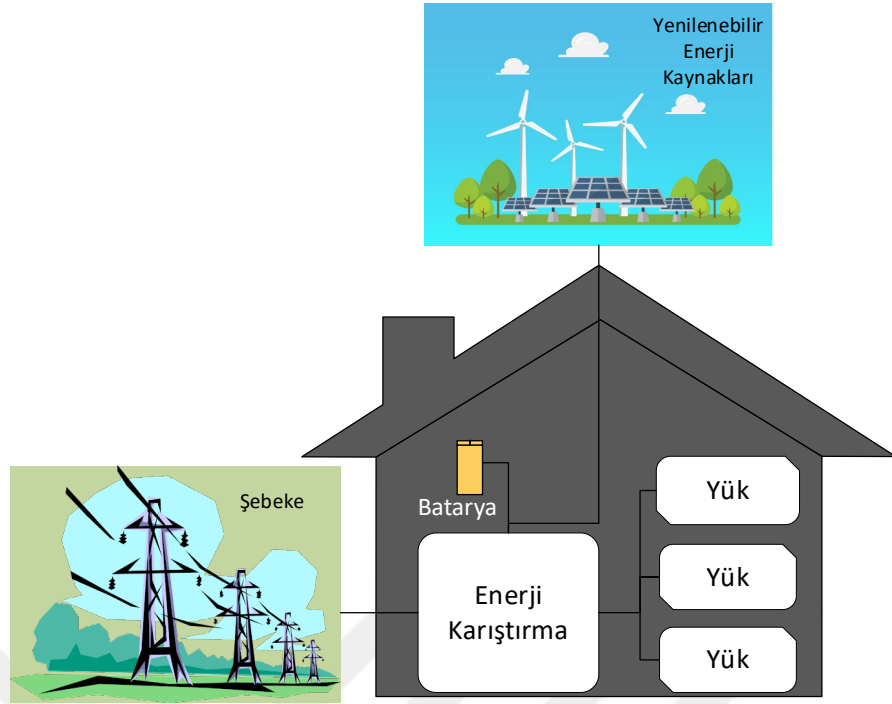
$$F(\alpha) = \begin{cases} \alpha_g c_g P_g \Delta t + \alpha_r c_r P_r \Delta t + \alpha_b c_b P_b \Delta t + \alpha_s c_s P_s \Delta t & \alpha_s > 0 \\ F_h & \alpha_s \leq 0 \end{cases} \quad (4.7)$$

Burada F_h , mikro şebekenin ada modlu çalışma durumunu önlemek için çok yüksek maliyet değerini ifade eder. Böylece YAK algoritması, sistemin ada modlu çalışma durumuna aykırı bir tutum sergiler. Enerji karışım oranlarının karıştırma bloğuna uygulanması için $\alpha_g + \alpha_r + \alpha_b + \alpha_s = 1$ şartını gerçekleştirmek amacıyla normalizasyon işleminin denklem (4.8) kullanılarak yapılması gereklidir [24]:

$$\tilde{\alpha}_x = \frac{\alpha_x}{\sum_{i=\{g,r,b,s\}}^4 \alpha_i}, \quad x = \{g, r, b, s\} \quad (4.8)$$

4.2 YEK İçeren Mikro Şebekelerde Enerji Yönetim Sistemi Benzetim Modeli

Tez çalışmasının bu bölümünde, düşük maliyetli enerji kullanımını sağlamak için şekil 4.2'de gösterilen güneş sistemi, rüzgâr sistemi, 1 kW gücündeki batarya sistemi ve 2 kW gücündeki elektrik şebekesinden oluşan benzetim modeli üzerinde enerji kaynaklarının hangi oranda kullanılması gerektiğini bulmak amacıyla YAK algoritmasının ev enerji yönetim sistemine uygulaması yapılmıştır [23, 24].



Şekil 4.2: Mikro şebekede maliyet etkin enerji yönetimi için benzetim modeli

Maliyet fonksiyonunun en uygun değere ulaşması için YAK algoritmasında kullanılan parametreler çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2: YAK algoritması parametreler

| Parametreler | Değerler |
|-------------------|----------|
| Popülasyon boyutu | 1000 |
| İşçi arı | 500 |
| Gözcü arı | 500 |
| Besin kaynağı | 500 |
| Maximum iterasyon | 200 |
| Limit | 1500 |

Maliyet fonksiyonunun en uygun değere ulaşması için PSO algoritmasında kullanılan parametreler çizelge 3.3’de verilmiştir.

Çizelge 3.3: PSO algoritması parametreler

| Parametreler | Değerler |
|-------------------------------------|----------|
| Popülasyon boyutu | 1000 |
| Maximum iterasyon | 200 |
| Eylemsizlik | 1 |
| Hızlanma katsayıları (c_1, c_2) | 1.5, 2.0 |

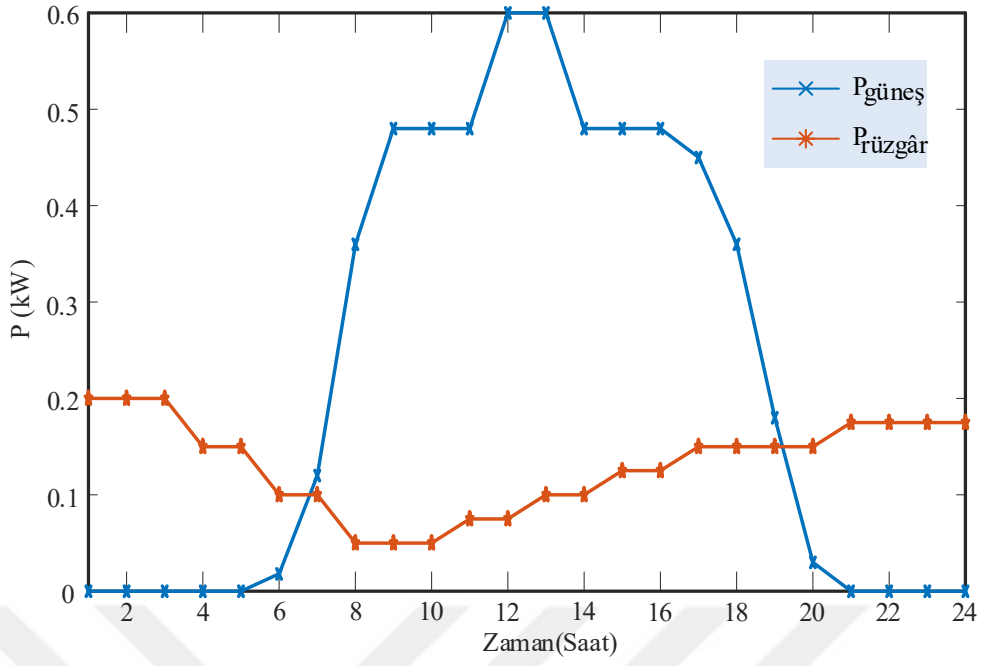
Maliyet fonksiyonunun en uygun değere ulaşması için hibrit YAK-PSO algoritmasında kullanılan parametreler çizelge 3.4’de verilmiştir.

Çizelge 3.4: Hibrit ABC-PSO algoritması parametreler

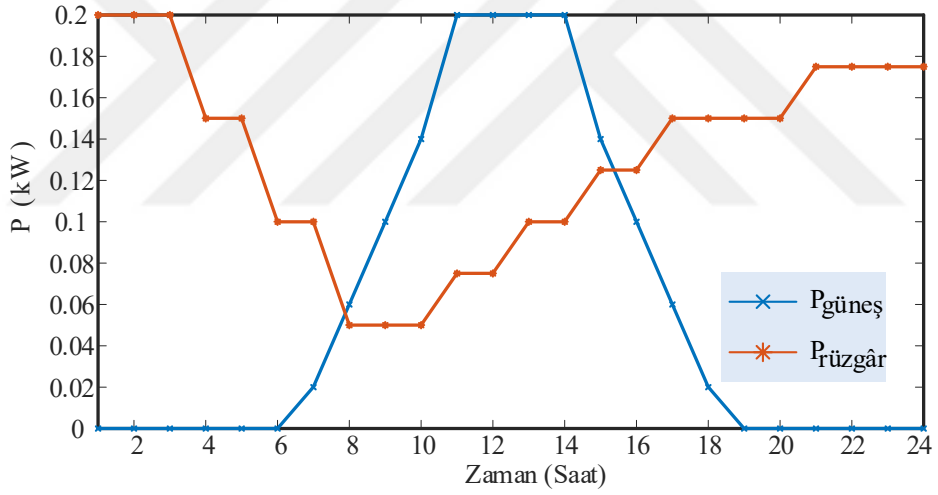
| Parametreler | Değerler |
|-------------------------------------|----------|
| Popülasyon boyutu | 1000 |
| İşçi arı | 500 |
| Gözcü arı | 500 |
| Besin kaynağı | 500 |
| Maximum iterasyon | 200 |
| Limit | 1500 |
| Eylemsizlik | 1 |
| Hızlanma katsayıları (c_1, c_2) | 1.5, 2.0 |

4.2.1 Evin ilk tüketim profili için güneşli ve bulutlu havadaki benzetim sonuçları

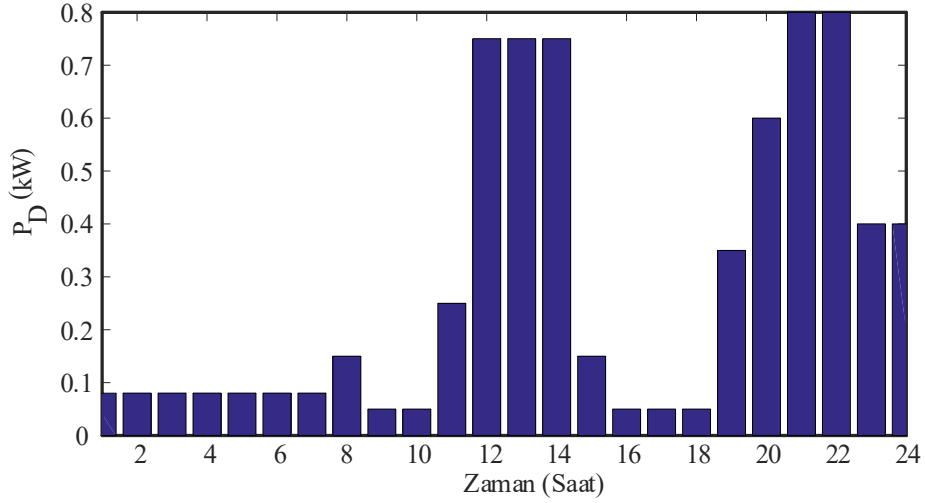
Benzetim çalışmasında şekil 4.3 ve şekil 4.4’de gösterilen güneş enerjisi ve rüzgâr enerjisi sistemlerinin saatlik üretim profilleri kullanılmıştır. Evin talep profili için, şekil 4.5’de gösterilen sistemin ortalama talep profil grafiğinden yararlanılmıştır. Benzetimde kullanılan güneş, rüzgâr ve depolama sisteminin enerji birim maliyetleri ile şebekenin dinamik tarifede uygulanan enerji birim fiyatının şekil 4.6’daki gibi belirlendiği kabul edilmiştir [23].



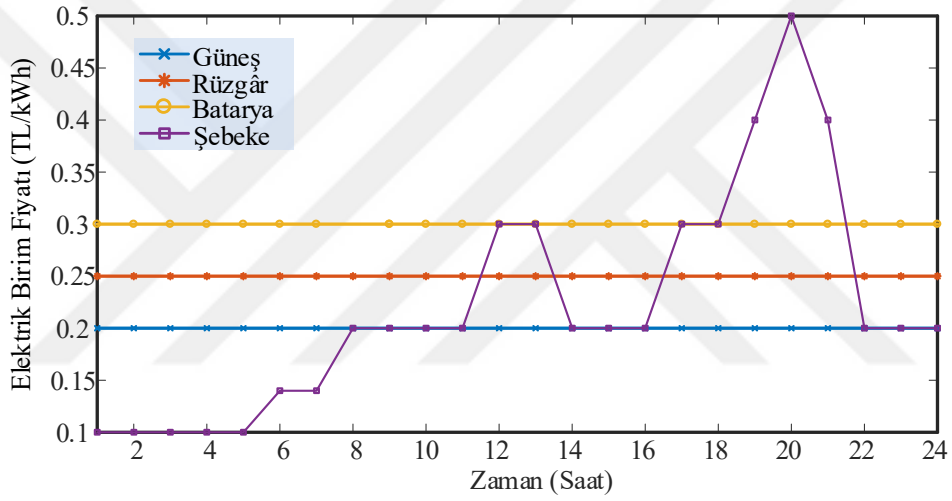
Şekil 4.3: Güneş enerjisi sisteminin güneşli havadaki üretim profili



Şekil 4.4: Güneş enerjisi sisteminin bulutlu havadaki üretim profili

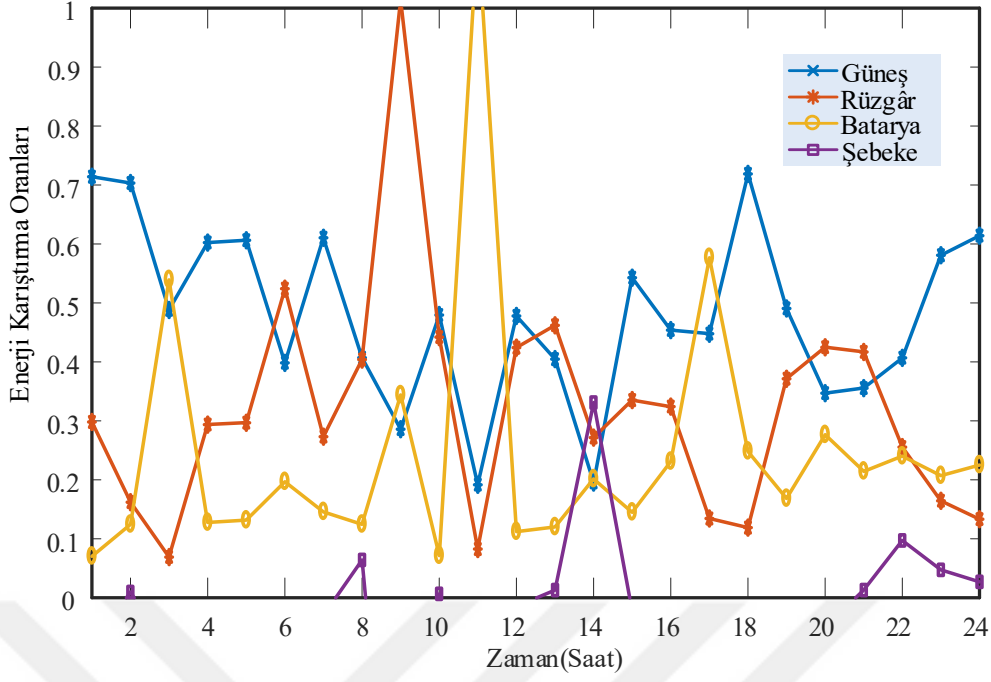


Şekil 4.5: Evin ortalama talep profili [23]

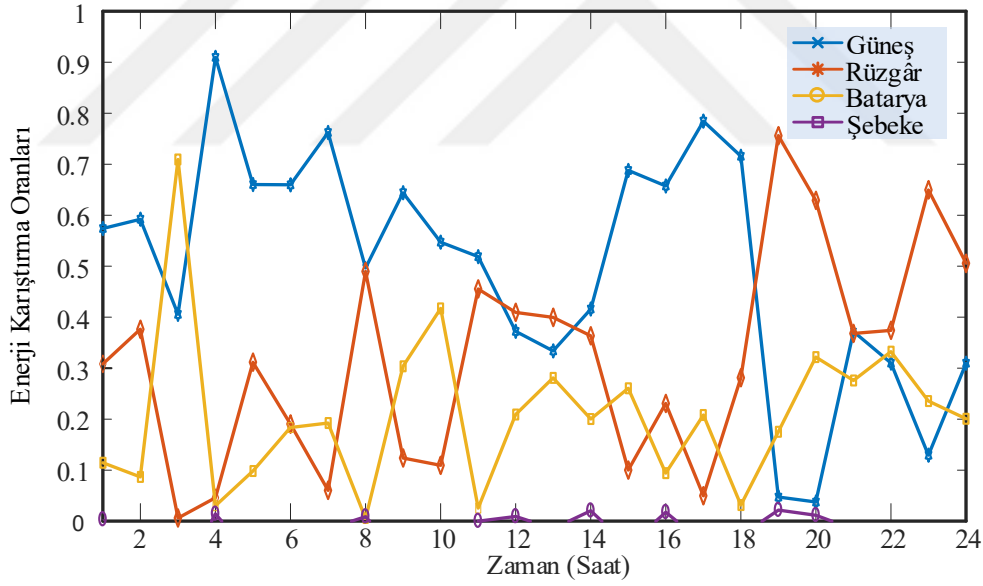


Şekil 4.6: Enerji kaynaklarının fiyatlandırma profili

Şekil 4.7 ve şekil 4.8’de enerji kaynaklarının YAK algoritması tarafından 24 saatlik zaman dilimi için bulunan karıştırma oranları görülmektedir. Şekilde gösterilen karıştırma oranları, maliyet fonksiyonunu en küçük yapan değerlerdir. Bu değerlerde ilgili kaynağın güç değerinin sıfır olduğu durumda bile karıştırma oranının sıfırdan farklı çıktığı gözlemlenmektedir. Bu durum, anlık olarak evin güç talebine göre kaynak arzlarının ve maliyet değerlerinin birlikte değerlendirilmesi sonucunda katsayıların belirlendiğini göstermektedir. Şekil 4.9’ dan görüldüğü üzere, bu durumun enerji talebinin karşılanmasında herhangi bir sorun oluşturmadığı ve algoritmanın istenildiği gibi çalıştığını kanıtlamıştır.



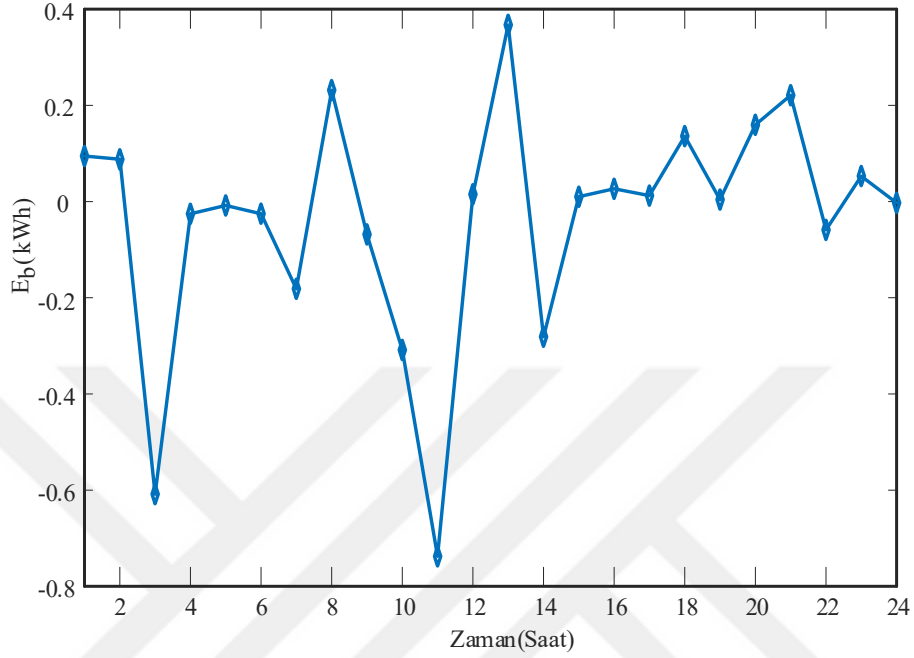
Şekil 4.7: Önerilen yapay arı kolonisi algoritmasının güneşli havada belirlediği enerji karıştırma oranları



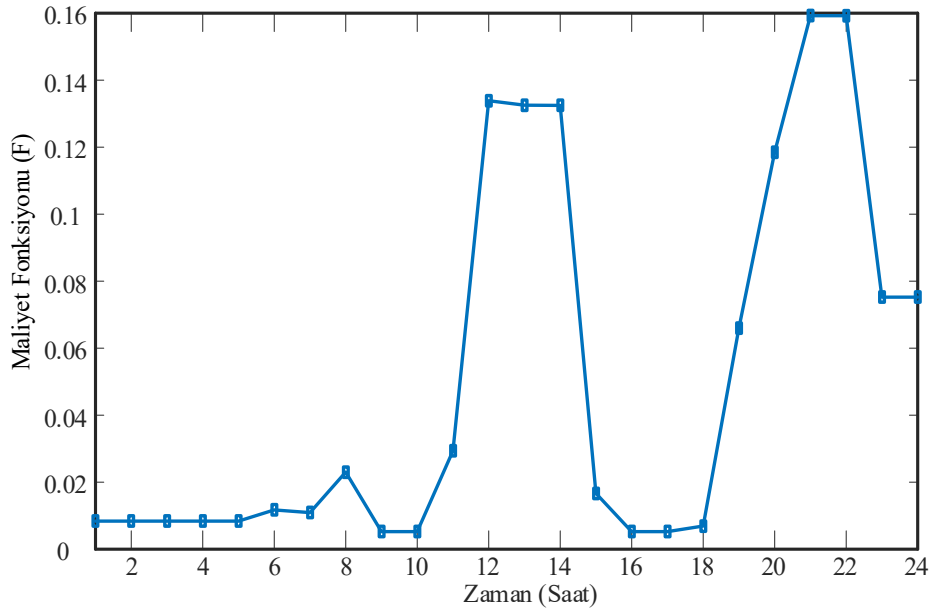
Şekil 4.8: Önerilen yapay arı kolonisi algoritmasının bulutlu havada belirlediği enerji karıştırma oranları

Şekil 4.9, enerji denge hatasının şebekenin dinamik enerji fiyat uygulaması kapsamında ve yenilenebilir enerji kaynaklarındaki üretim dalgalanmalarında önerilen algoritmanın arz-talep dengesini koruyabileceğini göstermektedir. Şekil 4.10 ve şekil 4.11 enerji verimli maliyet fonksiyonunun güneşli ve bulutlu havadaki saatlik değişimini göstermektedir. Şekil 4.12 ve şekil 4.13 ise hibrit YAK-PSO, YAK ve PSO algoritmaları tarafından hesaplanan maliyet fonksiyonunun saatlik değişimini göstermektedir. Şekillerden de görüldüğü üzere,

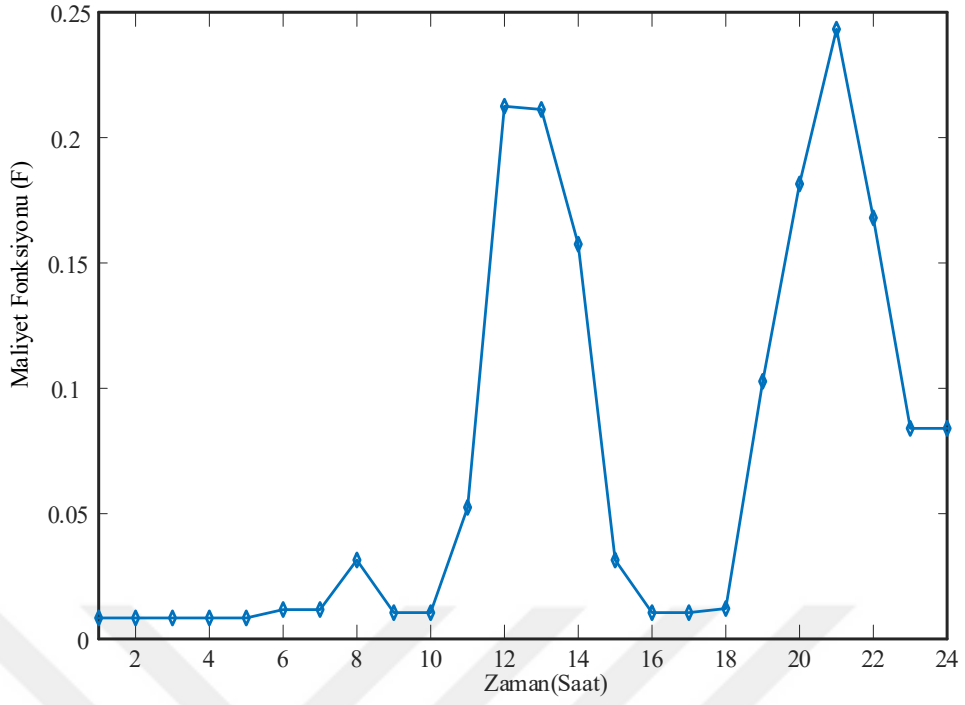
üç farklı optimizasyon algoritması içerisinde maliyeti en fazla düşüren hibrit YAK-PSO algoritmasıdır. Böylelikle, YAK algoritmasının PSO ile birleşimi sonucunda YAK algoritması sonuçları iyileştirilmiş, aynı zamanda enerji dengesi korunarak ve enerji üretim kalitesinden ödün verilmeden maliyet verimliliği sağlanmıştır.



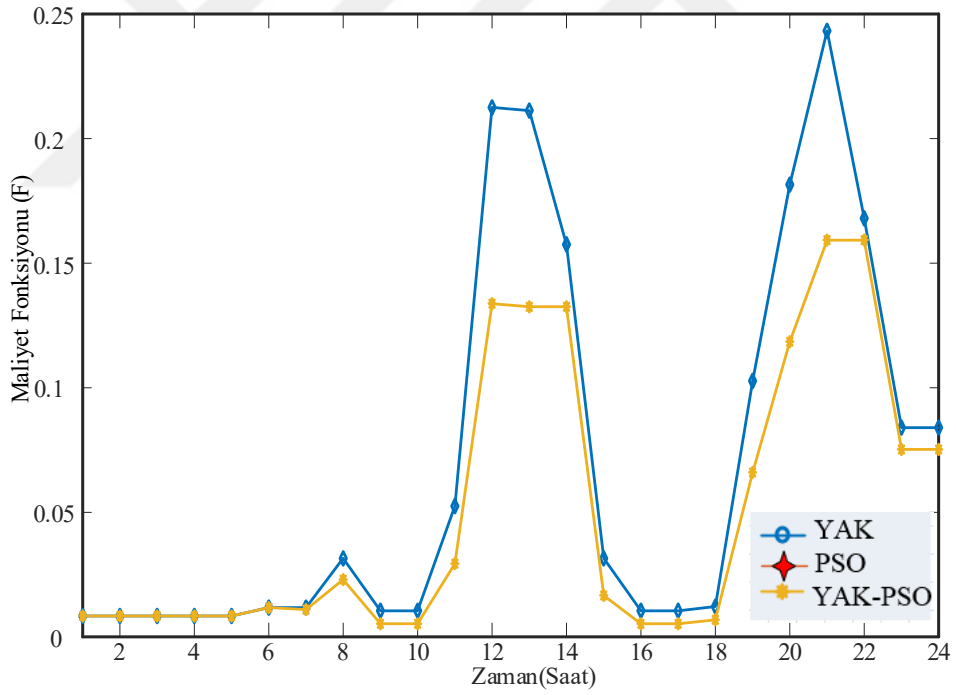
Şekil 4.9: Mikro şebekenin enerji denge hatası



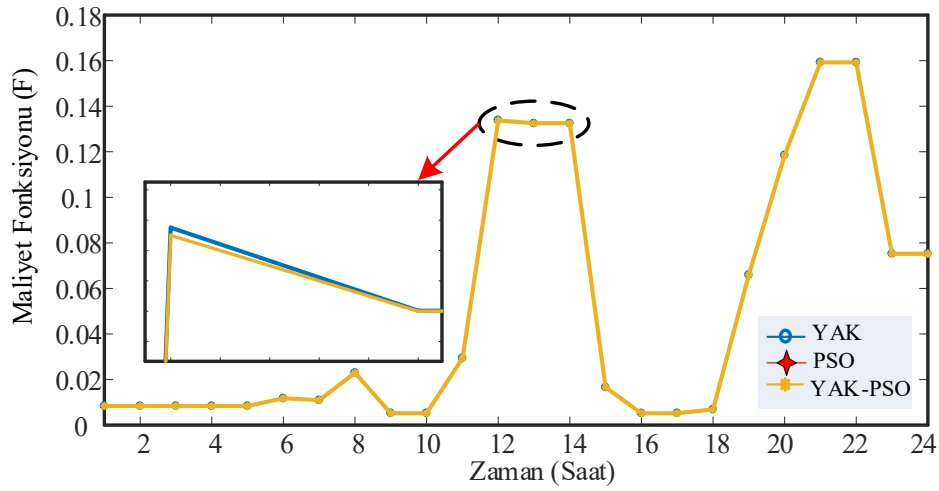
Şekil 4.10: Maliyet fonksiyonunun güneşli havadaki saatlik değişimi



Şekil 4.11: Maliyet fonksiyonunun bulutlu havadaki saatlik değişimi



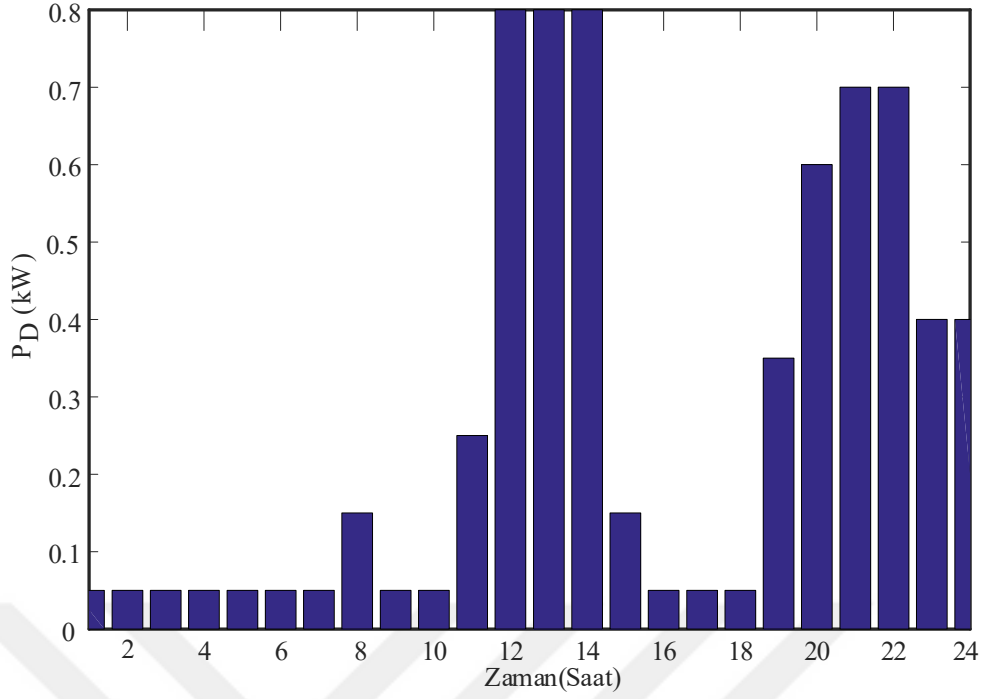
Şekil 4.12: Hibrit YAK-PSO, YAK ve PSO algoritmaları tarafından hesaplanan güneşli havadaki maliyet fonksiyonunun saatlik değişimi



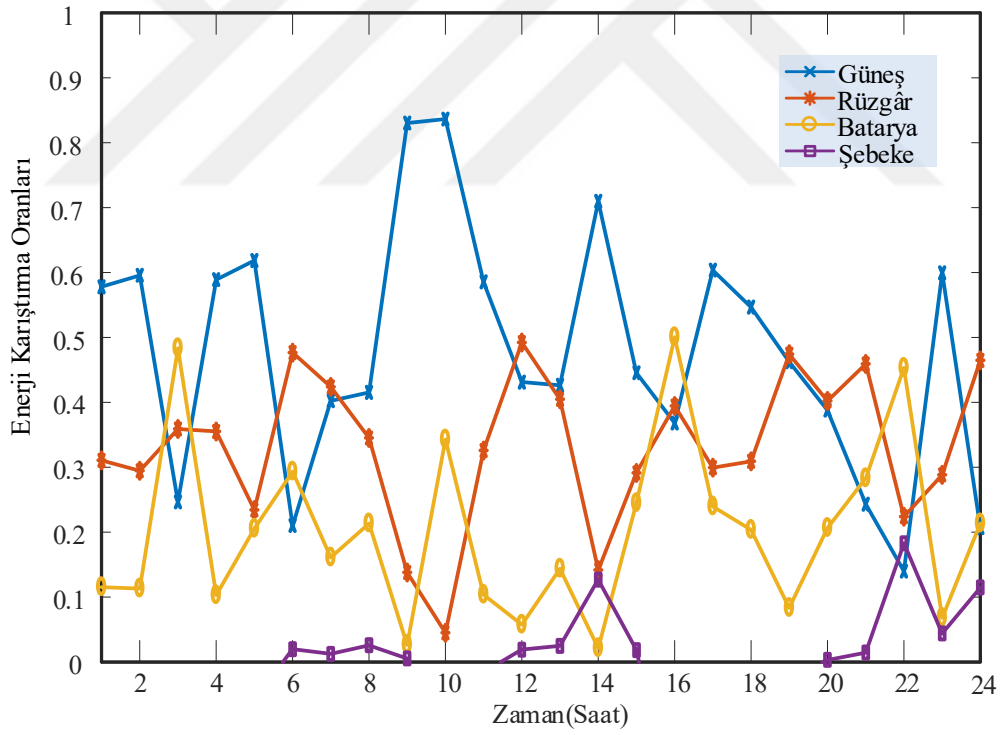
Şekil 4.13: Hibrit YAK-PSO, YAK ve PSO algoritmaları tarafından hesaplanan bulutlu havadaki maliyet fonksiyonunun saatlik değişimi

4.2.2 Evin farklı tüketim profili için güneşli ve bulutlu havadaki benzetim sonuçları

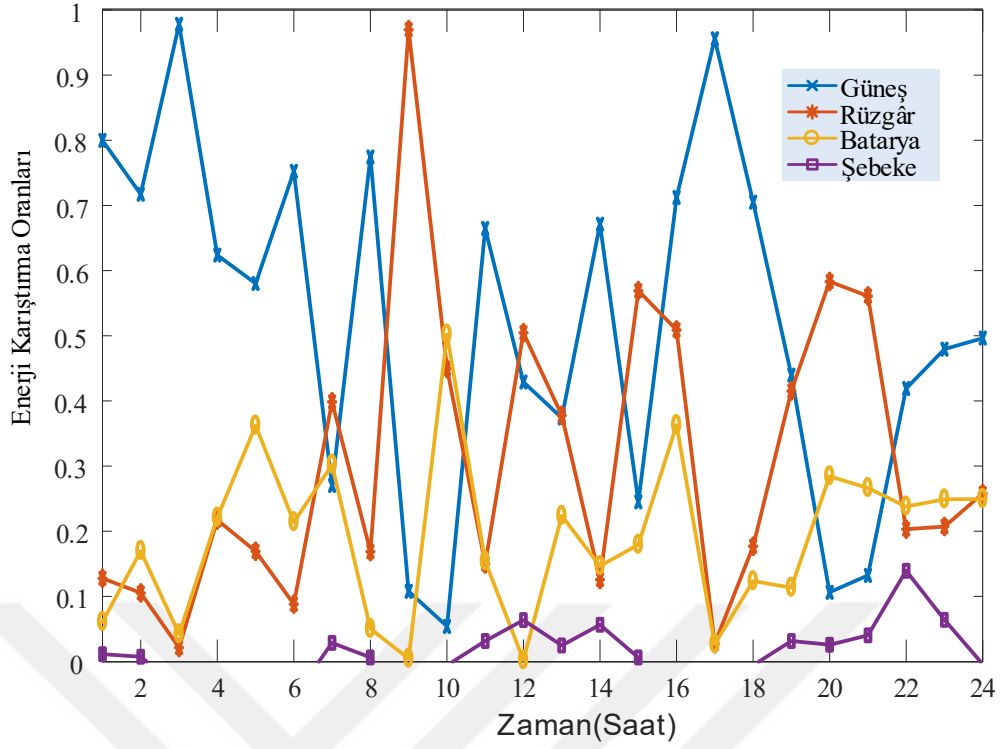
Evin farklı tüketim profili için, şekil 4.14’de gösterilen ortalama talep profil grafiğinden yararlanılmıştır. Farklı tüketim profili için de benzetim çalışmasında şekil 4.3 ve şekil 4.4’de gösterilen güneş enerjisi ve rüzgâr enerjisi sistemlerinin saatlik üretim profilleri kullanılmıştır. Şekil 4.15 ve şekil 4.16’da enerji kaynaklarının YAK algoritması tarafından 24 saatlik zaman dilimi için bulunan karıştırma oranları görülmektedir. Şekilde gösterilen karıştırma oranları, maliyet fonksiyonunu en küçük yapan değerlerdir. Bu değerlerde ilgili kaynağın güç değerinin sıfır olduğu durumda bile karıştırma oranının sıfırdan farklı çıktığı gözlemlenmektedir. Bu durum anlık olarak evin güç talebine göre kaynak arzlarının ve maliyet değerlerinin birlikte değerlendirilmesi sonucunda katsayıların belirlendiğini göstermektedir. Şekil 4.17, enerji denge hatasının şebekenin dinamik enerji fiyat uygulaması kapsamında ve yenilenebilir enerji kaynaklarındaki üretim dalgalanmalarında önerilen algoritmanın arz-talep dengesini koruyabileceğini göstermektedir. Şekil 4.18 ve şekil 4.19 enerji verimli maliyet fonksiyonunun güneşli ve bulutlu havadaki saatlik değişimini göstermektedir. Şekil 4.20 ve şekil 4.21 ise hibrit YAK-PSO, YAK ve PSO algoritmaları tarafından hesaplanan maliyet fonksiyonunun saatlik değişimini göstermektedir. Şekillerden de görüldüğü üzere, üç farklı optimizasyon algoritması içerisinde maliyeti en fazla düşüren hibrit YAK-PSO algoritmasıdır. Böylelikle YAK algoritmasının PSO ile birleşimi sonucunda YAK algoritması sonuçları iyileştirilmiş, aynı zamanda enerji dengesi korunarak ve enerji üretim kalitesinden ödün verilmeden maliyet verimliliği sağlanmıştır.



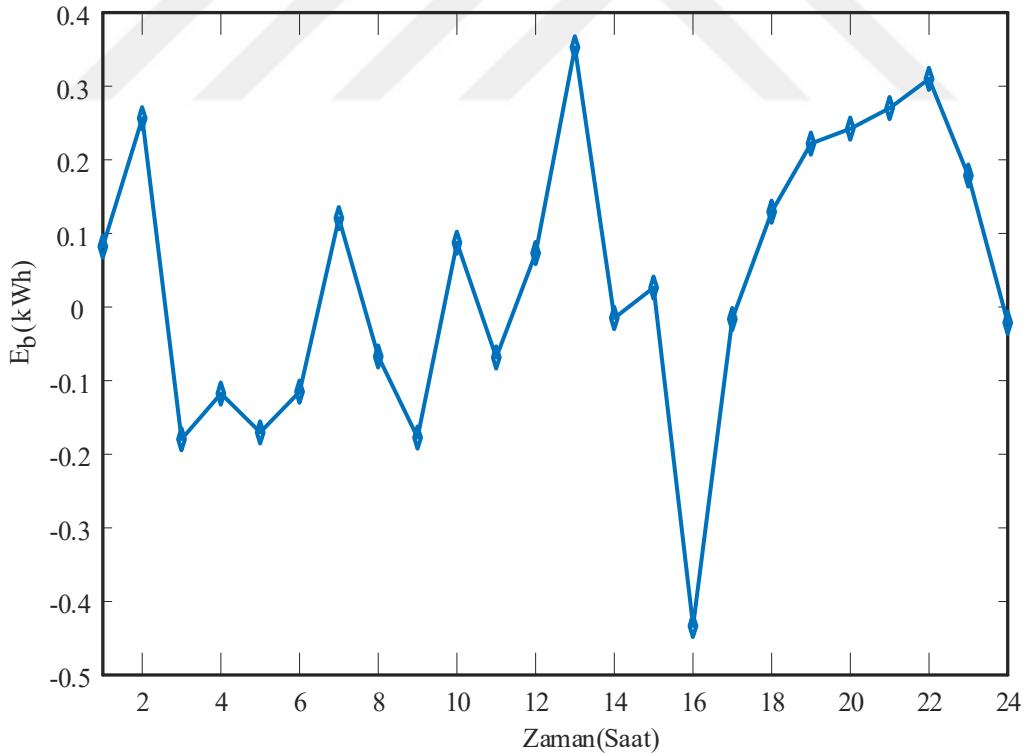
Şekil 4.14: Evin farklı tüketim profili



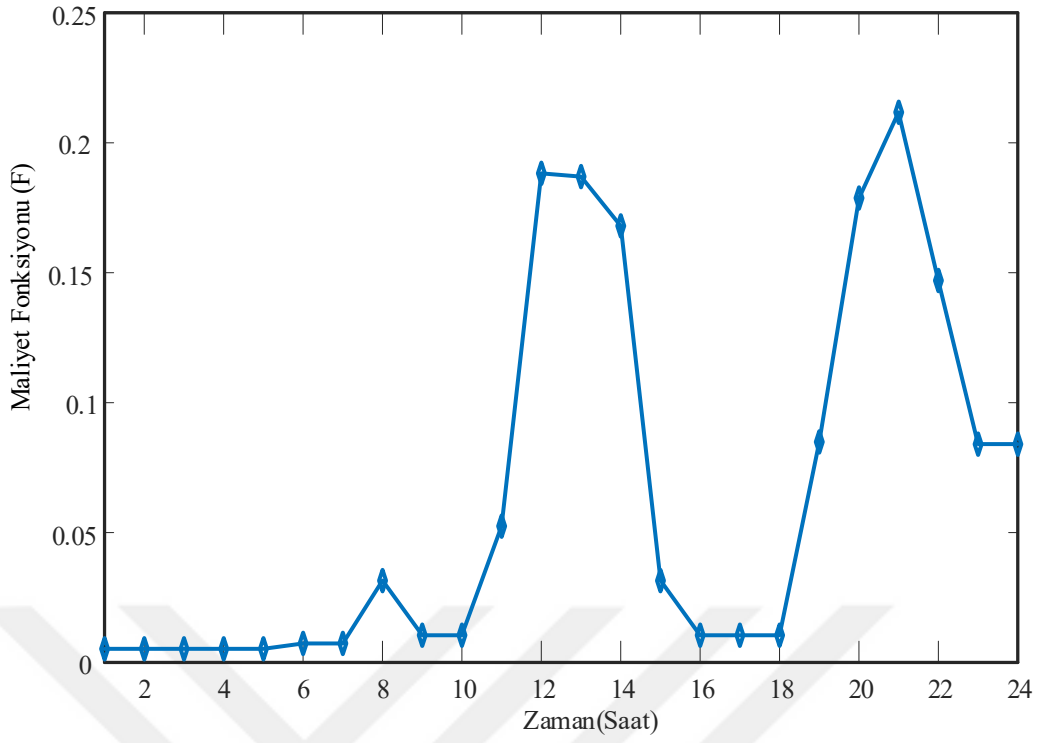
Şekil 4.15: Önerilen yapay arı kolonisi algoritmasının farklı tüketim profili-güneşli havada belirlediği enerji karışım oranları



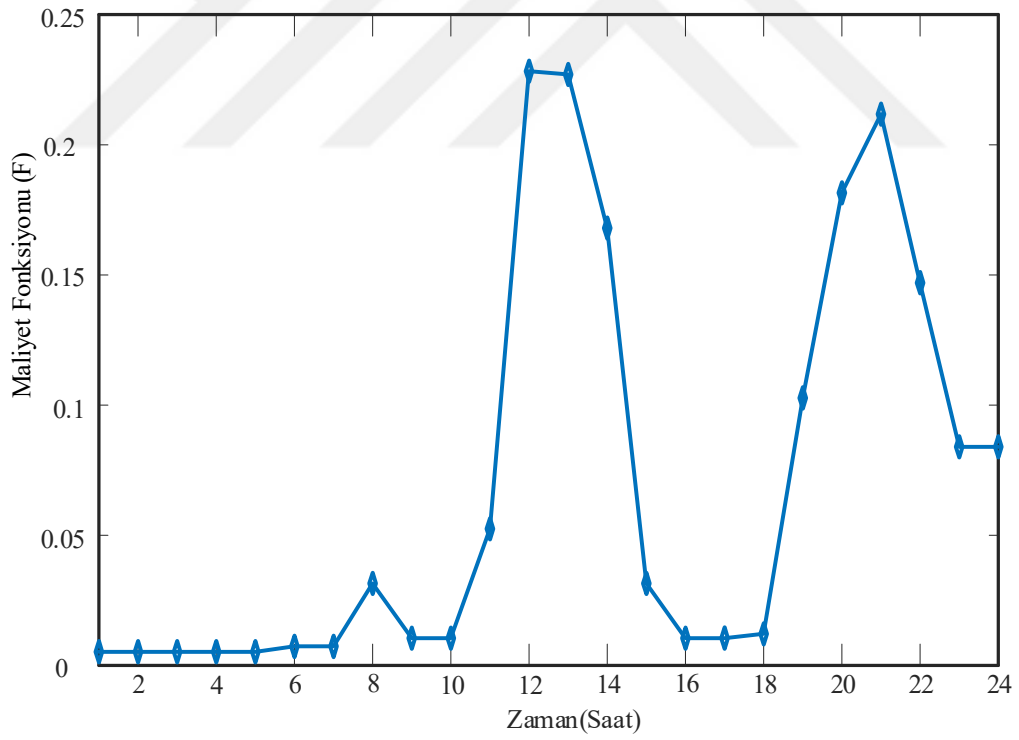
Şekil 4.16: Önerilen yapay arı kolonisi algoritmasının farklı tüketim profili-bulutlu havada belirlediği enerji karıştırma oranları



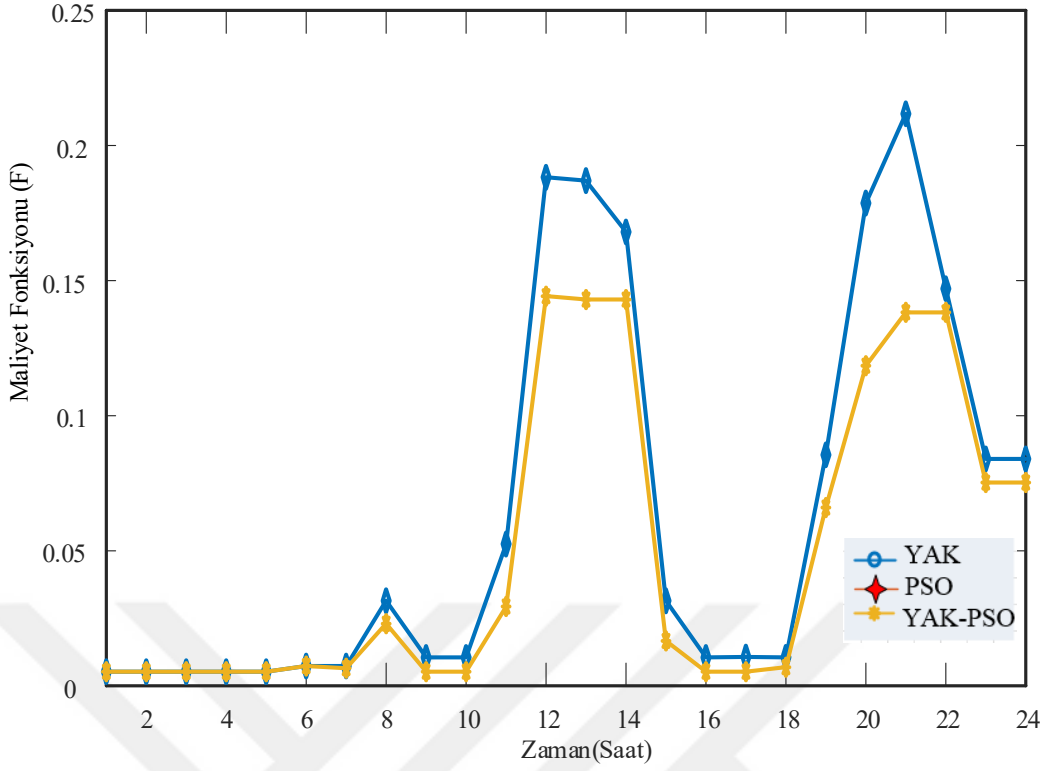
Şekil 4.17: Mikro şebekenin farklı tüketim profilindeki enerji denge hatası



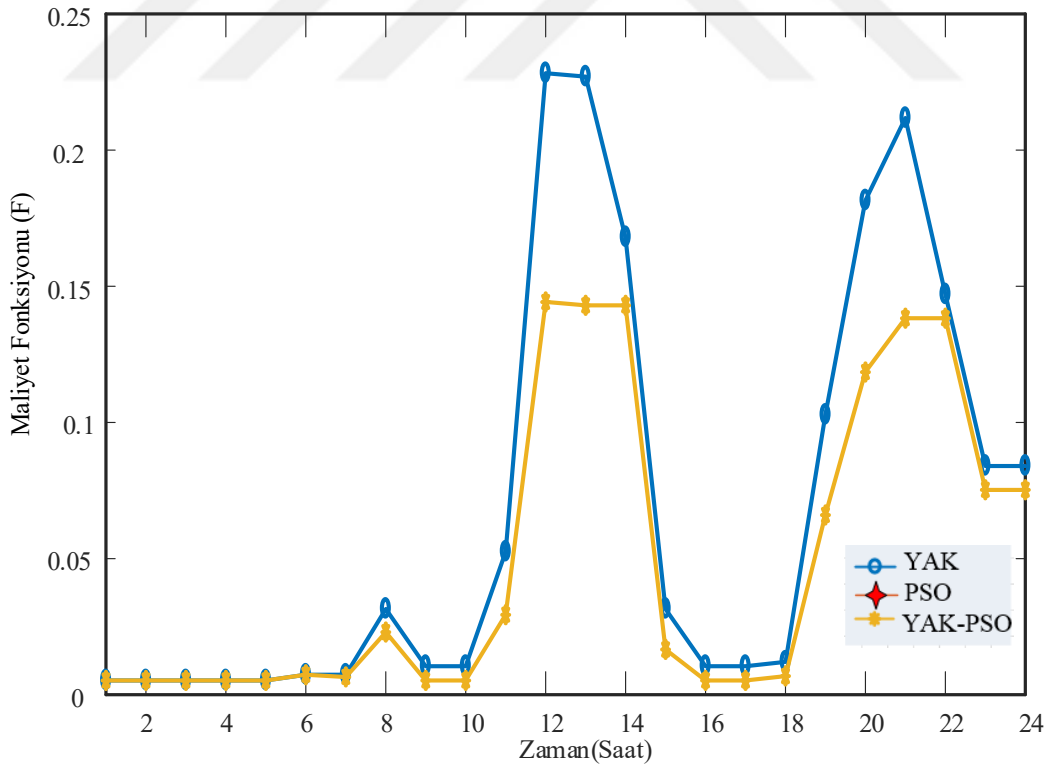
Şekil 4.18: Maliyet fonksiyonunun farklı tüketim profili-güneşli havadaki saatlik değişimi



Şekil 4.19: Maliyet fonksiyonunun farklı tüketim profili-bulutlu havadaki saatlik değişimi



Şekil 4.20: Hibrit YAK-PSO, YAK ve PSO algoritmaları tarafından hesaplanan farklı tüketim profili-güneşli havadaki maliyet fonksiyonunun saatlik değişimi



Şekil 4.21: Hibrit YAK-PSO, YAK ve PSO algoritmaları tarafından hesaplanan farklı tüketim profili-bulutlu havadaki maliyet fonksiyonunun saatlik değişimi

5. SONUÇ

Artan elektrifikasyon yükünün yönetilmesi, dağıtık üretim kaynaklarının sisteme entegrasyonu, enerji verimliliği uygulamaları, mikro şebekeler, merkezi olmayan ve yerel şebekeler gibi alternatif şebeke yaklaşımları enerji sektörünün dijital devrime geçiş potansiyelini ortaya çıkarmak için daha iyi bir veri yönetimi ihtiyacını doğurmaktadır. Dijital teknolojilerin enerji varlıklarına entegrasyonu ile şebeke güvenilirliği, verimlilik, erişilebilirlik açısından tüketicilerin kesintisiz enerji temini, kesinti durumlarını önceden bilme ve uygun fiyatlı enerji tedarigi talebi karşılanabilmektedir. Tüketicilerin elektrikli cihaz kullanım hızı arttıkça hanelerindeki elektrik tüketim bedelleri de artma eğilimi gösterecektir. Ayrıca tarife yapılarına aşına olmama, puant saatlerde talebin artması ve akıllı izleme sistemleri ile gözlemlenmediğinde tüketiciler olası enerji tasarruf durumlarından habersiz olacaktır. Verilerin sensörler ve sayaçlar ile toplanıp kayıt altına alınarak yapay zekâ algoritmalarıyla işlenmesi neticesinde farkedilmeyenin, görünmeyenin görünür hale gelmesiyle enerjiyi izlemek ve yönetmek oldukça kolay olacaktır. Bu minvalde ortaya çıkan enerji yönetim sistemleri kavramı, enerjinin üretiminden tüketildiği son noktaya kadar bütün süreçleri gözlemleyerek sistem dengesinin korunmasına ve enerjinin birim maliyetleri üzerinden tükettiğini takip eden yaklaşım moduyla tüketicilere düşük fiyatlı enerji kullanımı sağlar.

Bu tez çalışmasında yenilenebilir enerji kaynakları içeren mikro şebekelerde maliyet etkili enerji karıştırma oranlarının belirlenmesi konusu için iki farklı optimizasyon algoritması uygulanmıştır. Önerilen algoritmalar çok kaynaklı akıllı ev benzetim modelinde test edilmiştir. Test sonuçları önerilen algoritmaların çeşitli enerji fiyatlandırma kapsamında çok kaynaklı yenilenebilir enerji kaynakları içeren mikro şebekeler için maliyet etkili karıştırma oranlarını sağlayabileceğini göstermiştir. YAK algoritmasının iyi bir keşif, zayıf bir yararlanma yeteneği söz konusu olduğu için bu iki zıt faktör arasında bir denge kurmak adına hibrit YAK-PSO algoritması uygulanarak YAK algoritmasının optimal sonuca yakınsama performansı iyileştirilmiştir. Grafik sonuçlarından hibrit YAK-PSO algoritmasının YAK'a göre daha iyi sonuçlar elde ettiği ve PSO ile birleştirilmesi sonucu YAK'ın iyileştirildiği görülmektedir. Aynı zamanda enerji dengesi korunarak ve değişken elektrik tarifeleri göz önünde bulundurularak, kullanıcıların konfor şartlarını etkilemeden ve enerji üretim kalitesinden ödün vermeden maliyet verimliliği sağlanabilmektedir. Kullanıcıların enerji sistemlerinin optimizasyonuna katılımıyla talep yönetiminde en yüksek tüketimi (talep

cevabı) yumuşatabileceği görölmektedir. Dijital enerji sektörüne sağlıklı geçiş son tüketicilere yenilikçi çözümler, yüksek esneklik payı olan imkanlar sunmasının yanı sıra şebeke alt yapısına aşırı yük binme durumunu engelleyerek daha dengeli bir oluşuma olanak sağlar.

BAP veya TÜBİTAK projeleri kapsamında, tez çalışmasında kullanılan yenilenebilir enerji kaynakları, batarya ve şebekenin gerçek ortamda kurulum ve işletme maliyetlerini de göz önünde bulundurarak enerji yönetimini gerçekleştirmek adına HOMER paket programı aracılığıyla maliyete etki eden diğer faktörler bir sonraki çalışmalarda incelenebilir.



KAYNAKLAR

- [1] Y. Yoldaş, A. Önen, S. M. Muyeen, A. V. Vasilakos, and İ. Alan, ‘Enhancing smart grid with microgrids: Challenges and opportunities’, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 72, pp. 205–214, May 2017.
- [2] H. Merdanoğlu, ‘Scheduling for home energy management system’, Middle East Technical University, 2018.
- [3] H. R. O. Rocha, I. H. Honorato, R. Fiorotti, W. C. Celeste, L. J. Silvestre, and J. A. L. Silva, ‘An Artificial Intelligence based scheduling algorithm for demand-side energy management in Smart Homes’, *Appl. Energy*, vol. 282, no. PA, pp. 116–145, Jan. 2021.
- [4] M.E. Şeker, ‘Cost study of microgrid application in Turkey’, Ankara Yıldırım Beyazıt University, 2020.
- [5] A. L. Bukar, C. W. Tan, and K. Y. Lau, ‘Optimal sizing of an autonomous photovoltaic/wind/battery/diesel generator microgrid using grasshopper optimization algorithm’, *Sol. Energy*, vol. 188, no. June, pp. 685–696, 2019.
- [6] Y. Xu, C. Yan, H. Liu, J. Wang, Z. Yang, and Y. Jiang, ‘Smart energy systems: A critical review on design and operation optimization’, *Sustain. Cities Soc.*, vol. 62, no. 200, pp. 102–369, Nov. 2020.
- [7] A. M. A. Haidar, A. Fakhar, and A. Helwig, ‘Sustainable energy planning for cost minimization of autonomous hybrid microgrid using combined multi-objective optimization algorithm’, *Sustain. Cities Soc.*, vol. 62, no. December 2019, pp. 102–391, Nov. 2020.
- [8] X. Kong, B. Sun, D. Kong, and B. Li, ‘Home energy management optimization method considering potential risk cost’, *Sustain. Cities Soc.*, vol. 62, p. 102378, Nov. 2020.
- [9] I. Gonçalves, Á. Gomes, and C. Henggeler Antunes, ‘Optimizing the management of smart home energy resources under different power cost scenarios’, *Appl. Energy*, vol. 242, pp. 351–363, May 2019.
- [10] D. Kolokotsa, ‘The role of smart grids in the building sector’, *Energy Build.*, vol. 116, pp. 703–708, Mar. 2016.
- [11] D. A. Terciyanlı, ‘Nesnelerin interneti ile enerji verimliliği uygulamaları’, *Elektr. Mühendisliği Derg.*, no. 467, pp. 26–28, 2021.
- [12] H. Gözde, ‘Güç sistemlerinde yapay arı kolonisi algoritması yöntemi ile yük-frekans kontrolü optimizasyonu’, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2010.
- [13] E. Zorarpacı, ‘A hybrid approach of differential evolution and artificial bee colony for feature selection’, Çukurova University, 2014.
- [14] S. Singh, P. Chauhan, and N. Singh, ‘Capacity optimization of grid connected solar/fuel cell energy system using hybrid ABC-PSO algorithm’, *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 45, no. 16, pp. 10070–10088, Mar. 2020.
- [15] S. Ayan, ‘Sezgisel optimizasyon algoritması kullanılarak hibrit(fotovoltaik-rüzgar) enerji sistemi için boyut optimizasyonu’, Kırklareli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2019.

- [16] M. Fatin Ishraque, S. A. Shezan, M. M. Ali, and M. M. Rashid, 'Optimization of load dispatch strategies for an islanded microgrid connected with renewable energy sources', *Appl. Energy*, vol. 292, no. March, pp. 116–879, Jun. 2021.
- [17] N. Ghorbani, A. Kasaeian, A. Toopshekan, L. Bahrami, and A. Maghami, 'Optimizing a hybrid wind-PV-battery system using GA-PSO and MOPSO for reducing cost and increasing reliability', *Energy*, vol. 154, pp. 581–591, Jul. 2018.
- [18] W.-M. Lin, C.-S. Tu, and M.-T. Tsai, 'Energy Management Strategy for Microgrids by Using Enhanced Bee Colony Optimization', *Energies*, vol. 9, no. 1, p. 5, Dec. 2015.
- [19] F. Ascione, N. Bianco, C. De Stasio, G. M. Mauro, and G. P. Vanoli, 'A new methodology for cost-optimal analysis by means of the multi-objective optimization of building energy performance', *Energy Build.*, vol. 88, pp. 78–90, Feb. 2015.
- [20] A. M. P. S. Abdul Muqsit, 'Energy Management System Implementation for A DC Micro Grid System Using Fuzzy Control', *Int. J. Sci. Res.*, vol. 3, no. 11, pp. 426–430, 2014.
- [21] J. Yoo *et al.*, 'Look-Ahead Energy Management of a Grid-Connected Residential PV System with Energy Storage under Time-Based Rate Programs', *Energies*, vol. 5, no. 4, pp. 1116–1134, Apr. 2012.
- [22] D. Curto, S. Favuzza, V. Franzitta, R. Musca, M. A. Navarro Navia, and G. Zizzo, 'Evaluation of the optimal renewable electricity mix for Lampedusa island: The adoption of a technical and economical methodology', *J. Clean. Prod.*, vol. 263, p. 121404, Aug. 2020.
- [23] C. Keles, B. Alagoz, A. Kaygusuz, and S. Alagoz, 'Cost efficient multi-source energy mixing for renewable energy microgrids by random search optimization', in *International Artificial Intelligence and Data Processing Symposium (IDAP)*, 2016, pp. 29–33.
- [24] C. Keles, B. B. Alagoz, and A. Kaygusuz, 'Multi-source energy mixing for renewable energy microgrids by particle swarm optimization', in *2017 International Artificial Intelligence and Data Processing Symposium (IDAP)*, 2017, pp. 1–5.
- [25] M. F. Roslan, M. A. Hannan, P. Jern Ker, R. A. Begum, T. Indra Mahlia, and Z. Y. Dong, 'Scheduling controller for microgrids energy management system using optimization algorithm in achieving cost saving and emission reduction', *Appl. Energy*, vol. 292, no. October 2020, p. 116883, Jun. 2021.
- [26] H. Wang, E. Abdollahi, R. Lahdelma, W. Jiao, and Z. Zhou, 'Modelling and optimization of the smart hybrid renewable energy for communities (SHREC)', *Renew. Energy*, vol. 84, no. March, pp. 114–123, Dec. 2015.
- [27] H. Lund, P. A. Østergaard, D. Connolly, and B. V. Mathiesen, 'Smart energy and smart energy systems', *Energy*, vol. 137, pp. 556–565, Oct. 2017.
- [28] O. Majeed Butt, M. Zulqarnain, and T. Majeed Butt, 'Recent advancement in smart grid technology: Future prospects in the electrical power network', *Ain Shams Eng. J.*, vol. 12, no. 1, pp. 687–695, Mar. 2021.
- [29] D. Jiang, W. Zhu, B. Muthu, and T. G. Seetharam, 'Importance of implementing smart renewable energy system using heuristic neural decision support system', *Sustain. Energy Technol. Assessments*, vol. 45, no. June 2020, p. 101185, Jun. 2021.

- [30] A. T. Hoang, V. V. Pham, and X. P. Nguyen, 'Integrating renewable sources into energy system for smart city as a sagacious strategy towards clean and sustainable process', *J. Clean. Prod.*, vol. 305, p. 127161, Jul. 2021.
- [31] O. Saidani Neffati *et al.*, 'Migrating from traditional grid to smart grid in smart cities promoted in developing country', *Sustain. Energy Technol. Assessments*, vol. 45, no. February, pp. 101–125, Jun. 2021.
- [32] H. Kim, H. Choi, H. Kang, J. An, S. Yeom, and T. Hong, 'A systematic review of the smart energy conservation system: From smart homes to sustainable smart cities', *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 140, no. January, p. 110755, Apr. 2021.
- [33] Y. Sun, R. Ma, J. Chen, and T. Xu, 'Heuristic optimization for grid-interactive net-zero energy building design through the glowworm swarm algorithm', *Energy Build.*, vol. 208, pp. 109–644, Feb. 2020.
- [34] Z. Klaić, M. Primorac, and M. Šipoš, 'Demand Side Management inside a Smart House', *Int. J. Electr. Comput. Eng. Syst.*, vol. 6, no. 2, pp. 45–50, 2015.
- [35] G. Schweiger *et al.*, 'Active consumer participation in smart energy systems', *Energy Build.*, vol. 227, p. 110359, Nov. 2020.
- [36] J. M. Raya-armenta, N. Bazmohammadi, J. G. Avina-cervantes, D. Sáez, J. C. Vasquez, and J. M. Guerrero, 'Energy management system optimization in islanded microgrids : An overview and future trends', *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 149, no. February 2020, p. 111327, 2021.
- [37] A. Antoniou and W. S. Lu, *Practical Optimization*. Boston, MA: Springer US, 2007.
- [38] S. Mirjalili and A. Lewis, 'The Whale Optimization Algorithm', *Adv. Eng. Softw.*, vol. 95, pp. 51–67, May 2016.
- [39] P. Erdogmus and M. Toz, 'Heuristic Optimization Algorithms in Robotics', in *Serial and Parallel Robot Manipulators - Kinematics, Dynamics, Control and Optimization*, D. S. Kucuk, Ed. InTech, 2012, pp. 311–338.
- [40] I. Shojaei and H. Rahami, 'A heuristic swarm-based optimization method using multivariate normal distributions with self-adaptive variance matrices', *Structures*, vol. 36, no. December 2021, pp. 372–391, Feb. 2022.
- [41] H. Ahmed and J. Glasgow, 'Swarm Intelligence : Concepts , Models and Applications Technical Report 2012-585', *Tech. Rep.*, vol. 585, no. February, pp. 1–50, 2012.
- [42] G. Lindfield and J. Penny, 'Artificial Bee and Ant Colony Optimization', in *Introduction to Nature-Inspired Optimization*, Elsevier, 2017, pp. 119–140.
- [43] D. Karaboga and B. Basturk, 'A powerful and efficient algorithm for numerical function optimization: artificial bee colony (ABC) algorithm', *J. Glob. Optim.*, vol. 39, no. 3, pp. 459–471, Oct. 2007.
- [44] B. Akay and D. Karaboga, 'A modified Artificial Bee Colony algorithm for real-parameter optimization', *Inf. Sci. (Ny)*, vol. 192, pp. 120–142, 2012.
- [45] S. M. Zahraee, M. Khalaji Assadi, and R. Saidur, 'Application of Artificial Intelligence Methods for Hybrid Energy System Optimization', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 66. Elsevier, pp. 617–630, Dec-2016.
- [46] M. R. Tanweer, S. Suresh, and N. Sundararajan, 'Self regulating particle swarm optimization algorithm', *Inf. Sci. (Ny)*, vol. 294, pp. 182–202, Feb. 2015.

- [47] Eberhart and Yuhui Shi, 'Particle swarm optimization: developments, applications and resources', in *Proceedings of the 2001 Congress on Evolutionary Computation (IEEE Cat. No.01TH8546)*, 2001, vol. 1, pp. 81–86.
- [48] M. Y. Ozsaglam, M. Cunkas, 'Optimizasyon Problemlerinin Çözümü için Parçacık Sürü Optimizasyonu Algoritması Particle Swarm Optimization Algorithm for Solving Optimization Problems', vol. 11, no. 4, pp. 299–305, 2008.
- [49] Bagley D.John, 'The Behavior of Adaptive System Which Employ Genetic and Correlation Algorithms', The University of Michigan, 1967.
- [50] P. Bergey and C. Ragsdale, 'Modified differential evolution: a greedy random strategy for genetic recombination', *Omega*, vol. 33, no. 3, pp. 255–265, Jun. 2005.
- [51] I. Czarnowski, 'Firefly algorithm for instance selection', *Procedia Comput. Sci.*, vol. 192, pp. 2269–2278, 2021.
- [52] T. Demirdelen and M. Bölümü, 'Kuru Tip Transformatör Optimizasyonuna Yeni Bir Yaklaşım : Ateş Böceği Algoritması A New Approach to Dry Type Transformer Optimization : Firefly Algorithm', vol. 33, no. March, pp. 87–96, 2018.
- [53] Z. B. Zabinsky, 'Random Search Algorithms', Department of Industrial and Systems Engineering, University of Washington, USA, pp. 1–16, 2009.
- [54] J.-S. Roger Jang, *Neuro-Fuzzy and Soft Computing, A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence*. 2000.
- [55] B. Farnad, A. Jafarian, and D. Baleanu, 'A new hybrid algorithm for continuous optimization problem', *Appl. Math. Model.*, vol. 55, pp. 652–673, Mar. 2018.
- [56] H. Djellali, A. Djebbar, N. G. Zine, and N. Azizi, 'Hybrid Artificial Bees Colony and Particle Swarm on Feature Selection', in *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, vol. 522, Springer International Publishing, 2018, pp. 93–105.
- [57] M. S. Kiran and M. Gündüz, 'A recombination-based hybridization of particle swarm optimization and artificial bee colony algorithm for continuous optimization problems', *Appl. Soft Comput.*, vol. 13, no. 4, pp. 2188–2203, Apr. 2013.
- [58] T. T. Khuat and M. H. Le, 'A Novel Hybrid ABC-PSO Algorithm for Effort Estimation of Software Projects Using Agile Methodologies', *J. Intell. Syst.*, vol. 27, no. 3, pp. 489–506, Jul. 2018.
- [59] B. Hong, W. Miao, Z. Liu, and L. Wang, 'Architecture and Functions of Micro-grid Energy Management System for the Smart Distribution Network Application', *Energy Procedia*, vol. 145, pp. 478–483, Jul. 2018.

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Ebru KÖMÜRGÖZ

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 19.06.2017, Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği
- **Yüksek Lisans** : 2019- Devam ediyor, İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Elektrik Tesisleri Anabilim Dalı

MESLEKİ DENEYİM:

- **Elektrik-Elektronik Mühendisi:** 2021 yılında BOTAŞ Tuz Gölü İşletme Müdürlüğü İşletme ve Planlama Birim Başmühendisliğinde göreve başladım.

YÜKSEK LİSANS VEYA DOKTORA TEZİNDEN TÜRETİLEN ÇALIŞMALAR (Makaleler, Bildiriler, Patentler v.b.)

- **Kömürgöz, E., Keleş, C. (2021).** Yapay Arı Kolonisi Algoritması Kullanarak Yenilenebilir Enerji Kaynakları İçeren Mikro Şebekelerde Enerji Karışım Oranlarının Belirlenmesi, Yeni Türkiye Dergisi, 117-118, pp.373-384, 2021. (Makale)
- **Kömürgöz, E., Keleş, C. (2021).** Cost Efficient Multi-Source Energy Mixing for Renewable Energy Microgrids Using Hybrid ABC-PSO Algorithm, International Scientific Conference on Information Technology and Data Related Research, pp.39-45, doi:10.15308/Sinteza-2021 (Bildiri)