



**T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GENETİK ALGORİTMA İLE DAĞITIM ŞEBEKESİNDE
ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ SÜRESİ OPTİMİZASYONU**

HAKAN ÇELİK

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK VE BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
PROF. DR. ALİ ÖZTÜRK**

DÜZCE, 2021

T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GENETİK ALGORİTMA İLE DAĞITIM ŞEBEKESİNDE
ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ SÜRESİ OPTİMİZASYONU

Hakan ÇELİK tarafından hazırlanan tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Ali ÖZTÜRK

Düzce Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Ali ÖZTÜRK

Düzce Üniversitesi

Prof. Dr. İhsan PEHLİVAN

Sakarya

Uygulamalı

Bilimler

Üniversitesi

Doç. Dr. Salih TOSUN

Düzce Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi: 28/01/2021

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

28 Ocak 2021

Hakan ÇELİK



TEŐEKKÖR

Yüksek lisans öğrenimimde ve bu tezin hazırlanmasında gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı çok değerli hocam Prof. Dr. Ali ÖZTÜRK'e en içten dileklerle teşekkür ederim.

Bu çalışma boyunca yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen sevgili aileme ve çalışma arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

28 Ocak 2021

Hakan ÇELİK



İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	viii
KISALTMALAR.....	ix
SİMGELER	x
ÖZET	xi
ABSTRACT	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. MATERİYAL VE YÖNTEM	5
2.1. GENETİK ALGORİTMA	5
2.1.1. Başlangıç Popülasyonu	5
2.1.2. Çaprazlama.....	6
2.1.2.1. Tek Nokta Çaprazlama.....	6
2.1.2.2. İki Nokta Çaprazlama	7
2.1.2.3. Çok Nokta Çaprazlama.....	7
2.1.2.4. Uniform Çaprazlama	7
2.1.3. Mutasyon.....	7
2.1.4. Seçim.....	8
2.1.5. Uygunluk Fonksiyonu	8
2.1.6. Genetik Algoritma Uygulaması	9
2.1.6.1. Başlangıç Popülasyonunun Oluşturulması	9
2.1.6.2. Amaç Fonksiyonunun Oluşturulması	10
2.1.6.3. Seçim İşleminin Uygulanması	11
2.1.6.4. Çaprazlama İşleminin Uygulanması.....	12
2.1.6.5. Mutasyon İşleminin Uygulanması.....	12
2.1.6.6. Algoritma Sonuçları.....	13
2.2. IEEE AVRUPA ALÇAK GERİLİM TEST FİDERİ	15
2.2.1. Tek Hat Şeması.....	15
2.2.2. Voltaj Kaynağı ve Transformatör	16
2.2.3. Dağıtım Hatları.....	16
2.2.4. Yükler ve Yük Profilleri	17
2.2.5. Analiz Sonuçları	18
2.3. ELEKTRİKLİ ARAÇLAR VE ŞARJ İSTASYONLARI.....	19
2.3.1. Elektrikli Araç Tipleri	19
2.3.2. Elektrikli Araç Şarj Çeşitleri	19
2.4. BATARYA ŞARJ DURUMU VE ŞARJ SÜRELERİNİN BELİRLENMESİ	20
2.4.1. Günlük Sürüş Mesafesi Olasılık Dağılımı.....	21
2.4.2. Şarj Durumu Olasılık Dağılımı.....	21
2.4.3. Yük Profillerinin Oluşturulması.....	22
3. BULGULAR VE TARTIŞMA	23
3.1. G2V OPTİMİZASYON.....	23
3.1.1. EA'ların Oluşturulması	23

3.1.2. Genetik Algoritma İle Optimizasyon	24
3.1.3. Analiz Sonuçları	26
3.2. V2G-G2V OPTİMİZASYON	31
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	37
5. KAYNAKLAR	38
6. EKLER	42
6.1. EK 1: GA MATLAB KODU	42
ÖZGEÇMİŞ.....	45



ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1. Başlangıç popülasyonu.	6
Şekil 2.2. Başlangıç popülasyonu ve bileşenleri.....	6
Şekil 2.3. Çaprazlama operatörleri.	7
Şekil 2.4. Tek nokta mutasyon işlemi.....	8
Şekil 2.5. Genetik algoritma genel akış şeması.	9
Şekil 2.6. Optimizasyon sonucu.	14
Şekil 2.7. Tek hat şeması.	15
Şekil 2.8. Ana hat P1 güç grafiği.	18
Şekil 2.9. Ana hat P2 güç grafiği.	18
Şekil 2.10. Ana hat P3 güç grafiği.	18
Şekil 2.11. Elektrikli araç tipleri.	19
Şekil 2.12. Sürüş mesafesi olasılık dağılımı.	21
Şekil 2.13. Şarj durumu olasılık dağılımı.	22
Şekil 3.1. B fazı saatlik toplam güçler.	26
Şekil 3.2. B fazı kümülatif güçler.	27
Şekil 3.3. Yük profilleri dağılımı.....	28
Şekil 3.4. B fazı saatlik güçler.	28
Şekil 3.5. B fazı saatlik güçler.	29
Şekil 3.6. EA yük profilleri a) EA1 b) EA2.....	29
Şekil 3.7. EA yük profilleri a) EA3 b) EA4.....	30
Şekil 3.8. EA yük profilleri a) EA5 b) EA6.....	30
Şekil 3.9. EA yük profilleri a) EA7 b) EA8.....	30
Şekil 3.10. EA yük profilleri a) EA9 b) EA10.....	31
Şekil 3.11. Saatlik güçler.	31
Şekil 3.12. Yük profilleri dağılımı.....	31
Şekil 3.13. Yük profilleri dağılımı.....	32
Şekil 3.14. B fazı saatlik güçler.	33
Şekil 3.15. EA yük profilleri a) EA1 b) EA2.....	33
Şekil 3.16. EA yük profilleri a) EA3 b) EA4.....	34
Şekil 3.17. EA yük profilleri a) EA5 b) EA6.....	34
Şekil 3.18. EA yük profilleri a) EA7 b) EA8.....	34
Şekil 3.19. EA yük profilleri a) EA9 b) EA10.....	35
Şekil 3.20. Saatlik güçler.	35
Şekil 3.21. Yük profilleri dağılımı.....	36

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 2.1. Başlangıç popülasyonu.	10
Çizelge 2.2. Başlangıç popülasyonu değerleri.	10
Çizelge 2.3. En yüksek sonuçların seçilmesi.	11
Çizelge 2.4. Seçim popülasyonu.	12
Çizelge 2.5. Çaprazlama popülasyonu.	12
Çizelge 2.6. Mutasyon popülasyonu.	13
Çizelge 2.7. Yeni popülasyon.	13
Çizelge 2.8. Maksimum döngü sonu değerler.	14
Çizelge 2.9. Hat bara bağlantı noktaları ve uzunlukları.	16
Çizelge 2.10. Hat empedans ve admitansları.	16
Çizelge 2.11. Yükler.	17
Çizelge 2.12. Yük profili.	17
Çizelge 2.13. EA şarj standartları.	19
Çizelge 3.1. EA batarya ve şarj bilgileri.	23

KISALTMALAR

AC	Alternatif akım
AEV	Tümü elektrikli araç
AG	Alçak gerilim
BEV	Bataryalı elektrikli araç
Bpop	Başlangıç popülasyonu
C	Şarj ihtiyacı
CHAdEMO	Charge de Move
Cpop	Çaprazlama popülasyonu
DC	Doğru akım
EA	Elektrikli araç
EPDK	Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
EREV	Genişletilmiş menzilli elektrikli araç
FCEV	Yakıt hücresi elektrikli araç
G	Gen
G2V	Şebekeden araca şarj modu
GA	Genetik algoritma
Hz	Hertz
IEC	The International Electrotechnical Commission
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineering
kV	Kilovolt
kVA	Kilovolt amper
kW	Kilovat
m	Metre
Mpop	Mutasyon popülasyonu
MVA	Megavolt amper
nF	Nano farad
OG	Orta gerilim
Phat	Hat gücü
PHEV	Fişli hibrit elektrikli araç
Phson	Optimizasyon sonrası hat gücü
Ps	Şarj modu seviyesi
pu	per unit
SAE	Society of Automotive Engineers
SoC	Şarj durumu
Spop	Seçim popülasyonu
TEPCO	Tokyo Electric Power
Tpop	Uygunluk popülasyonu
V	Volt
V2G	Araçtan şebekeye şarj modu
wye	Transformatör bağlantı tipi

SİMGELER

Δ	Artar
∇	Tümü
$\in$	Elemanı
μ	Yoğunluk katsayısı
σ	Yük katsayısı



ÖZET

GENETİK ALGORİTMA İLE DAĞITIM ŞEBEKESİNDE ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ SÜRESİ OPTİMİZASYONU

Hakan ÇELİK

Düzce Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Ali ÖZTÜRK

Ocak 2021, 43 sayfa

Elektrikli araçlar çevre dostu olması, fosil yakıtlara bağımlılığı azaltması ve yakıt ekonomisi sebebi ile birçok ülke tarafından teşvik edilmekte, bu da araç kullanıcıların ve araç üreticilerinin ilgilerini her geçen gün arttırmaktadır. Şuan için sayısı az olsa da giderek artan, 2040 yılında trafikteki toplam araç sayısının %58'ini kapsayacağı öngörülen elektrikli araçlar, avantajlarının yanı sıra bazı sorunları da beraberinde getirmektedir. Elektrikli araç şarj istasyonlarının mevcut dağıtım şebekelerine bağlantısı; gerilim düşümü, frekans dalgalanması, şebeke çökmesi gibi olumsuz etkilere sebep olacaktır. Bu çalışmada Elektrik şebekelerinin kapasite değerleri, şebeke yük eğrilerinin saatlik değişimleri gibi çoklu değişkenler içeren karmaşık problemlerin çözümü için sadece amaç fonksiyonuna gerek duyan ve olasılık kurallarına göre çalışan Genetik Algoritma, optimizasyon yöntemi olarak kullanılmıştır. Genetik Algoritmalar doğal seçim ilkelerine dayanan bir optimizasyon yöntemidir. Çözüm uzayının tamamını değil belirli bir kısmını tarayarak etkin bir arama yapar ve daha kısa sürede çözüme ulaşır. Bu tezde, Genetik Algoritma ile şarj istasyonlarının optimum yük profilleri oluşturulmuş, koordine edilmemiş yük profilleri ile test fideri üzerinde kıyaslamaları yapılmıştır.

Anahtar sözcükler: Elektrikli araç şarj istasyonu, Genetik algoritma, Optimizasyon.

ABSTRACT

OPTIMIZATION OF ELECTRIC VEHICLE CHARGING TIMES IN THE DISTRIBUTION NETWORK WITH GENETIC ALGORITHM

Hakan ÇELİK

Düzce University

Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Electrical-Electronics
and Computer Engineering

Master's Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Ali ÖZTÜRK

January 2021, 43 pages

Because of their environmental friendliness, reducing dependence on fossil fuels and advantage of fuel economy, Electric vehicles are supporting by many countries and getting more interest of vehicle users and vehicle manufacturers every day. Although their number is small for now, the ever-increasing electric vehicles, which are predicted to cover 58% of the total number of vehicles in traffic in 2040, bring along some problems as well as their advantages. Connection of electric vehicle charging stations to existing distribution networks; will cause adverse effects such as voltage drop, frequency fluctuation and network black out. In this study, Genetic Algorithm, which requires only the objective function and works according to probability rules, is used as an optimization method for solving complex problems involving multiple variables such as capacity values of electrical networks and hourly changes of grid load curves. Genetic Algorithms is an optimization method based on natural selection principles. It performs an efficient search by scanning a certain part, not the entire solution space, and reaches a solution in a shorter time. In this thesis, optimum charging stations load profiles were generated with the Genetic Algorithm and compared with uncoordinated load profiles on the test feeder.

Keywords: Electric vehicle charging stations, Genetic algorithms, Optimization.

1. GİRİŞ

Sürekli artış gösteren fosil yakıt kullanımları ve karbon emisyonlarına karşı avantaj olarak sunulan Elektrikli Araçlar (EA) aynı zamanda enerji talebinin artmasına sebep olacak ve elektrik şebekesinde belirli kısıtlamalar oluşturacaktır [1].

Standartlarda belirlenen şarj modları için maksimum akımlara bakıldığında, mesken kullanımlarında 32 ampere kadar ve mesken dışı farklı şarj modlarında alternatif akımda 16 amperden 250 ampere kadar, doğru akımda 400 ampere kadar akımların çekilebileceği görülmektedir [2]. Koordine edilmeden çok sayıda EA'nın dağıtım şebekesine bağlanması elektrik kesilmeleri, gerilim düşümü ve voltaj dalgalanmaları gibi olumsuz etkilere sebep olacaktır [3].

Literatürdeki EA'ların dağıtım şebekelerine etkileri ile alakalı ilk çalışma 1993 yılında yapılmış olup [4], günümüze kadar birçok araştırma yapılmıştır.

EA'ların şarj süreci yönetilemediğinde alçak gerilim seviyesinde ciddi şebeke problemleri ortaya çıktığı [5], [6], özellikle hızlı şarj istasyonları zayıf baralarda gerilim düşümlerine neden olduğu [7], güç olarak daha düşük olmasına rağmen kullanım oranı çok daha fazla olan evden şarjın, EA sayısı arttıkça puant saatlerinde şebekeden çekilen gücü çok arttıracakları çalışmalar ile tespit edilmiştir [8]. Elektrikli araçların sayıları gelecek 10 yılda tahminler doğrultusunda gerçekleşirse, en iyi ihtimalle 10 yıl içinde her yıl orta büyüklükte trafo merkezi ihtiyacı olabileceği öngörülmektedir [9].

Şebeke güç yükseltimi ile bu olumsuzluklar önlenabilir ama bu yüksek maliyet gerektiren bir çözümdür. Yük profillerinin puant saatlerinden kaydırılması bir çözüm olabilir fakat EA sayısının çok artması durumunda aynı etki tekrar görülecektir [10]. Alternatif çözüm olarak akıllı şebekeler EA'ların şarj operasyonlarını koordine ederek daha az maliyetli çözümlere olanak vermektedir [11]. EA'lar şarj koordinasyonu esnekliğine sahiptir ve koordinasyon sonucu araç bataryası dolarken şebekeye etkisi azaltılabilir [12]. Yeniden şarj etmek için bir güç kaynağına ihtiyaç duyan EA, aynı zamanda bir güç kaynağı olarak da işlev görebilir [13],[14],[15].

EA şarj istasyonlarının dağıtım şebekeleri üzerine etkilerini azaltmak amacıyla şarj

istasyonlarının optimal lokasyonları, şarj zamanlarının optimizasyonları gibi ayrı konu başlıkları altında bir çok yöntem ile araştırma yapılmıştır [16].

Optimizasyon çalışmalarında genellikle Tabu Yöntemi, Parçacık Sürüsü Optimizasyonu ve Genetik Algoritma (GA) yöntemlerinden biri tercih edilmektedir [17].

GA'lar, doğal seçim ilkelerine dayanan bir arama ve optimizasyon yöntemidir. Temel ilkeleri John Holland tarafından ortaya atılan [18] GA'ların, fonksiyon optimizasyonu, çizelgeleme, mekanik öğrenme, tasarım, hücresel üretim gibi alanlarda başarılı uygulamaları bulunmaktadır [19]. Rastlantısal arama teknikleri kullanarak çözüm bulmaya çalışan GA parametre kodlama esasına dayanan sezgisel bir arama tekniğidir [20]. Temel olarak rastgele seçilen bir popülasyonu oluşturan gen dizileri ile amaç fonksiyonunu maksimize veya minimize etmektedir. Enerji sistemlerinde genetik algoritma uygulamaları, ekonomik yük dağılımı, arıza yerinin bulunması, hidrotermal elektrik üretim santrallerinin optimal işletimi, reaktif güç kompanzasyonu, güç sistemlerinde faz kaydırıcıların optimal yerleşimi, güvenilirlik indislerinin hesaplanması ve güç sistemi modernizasyonu gibi konular üzerinde yaygınlaşmıştır [16].

Alçak gerilim dağıtım şebekesi tasarımı çalışması sonucunda GA'nın dağıtım şebekesini optimize ettiği, diğer optimizasyon tekniklerine iyi bir alternatif olacağı, hatta çok büyük dağıtım şebekelerinde global optimum sonucuna ulaşmanın GA ile daha muhtemel olduğu bildirilmiştir [21].

[22]'de görüldüğü gibi EA'ların şarj edilme zamanları sezgisel algoritmalar ile planlandığında, yük profilinin düzgünleştiği, güç tepe noktalarının düştüğü ve güç sistemi bileşenlerinin yaşlanmaya karşı korunacağı sonucu elde edilmiştir.

2015'de Tabu yöntemi ile yapılan EA şarj koordinasyonu ile dağıtım şebekesinde daha ekonomik işletme maliyetlerine ulaşıldığı belirtilmiştir [23].

2019 yılında yapılan çalışmada GA kullanarak EA'lar için oluşturulan şarj ve deşarj yük profillerinin, koordine edilmemiş yük profillerine göre daha uygun sonuçlar verdiği tespit edilmiştir [24].

Şebekeden Araca Şarj (G2V) ve Araçtan Şebekeye Şarj (V2G) koordinasyonu için Parçacık Sürüsü Algoritması kullanılarak yapılan şarj optimizasyon çalışmasında kontrolsüz şarja göre çok daha ekonomik sonuçlar elde edilmiştir [25].

Farklı dağıtım hatları üzerinde gerekli olacak EA şarj istasyonu sayısı ve lokasyonları

tespiti için GA kullanılmış ve istenilen olumlu sonuçlara ulaşılmıştır [26], [27], [28].

[29]'da görüldüğü gibi EA şarj istasyonlarının iki yönlü çalışmasının dağıtım şebekesine voltaj desteği sağlayacağı ve Enerji Dağıtım Şirketlerinin bunu akıllı dağıtım operasyonlarında yardımcı destek olarak geliştirebileceği belirtilmiştir.

GA ile şarj zamanlarının planlanması çalışması sonucu daha düşük EA şarj maliyetleri elde edilmiştir [30]. Farklı bir çalışmada ise GA ile yapılan şarj planlaması sonucu dağıtım şebekesi güç eğrisi tepe noktasında düşüş gözlemlenmiştir [31].

2017'de EA'lar için GA ile gerçekleştirilen bir rota planlaması çalışmasında problem çözümü için GA'nın uygun bir optimizasyon yöntemi olduğu sonucuna varılmıştır [32].

EA'ların V2G modunda çalışmasının güç akışını optimize ettiği, şebeke kayıplarının ve yük dengesizliklerinin azaldığı, gerilimin iyileştiği sonuçlar elde edilen çalışmalar yapılmıştır [33], [34], [35].

EA şarj istasyonları ile ilgili farklı bölgelerde uygulanan farklı standartlar bulunmaktadır [36]. Avrupa'da çoğunlukla kullanılan standart Institute of Electrical and Electronics Engineering (IEC) 61851 [37] standardıdır. Kuzey Amerika'da Society of Automotive Engineers (SAE) tarafından hazırlanan J1772, Japonya'da Tokyo Electric Power Company (TEPCO) hazırladığı Charge de Move (CHAdEMO) standartları yürürlükte [38].

Mevcut 61851 standardı anma gücüne bağlı olarak şarj istasyonlarını, meskenler ve uzun süreli park alanları için nominal gücü 3,7 kW ve altı için normal veya yavaş şarj, özel ve kamusal elektrikli araçlar için kullanılan, 3,7 ila 22 kW arası nominal güce sahip orta güçte veya hızlı şarj ile 22 kW'tan daha yüksek bir nominal güce sahip yüksek güç veya hızlı şarj olarak 3 sınıfa ayırmaktadır [2].

EA şarj istasyonları ile alakalı Enerji Piyasası Denetleme Kurumu (EPDK), elektrikli taşıtların şarj edilebilmesi için kurulacak hızlı, orta hızlı ve yavaş şarj ünitelerinin sayısı ve güçleri ve teknik özelliklerini de içeren elektrik projesi ile Dağıtım Şirketine başvuru yapılması gerektiğini belirtmiştir [39]. Dağıtım Şirketleri bağlantı taleplerini kendi prosedürlerine göre değerlendirerek karar vermektedir.

Bu tezde EA şarj istasyonlarının GA ile optimizasyonu yapılmıştır Tezin ikinci bölümünde GA hakkında bilgiler verilmiş ve örnek bir uygulama yapılmıştır. Optimizasyonun yapılacağı Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)

Avrupa Alçak Gerilim Test Fideri [40] ile EA'lar ve şarj istasyonları hakkında bilgi verilmiştir. İkinci bölümün sonunda batarya doluluk oranları ve şarj sürelerinin belirlenmesinde kullanılan metot verilmiştir. Tezin üçüncü bölümünde optimizasyon çalışması yapılarak G2V, V2G ve G2V ve V2G çalışma modları elde edilmiştir. Dördüncü bölümde sonuçlar irdelenerek öneriler belirtilmiştir.



2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. GENETİK ALGORİTMA

GA'lar, hem doğal seleksiyon hem de doğal genetikten ilham alan sayısal optimizasyon algoritmalarıdır. Son derece geniş bir problem yelpazesine uygulanabilmektedir. Tipik bir GA aşağıdaki 4 maddeyi içermelidir,

- Problemin çözümü için tahminlerden oluşan popülasyon.
- Popülasyon içindeki bireylerin ne kadar iyi veya kötü olduğunu hesaplamak için bir formül.
- Daha iyi çözümlere ulaşmak için en iyi çözümlerin karıştırılarak yeni çözümler oluşturabilmesi için metot.
- Çözümlerin içinde çeşitliliği devam ettirebilmek için mutasyon operatörü [41].

Genellikle ilk tahminler gerçek değişkenler olarak ikili kodlamalar şeklinde oluşturulur. Seçim, doğal seçiminkine benzer bir şekilde popülasyon üzerinde en iyi bireyleri seçer ve kötü performans gösteren bireyler elenir, seçilen bireyler gelecek nesillere taşınır.

Çaprazlama, seçim operatörü tarafından seçilen birey çiftlerinin ikili sayı dizesi içinden rastgele bir nokta seçer ve bu noktanın sağındaki tüm bilgiyi iki birey arasında karşılıklı değiştirir.

Mutasyon bireylerin ikili sayı dizesi içindeki sayıları rastgele değiştirerek çeşitliliğin devamını sağlar. Seçim, çaprazlama ve mutasyon işlemi, sabit bir nesle veya belirlenen bir değere ulaşana kadar devam eder [19].

2.1.1. Başlangıç Popülasyonu

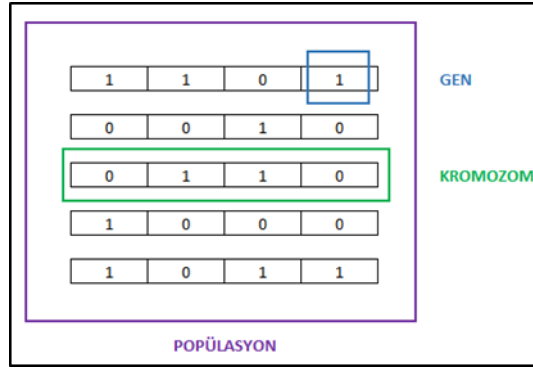
GA ile optimizasyon sürecinin ilk adımı, başlangıç popülasyonunu oluşturmaktır. Sütun sayısı m ve satır sayısı n olmak üzere başlangıç popülasyonu için matris ifadesi Şekil 2.1'de gösterilmiştir.

G , genleri ifade etmektedir. Genler kromozomları oluşturmaktadır ve kromozomlarda popülasyondaki bireyleri temsil etmektedir [42]. Popülasyondaki birey sayısı değiştirilebilir.

$$\text{Başlangıç Toplumu} = \begin{bmatrix} G_{1,1} & G_{1,2} & G_{1,3} & \dots & G_{1,m} \\ G_{2,1} & G_{2,2} & G_{2,3} & \dots & G_{2,m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ G_{n,1} & G_{n,2} & G_{n,3} & \dots & G_{n,m} \end{bmatrix}$$

Şekil 2.1. Başlangıç popülasyonu.

n değerinin büyük olması daha geniş bir örnekleme uzayında arama yapma üstünlüğünü sağlar. Şekil 2.2’de ikili kodlar ile oluşturulmuş örnek başlangıç popülasyonu gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Başlangıç popülasyonu ve bileşenleri.

Genelde başlangıç popülasyonunun birey sayısı denemelerle bulunur. Başlangıç popülasyonunun oluşturulmasında izlenecek en kolay yol, değişkenlerin sınırlar içinde rastlantısal olarak üretilmesidir. Bunun yanında var olan mühendislik bilgileri kullanılarak elde edilmiş bir takım iyi sonuçlar başlangıç topluluğunun bir kısmına dahil edilebilir [43].

2.1.2. Çaprazlama

Çaprazlama, genetik algoritma uygulamalarında en önemli operatördür. Çaprazlamada bireylerdeki iyi özellikleri birleştirerek daha iyi çözümler yaratması beklenir. Ele alınan probleme bağlı olarak, kullanıcı tarafından seçilen 4 farklı çaprazlama operatörü bulunmaktadır [44].

2.1.2.1. Tek Nokta Çaprazlama

Tek nokta çaprazlama en çok kullanılan operatördür. Eşleşen dizinin uzunluğu boyunca rastgele bir nokta seçilir ve belirlenen noktanın sağındaki değerler çapraz olarak bireyler arasında değiştirilir. Değiştirilen değerler genetik olarak bireylerin iyi özellikleri ise

nesiller bu özellikleri alarak daha iyi değerleri elde edilecektir.

2.1.2.2. İki Nokta Çaprazlama

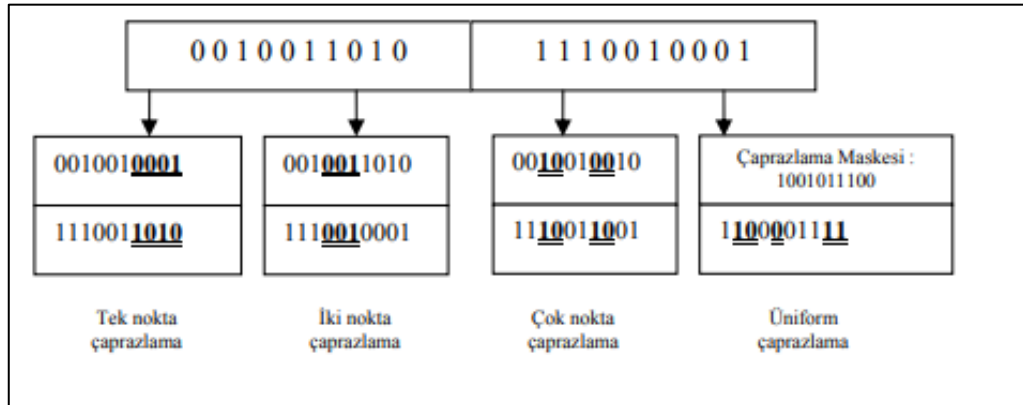
Tek nokta çaprazlama gibi çalışır. İki nokta çaprazlamada iki nokta arasında kalan alt dizilerin değiştirilmesiyle iki yeni birey elde edilir.

2.1.2.3. Çok Nokta Çaprazlama

Çok nokta çaprazlama yöntemi, iki nokta çaprazlamanın gelişmiş bir halidir. Kromozomlar daha fazla parçalara ayrılır ve bir atlanarak elde edilen çiftler arasında değiştirilerek yeni bireyler elde edilir.

2.1.2.4. Uniform Çaprazlama

Öncelikle babanın tüm genleri çocuğa kopyalanır. Boyutu birey boyutunun bir eksiği kadar, değerleri 0 ve 1 olmak üzere rasgele değişen bir vektör oluşturulur. Oluşturulan bu vektörün 1 değerine sahip elemanlarının indisleri babanın bir kopyası olan çocukta değiştirilecek genleri göstermek için kullanılır. Babadaki bu indislere sahip genlerin annede karşılık gelenlerinin indis değerleri alınır ve sıralanır. Daha sonra sıralanan bu indis değerlerindeki genler anneden alınarak çocukta önceden tespit edilmiş değiştirilecek genlerin yerine yazılır ve böylece çaprazlama gerçekleştirilmiş olur [45]. Şekil 2.3’de bu 4 çaprazlama operatörü örnek olarak gösterilmiştir [44].

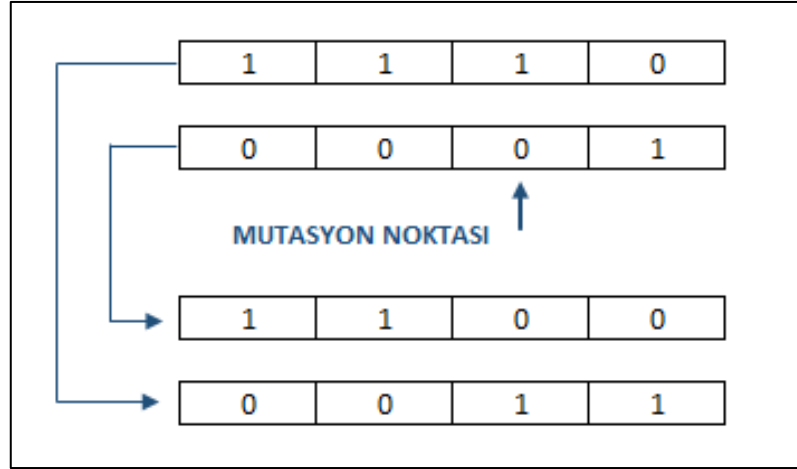


Şekil 2.3. Çaprazlama operatörleri.

2.1.3. Mutasyon

Doğal evrimde mutasyon, bir genin bir elementinin yeni bir genetik yapı üretmek için bir başkasıyla değiştirildiği rastgele bir süreçtir. GA'larda mutasyon tipik olarak 0,001 ve 0,01 aralığında düşük olasılıkla rastgele uygulanır ve kromozomlardaki genleri

değiştirir. Arka planda çalıştığı kabul edilen mutasyon operatörü, genellikle aranan bir dizinin sıfır olmamasını sağlamakta ve seçim ve çaprazlama işlemlerinde kaybolma ihtimali olan iyi genetik materyallerin geri kazanımı için bir güvenlik ağı olarak çalışmaktadır [46]. Şekil 2.4’de örnek bir mutasyon işlemi görülmektedir.



Şekil 2.4. Tek nokta mutasyon işlemi.

2.1.4. Seçim

GA’da, birbirini izleyen nesillerin oluşmasında bireylerin seçimi önemli rol oynar. Seçim işleminin Rulet çarkı yöntemi, Sıra yöntemi, Turnuva yöntemi, Boltzmann yöntemi ve Elitizm yöntemi gibi teknikleri vardır [47].

En fazla kullanılan uygunluk seçim yöntemi rulet çarkıdır. Rulet çarkı üzerinde bireylerin uygunluk değerleriyle orantılı olarak pay verilmiştir. Rulet çarkı yeterli sayıda döndürülerek hangi bireylerin seçileceğine karar verilmiş olur. Rasgele yapılan seçimde, uygunluk fonksiyonu yüksek olan bireylerin seçilme olasılığı daha fazladır.

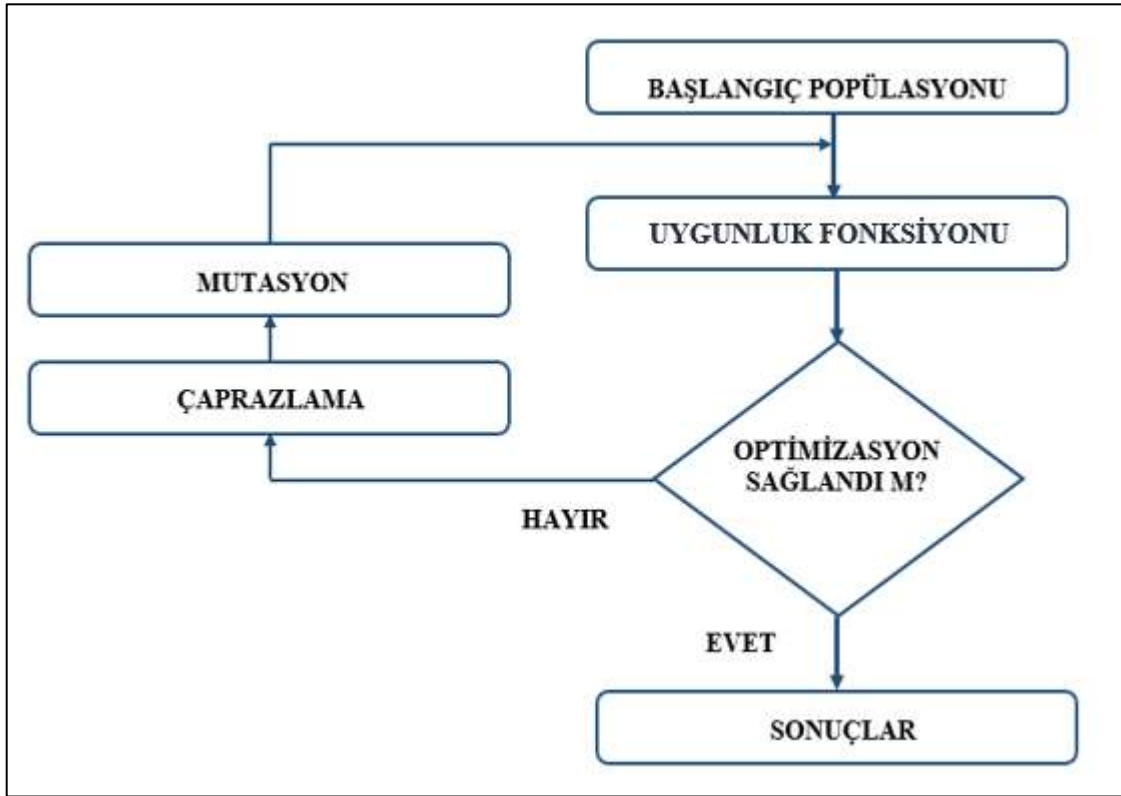
2.1.5. Uygunluk Fonksiyonu

Uygunluk fonksiyonu popülasyondaki her bireyin istenilen amaca uygunluğunu derecelendirmeye imkân sağlayarak ölçen fonksiyondur. Bu derecelendirme sayesinde en uygun bireyler seçilir [48].

Uygunluk fonksiyonunun seçimi GA’larda önemlilik arz etmektedir. Amaca uygun farklı fonksiyonlar GA’nın farklı yanıtlar vermesine sebep olmaktadır [49].

Daha hızlı ve optimum sonuçlar üreten uygunluk fonksiyonu oluşturulmalıdır. Şekil 2.5’de yukarıda açıklanan GA operatörlerinin çalışma prensibi şematik olarak

gösterilmiştir.



Şekil 2.5. Genetik algoritma genel akış şeması.

2.1.6. Genetik Algoritma Uygulaması

Aşamaları bir örnek üzerinde göstermek amacı ile $f = x^2$ denkleminin $0 \leq x \leq 4095$ aralığındaki en büyük değerini GA ile bulalım.

2.1.6.1. Başlangıç Popülasyonunun Oluşturulması

Popülasyonumuzu oluşturan bireyler ikili sayı sistemi ile ifade edilecektir. En büyük değeri veren sayı 4095 olduğu için GA'nın 4095'e karşılık gelen ikili sayı dizisini bulması amaçlanmaktadır. Bu değeri veren birey, vektör (2.1) deki gibi ifade edilebilir.

$$\overrightarrow{x_{4095}} = [1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1] \quad (2.1)$$

Bireyi oluşturan gen sayısı 12 olduğu için, başlangıç popülasyonunu oluşturan bireylerin sütun sayısı 12 olacaktır. Birey sayısı bu örnek için 8 olarak seçilmiştir.

Rastgele oluşturulan Başlangıç popülasyonu 8x12'lik matris olarak Çizelge 2.1'de gösterilmektedir.

Çizelge 2.1. Başlangıç popülasyonu.

Birey	Genler											
1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1
2	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1
3	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0
4	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1
5	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1
6	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0
7	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1
8	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1

Başlangıç popülasyonundaki bireyler onluk sayı sistemine çevrilir. İlk popülasyon için elde edilen x değerleri Çizelge 2.2’de gösterilmektedir.

Çizelge 2.2. Başlangıç popülasyonu değerleri.

Birey	Genler												Değer
1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	4085
2	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	681
3	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	2794
4	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	3735
5	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1653
6	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	292
7	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	699
8	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	2551

2.1.6.2. Amaç Fonksiyonunun Oluşturulması

Amaç fonksiyonu Denklem (2.2) ile ifade edilmiştir.

$$f = x^2 \quad (2.2)$$

İlk popülasyon için amaç fonksiyonu (2.3)’deki gibi vektör olarak ifade edilir.

$$f = \begin{bmatrix} x_{Birey1}^2 \\ x_{Birey2}^2 \\ x_{Birey3}^2 \\ x_{Birey4}^2 \\ x_{Birey5}^2 \\ x_{Birey6}^2 \\ x_{Birey7}^2 \\ x_{Birey8}^2 \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

Vektördeki her bir satırında, popülasyondaki her bireyin onluk sistemde aldıkları değerin uygunluk fonksiyonları hesaplanmaktadır. Birey değerleri her döngüde değişecektir.

2.1.6.3. Seçim İşleminin Uygulanması

Amaç en yüksek değeri bulmak olduğu için seçim işleminde ilk popülasyon için rastgele belirlenen bireylerin fonksiyon sonucu yüksek olanlardan seçim yapılır ve bu bireyler ayrılır, diğer bireyler silinir.

Bu örnekte seçilecek birey sayısı 4 olarak belirlenmiştir. Çizelge 2.3’de algoritmanın ilk döngüsünde başlangıç popülasyonu üzerinden gerçekleşen seçim işlemi sonucundaki birey sıralaması belirtilmiştir.

Çizelge 2.3. En yüksek sonuçların seçilmesi.

Birey	Fonksiyon Sonucu	Seçim	Genler
1	16687225	1	1 1 1 1 1 1 1 0 1 1 0 1
2	463761		0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 0 1
3	7806436	3	1 0 1 0 1 1 1 0 1 0 1 0
4	13950225	2	1 1 1 0 1 0 0 1 0 1 1 1
5	2732409		0 1 1 0 0 1 1 1 0 1 0 1
6	153664		0 0 0 1 1 0 0 0 1 0 0 0
7	488601		0 0 1 0 1 0 1 1 1 0 1 1
8	6507601	4	1 0 0 1 1 1 1 1 0 1 1 1

İlk döngü sonunda uygunluk fonksiyonu için bulunan en iyi değer 16687225’dir. Seçim

işlemi sonrası oluşturulan seçim popülasyonu Çizelge 2.4’de görünmektedir.

Çizelge 2.4. Seçim popülasyonu.

Birey	Fonksiyon Sonucu	Seçim	Genler
1	16687225	1	1 1 1 1 1 1 1 0 1 1 0 1
2	13950225	2	1 1 1 0 1 0 0 1 0 1 1 1
3	7806436	3	1 0 1 0 1 1 1 0 1 0 1 0
4	6507601	4	1 0 0 1 1 1 1 1 0 1 1 1

2.1.6.4. Çaprazlama İşleminin Uygulanması

Çaprazlama işlemi Seçim Popülasyonuna uygulanır. Her çevirimde çaprazlama işleminin yapılıp yapılmayacağı çaprazlama oranı ile belirlenir ve çaprazlama noktası rastgele seçilir. Bu örnekte çaprazlama oranı 0,9 olarak seçilmiştir, her döngüde %90 ihtimal ile çaprazlama işlemi gerçekleşmektedir ve ilk döngü için çaprazlama noktası 7. gen olarak çıkmıştır. Çaprazlama işlemi sonrası bireylerin 7. genlerinin sağ tarafında kalanlar 1. ve 2. bireyler ile 3. ve 4. bireyler arasında karşılıklı olarak değiştirilmiştir. Değişim sonrası oluşan çaprazlama popülasyonu Çizelge 2.5’de gösterilmektedir.

Çizelge 2.5. Çaprazlama popülasyonu.

Birey	Gen Alınan Birey	Çaprazlama Noktası	Sabit Kalan Genler	Çaprazlanan Genler
1	2	7	1 1 1 1 1 1 1	1 0 1 1 1
2	1	7	1 1 1 0 1 0 0	0 1 1 0 1
3	4	7	1 0 1 0 1 1 1	1 0 1 1 1
4	3	7	1 0 0 1 1 1 1	0 1 0 1 0

2.1.6.5. Mutasyon İşleminin Uygulanması

Mutasyon işlemi, seçim işlemi sonrası elde edilen 4x12’lik Çizelge 2.5’deki çaprazlama popülasyonuna uygulanır. Her çevirimde mutasyon işleminin yapılıp yapılmayacağı mutasyon oranı ile belirlenir ve mutasyon noktası rastgele seçilir.

Bu örnekte Mutasyon oranı 0,05 olarak seçilmiştir. İlk döngü için mutasyon noktası 9. gen olarak çıkmıştır. Çaprazlama işlemi sonrası bireylerin genlerinin değeri 0 ise 1 ve 1 ise 0 olarak değiştirilmiştir. Mutasyon popülasyonu Çizelge 2.6’da gösterilmiştir.

Çizelge 2.6. Mutasyon popülasyonu.

Birey	Eski Gen	Mutasyon Noktası	Genler
1	0	9	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
2	1	9	1 1 1 0 1 0 0 0 0 1 0 1
3	0	9	1 0 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1
4	1	9	1 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 0

Mutasyon işlemi sonrası seçim popülasyonu Çizelge 2.4 ve mutasyon popülasyonu Çizelge 2.6 alt alta eklenir. Oluşturulan yeni popülasyon Çizelge 2.7’de gösterilmektedir.

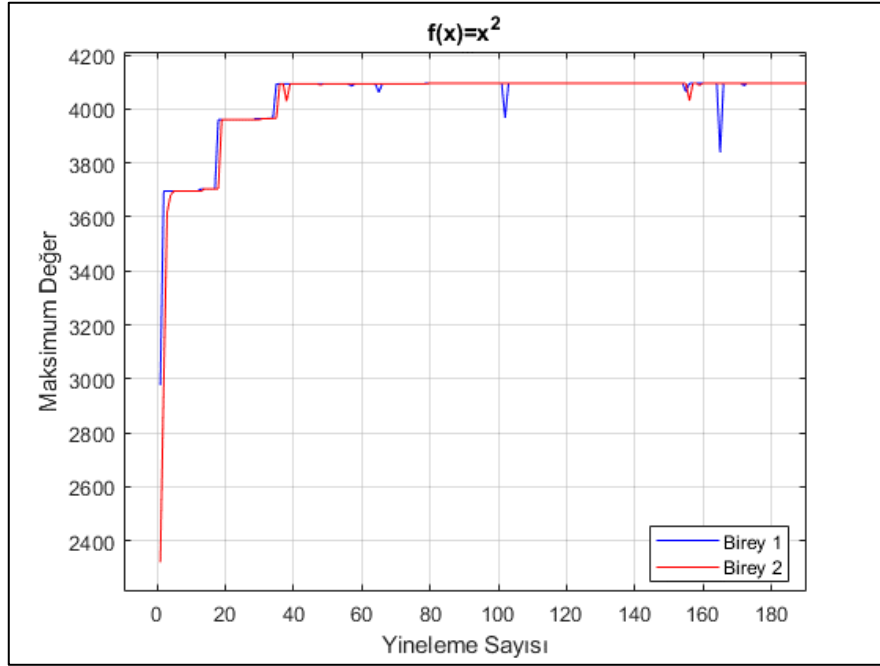
Çizelge 2.7. Yeni popülasyon.

Birey	Genler
1	1 1 1 1 1 1 1 0 0 1 0 1
2	1 1 1 0 1 0 0 1 1 1 1 1
3	1 0 1 0 1 1 1 0 0 0 1 0
4	1 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1
5	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
6	1 1 1 0 1 0 0 0 0 1 0 1
7	1 0 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1
8	1 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 0

2.1.6.6. Algoritma Sonuçları

1. döngü sonucunda amaç fonksiyonunun ortalama değerinde başlangıç popülasyonuna kıyasla %84’lük bir artış gözlenmektedir, döngü sayısı bu örnek için 200 olarak seçilmiştir. Şekil 2.6’da görüldüğü gibi yaklaşık olarak 80. döngü sayısında en büyük değer olan 4095 değerine ulaşılmıştır. Grafik sadece iki birey için çizilmiştir. Döngüyü

devam ettirdiğimizde tüm genler 1 olduğu için çaprazlama işleminin bir etkisi kalmamakta fakat mutasyon işlemi döngü boyunca rastgele genleri değiştirmeye devam etmektedir.



Şekil 2.6. Optimizasyon sonucu.

Diğer bireyler de bu grafiğe benzer sonuçlar vermektedir. Maksimum değere ulaştıktan sonra tüm genlerin değeri Çizelge 2.8’de görüldüğü gibi 1 olmaktadır.

Çizelge 2.8. Maksimum döngü sonu değerler.

Birey	Değer	Fonksiyon Sonucu	Genler
1	4095	16769025	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
2	4095	16769025	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
3	4095	16769025	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
4	4095	16769025	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
5	4095	16769025	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
6	4095	16769025	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
7	4095	16769025	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

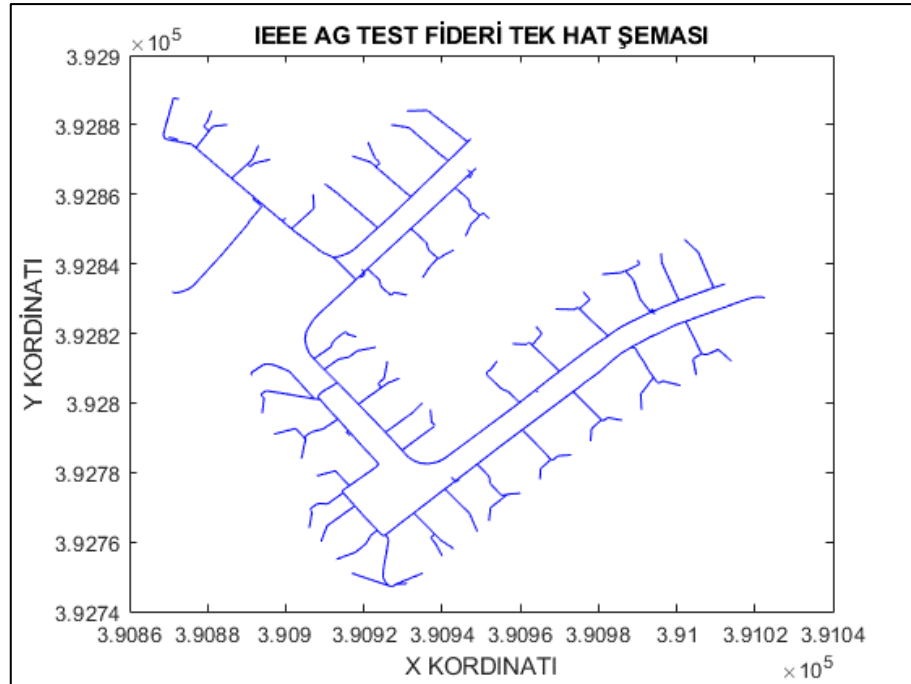
8	4095	16769025	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
---	------	----------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

2.2. IEEE AVRUPA ALÇAK GERİLİM TEST FİDERİ

IEEE Dağıtım Sistem Analiz Alt komitesi test fiderleri çalışma grubunun hazırlamış olduğu bu test fiderinin amacı, Avrupa'da yaygın olan alçak gerilim fiderleri ve bunların orta ila uzun vadeli dinamik davranışlarını incelemek isteyen araştırmacılar için bir kıstas sağlamaktır. Dağıtım araştırması ve planlamasında, birçok teknolojiye ortaya çıkan orta ila uzun vadeli dinamik davranışı yakalamak için statik güç akışı çözümlerinden ziyade zaman serisi çözümlerine ihtiyaç ortaya çıkmıştır. Bu test fideri ile Faz-Faz gerilimi 416 V olan, 24 saat için 1 dakikalık zaman çözünürlüğünde yük profilleri sağlanmıştır [40].

2.2.1. Tek Hat Şeması

AG (Alçak gerilim) test fideri, 50 Hz'lik frekansta bir radyal dağıtım fideridir. Fider, trafo merkezindeki bir transformatör aracılığıyla OG (orta gerilim) sistemine bağlanır. Transformatör, gerilimi 11 kV'dan 416 V'a düşürür. Ana fider ve kollar 416 V gerilim seviyesindedir [40]. Test fiderinin tek hat şeması Şekil 2.7'de gösterilmiştir.



Şekil 2.7. Tek hat şeması.

2.2.2. Voltaj Kaynağı ve Transformatör

OG sistemi, empedanslı bir voltaj kaynağı olarak modellenmiştir. Empedans, kısa devre akımları ile belirlenir. Voltaj kaynağı için kaynak gerilimi 11 kV, pu 1,05, trifaze kısa devre akımı 3000 A, monofaze kısa devre akımı 5 A olarak belirlenmiştir.

Trafo merkezindeki üç fazlı transformatörün nominal gücü 0,8 MVA, nominal gerilimleri 11 / 416 kV'dur. Sargıların direnci ve reaktansı sırasıyla %0,4 ve %4'tür [40].

2.2.3. Dağıtım Hatları

Dağıtım hatlarının, hat kodları ve uzunlukları tanımlanır. Örnek hat kodları, bağlantı baraları ve uzunlukları Çizelge 2.9'da verilmiştir.

Çizelge 2.9. Hat bara bağlantı noktaları ve uzunlukları.

Hat	Bara1	Bara2	Faz	Uzunluk	Birim	Hat Kodu
HAT1	1	2	ABC	1,098	m	4c_70
HAT2	2	3	ABC	0,11511	m	4c_70
HAT3	3	4	ABC	0,10784	m	4c_70
HAT4	4	5	ABC	0,094021	m	4c_70
HAT5	5	6	ABC	0,14812	m	4c_70

Hat kodları için empedans ve admitanslar Çizelge 2.10'da verilmiştir. R1, X1, R0 ve X0 empedans birimleri ohm, C1 ve C2 admitans birimleri nanofarad (nF)'dir.

Çizelge 2.10. Hat empedans ve admitansları.

Hat Kodu	Faz	R1	X1	R0	X0	C1	C0	Birim
2c_.007	3	3,97	0,099	3,97	0,099	0	0	km
2c_.0225	3	1,257	0,085	1,257	0,085	0	0	km
2c_16	3	1,15	0,088	1,2	0,088	0	0	km
35_SAC_XS C	3	0,868	0,092	0,76	0,092	0	0	km
4c_.06	3	0,469	0,075	1,581	0,091	0	0	km
4c_.1	3	0,274	0,073	0,959	0,079	0	0	km

2.2.4. Yükler ve Yük Profilleri

Yükler sabit olarak modellenmiştir. Her bir yük için temel yük, kW ve g faktörü (PF) kullanılarak belirtilir. Çizelge 2.11’de 10 adet örnek yk için faz sayısı, bağlı olduğu bara ve faz, bağlantı gerilimi, model, g, g faktörü ve yük profili gösterilmiştir.

Çizelge 2.11. Yükler.

Yük	Faz Sayısı	Bara	Faz	kV	Model	Bağlantı	kW	PF	Yıllık
YK1	1	34	A	0,23	1	wye	1	0,95	Yk_Profil_1
YK2	1	47	B	0,23	1	wye	1	0,95	Yk_Profil_2
YK3	1	70	A	0,23	1	wye	1	0,95	Yk_Profil_3
YK4	1	73	A	0,23	1	wye	1	0,95	Yk_Profil_4
YK5	1	74	A	0,23	1	wye	1	0,95	Yk_Profil_5
YK6	1	83	B	0,23	1	wye	1	0,95	Yk_Profil_6
YK7	1	178	B	0,23	1	wye	1	0,95	Yk_Profil_7
YK8	1	208	C	0,23	1	wye	1	0,95	Yk_Profil_8
YK9	1	225	A	0,23	1	wye	1	0,95	Yk_Profil_9
YK10	1	248	B	0,23	1	wye	1	0,95	Yk_Profil_10

Yük profilleri zaman serisi simülasyonu olarak tanımlanmıştır. Her bir yük için 1140 adet veri noktası bulunmaktadır ve iki stnlu bir matris ile tanımlanır. Çizelge 2.12’de YK1 için verilen yk profilinden bir kesit gösterilmektedir. 1. lm noktasında (dakika 01:00) YK1’in çektiği yk 0,036x1 kW olacaktır [40].

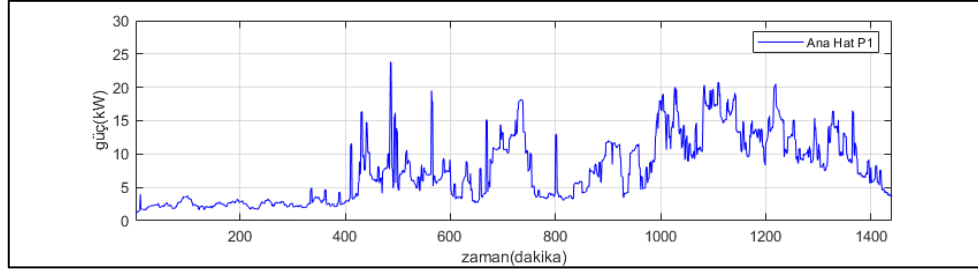
Çizelge 2.12. Yük profili.

lm Noktası	Zaman	arpan
1	00:01:00	0,036
2	00:02:00	0,036
.	.	.

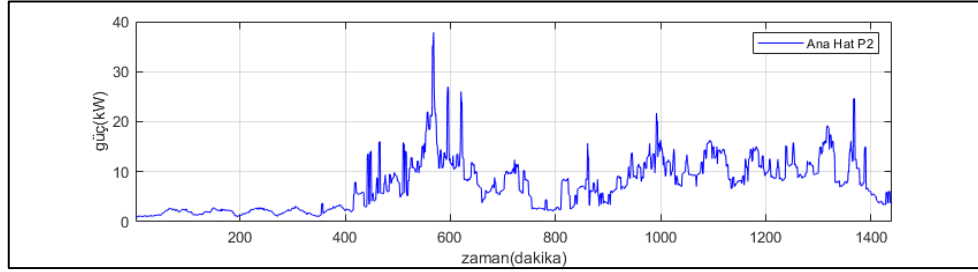
.	.	.
1439	23:59:00	0,036
1440	24:00:00	0,036

2.2.5. Analiz Sonuçları

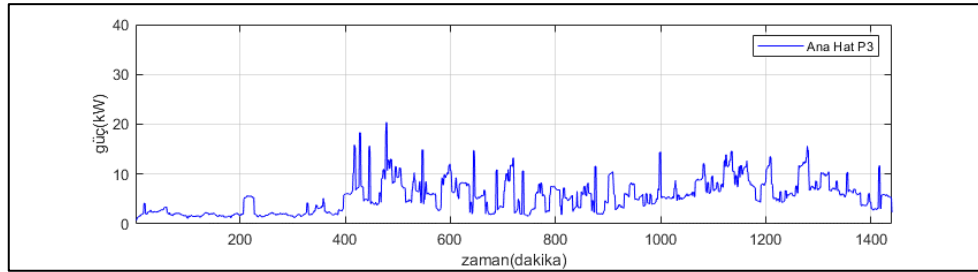
Test Fiderinin analizi Open Distribution System Simulator (OpenDSS) ile yapılmıştır. Ana hat A, B ve C fazlarının güç grafikleri Şekil 2.8, Şekil 2.9 ve Şekil 2.10'da verilmiştir.



Şekil 2.8. Ana hat P1 güç grafiği.



Şekil 2.9. Ana hat P2 güç grafiği.



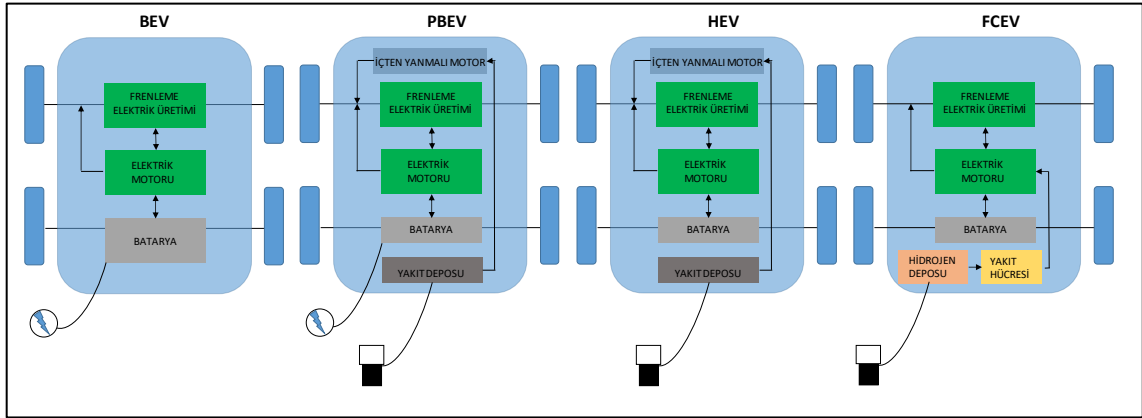
Şekil 2.10. Ana hat P3 güç grafiği.

2.3. ELEKTRİKLİ ARAÇLAR VE ŞARJ İSTASYONLARI

2.3.1. Elektrikli Araç Tipleri

EA'lar, güçlerinin tamamını veya bir kısmını dağıtım şebekesinden sağlanan elektrikten alır. Tamamen Elektrikli Araçları (AEV) ve Fişli Hibrit Elektrikli Araçları (PHEV) içerir. AEV'ler bir veya daha fazla elektrik motoruyla çalıştırılır. Şebekeye bağlanarak elektrik alırlar ve pillerde saklarlar. Petrol bazlı yakıt tüketmezler ve egzoz emisyonu üretmezler. AEV'ler arasında Bataryalı Elektrikli Araçlar (BRV) ve Yakıt Hücresel Elektrikli Araçlar (FCEV) bulunmaktadır. PHEV'ler bir elektrik motoruna güç sağlamak için piller kullanır, şarj etmek için elektrik şebekesine takılır ve içten yanmalı motora güç sağlamak için petrol bazlı veya alternatif bir yakıt kullanır. Bazı PHEV türlerine Genişletilmiş Menzilli Elektrikli Araçlar (EREV) da denir.

Şekil 2.11'de EA tipleri gösterilmiştir [50].



Şekil 2.11. Elektrikli araç tipleri.

2.3.2. Elektrikli Araç Şarj Çeşitleri

EA'lar için en yaygın standartlar IEC, SAE olarak sayılabilir. CHAdeMO ise Japonya'da geliştirilmiş Doğru Akım (DC) hızlı şarj standardıdır. Avrupa'da daha çok IEC standardını, Amerika ve Japonya ise SAE standardını benimsemiştir. Standart isimleri ve numaraları Çizelge 2.13'de listelenmiştir [51].

Çizelge 2.13. EA şarj standartları.

STANDARD	NO
IEC	IEC 61851

SAE	SAE J1772
CHAdeMO	CHAdeMO

Bu standartlar şarj modlarını, iletişim protokollerini, fiş ve priz tiplerini belirlemektedir. SAE ve IEC aynı iletişim protokollerini kullanmalarına rağmen fiş ve priz tipleri farklıdır.

Elektrikli araç bataryaları yapıları gereği DC ile şarj olmaktadır. Mod 1, 2 ve 3 şarj işlemlerinde, şebekeden gelen Alternatif Akım (AC), DC'ye araç üzerinde dönüştürülürken, Mod 4 şarj işleminde bu dönüşüm istasyon üzerinde yapılmaktadır.

Mod 1: EA direkt olarak AC prize bağlanarak şarj edilmektedir. Akım 16 A, gerilim ise tek fazda 250 V ve üç fazda 480 V ile sınırlıdır. Birçok ülkede Mod 1 tipi şarj güvenlik nedeniyle yasaklanmıştır. Bu sebeple Mod 2 geliştirilmiştir.

Mod 2: EA direkt olarak AC prize haberleşme adaptörlü bir kablo ile bağlanır. Bu adaptör, priz tarafında topraklama varsa şarj imkanı verir. Akım 32 A, Gerilim ise tek fazda 250 V ve üç fazda 480 V ile sınırlıdır.

Mod 3: EA ile istasyon arasında karşılıklı haberleşme bulunmaktadır. Şarj işlemi gücü arttıkça, bataryayı doldurmak için gerekli şarj süresi düşer. Mod 3'te, şarj gücüne göre 4 adet şarj kademesi bulunmaktadır,

3,7 kVA (16 A, Tek Faz – 230 V AC)

7,4 kVA (32 A, Tek Faz – 230 V AC)

11 kVA (16 A, Üç Faz – 400 V AC)

22 kVA (32 A, Üç Faz – 400 V AC)

Mod 4: Hızlı şarj modudur ve DC olarak istasyonlardan 400 A'e kadar olan şarjı destekler [52].

2.4. BATARYA ŞARJ DURUMU VE ŞARJ SÜRELERİNİN BELİRLENMESİ

Çalışmada kullanılacak olan EA'ların batarya doluluk oranları ve şarj süreleri, yük profillerinin oluşturulmasında kullanılacak girdilerdir.

EA'ların tahmini yük profillerinin oluşturulmasında, normal araçların uzun dönemli

trafik verilerinden oluşturulan değerler kullanılmıştır. Bu şekilde seçilen EA'ların şarj durumları için gerçeğe yakın veriler oluşturulacaktır.

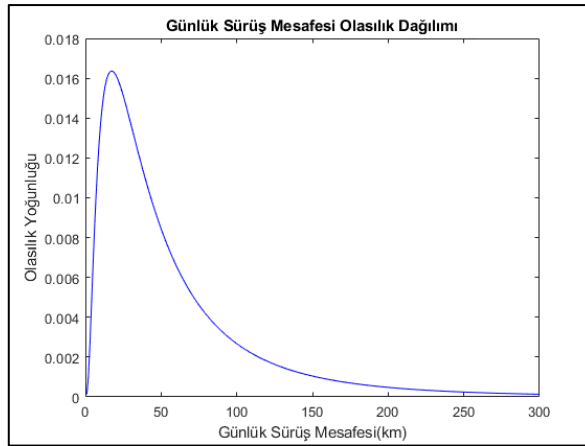
2.4.1. Günlük Sürüş Mesafesi Olasılık Dağılımı

Ea'ların günlük sürüş mesafesi yoğunluğu istatistiki veriler ile oluşturulan Denklem (2.4) ile ifade edilmektedir [6].

$$fd = \left(\frac{1}{d\sigma\sqrt{2\pi}} \right) \exp\left[-\frac{(\ln d - \mu)^2}{2\sigma^2}\right] \quad (2.4)$$

$\mu = 3,7$ ve $\sigma = 0,92$ olmak üzere Denklem (2.4) ile oluşturulan Günlük sürüş mesafesi olasılık dağılım grafiği Şekil 2.12'de gösterilmektedir.

Bu grafik trafikteki araçların günlük yapmış oldukları mesafeleri olasılık değeri ile belirtmektedir.



Şekil 2.12. Sürüş mesafesi olasılık dağılımı.

2.4.2. Şarj Durumu Olasılık Dağılımı

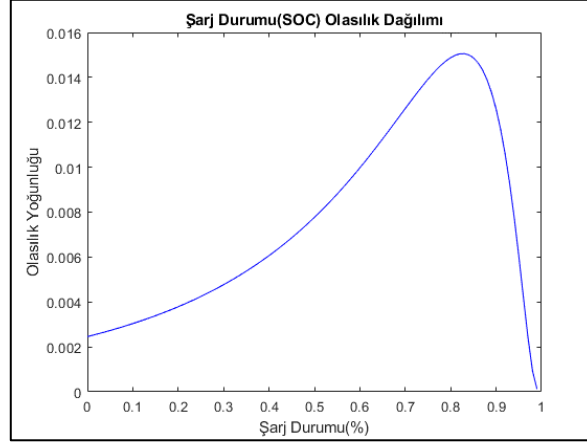
EA'ların bataryalarının Şarj Durumu (SoC) değerleri ile günlük yaptıkları mesafe (d) arasındaki orantı Denklem (2.5) ile ifade edilebilir. R , batarya ile yapılabilecek maksimum mesafeyi belirtmektedir.

$$SoC = 1 - d/R \quad (2.5)$$

Denklem (2.4) ve Denklem (2.5) kullanılarak şarj durumu olasılık dağılımı Denklem (2.6) ile oluşturulur.

$$f_{Soc} = \left(\frac{1}{R(1 - Soc)\sqrt{2\pi}} \right) \exp \left[-\frac{(\ln(R(1 - Soc) - \mu))^2}{2\sigma^2} \right] \quad (2.6)$$

Şekil 2.13’de SoC olasılık dağılımı görülmektedir.



Şekil 2.13. Şarj durumu olasılık dağılımı.

Hesaplama kolaylığı açısından $R = 100$ olarak alınmıştır. Bu grafik araçların şarj durumlarını olasılık değerleri ile belirtmektedir.

2.4.3. Yük Profillerinin Oluşturulması

Yük profilleri Matlab2019b programında *randsample* komutu ile SoC olasılık değerleri dikkate alınarak rastgele seçilmektedir. Rastgele seçilen yük profili bataryanın o andaki doluluk oranını göstermektedir. Gerekli olan şarj miktarı Denklem (2.7) ile bulunur.

$$psarj = C(1 - Soc) \quad (2.7)$$

Gerekli şarj süresi ise Denklem (2.8) ile ifade edilir.

$$tsarj = C(1 - Soc)/P \quad (2.8)$$

C bataryanın kapasitesini, P ise ortalama şarj güç seviyesini belirtmektedir. Batarya kapasiteleri çalışmada 16,5 kW, 25 kW ve 26,5 kW olarak seçilmiştir. P değeri yavaş şarj için 3,5 kW olarak alınmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. G2V OPTİMİZASYON

10 adet EA oluşturularak test fiderine belirlenen zaman aralığı içinde bağlantısı yapılacaktır. Şebekeden çekilen güç düşük olduğunda EA'ların şarj olması amaçlanmaktadır. Belirlenen bağlantı başlangıç ve bitiş saatleri aralığında EA'nın son şarj durumu en az %80 olacaktır. GA ile bu şartları sağlayan yük profilleri elde edilecektir. Oluşturulan yük profilleri ile analiz yapılacaktır.

Optimizasyon başlangıç ve bitiş saatleri olarak 18:00 ile 24:00 saatleri seçilmiştir. Bu saatler arasında 1 saatlik zaman aralıkları oluşturulmuştur, zaman aralığı değiştirilebilir. Zaman aralığının uzun aralıklar seçilmesi gen sayısını azaltacak ve optimizasyon süresini kısaltacaktır. Zaman aralığının kısa aralıklar seçilmesi ise tam tersi sonuç verecektir. Bununla birlikte kısa zaman aralıkları daha amaca uygun çözümler verecektir. Hat referans gücü olarak Şekil 2.9'daki 1 nolu bara B fazı güç değerleri alınmıştır.

3.1.1. EA'ların Oluşturulması

10 adet EA, Denklem (2.5), Denklem (2.6) ve Denklem (2.7) kullanılarak elde edilmiştir. Çizelge 3.1'de oluşturulan EA'ların özellikleri belirtilmiştir.

Çizelge 3.1. EA batarya ve şarj bilgileri.

EA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Batarya kapasitesi (kW)	25	16	16,5	25	25	16,5	25	26,5	25	26,5
Batarya kullanım oranı (%)	0,35	0,11	0,39	0,64	0,34	0,52	0,14	0,24	0,14	0,36
Gerekli şarj (kW)	7,00	1,45	5,14	12,8	6,80	6,86	2,80	5,08	2,80	7,63
%80 dolum gerekli şarj süresi (saat)	2,00	0,41	1,47	3,65	1,94	1,96	0,80	1,45	0,80	2,18
Şarj edilecek süre (saat)	2	1	2	4	2	2	1	2	1	3

Şarj gücü (kW)	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50
----------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

3.1.2. Genetik Algoritma İle Optimizasyon

Birey sayısı 1000 olarak seçilmiştir. 18:00 ve 24:00 saatleri aralığında 1 saatlik 6 zaman dilimi olduğundan başlangıç popülasyonumuz 1000x6'lık bir matris olacaktır.

Bireyleri oluşturan genler rastgele seçilen 0 ve 1'lerden oluşmaktadır. Başlangıç popülasyonunu (B_{pop}) vektörel olarak Denklem (3.1)'deki gibi ifade edebiliriz.

$$B_{pop} = [i]_{1000 \times 6} \quad i \in \{0,1\} \quad (3.1)$$

Hat güç değeri ($Phat$) ise Denklem (3.2) ile elde edilir.

$$\overrightarrow{P_{hat}} = \left[\sum_{1081}^{1140} P_{dk} \sum_{1141}^{1200} P_{dk} \sum_{1201}^{1260} P_{dk} \sum_{1261}^{1320} P_{dk} \sum_{1321}^{1380} P_{dk} \sum_{1381}^{1440} P_{dk} \right]_{1 \times 6} \quad (3.2)$$

Belirlenen 6 zaman dilimine karşılık gelen şarj modu seviyesi (P_s), (3.3) vektörü ile ifade edilir.

$$\overrightarrow{P_s} = [3.5 \ 3.5 \ 3.5 \ 3.5 \ 3.5]_{1 \times 6} \quad (3.3)$$

$Phat$ vektörü Denklem (3.4)'deki gibi başlangıç popülasyonu ile çarpılır ve Php matrisi oluşturulur.

$$P_{hp}(i,j) = \overrightarrow{P_{hat}}(1,j) \times B_{pop}(i,j) \quad \forall i \in \{1,2,3..,1000\}, \forall j \in \{1,2,3,4,5,6\} \quad (3.4)$$

P_s vektörü Denklem (3.5)'deki gibi başlangıç popülasyonu ile çarpılır ve Psp matrisi oluşturulur.

$$P_{sp}(i,j) = \overrightarrow{P_s} \times B_{pop}(i,j) \quad \forall i \in \{1,2,3..,1000\}, \forall j \in \{1,2,3,4,5,6\} \quad (3.5)$$

Php 'nin her satırı toplanarak TP_{hp} vektörü elde edilir. Denklem (3.6).

$$\overrightarrow{TP_{hp}}(i) = \sum_{j=1}^{1000} \sum_{j=1}^6 P_{hp}(i,j) \quad (3.6)$$

P_{sp} 'nin her satırı toplanarak TP_{sp} vektörü oluşturulur. Denklem (3.7).

$$\overrightarrow{TP_{sp}}(i) = \sum_{i=1}^{1000} \sum_{j=1}^6 P_{sp}(i, j) \quad (3.7)$$

Her satır için TP_{sp} 'nin değeri C (Şarj ihtiyacı) ile kıyaslanır ve eşit olan satırların numaralarına denk gelen TP_{hp} satırları seçilerek TP_{hp1} vektörü oluşturulur. Denklem (3.8).

$$\overrightarrow{TP_{sp}}(i) = C \Rightarrow \overrightarrow{TP_{hp1}}(k) = \overrightarrow{TP_{hp}}(i), \quad k\Delta \quad (3.8)$$

Her satır için TP_{sp} 'nin değeri C ile kıyaslanır ve eşit olan satırların numaralarına denk gelen B_{pop} satırları seçilerek Uygunluk popülasyonu (U_{pop}) matrisi elde edilir. Denklem (3.9).

$$\overrightarrow{TP_{sp}}(i) = CW \Rightarrow U_{pop}(k) = B_{pop}(i), \quad k\Delta \quad (3.9)$$

TP_{hp1} vektöründeki en küçük 100 değer sıralı olarak seçilir. Denklem (3.10).

$$\overrightarrow{TP_{min}}(d) = \min \overrightarrow{TP_{hp1}}(k), \quad 1 \leq d \leq 100, d\Delta \quad (3.10)$$

TP_{min} değerlerinin satır numaralarına karşılık gelen U_{pop} matrisinin satırları seçilerek Seçim Popülasyonu (S_{pop}) oluşturulur. Denklem (3.11).

$$S_{pop}(d) = U_{pop}(d) \quad (3.11)$$

TP_{min} için en küçük değeri veren S_{pop} satırı ilk çevirim için bulunan optimum yük eğrisini vermektedir. S_{pop} matrisine çaprazlama işlemi uygulanır ve Çaprazlama Popülasyonu (C_{pop}) elde edilir.

C_{pop} matrisine mutasyon işlemi uygulanır ve Mutasyon Popülasyonu (M_{pop}) oluşturulur.

S_{pop} ve M_{pop} matrisleri birleştirilerek SM_{pop} elde edilir. Denklem (3.12).

$$SM_{pop} = \begin{bmatrix} S_{pop} \\ M_{pop} \end{bmatrix} \quad (3.12)$$

Denklem (3.13)'deki gibi Başlangıç Popülasyonunun yeni değeri olarak SM_{pop} atanır ve bir sonraki döngüye geçilir.

$$B_{pop} = SM_{pop} \quad (3.13)$$

Belirlenen döngü sayısı sonunda hattan çekilen yeni güç değeri Ph_{son} Denklem (3.14) ile hesaplanır.

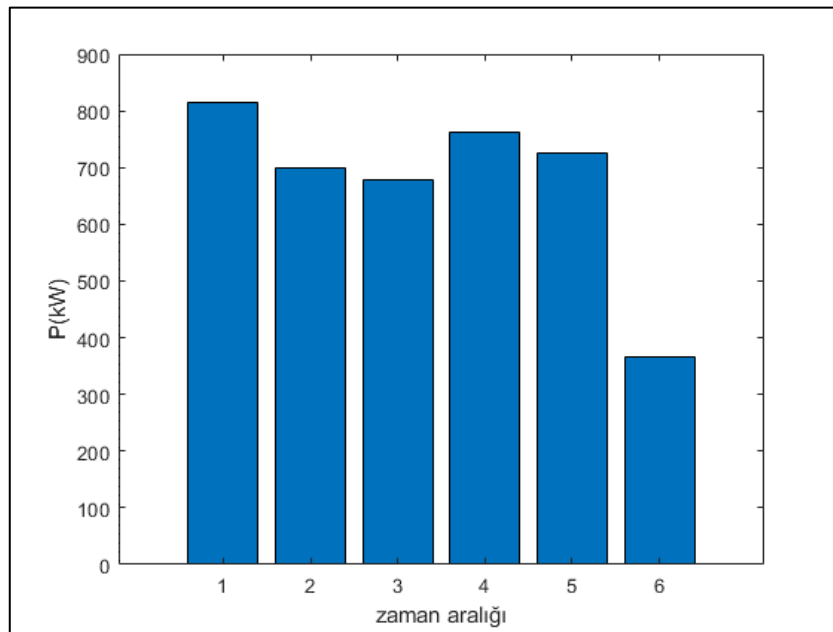
$$\overrightarrow{P_{hson}} = \overrightarrow{P_{hat}} + \overrightarrow{S_{pop}} \times 3.5 \quad (3.14)$$

Bir sonraki döngüde yeni hat güç değeri olarak kullanılır.

3.1.3. Analiz Sonuçları

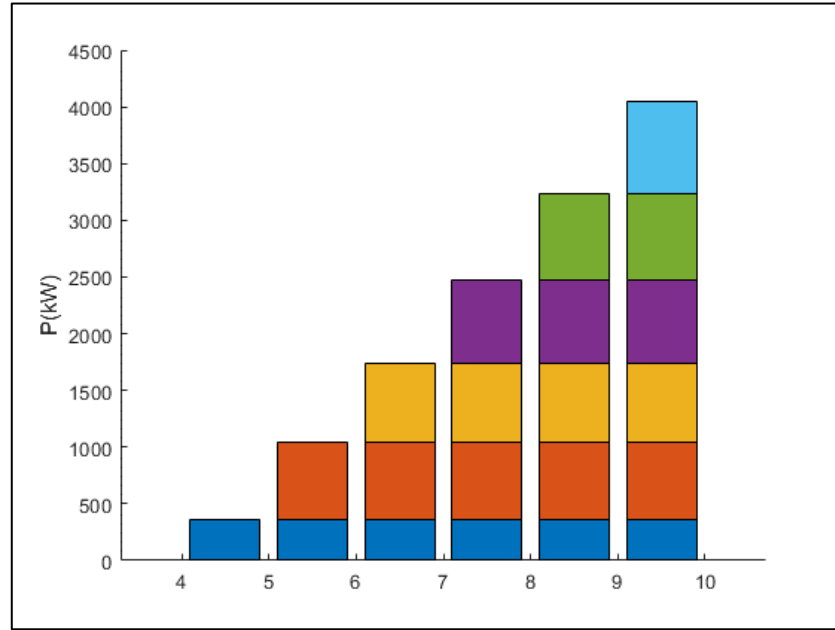
Şekil 3.1'de B fazında çekilen güçlerin toplam değerleri gösterilmektedir. Örneğin Çizelge 3.1'de belirtilen EA2, %80 şarj seviyesini sağlaması için 1 saat şarj edilmesi gerekmektedir ve şebekeye minimum etki için istenilen şarj zaman aralığı Şekil 3.1'deki 6. aralık iken, EA1 2 saat şarj edilmesi gerekmektedir ve minimum etkiyi verecek zaman aralıkları 6. ve 3. zaman aralıklarıdır.

GA ile gerekli şarj için toplamda en düşük güçleri sağlayan zaman aralıkları bulunmaktadır.



Şekil 3.1. B fazı saatlik toplam güçler.

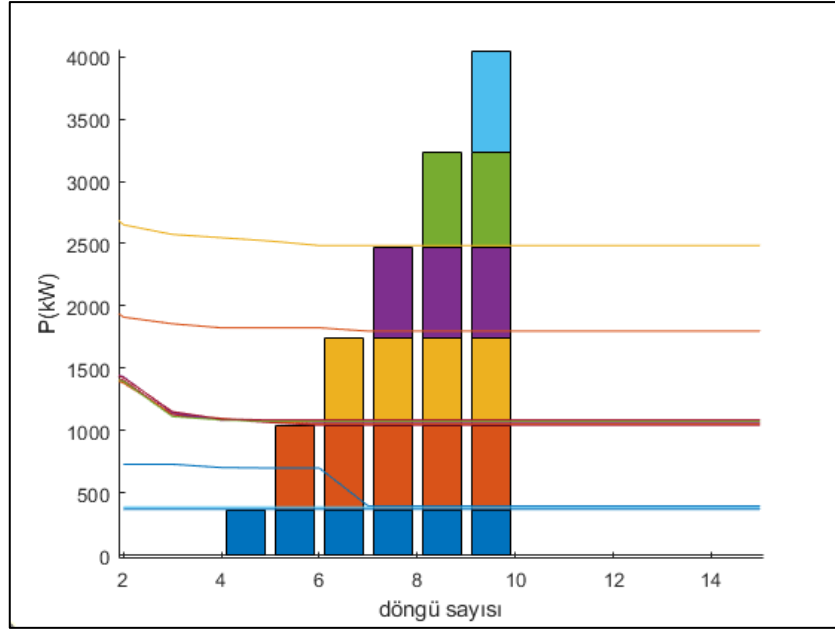
Şekil 3.1'deki toplam güçlerin düşükten yükseğe kümülatif olarak toplanmış hali Şekil 3.2'de gösterilmektedir.



Şekil 3.2. B fazı kümülatif güçler.

EA2, 1 saatlik şarj ihtiyacını Şekil 3.2'deki 1. bara ait zaman aralığında (Şekil 3.1'deki 6. zaman aralığı) şarj kademesi olan 3,5 kW güç ilave ederek gerçekleştirirken, EA1 ise 2 saatlik şarj ihtiyacını 2. bar üzerine (Şekil 3.1'deki 6. zaman aralığı ve 3. zaman aralığı) 7 kW'lık güç ilave ederek gerçekleştirecektir.

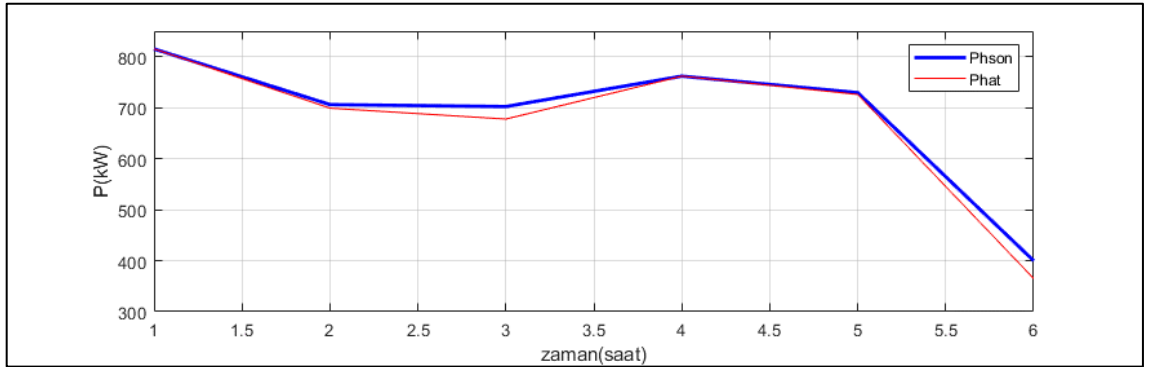
10 adet EA için GA ile oluşturulan optimal şarj bölgeleri dağılımı Şekil 3.3'de gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Yük profilleri dağılımı.

5. döngü sonrası tüm EA'lar için optimum şarj zamanları tespit edilmiştir.

P_{hat} ve P_{hson} güçlerinin saatlik toplam değişimleri Şekil 3.4'de gösterilmektedir. B fazına eklenen EA yük profilleri yüksek güç çekilen aralıklarda şarj olmamakta, güç talebinin az olduğu zamanlarda ise şebekeden güç çekmektedir.

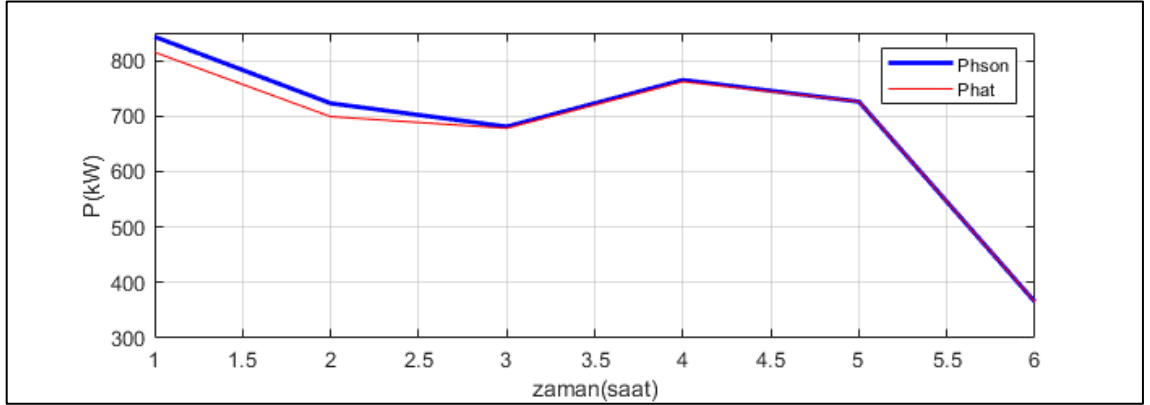


Şekil 3.4. B fazı saatlik güçler.

Optimizasyon amaçlandığı gibi çalışmaktadır. Puant saatlerinde EA'lardan kaynaklanan bir yüklenme olmamakta, güç talebinin az olduğu zamanlarda ise EA'lar belirlenen minimum şarj seviyelerini sağlamaktadır.

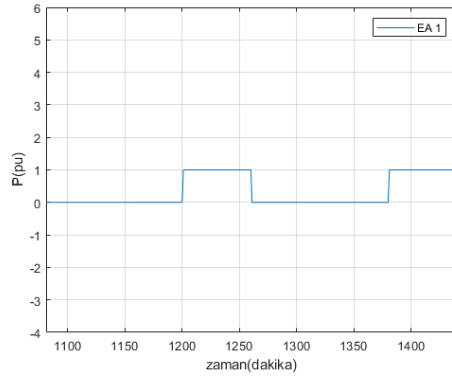
Aynı EA'ların optimizasyon olmadan şarj edilmesi durumunda P_{hat} ve P_{hson} güçlerinin saatlik toplam değişimleri Şekil 3.5'de gösterilmektedir. B fazına eklenen EA'ların ilk 2 saat içinde şarja başladığı kabul edilmiştir. Koordine edilmeden puant saatlerinde şarj

olan EA'lar dağıtım şebekesine bu zaman diliminde fazladan yük getireceği için istenmeyen etkiler oluşacaktır.

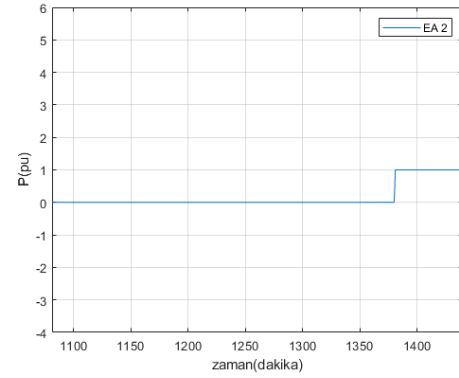


Şekil 3.5. B fazı saatlik güçler.

10 adet EA için yapılan optimizasyon sonucu oluşan yük profilleri Şekil 3.6, Şekil 3.7, Şekil 3.8, Şekil 3.9 ve Şekil 3.10'da gösterilmektedir.

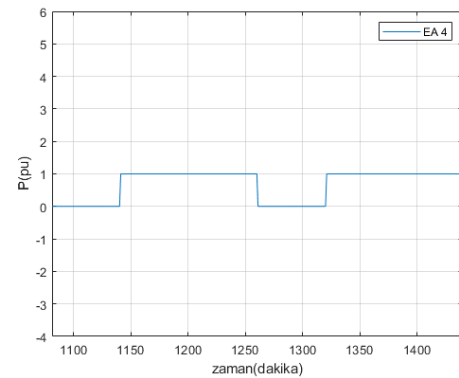
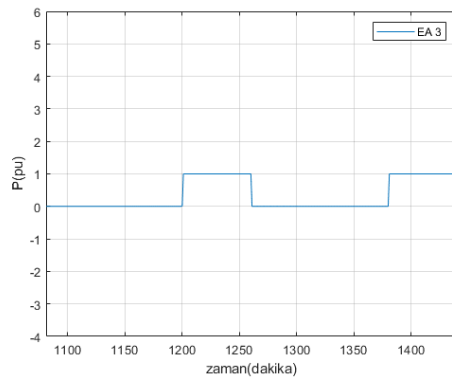


a)



b)

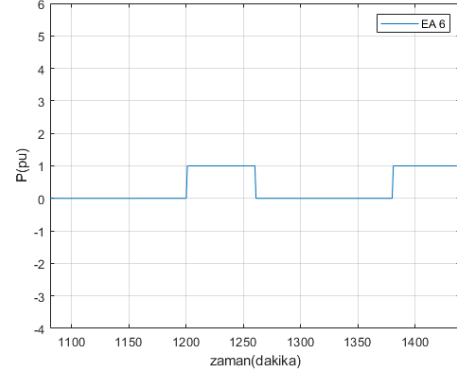
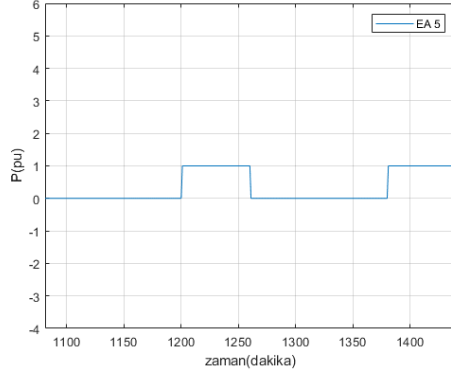
Şekil 3.6. EA yük profilleri a) EA1 b) EA2.



a)

b)

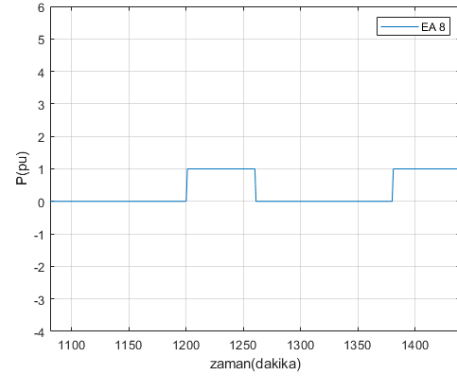
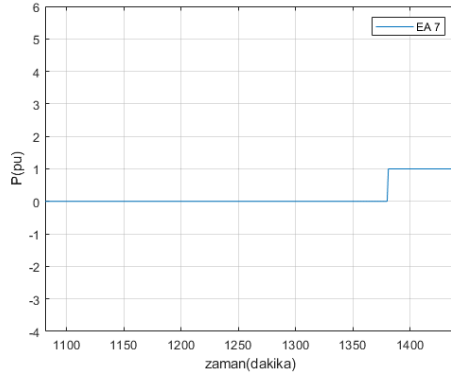
Şekil 3.7. EA yük profilleri a) EA3 b) EA4.



a)

b)

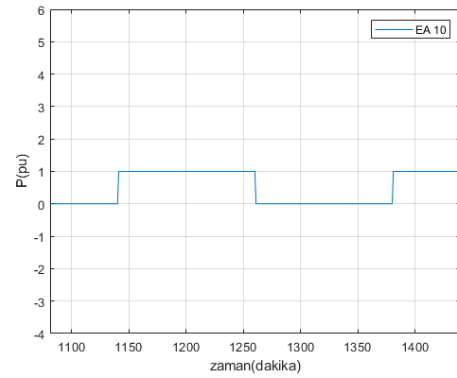
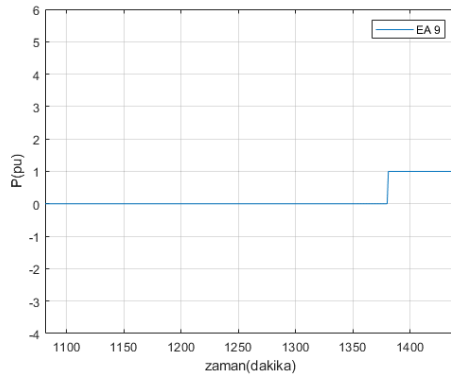
Şekil 3.8. EA yük profilleri a) EA5 b) EA6.



a)

b)

Şekil 3.9. EA yük profilleri a) EA7 b) EA8.

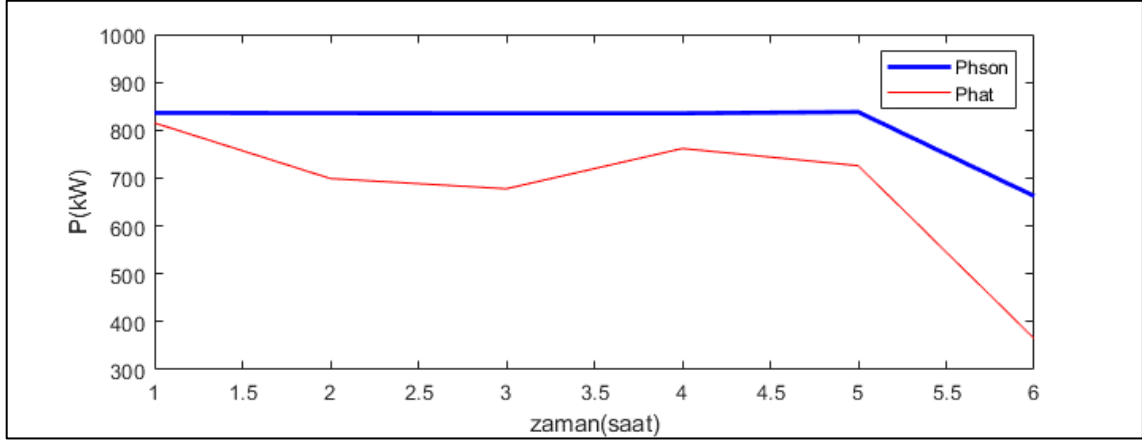


a)

b)

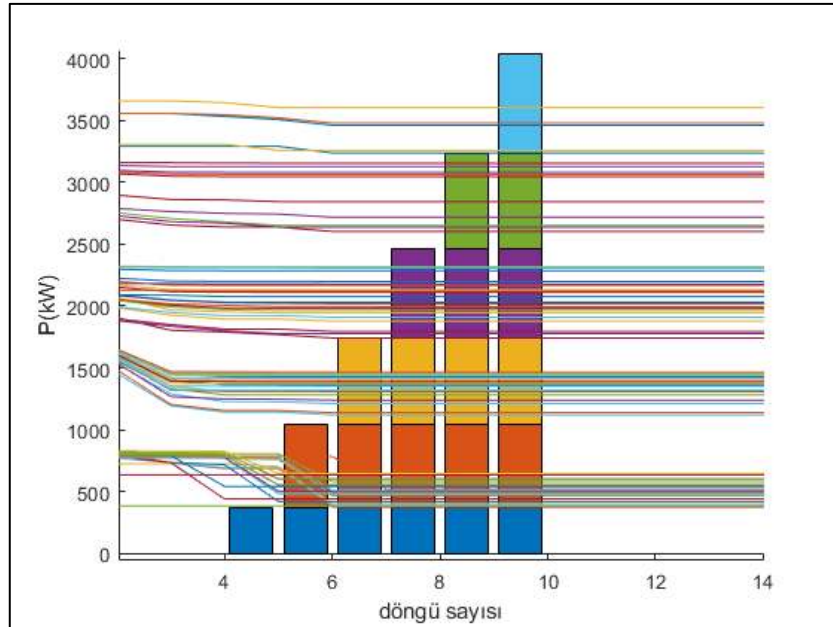
Şekil 3.10. EA yük profilleri a) EA9 b) EA10.

Şekil 3.11’de 85 adet EA bağlanması durumunda saatlik toplam yük durumu gösterilmektedir, yük eğrisi doğrusal bir eğilim göstermektedir.



Şekil 3.11. Saatlik güçler.

85 adet EA için GA ile oluşturulan optimal şarj bölgeleri dağılımı Şekil 3.12’de verilmiştir.



Şekil 3.12. Yük profilleri dağılımı.

3.2. V2G-G2V OPTİMİZASYON

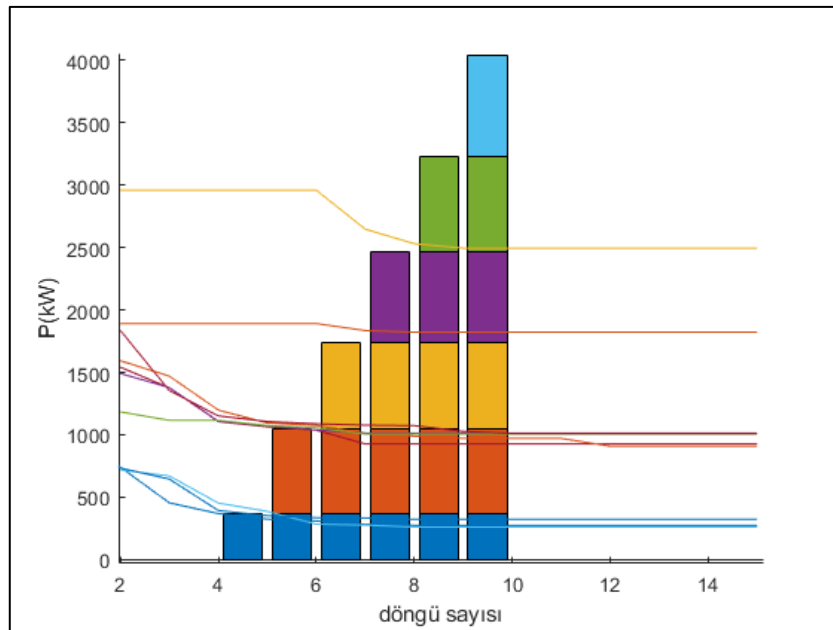
V2G optimizasyonda G2V den farklı olarak bireyleri oluşturan genler rastgele seçilen 0,

1 ve -1'lerden oluşmaktadır. Optimizasyonda 1 şarj olma durumunu, 0 şarjın durmasını, -1 ise şebekeye güç verilmesini temsil edecektir.

Başlangıç popülasyonunu Denklem (3.15)'deki gibi ifade edebiliriz.

$$B_{pop} = [i]_{1000 \times 6} \quad i \in \{-1, 0, 1\} \quad (3.15)$$

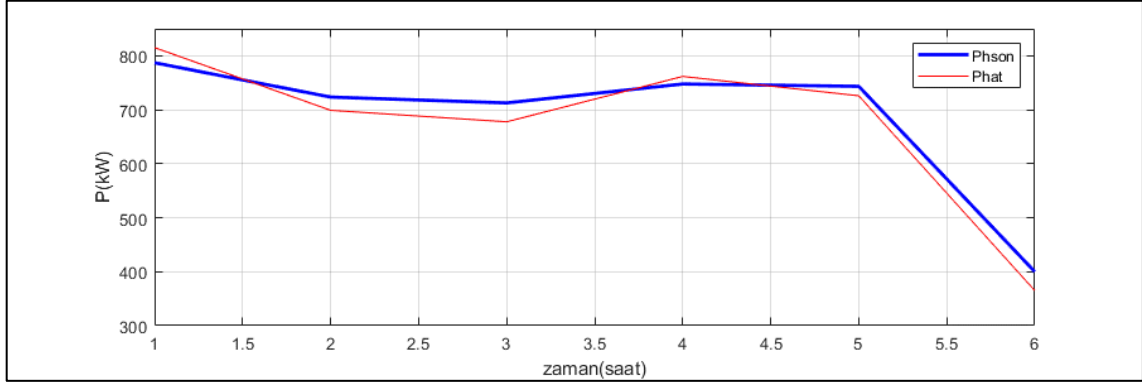
EA2, 1 saatlik şarj ihtiyacını Şekil 3.2'deki 1. bara ait zaman aralığında (Şekil 3.1'deki 6. zaman aralığı) şarj kademesi olan 3,5 kW güç ilave ederek gerçekleştirmesi yeterli iken, Şekil 3.15'de görüldüğü gibi 1. ve 4. bölgelerde şebekeye güç vermiş, 3, 5 ve 6. bölgelerde şarj olmuştur. EA1 ise 2 saatlik şarj ihtiyacını karşılarken, 1. zaman diliminde şebekeye güç vermiş, 2, 3 ve 6. zaman dilimlerinde ise şarj olmuştur. (Şekil 3.15) Toplamda şebekeden 10,5 kW güç çekerek ve 3,5 kW güç vererek 7 kW'lık şarj ihtiyacını karşılamıştır. 10 adet EA için GA ile oluşturulan optimal şarj bölgeleri dağılımı Şekil 3.13'de gösterilmiştir.



Şekil 3.13. Yük profilleri dağılımı.

Özellikle başlangıç şarj doluluk oranı yüksek EA'ların şebekeye güç vermeleri dolayısıyla optimizasyon sonrası gerçekleşen yük profilleri, bölgelerin toplam yük değerlerinin altında seyretmektedir. EA4 gibi şarj ihtiyacı yüksek EA'lar belirlenen zaman diliminde gerekli olan şarjı sağlayabilmek için şebekeye güç veremediklerinden G2V modunda şarj olmaktadır.

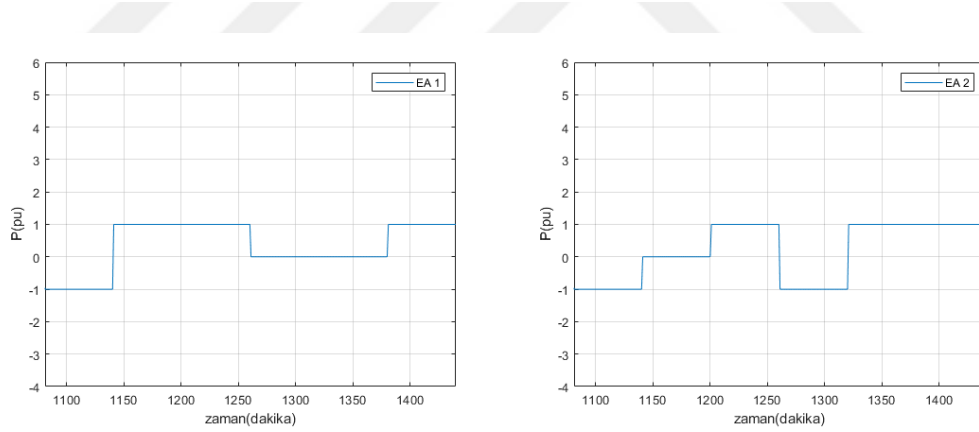
P_{hat} ve P_{hson} güçlerinin saatlik toplam değişimleri Şekil 3.14’de gösterilmektedir. B fazına eklenen EA yük profilleri yüksek güç çekilen aralıklarda güç kaynağı gibi davranmakta, güç talebinin az olduğu zamanlarda ise şebekeden güç çekmektedir.



Şekil 3.14. B fazı saatlik güçler.

Optimizasyon sonucu oluşan yük profilleri Şekil 3.15, Şekil 3.16, Şekil 3.17, Şekil 3.18 ve Şekil 3.19’da verilmiştir.

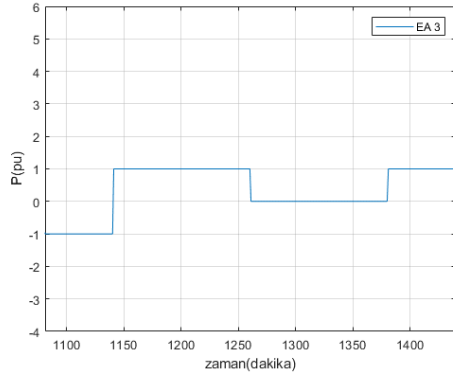
Tüm EA’lar Çizelge 3.1’de belirtilen minimum %80 şarj süresini sağlamaktadır.



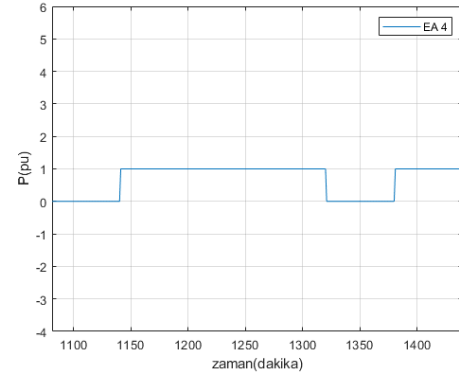
b)

b)

Şekil 3.15. EA yük profilleri a) EA1 b) EA2.

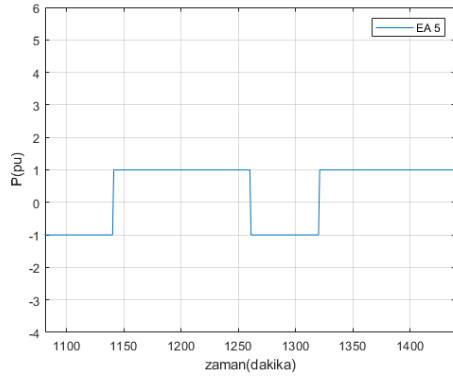


b)

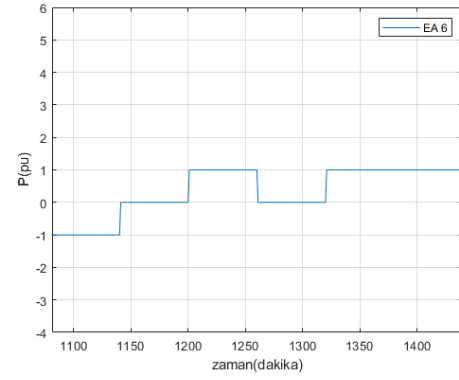


b)

Şekil 3.16. EA yük profilleri a) EA3 b) EA4.

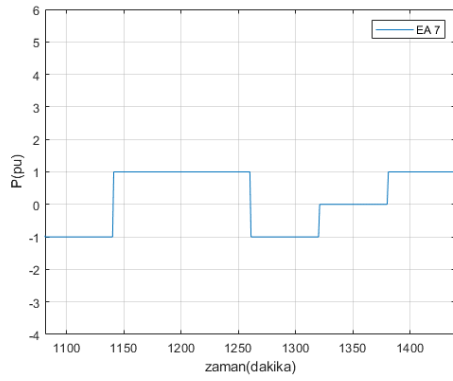


b)

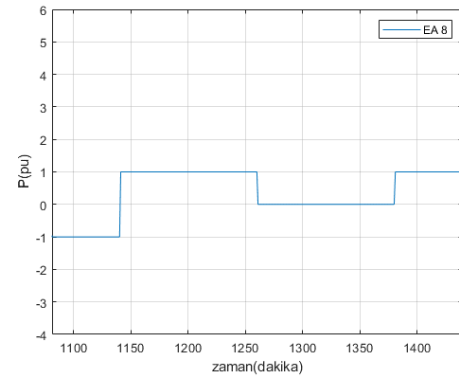


b)

Şekil 3.17. EA yük profilleri a) EA5 b) EA6.

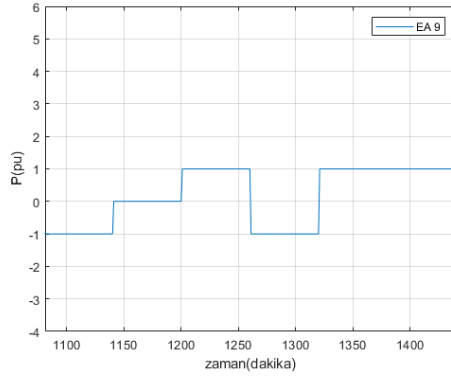


b)

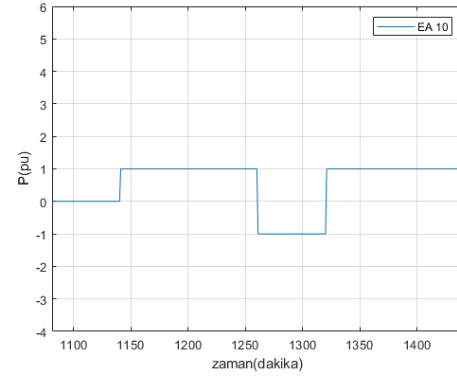


b)

Şekil 3.18. EA yük profilleri a) EA7 b) EA8.



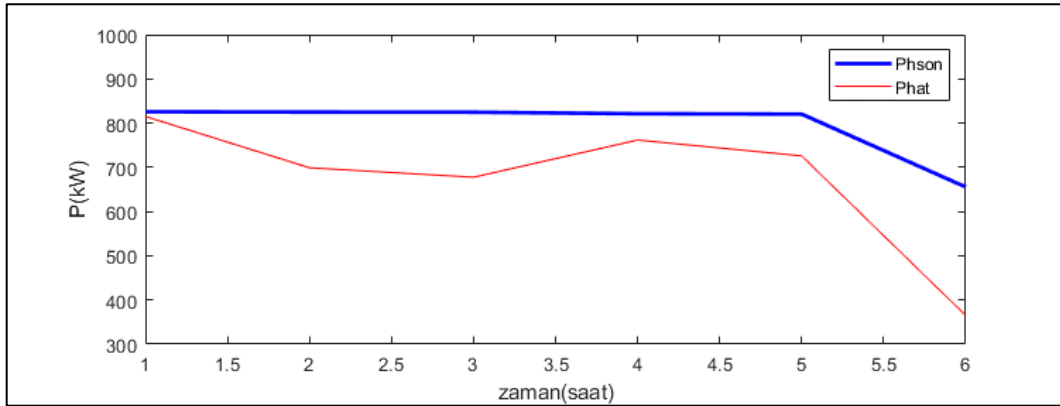
b)



b)

Şekil 3.19. EA yük profilleri a) EA9 b) EA10.

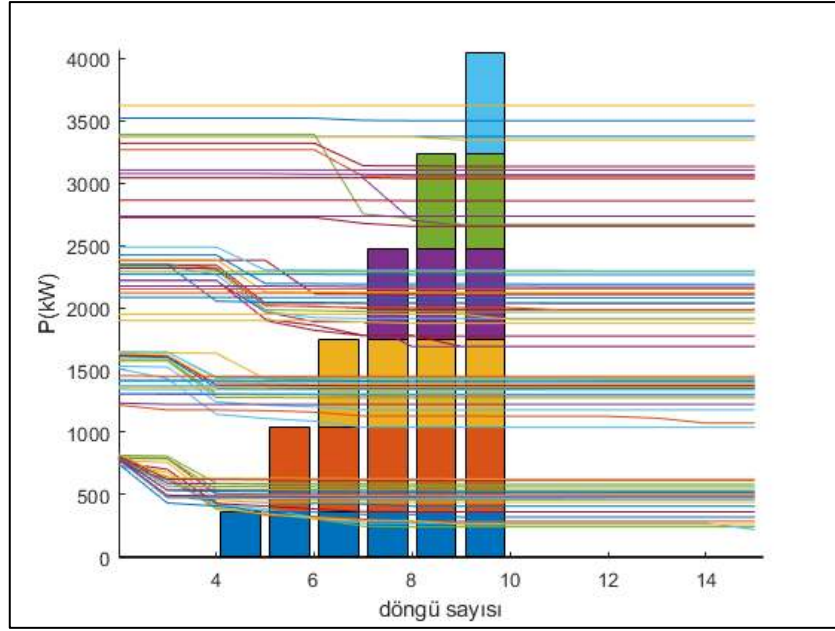
Şekil 3.20’de GA ile V2G-G2V modunda çalışma için 85 adet EA için saatlik toplam yük durumu gösterilmektedir.



Şekil 3.20. Saatlik güçler.

Yük eğrisi doğrusal bir eğilim göstermekle birlikte EA’lar şebekeden çekilen gücün yüksek olduğu zamanlarda güç kaynağı gibi davranmaktadır.

85 adet EA için GA ile oluşturulan optimal şarj bölgeleri dağılımı Şekil 3.21’de verilmiştir.



Şekil 3.21. Yük profilleri dağılımı.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tezde EA şarj optimizasyonu GA ile gerçekleştirilmiştir. Analiz için seçilecek EA'ları oluşturmak için sürüş verileri istatistikleri üzerinden sürüş mesafeleri olasılık yoğunluğu hesaplanmıştır. Bu bilgiler üzerinden, seçilen EA'ların şarj durumları belirlenmiştir. Farklı batarya kapasiteleri ve şarj durumlarına sahip EA'lar için GA ile yük profilleri oluşturulmuştur. Yük profilleri test fiderine uygulanarak sonuçlar gözlemlenmiştir.

EA şarj istasyonlarının optimizasyonu için GA istenilen sonucu vermektedir.

GA ile yapılan G2V optimizasyon sonrası EA'ların amaçlanan şekilde, belirlenen zaman dilimi içinde şebekenin yüksek güç çekilen zaman aralıklarında şarj olmadığı, düşük güç çekildiği zaman aralıklarında ise şarj olduğu görülmüştür. Bununla birlikte belirlenen şekilde her EA %80 şarj seviyesine ulaşmıştır.

GA ile yapılan G2V ve V2G optimizasyon sonrası ise yine amaçlanan şekilde EA'ların belirlenen zaman dilimi içinde %80 şarj seviyesini sağlamak koşulu ile şebekenin yüksek güç çekilen zaman aralıklarında güç kaynağı gibi davranarak şebekeye güç verdiği, düşük güç çekildiği zaman aralıklarında ise şarj olduğu görülmüştür.

EA'ların sayısı her geçen gün artmaktadır ve EA kullanıcılarının büyük bir çoğunluğu evlerinde araçlarını şarj edecekleri için özellikle puant saatlerinde dağıtım şebekesinde istenmeyen gerilim düşümü, kapasite aşımı, elektrik kesintileri gibi olumsuz etkiler oluşacaktır.

G2V optimizasyon dağıtım şebekesi kapasite aşımının ve diğer olumsuz etkilerin dağıtım trafosu ve şebekesinin kapasitesi sınırlarında önüne geçeceği gibi, G2V ve V2G optimizasyon özellikle puant saatlerinde şebekeye güç vererek destek olacaktır.

Elektrik dağıtım şirketleri elektrik şebekeleri yük profilleri üzerinden optimizasyon çalışması yaparak bölgelere göre zaman aralıkları belirleyebilir ve EA kullanıcılarını V2G ve G2V şarj moduna, uygun elektrik tarifeleri sunarak teşvik edebilir.

5. KAYNAKLAR

- [1] H. Tayarani, H. Jahangir, R. Nadafianshahamabadi, M. A. Golkar, A. Ahmadian, ve A. Elkamel, “Optimal charging of plug-in electric vehicle: Considering travel behavior uncertainties and battery degradation,” *Applied Sciences*, c. 9, sayı 16, ss. 1–15, 2019.
- [2] M. C. Falvo, D. Sbordon, I. S. Bayram, ve M. Devetsikiotis, “EV charging stations and modes: International standards,” *2014 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion, SPEEDAM 2014*, Ischia, İtalya, 2014, ss. 1134–1139.
- [3] L. Chen, X. Huang, H. Zhang, ve Y. Luo, “A study on coordinated optimization of electric vehicle charging and charging pile selection,” *Energies*, c. 11, sayı 6, ss. 1-16, 2018.
- [4] O. Sundström ve C. Binding, “Optimization methods to plan the charging of electric vehicle fleets,” *International Conference Control Communication Power Engineering*, c. 1, sayı 2, ss. 28–29, 2010.
- [5] R. Yapıcı, D. Güneş, ve N. Yörükeren, “Elektrikli şarj istasyonlarının dağıtım şebekesine olası etkileri,” *ELECO 2016*, Bursa, Türkiye, 2016, ss. 21–27.
- [6] Q. Hu, H. Li, ve S. Bu, “The prediction of electric vehicles load profiles considering stochastic charging and discharging behavior and their impact assessment on a real UK distribution network,” *Energy Procedia*, c. 158, ss. 6458–6465, 2019.
- [7] S. Deb, K. Tammi, K. Kalita, ve P. Mahanta, “Impact of electric vehicle charging station load on distribution network,” *Energies*, c. 11, sayı 1, ss. 1–25, 2018.
- [8] M. Muratori, “Impact of uncoordinated plug-in electric vehicle charging on residential power demand,” *Nature Energy*, c. 3, sayı 3, ss. 193–201, 2018.
- [9] L. Aksoy, “The impact of electric vehicles on electricity consumption,” *ELECO 2009 - 6th International Conference on Electrical and Electronics Engineering*, Bursa, Türkiye, 2009, ss. 357–359.
- [10] A. Dogan, M. Kuzlu, M. Pipattanasomporn, S. Rahman, ve T. Yalcinoz, “Impact of EV charging strategies on peak demand reduction and load factor improvement,” *ELECO 2015 - 9th International Conference on Electrical and Electronics Engineering*, Bursa, Türkiye, 2016, ss. 374–378.
- [11] S. Korotunov, G. Tabunshchyk, ve V. Okhmak, “Genetic algorithms as an optimization approach for managing electric vehicles charging in the smart grid,” *CEUR Workshop Proceedings*, Zaporizhzhia, Ukrayna, 2020, ss. 184–198.
- [12] S. Umetani, Y. Fukushima, ve H. Morita, “A linear programming based heuristic algorithm for charge and discharge scheduling of electric vehicles in a building energy management system,” *Omega (United Kingdom)*, c. 67, ss. 115–122, 2017.

- [13] T. Fairchild, "Electric vehicles : Impact and opportunity for the power grid," *SAS Global Forum*, Dallas, USA, 2019, ss. 1–14.
- [14] E. Koutsi, S. Deligiannis, G. Athanasiadou, D. Zarbouti, ve G. Tsoulos, "Analysis of EV cost-based charging load profiles," *8th Annual International Sustainable Places Conference (SP2020)*, Chambéry, Fransa, 2020, ss. 2–7.
- [15] G. Sen, A. R. Boynuegri, ve M. Uzunoglu, "Elektrikli araçların şarj yöntemleri ve araçların şebekeyle bağlantısında karşılaşılan problemlere yönelik çözüm önerileri," *Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu FEED*, Elazığ, Türkiye, 2011, ss. 357-362.
- [16] S. Şenel, "Genetik algoritmalar ile enerji iletim kayıpları ve saatlik yakıt giderleri optimizasyonu," Yüksek lisans tezi, Elektrik Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2006.
- [17] B. Yıldız, H. Çiftçi, O. Ayan, ve B. E. Türkay, "Elektrikli araçların dağıtım şebekesine etkisinin maliyet analizi ve genetik algoritma ile optimizasyonu," *Güç Sistemleri Konferansı*, Ankara, Türkiye, 2018, ss. 7–12.
- [18] M. Pulat ve İ. D. Kocakoç, "Gezgin satıcı probleminin genetik algoritmalarla çözümünde başlangıç popülasyonu belirlenmesi," *JOEEP Journal of Emerging Economies and Policy*, c. 2, sayı 1, ss. 95–123, 2017.
- [19] G. G. Emel ve Ç. Taşkın, "Genetik algoritmalar ve uygulama alanları," *Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, c. 21, sayı 1, ss. 129–152, 2002.
- [20] B. Gülsün, G. Tuzkaya, ve C. Duman, "Genetik algoritmalar ile tesis yerleşimi tasarımı ve bir uygulama," *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, c. 10, sayı 1, ss. 73–87, 2009.
- [21] B. Türkay ve T. Artaç, "Optimal low-voltage distribution network design using genetic algorithms," *Electric Power Components and Systems*, c. 33, sayı 5, ss. 513–524, 2006.
- [22] M. Alonso, H. Amaris, J. G. Germain, ve J. M. Galan, "Optimal charging scheduling of electric vehicles in smart grids by heuristic algorithms," *Energies*, c. 7, sayı 4, ss. 2449–2475, 2014.
- [23] N. Banol A., J. F. Franco, M. Lavorato, M. J. Rider, ve R. Romero, "Plug-in electric vehicle charging coordination in electrical distribution systems using a tabu search algorithm," *2015 IEEE 15th International Conference on Environment and Electrical Engineering, IEEEIC 2015 - Conference Proceedings*, Roma, İtalya, 2015, ss. 1510–1515.
- [24] M. Elmehdi ve M. Abdelilah, "Genetic algorithm for optimal charge scheduling of electric vehicle fleet," *NISS19: Proceedings of the 2nd International Conference on Networking, Information Systems & Security*, Rabat, Fas, 2019, ss. 1-7.
- [25] H. Liu, Y. Ji, H. Zhuang, ve H. Wu, "Multi-objective dynamic economic dispatch of microgrid systems including vehicle-to-grid," *Energies*, c. 8, sayı 5, ss. 4476–4495, 2015.
- [26] M. Akbari, M. Brenna, ve M. Longo, "Optimal locating of electric vehicle charging stations by application of Genetic Algorithm," *Sustainability*, c. 10, sayı 4, 2018.

- [27] J. Jordán, J. Palanca, E. del Val, V. Julian, ve V. Botti, “Localization of charging stations for electric vehicles using genetic algorithms,” *Neurocomputing*, 2020.
- [28] D. Efthymiou, K. Chrysostomou, M. Morfoulaki, ve G. Aifantopoulou, “Electric vehicles charging infrastructure location: a genetic algorithm approach,” *European Transport Research Review*, c. 9, sayı 2, ss. 1-9, 2017.
- [29] R. Shi, “the Dynamic impacts of electric vehicle integration on the electricity distribution,” Doktora tezi, Elektronik, Elektrik ve Bilgisayar Mühendisliği, Birmingham Üniversitesi, Birmingham, İngiltere, 2012.
- [30] Y. Sugii, K. Tsujino, ve T. Nagano, “A scheduling method of charging electric vehicles using genetic algorithm,” *IEEE Transactions on Industry Applications*, c. 119, sayı 12, ss. 1451–1460, 1999.
- [31] J. Lee, H. J. Kim, G. L. Park, ve H. Jeon, “Genetic algorithm-based charging task scheduler for electric vehicles in smart transportation,” *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, c. 7196 LNAI, sayı PART 1, ss. 208–217, 2012.
- [32] G. Zhenfeng, L. Yang, J. Xiaodan, ve G. Sheng, “The electric vehicle routing problem with time windows using genetic algorithm,” *2017 IEEE 2nd Advanced Information Technology, Electronic and Automation Control Conference (IAEAC)*, Chongqing, Çin, 2017, ss. 635–639.
- [33] L. Liu, F. Xie, Z. Huang, ve M. Wang, “Multi-objective coordinated optimal allocation of DG and EVCSs based on the V2G mode,” Doktora tezi, Elektrik, Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği, Birmingham Üniversitesi, Birmingham, İngiltere, 2012.
- [34] J. Jiang, Y. Bao, ve L. Y. Wang, “Topology of a bidirectional converter for energy interaction between electric vehicles and the grid,” *Energies*, c. 7, sayı 8, ss. 4858–4894, 2014.
- [35] Y. Fan, W. Zhu, Z. Xue, L. Zhang, ve Z. Zou, “A multi-function conversion technique for vehicle-to-grid applications,” *Energies*, c. 8, sayı 8, ss. 7638–7653, 2015.
- [36] Ö. Polat, K. Yumak, M. S. Sezgin, G. Yumurtacı, ve Ö. Gül, “Elektrikli araç ve şarj istasyonlarının Türkiye’deki güncel durumu,” *VI Enerji Verimliliği, Kalitesi Sempozyumu ve Sergisi*, Kocaeli, Türkiye, 2014, ss. 1-6.
- [37] International Electrotechnical Commission, “International standard IEC electric vehicle conductive charging system – Part 21-2: Electric vehicle requirements for conductive connection to an AC/DC supply – EMC requirements for off-board electric vehicle charging systems,” *Iec 61851-21-22017*, ss. 1–9, 2018.
- [38] A. Birleştirici, M. Serdar Salcı, A. Dikkulak, F. Güler ve E. Turhan, “Elektrikli araç şarj istasyonları,” *II. Elektrik Tesisat Ulusal Kongresi*, İzmir, Türkiye, 2011, ss. 1-4.
- [39] Elektrik piyasası dağıtım yönetmeliği, *T.C. Resmi Gazete*, Sayı: 28870, 2 Ocak 2014.
- [40] K. P. Schneider, B. A. Mather, B. C. Pal, C. W. Ten, G. J. Shirek, H. Zhu, J. C. Fuller, J. L. R. Pereira, L. F. Ochoa, L. R. de Araujo, R. C. Dugan, S. Matthias, S. Paudyal, T. E. McDermott, and W Kersting, “Analytic considerations and design

- basis for the IEEE distribution test feeders,” *IEEE Transactions on Power Systems*, c. PP, s. 99, ss. 1-1, 2017.
- [41] D. A. Coley, “Introduction,” *An introduction to genetic algorithms for scientists and engineers*, 1. baskı, Singapur: World Scientific, 1999, böl. 1, ss. 1-2.
- [42] S. N. Sivanandam ve S. N. Deepa, “Genetic algorithm implementation using Matlab,” *Introduction to Genetic Algorithms*, 1. baskı, Heidelberg, Almanya: Springer, 2007, böl. 8, ss. 211–262.
- [43] T. Artaç, “Genetik algoritma İle dağıtım şebekelerinin optimum tasarımı,” Yüksek lisans tezi, Elektrik Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2003.
- [44] B. Bolat, K. O. Erol, ve C. E. İrmak, “Genetic algorithms in engineering applications an the function of operators,” *Journal of Engineering and Natural Sciences*, c. 4, sayı 0212, ss. 264–271, 2004.
- [45] A. Söke ve Z. Bingöl, “Genetik algoritmaların farklı çaprazlama teknikleri ile iki boyutlu kesme problemlerine uygulanışı,” *Politeknik Dergisi*, c. 7, sayı 1, ss. 1–11, 2004.
- [46] M. O. Okwu ve L. K. Tartibu, “Genetic Algorithm,” *Studies in Computational Intelligence*, c. 927, ss. 125–132, 2020.
- [47] S. L. Yadav ve A. Sohal, “Comparative study of different selection techniques in genetic algorithm,” *International Journal of Engineering Science*, c. 6, sayı 3, ss. 174–180, 2017.
- [48] M. Wang, “Description and application of genetic algorithm,” Yüksek lisans tezi, Mühendislik Departmanı, Matematiksel Modelleme ve Simülasyon, Blekinge Institute of Technology, Karlskrona, İsveç, 2012.
- [49] J. A. Lima, N. Gracias, H. Pereira, ve A. Rosa, “Fitness function design for genetic algorithms in cost evaluation based problems,” *Proceedings of IEEE International Conference Evolutionary Computation*, Nagoya, Japonya, 1996, ss. 207–212.
- [50] B. Gatton. (2018, 14 Kasım). *Why battery cars will beat hybrids and fuel cells*. [Online]. Erişim: <https://thedriven.io/2018/11/14/the-ice-age-is-over-why-battery-cars-will-beat-hybrids-and-fuel-cells/>
- [51] Anonim, (2015, 10 Nisan). *Technical Guidelines on Charging Facilities for Electric Vehicles*. [Online] Erişim: https://www.emsd.gov.hk/minisites/voice/en/issue35/Charging_Facilities_Electric_Vehicles_en.pdf.
- [52] Anonim, (2020, 27 Aralık). *Elektrikli Araç Şarj Modları*. [Online] Erişim: <https://esarj.com/sarj-modlari>.

6. EKLER

6.1. EK 1: GA MATLAB KODU

$f(x)=x^2$ FONKSİYONUNUN $0 \leq x \leq 4095$ ARALIĞI İÇİN MAKSİMUM DEĞERİNİN GENETİK ALGORİTMA İLE BULUNMASI % % % % % % % % % % % %

```
clear all;  
clc;
```

```
n=8; %Birey Sayısı  
niter=2000; %İterasyon Sayısı
```

```
[ilkpop]=round(rand(8,12)); %İLK POPULASYON
```

```
for i=1:niter  
    bindes=zeros(8,1); %Bireylerin Değerlerinin Çevrilmesi
```

```
    for ii=1:8  
        for jj=1:12  
            bindes(ii)=bindes(ii)+ilkpop(ii,jj).*2.^(12-jj);
```

```
        end  
    end  
    t1(1,i)=bindes(1,1); %Grafik  
    t2(1,i)=bindes(2,1); %Grafik  
    t3(1,i)=bindes(3,1); %Grafik  
    t4(1,i)=bindes(4,1); %Grafik
```

```
    kare=bindes.^2; %AMAÇ FONKSİYONU  
    Tpkare=sum(kare);  
    Psec=kare./Tpkare;
```

```
    sci = 4; %SEÇİM  
    inds = zeros(sci,1);  
    tmpX = Psec(:);  
    for ij=1:sci  
        [~, inds(ij)] = max(tmpX);  
        tmpX(inds(ij)) = -inf;  
    end  
    [rws, col] = ind2sub(size(Psec), inds);
```

```
    yenipop=zeros(4,12);  
    yenipop(:)=ilkpop(rws,:);
```

```
    [popsayi,birey]=size(yenipop); %ÇAPRAZLAMA  
    yenipopc=zeros(popsayi,birey);  
    yenipopcs=zeros(size(ilkpop));
```

```

for k=1:2:popsayi-1

ps=rand;
pc=0.9 ; %Çaprazlama Oranı

if ps<pc
    cnokt=round(rand*birey); %Çaprazlama Noktasının Rastgele Seçilmesi

    yenipopc(k,:)=[yenipop(k,1:cnokt),yenipop(k+1,cnokt+1:birey)];
    yenipopc(k+1,:)=[yenipop(k+1,1:cnokt),yenipop(k,cnokt+1:birey)];
else
    yenipopc(k,:)=yenipop(k,:);
    yenipopc(k+1,:)=yenipop(k+1,:);
end
end

yenipopcs=[yenipop;yenipopc];

[popsayi,birey]=size(yenipopcs); %MUTASYON
yenipopm=zeros(popsayi,birey);

for K=1:popsayi

ps=rand;
pm=0.05; %Mutasyon Oranı

if ps<pm
    mnokt=round(rand*birey);
    if mnokt<=0
        mnokt=1;
    end
    if yenipopcs(K,mnokt)==0
        yenipopcs(K,mnokt)=1;
    else
        yenipopcs(K,mnokt)=0;
    end
end
end

yenipopm=yenipopcs;
ilkipop=yenipopm;

end

i=1:8;
figure
plot(t1,'b')

```

```
hold on
plot(t2,'r')
xlabel('Yineleme Sayısı');
ylabel('Maksimum değer');
title('f(x)=x^2')
legend('Birey 1','Birey 2');
grid on
```



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı :Hakan Çelik

Yabancı Dili :İngilizce

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği	Düzce Üniversitesi	2021
Lisans	Elektrik ve Elektronik Müh.	Sakarya Üniversitesi	1998
Lise	Matematik	Düzce Lisesi	1992

YAYINLAR