T.C

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DAĞITIK ÜRETİM SİSTEMLERİ İÇİN OPTİMİZASYON YÖNTEMLERİNİN İNCELENMESİ VE YAPAY SİNİR AĞLARI İLE TALEP TAHMİNİ

Yeşim Esra UNUTMAZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı

Elektrik Tesisleri Programı

Danışman

Doç. Dr. Recep YUMURTACI

Ekim, 2022

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DAĞITIK ÜRETİM SİSTEMLERİ İÇİN OPTİMİZASYON YÖNTEMLERİNİN İNCELENMESİ VE YAPAY SİNİR AĞLARI İLE TALEP TAHMİNİ

Yeşim Esra UNUTMAZ tarafından hazırlanan tez çalışması 14/10/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı, Elektrik Tesisleri Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Recep YUMURTACI
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Recep YUMURTACI, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Doç. Dr. Erdin GÖKALP, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Prof. Dr. Bülent ORAL, Üye
Marmara Üniversitesi _____

Danışmanım Doç. Dr. Recep YUMURTACI sorumluluğunda tarafımca hazırlanan Dağıtık Üretim Sistemleri İçin Optimizasyon Yöntemlerinin İncelenmesi ve Yapay Sinir Ağları ile Talep Tahmini başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Yeşim Esra UNUTMAZ

İmza

TEŞEKKÜR

Danışmanlığımı üstelenen, konu seçimi ve süreç yönetiminde desteğini esirgemen Danışmanım Doç. Dr. Recep YUMURTACI'ya;

Çalışmanın aşamaları, konun genişletilmesi ve yürütülmesinde bilgi ve desteğini esirgemeyen hocalarım Öğr. Gör. Alpaslan DEMİRCİ ve Arş. Gör. Said Mirza TERCAN'a;

Eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi olarak desteğini esirgemeyen, her koşulda arkamda duran, bana eğitim sürecim boyunca sabır gösteren sevgili annem Mine UNUTMAZ, babam İlhami UNUTMAZ'a ve ağabeyim Zafer Melih UNUTMAZ'a;

Süreç boyunca bana sürekli destek veren arkadaşlarıma sonsuz teşekkür ederim. Onlar olmasaydı başaramazdım.

Yeşim Esra UNUTMAZ

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ viii

KISALTMA LİSTESİ ix

ŞEKİL LİSTESİ xi

TABLO LİSTESİ xiii

ÖZET xiv

ABSTRACT xvi

1 GİRİŞ 1

1.1 Literatür Özeti 1

1.2 Tezin Amacı 2

1.3 Hipotez..... 3

2 DAĞITIK ÜRETİM 4

2.1 Dağıtık Üretimin Doğru Entegrasyonunun Önemi 9

2.1.1 DG'nin Konumlandırılması 9

2.1.2 DG'nin Boyutlandırılması 10

2.2 Dağıtık Üretim Tesisleri için Yapılması Gereken Analizler 11

2.2.1 Çift Yönlü Güç Akışı 11

2.2.2 Kısa Devre Analizi 11

2.2.3 Harmonik ve Fliker Analizi..... 12

2.2.4 Kompanzasyon Etkisi 12

2.3 Sistem Üzerinde Dağıtık Üretimin Etkileri 12

2.4 Literatür Çalışması 13

2.4.1 DG Konumlandırma ve Boyutlandırılması Üzerine Yapılmış Çalışmalar..... 13

2.4.2 DG'nin Sistem Üzerindeki Etkileri Üzerine Yapılmış Çalışmalar 15

2.5 Dağıtık Üretim Entegrasyonunda Kullanılan Optimizasyon Metotları..... 16

2.5.1 Analitik Teknikler (Analytical Technique) 18

2.5.2 Meta-sezgisel Algoritmalar (Metaheuristic Algrorithms) 20

2.5.3 Hibrit Optimizasyon Yöntemleri..... 30

3 ELEKTRİK TALEP TAHMİNİ 38

3.1 Tahmin Modelleri 39
3.2 Yapay Sinir Ağları 40
3.2.1 Yapay Sinir Ağları ile Yapılmış Tahminler 45
3.3 Elektik Tüketimini Arttıran Etkenler 47
3.3.1 Veri Seti Oluşturulması ve Önemi 52
4 UYGULAMA 61
5 SONUÇ VE ÖNERİLER 72
KAYNAKÇA 75
TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR 85

SİMGE LİSTESİ

w_{ij}	Ağırlık katsayısı
y	Aktivasyon fonksiyonuyla işlemin çıktısı
x_n	Dendritlerden alınan bilgi
y_m	Dendritlerden alınan çıktı
A_i	Girdi değeri
A_{min}	Girdi setindeki en büyük değer
A_{max}	Girdi setindeki en küçük değer
CO_2	Karbondioksit
kW	Kilowatt
SO_2	Kükürtdioksit
MW	Megawatt
A'	Normalize edilmiş veri
x_i	Nöronlardaki girdi değerleri
b_j	Nöronun eşik katsayısı
P_{best}	Parçacığın çözüme en çok yaklaştığı durum
NaS	Sodyum Sülfür
z_i	Toplam fonksiyonu
G_{best}	Tüm parçacıkları arasında çözüme en çok yaklaşan durum
W	Watt

KISALTMA LİSTESİ

ABC	Yapay Arı Kolonisi
ACO	Karınca Kolonisi Optimizasyonu
BBO	Biyocoğrafyaya Dayalı Optimizasyon
BESS	Batarya Enerji Depolama Sistemi
COA	Çakal Optimizasyon Algoritması
CSO	Kedi Sürüsü Optimizasyonu
DER	Dağıtılmış Enerji Kaynakları
DES	Dağıtılmış Enerji Sistemi
DG	Dağıtık Üretim
DMS	Dağıtım Yönetim Sistemi
DN	Dağıtım Sistemi
DPSO	Ayrık Parçacık Sürüsü Optimizasyonu
DSP	Dağıtım Sistemi Planlama
DSTATCOM	Dağıtım Sistemi Statik Senkron Kompanzatör
EP	Evrimsel Programlama
EPDK	Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
FA	Ateşböceği Optimizasyon Algoritması
GA	Genetik Algoritma
GAMS	Genel Cebirsel Modelleme Sistemi
GOA	Çekirge Optimizasyon Algoritması
GSA	Yerçekimi Arama Algoritması
GSYH	Gayri Safi Yurt İçi Hasıla
GWO	Gri Kurt Optimizasyonu
HGWO	Hibrit Gri Kurt Optimizasyonu
IEEE	Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü
İSH	İnsan Sinir Hücresin
JFPSO	Atlayan Kurbağa Parçacık Sürüsü Optimizasyonu
LP	Doğrusal Programlama
MALO	Çok Amaçlı Karınca Aslanı Optimizasyonu
MAPE	Ortalama Mutlak Yüzde Hata
MILP	Karmaşık Tamsayılı Doğrusal Programlama

MINP	Karmaşık Tamsayılı Doğrusal Olmayan Programlama
MSFLA	Modifiyeli Karışık Kurbağa Sıçrayan Algoritması
NARX	Doğrusal Olmayan Otomatik Regresyon Modeli
NLP	Doğrusal Olmayan Programlama
NR	Newton-Raphson
ODGA	Dağıtık Üretim Kaynaklarının Optimal Tahsisi
OO	Sıralı Optimizasyon
PCS	Başlatma (çalışma) akımının ayarlandığı değer
PCSO	Paralel Kedi Sürüsü Optimizasyonu
PG&E	Pasifik Gaz ve Elektrik
PS	Güç Sistemi
PSO	Parçacık Sürüsü Optimizasyonu
PV	Fotovoltaik
SA	Benzetilmiş Tavlama
SOA	Ayçiçeği Optimizasyon Algoritması
SQP	Sıralı Kuadratik Programlama
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletim A.Ş
TEP	İletim-Genişleme Planlaması
TLABC	Öğrenme Öğretme Tabanlı Yapay Arı Kolonisi
TMS	Zaman çarpanının ayarlandığı değer
TS	Tabu Arama
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
UPSO	Birleşik Parçacık Sürüsü Optimizasyonu
WT	Rüzgâr Türbin
YSA	Yapay Sinir Ağları

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Klasik bir üretim, iletim ve dağıtım sisteminin ve DG kullanan üretim, iletim, dağıtım sisteminin gösterimi 5
Şekil 2.2 DG kaynakları 6
Şekil 2.3 Enerji kaynağına göre dağıtık üretim türü 7
Şekil 2.4 GA akış şeması 22
Şekil 2.5 PSO akış şeması 24
Şekil 2.6 İncelenen çalışmalardaki optimizasyon yöntemlerinin daire grafiği ile gösterimi 37
Şekil 3.1 Nöron sinir hücresi 40
Şekil 3.2 İnsan sinir hücresi ve yapay sinir ağı 41
Şekil 3.3 Biyolojik sinir sisteminin YSA'da karşılığının gösterilmesi 42
Şekil 3.4 YSA katmanlarının gösterimi 42
Şekil 3.5 Yapay sinir ağı 44
Şekil 3.6 Düzce ilinde yıllara göre teşvik belgeleri sayısı [106] 48
Şekil 3.7 Düzce ilinde sektörlere göre yatırım teşvik belgelerinin sayısı [106] .. 49
Şekil 3.8 Düzce ili yıllara göre dış ticaret [106] 51
Şekil 3.9 Türkiye 2004-2019 yılları arası nüfus 53
Şekil 3.10 2004-2019 yılları arasındaki Türkiye nüfus artış hızı(binde) 53
Şekil 3.11 2004-2019 yılları arasındaki Düzce nüfus artış hızı (binde) 54
Şekil 3.12 2004-2019 yılları arasındaki net göç 54
Şekil 3.13 2004-2019 Yılları arasındaki net göç hızı 55
Şekil 3.14 2004-2019 yılları arasındaki enflasyon 55
Şekil 3.15 2004-2019 yılları arasında Türkiye işsizlik oranı 56
Şekil 3.16 2004-2019 yılları arasındaki enerji kaynaklarına göre elektrik enerjisi üretimi (MWh) 56
Şekil 3.17 2004-2019 yılları arasındaki Türkiye için GSYH 57
Şekil 3.18 2004-2019 yılları Doğu Marmara GSYH 57
Şekil 3.19 Düzce ili GSYH (Bin TL) 58
Şekil 3.20 Kullanım yerlerine göre Türkiye elektrik tüketimi 58
Şekil 3.21 Kullanım yerlerine göre toplam Türkiye elektrik tüketimi 59
Şekil 3.22 Kullanım yerlerine göre Düzce elektrik tüketimi 59
Şekil 3.23 Kullanım yerlerine göre toplam Düzce elektrik tüketimi 60

Şekil 3.24 YSA için oluşturulan veri seti 60
Şekil 4.1 YSA ile tahmin modeli aşamaları..... 62
Şekil 4.2 MATLAB'ta ağ oluşturmak için olan ekran 63
Şekil 4.3 MATLAB'ta oluşturulmuş ağ yapısı..... 64
Şekil 4.4 Eğitim ağını eğitmek için olan değerlerin girildiği ekran 64
Şekil 4.5 YSA eğitimi sonucu oluşan ekran 65
Şekil 4.6 YSA'da ağın performans değeri 66
Şekil 4.7 YSA için olan regresyon grafikleri 67
Şekil 4.8 Elektrik tüketim tahmini 69

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1 Dağıtık üretim boyutları 5
Tablo 2.1 Dağıtık üretim boyutları (devamı) 6
Tablo 2.2 Çeşitli çalışmalarda kullanılan DG kaynakları 8
Tablo 2.2 Çeşitli çalışmalarda kullanılan DG kaynakları(devamı) 9
Tablo 2.3 Optimizasyon yöntemlerini kullanan çalışmalar 31
Tablo 2.3 Optimizasyon yöntemlerini kullanan çalışmalar (devamı) 32
Tablo 2.3 Optimizasyon yöntemlerini kullanan çalışmalar (devamı) 33
Tablo 2.3 Optimizasyon yöntemlerini kullanan çalışmalar (devamı) 34
Tablo 2.3 Optimizasyon yöntemlerini kullanan çalışmalar (devamı) 35
Tablo 2.3 Optimizasyon yöntemlerini kullanan çalışmalar (devamı) 36
Tablo 2.3 Optimizasyon yöntemlerini kullanan çalışmalar (devamı) 37
Tablo 3.1 Teşvik belgelerinin sektörel dağılımı [106] 51
Tablo 3.2 Düzce ili faturalanan tüketimin illere ve tüketici türüne göre dağılımı (MWh) 52
Tablo 4.1 Ağ parametreleri 62
Tablo 4.2 Düzce ili tahmin edilen elektrik tüketimi sonuçları 68
Tablo 4.3 Sakarya Elektrik Dağıtım A.Ş.'nin düşük, baz, yüksek elektrik tüketim senaryolarına göre elektrik tahmin değerleri [107] 70
Tablo 4.4 Düzce ili için geçmiş yıllardaki elektrik tüketimi verilerinin ve tahmin edilen yıllardaki elektrik tüketimi verilerinin karşılaştırılması 71

ÖZET

Dağıtık Üretim Sistemleri için Optimizasyon Yöntemlerinin İncelenmesi ve Yapay Sinir Ağları ile Talep Tahmini

Yeşim Esra UNUTMAZ

Elektrik Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışmanı: Doç. Dr. Recep YUMURTACI

Günümüzde enerjiye bağımlı hale gelmemiz, nüfusun giderek artması, teknolojinin gelişmesi ve ülkelerin enerji konusunda üstünlük sağlamak istemesi elektrik kullanımının katlanarak artmasına neden olmuştur. Çalışmamızda öncelikle şebekeye yeni hatlar eklemek yerine yatırım maliyetinin daha düşük olacağı, çevreye daha az zarar verecek olan dağıtık üretimden bahsedilmiştir. Dağıtık üretimin hem üretici hem de tüketici için faydaları üzerinde durularak çeşitli çalışmalarda kullanılan dağıtık üretim kaynaklarında bahsedilmiştir. DG'nin sisteme doğru şekilde entegre edilmesinin öneminden bahsedilerek DG'nin doğru şekilde konumlandırılması ve boyutlandırılmasını içeren çalışmalarla ilgili kapsamlı bir literatür çalışması yapılmıştır. DG'nin doğru şekilde konumlandırılması ve boyutlandırılması için kullanılan optimizasyon yöntemleri 3 başlık altında incelenmiştir. Çalışmada incelenen makaleler sonucunda sıklıkla kullanılan optimizasyon yönteminin PSO olduğu sonucuna varılmıştır.

Ülkelerin enerji ihtiyacında bağımsız hale gelmek istemeleri, artan küresel ısınma ve çevre problemleri, teknolojinin hızla gelişmesi, dünyada değişen ekonomi dengeleri ve ihtiyaçlar doğrultusunda değişen altyapı şebekeleri her gün

insanların enerjiye olan bağlılığını arttırmaktadır. Artan bu enerji bağımlılığını dengeleyebilmek ve doğru kararlar alarak yatırımlarda bulunabilmek elektrik talep tahmininin en yüksek doğrulukla yapılabilmesine bağlıdır. Elektrik talep tahmini hem üreticiler hem de tüketiciler için önem arz etmektedir. Yatırım planlamalarının doğru şekilde yapılabilmesi ve maliyet hesaplarının hesaplanabilmesi büyük ölçüde elektrik talep tahmininin doğru şekilde yapılmasına bağlıdır. Eksik ya da fazla yapılmış elektrik talep tahmini gereksiz yatırımlara ve maliyetlere sebep olur. Tez çalışmasında artan enerji ihtiyaçları doğrultusunda Düzce ili elektrik talep tahmini Bilgisayar Yazılımına Dayalı olan tahmin modellerinden Yapay Sinir Ağları kullanılarak yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Dağıtık üretim, dağıtık üretim kaynakları, optimizasyon teknikleri, elektrik talep tahmini, yapay sinir ağları

ABSTRACT

Investigation of Optimization Methods for Distributed Generation Systems and Demand Forecasting With Artificial Neural Networks

Yeşim Esra UNUTMAZ

Department of Electrical Engineering

Master of Science Thesis

Supervisor: Doç.Dr. Recep YUMURTACI

Today, our dependence on energy, the increasing population, the development of technology and the desire of countries to gain superiority in energy have caused the use of electricity to increase exponentially. In our study, first of all, instead of adding new lines to the network, distributed generation, which will have a lower investment cost and less harm to the environment, is mentioned. The benefits of distributed generations are emphasized for both the producer and the consumer and the sources of distributed generations are mentioned in various studies. By mentioning the importance of correctly integrating the distributed generation into the system, a comprehensive literature study was conducted on studies involving the correct location and sizing of the distributed generation. The optimization methods used for the correct location and sizing of the distributed generation are investigate under 3 chapter. As a result of the articles researhed in the study, it was concluded that the most frequently used optimization method is Particle Swarm Optimization.

People's dependence on energy increase every day because of countries' request to become independent in their energy needs, increasing global warming and environmental problems, rapid development of technology, changing economic balances in the world and changing infrastructure networks in line. Being able to balance the increasing energy dependency and making investments by making the right decisions depends on making the electricity demand estimation with the highest accuracy. Electricity demand forecasting is important for both producers and consumers. Making the investment plans correctly and calculating the total cost largely depend on correct estimation of electricity demand. Deficient or overspending electricity demand causes unnecessary investments and costs. In the thesis study, in line with the increasing energy needs, electricity demand forecasting for Düzce has been made using Artificial Neural Networks, one of the forecast models based on Computer Software.

Keywords: Distributed generation, distributed generation resources, optimization techniques, electricity demand forecast, artificial neural networks

1
GİRİŞ

1.1 Literatür Özeti

Elektrik modern hayatın vazgeçilmez bir unsuru olduğu için teknolojinin sürekli yenilenmesi ve gelişmesiyle her geçen gün kullanılan elektrik miktarı katlanarak artmaktadır. Bu artış mevcut kullanılan alt yapının yetersiz gelmesine, elektrik kalitesinin düşmesine, sürekliliğin bozulmasına ve güvenilir enerji kullanımının beklentiyi karşılamamasına neden olmaktadır. Tüketicinin talep ettiği elektrik enerjisinin karşılanabilmesi için büyük yatırımlar yerine bölge şartlarına uygun olacak şekilde Dağıtık Üretim (DG) kaynakları kullanılabilir. Dağıtık üretim kaynaklarının konumlandırılması ve boyutlandırılmasında optimizasyon yöntemlerinden faydalanılabilmektedir. Optimizasyon yöntemleri analitik, meta-sezgisel ve hibrit optimizasyon yöntemleri olarak 3 grupta incelenebilmektedir. Elektrik enerjisinden tüketicinin beklentisinin en iyi şekilde karşılanması ancak doğru şekilde yapılacak enerji planlaması ve yönetimi ile mümkün olabilir. Doğru şekilde enerji planlaması yapabilmek için çeşitli tahmin yöntemleri kullanılabilir. Uygun tahmin modeli seçilerek DG uygun şekilde konumlandırılıp boyutlandırılabilir.

Elektrik tüketim tahmininin yüksek doğrulukla tahmin edilmesi güç sistemi planlamasının yüksek doğrulukla yapılması, işletilmesi, ekonomik zararın önüne geçilmesinde önemlidir. Yapılan tahminlerle yük tahmininde şebeke ihtiyacı doğrultusunda DG kaynakları doğru şekilde kullanılmış olur ve maksimum fayda ile doğru yatırımlar yapılmış olur. Yük talebinin fazla tahmin edildiği modeller de ise gereksiz güç üretimi, yanlış maliyet ve yatırıma neden olur. Eksik yapılan tahmin modelleri ise tüketicinin talebini karşılamaz ve eksik yatırımlara sebep olur. Enerji planlamasının etkin olabilmesinde en önemlisi planlama için kullanılacak tahmin modelinin yüksek doğruluğa yakın olabilmesidir. Doğru şekilde yapılacak olan tahmin modellemesi ile yapılacak olan yatırımın maliyet analizi doğru şekilde yapılabilir, yatırımlar planlanabilir, sistemsel

geliştirilmelerde bulunulabilir ve tüketicinin enerji beklentisi en iyi şekilde karşılanabilir. Kısa, orta ve uzun dönemli elektrik tüketim tahminleri yapılabilmektedir. Elektrik tüketim tahmini yapılacağı zaman kısa, orta ve uzun dönemli olmasına göre dolaylı ve doğrudan tüketim tahmininde etkili olacak veri seti hazırlanır ve tahmin modeli belirlenerek doğruya yakın olacak tahmin yapılır. Veri setinin doğru hazırlanması çalışma sonuçlarının doğruluğu için önemlidir. Geleneksel tahmin modelinde matematiksel tekniklerle yük tahmini yapılırken, modifiye edilmiş geleneksel tekniklerle zamanla değişen koşullarda model daha iyi hale getirilmeye çalışılır. Bilgisayar yazılımına dayalı olan tahmin modellerinde tahmin etmenin zor ve belirsiz olduğu durumların modellemesinden yararlanılır. Bu nedenle daha yaygın biçimde tercih edilmektedir. YSA (Yapay Sinir Ağları)'ları son yıllarda tahmin modellemeleri yaparken sıklıkla tercih edilmektedir. YSA insan sinir ağlarını taklit ederek verilen bilgilerle ağı eğiterek uygun çıktılar vermektedir. YSA diğer yöntemlerle çözülebilmesi daha zor olan çalışmaları nümerik veriler kullanarak, kendi kendine öğrenerek çözmeye çalışır. Verilen verilerle ilişkili çıktıları kabul edilebilir hatalarla sunar.

1.2 Tezin Amacı

Bu çalışmada ilk kısmında DG üretim sistemlerinden ve faydalarından, DG kaynaklarının doğru konumlandırılması ve boyutlandırılmasının öneminden bahsedilecektir. DG'nin siteme sağlayacağı faydalar üzerinde durularak ve DG'nin doğru konumlandırılması ve boyutlandırılması için kullanılabilecek optimizasyon yöntemleri açıklanarak, çeşitli çalışmalarda DG'nin konumlandırılması ve boyutlandırılması için kullanılan optimizasyon yöntemiyle ilgili kapsamlı bir literatür çalışması yapılması amaçlanmaktadır. Yapılan incelemeler sonucunda en uygun olacak optimizasyon yöntemi belirlenmeye çalışılacaktır.

Çalışmanın ilerleyen kısmında amaç Yapay Sinir Ağları (YSA) kullanılarak, Düzce ili için ileriki yılların elektrik tüketim tahminini yapmaktır. Elektrik tüketim tahmini verilerini elde edebilmek için YSA'da kullanılmak üzere elektrik tüketimine etki edebilecek doğrudan ve dolaylı faktörler belirlenecektir. Bu doğrultuda veri seti oluşturulacak ve bu veri seti ile YSA eğitilecektir. Eğitim sonucunda ileriki 12 yıllık elektrik tüketim tahmini yapılarak mevcut verilerle YSA

kullanılarak yapılan tahmin verileri karşılaştırılacaktır. Elektrik talep tahminin YSA ile doğruya yakın tahminler olup olmadığı incelenecektir.

1.3 Hipotez

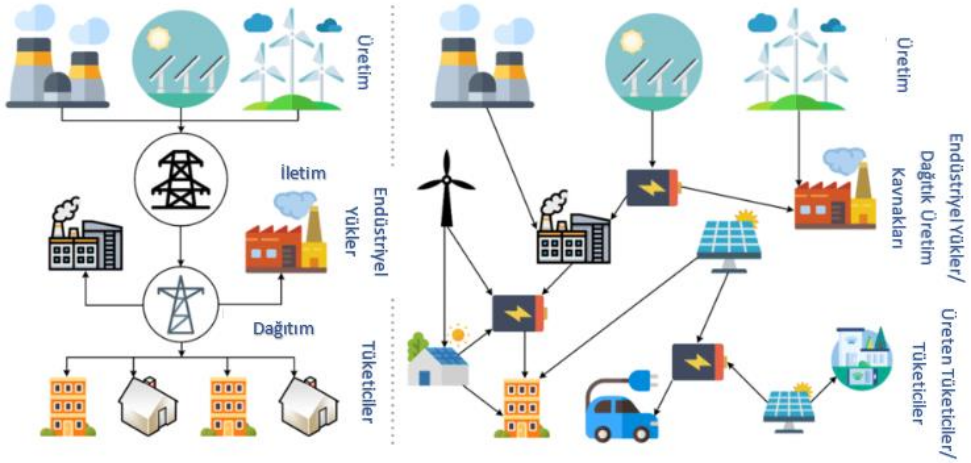
Çalışmada dağıtık üretim (DG) kaynakları kullanılmasının önemi ve mevcut şebekede oluşturabileceği avantajlardan bahsedilecektir. Dağıtık üretim sistemlerinin doğru şekilde konumlandırılması ve boyutlandırılmasıyla gereksiz yapılacak yatırım maliyetlerinin ve planlamada oluşabilecek sorunların önüne geçilmesi hedeflenmiştir. Doğru şekilde konumlandırılmış ve boyutlandırılmış DG'nin hem yatırımcı ve hem de tüketici tarafı için maliyetlerin düşürülmesi konusunda avantaj sağlayacağı düşünülmüştür. Literatürdeki en çok kullanılan dağıttık üretimin konumlandırılma ve boyutlandırılması yöntemleri ve bunların birbirlerine üstünlüklerini tespit etmek ve en efektif şekilde konumlandırma ve boyutlandırma yapabilmek için geniş kapsamlı literatür taranarak, çalışmalarda kullanılan optimizasyon yöntemlerine bakılacak ve uygun optimizasyon yöntemi belirlenmeye çalışılacaktır. Mevcut şebekede uygun boyutta ve konumda kullanılacak DG'yi belirlemek için gereken optimizasyon yönteminin belirlenmesiyle yeni planlanacak alt yapı şebekesinin yatırım maliyetinin önüne geçilerek çevreye, yatırımcıya ve tüketiciye çeşitli faydalar sağlanması amaçlanmıştır.

Geleceğe yönelik elektrik talep tahmini yapmak çağımızda her gün hızla büyüyen elektrik tüketimi nedeniyle önem arz etmektedir. Elektrik talep tahmininin doğru şekilde şebeke planlamasını yapmak, doğru yatırımlarda bulunmak ve maliyet hesapları açısından önemli olduğu düşünülmektedir. Çalışmada doğrusal olamayan karmaşık sorunları doğrusal tekniklerden daha iyi çözebilen yapay sinir ağları elektrik talep tahmini yapabilmek için tercih edilecektir. Düzce elektrik talep tahmini yapılarak mevcut verilerle karşılaştırılıp, yorumlanarak YSA'nın ne kadar yüksek doğrulukla tahmin yapabildiği incelenecektir.

2
DAĞITIK ÜRETİM

Dünyada her geçen gün gelişen teknoloji ve artan nüfusla elektrik kullanımına olan bağlılığımız daha da artmakta ve hayatlarımızın devamı için vazgeçilemez hale gelmektedir. Gelişen ve gelişmekte olan ülkelerde bu farkındalıkla teknolojik imkanlarda da faydalanarak daha düşük maliyetle, güvenilir, ucuz, doğa dostu, temiz ve kesintisiz olacak şekilde stratejilerini planlayıp bu doğrultuda elektrik planlaması yapmaktadır.

Dağıtık Üretim (DG) en basit şekilde tüketim noktasında elektriğin üretilmesidir. Geleneksel (konvansiyonel) üretimin tersine DG tüketim yerine (son kullanıcıya) yakın yerdeki sınırlı büyüklükteki, küçük kapasiteli üretim birimiyle elektrik gücünün üretildiği ve iletildiği yöntemdir [1]–[5]. DG'ler, depolama sistemine sahip olan/olmayan büyük elektrik santrallerine bağlı olmak yerine, tüketicilerin kendi elektrik ihtiyacını küçük üretim birimleriyle kendi üretebildiği ve depolayabildiği, kendi ihtiyacından fazlasını başka tüketicilere satarak ekonomik gelir elde edebildiği sistemlere dönüştürülebilir. Bu yüzden DG kullanımıyla elektrik üretiminde ve depolanmasında tüketiciler ve üreticiler arasında önemli gelişmeler sağlamıştır. Günümüzde azalmakta olan fosil yakıtlar, iklim değişikliği, küresel ısınma ve bunların sonuncunda ortaya çıkan enerji krizleri yenilenebilir enerji kullanımının öneminin tüm ülkelerde daha fazla ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Talep edilen yükteki hızlı artışla beraber talebi az bir maliyetle, verimli olarak karşılamak güçleştirmiştir. Bu yüzden rüzgâr, biyoenerji, güneş vb. farklı yenilenebilir enerji kaynakları ile DG'lerin uygun çözüm olduğu öngörülmüştür [6]. Şekil 2.1’de sol tarafta klasik bir üretim, iletim ve dağıtım sistemi varken, sağda DG kullanan bir üretim, iletim, dağıtım sistemi vardır.



Şekil 2.1 Klasik bir üretim, iletim ve dağıtım sisteminin ve DG kullanan üretim, iletim, dağıtım sisteminin gösterimi

Sistemde yük talebinin artması kayıpların artmasına, bara gerilimlerinin bozulmasına, gerilim kararlılığı sorunlarına ve DG penetrasyonu ile ilgili sorunlara sebep olur. Güç kaybının azaltılması, gerilim profilinin iyileştirilmesi, gerilim kararlılık indeksinin artırılması için güç Dağıtım Sistemi (DN)'ne DG ve kapasitör kurulur. DG hem aktif, hem de reaktif güç sağladığı için DN'nda yaygın olarak kullanılırken, kapasitör sadece reaktif güç sağlamaktadır [7]. DG kullanımı ile gücün tüketiciye ulaşmasında kullanılan uzun iletim hatları ortadan kalkar ve önemli bir unsur olan iletim maliyetleri azalır. Günümüzde mevcut olan şebekelerdeki güvenlik, güvenilirlik ve çevresel etkiler [8], enerji talebi kullanıma bağlı her geçen yıl daha da arttığı için DG elektrik arzı giderek daha da önemli olacaktır [9]. Tablo 2.1'de tüketici profiline göre DG boyutu ve güç kapasitesine yer verilmiştir.

Tablo 2.1 Dağıtık üretim boyutları

DG Boyutu	**Tüketici Profili**	**Kapasite**
Mikro	Mesken, Ticari	1 W – 5000 W
Küçük	Mesken, Ticari, Endüstriyel	5 – 5000 kW

Tablo 2.1 Dağıtık üretim boyutları (devamı)

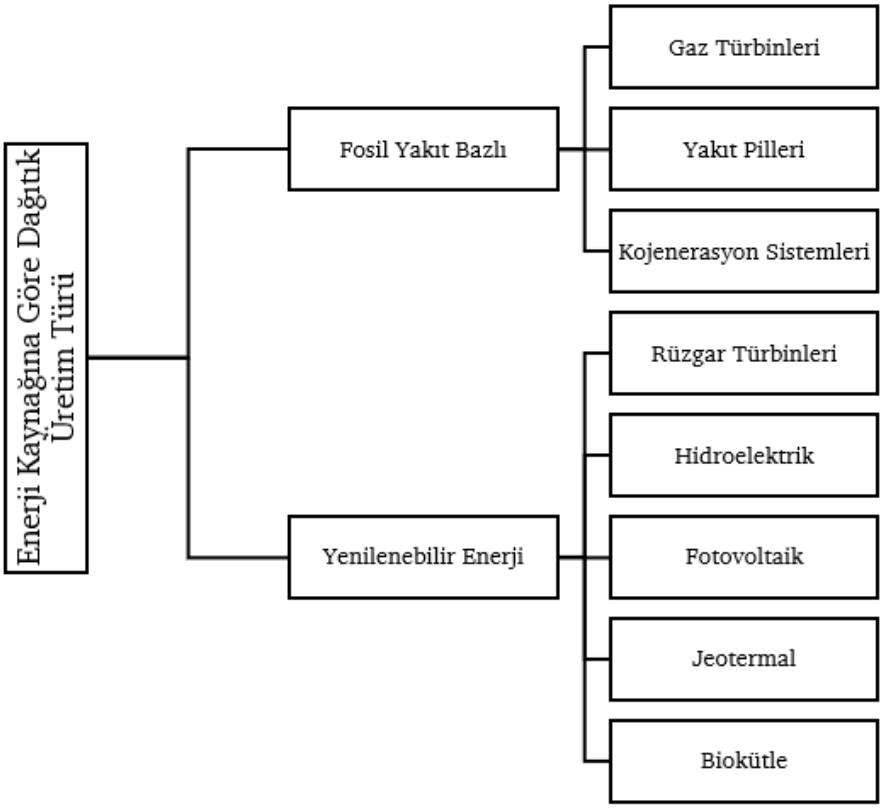
Orta		5 – 50 MW
Büyük		50 – 300 MW

DG tesislerinde hem yenilenebilir enerji kaynakları hem de geleneksel enerji kaynakları kullanılmaktadır. DG enerji kaynakları rüzgar türbinleri, biokütle, jeotermal, güneş enerjisi fotovoltaik (PV), mikro türbinler, küçük hidro türbinler, kombine ısı ve güç sistemi (CHP), hibrit yenilenebilir enerji, geleneksel fosil yakıt bazlı yanmalı motorlar, yakıt pilleri, klasik dizel ve doğalgaz generatörleri, gaz ateşlemeli türbinler, enerji depolama teknolojileri de DG kapsamına girmektedir [10]–[12]. Şekil 2.2'de bazı DG kaynakları gösterilmiştir.



Şekil 2.2 DG kaynakları

Şekil 2.3'te enerji kaynağına göre dağıtık üretim türleri fosil yakıt bazlı ve yenilenebilir enerji olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.3 Enerji kaynağına göre dağıtık üretim türü

Ülkeler artan elektrik talebini karşılamak için her gün gelişen teknolojik imkanlarla düşük maliyetli, ucuz, güvenilir, temiz, kesintisiz enerjiyi elde edebilecek stratejiler geliştirip, planlamalar yapmaktadırlar. Yapılan elektrik tüketimi tahminlerinin sonucunda enerji tüketimi ihtiyacı olan yerlerde doğru konumlandırma ve boyutlandırma ile DG sistemlerinden faydalanılabilir. En basit şekliyle tüketicinin tükettiği yerde elektrik üretilerek, küçük kapasiteli bir üretim birimiyle elektrik gücü üretilip tüketiciye sunulur. Dağıtık üretim sayesinde küçük üretim birimlerinden faydalanılarak, büyük yatırımlardan kaçınılabilir. Tablo 2.2'de incelenen çeşitli çalışmalarda kullanılan DG kaynaklarının ve test sisteminin tablosu verilmiştir. Tablo 2.2'de incelenen çalışmalarda kullanılan DG kaynaklarını gösteren tabloya bakıldığında yaygın olarak güneş ve rüzgârın tercih edildiği görülebilir. DG kaynağı olarak güneş ve rüzgâr enerjisinin tercih edilmesinin en önemli sebepleri aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Bedava ve sınırı olmayan bir kaynak olmasıdır.
- Çevre dostu olmasıdır.

- Tüketileceği yerde veya yakın olan yerde kurulacağı için kablo tesisat maliyetlerinin düşük olmasıdır.

Tablo 2.2 Çeşitli çalışmalarda kullanılan DG kaynakları

Test Sitemi	*Güneş*	*Rüzgâr*	*Biokütle*	*Yakıt Hücresi*	*Mikro Gaz Türbini*	*Kapasitör*	*Enerji Depolama Sistemi*	
IEEE-33	X						X	[13]
IEEE-33	X	X				X		[14]
IEEE-33	X	X						[6]
IEEE-33	X							[15]
IEEE-33 ve IEEE-69	X	X				X		[16]
IEEE-33 ve IEEE-69	X	X			X			[17]
IEEE-33 ve IEEE-69	X	X						[18]
IEEE-33 ve gerçek 110 Bara	X	X						[19]
IEEE-30 ve 38 Bara	X							[20]
IEEE-16	X							[2]
Amerikan PG&E 69 Bara	X	X			X			[21]
61 Bara		X						[22]

Tablo 2.2 Çeşitli çalışmalarda kullanılan DG kaynakları(devamı)

Mikro Şebeke	X	X						X	[23]
İletim sisteminin bir kısmı	X								[24]
Gerçek güç sistemi	X								[11]
Genel Güç Sistemi			X	X	X				[25]

Günümüzde elektrik tüketiminin önceden tahmin edilebilmesi bu doğrultuda uygun boyut ve konumlandırma yapılarak DG'den faydalanılması uzun iletim hatlarının getirdiği maliyeti azaltmakta ve tüketiciye yakın yerlerde üretim yapılarak hem tüketici hem de üretici için maliyetin azaltılması sağlanabilmektedir. DG'den faydalanabilmek için öncelikle uygun optimizasyon teknikleri belirlenerek doğru konumlandırma ve boyutlandırma yapılmalıdır.

2.1 Dağıtık Üretimin Doğru Entegrasyonunun Önemi

Konumlandırma ve boyutlandırmanın doğru olmasında optimizasyon yönteminin uygun seçilebilmesi doğru sonuçlar elde etmek için önemlidir. Boyutlandırmanın doğru tespiti ile kayıplar azalmakta, sistemden elde edilecek verim artmakta bunun yanı sıra konumlandırmanın doğru seçilmesi ile uzun iletim hatlarındaki gereksiz maliyet ortadan kalkmaktadır. Çeşitli çalışmalar incelendiğinde DG seçiminin sahaya, sahadaki yakıt bulunabilirliğine ve iklim şartlarına önemli derece de bağlı olduğu görülmektedir. Boyut ve konumlandırmanın doğru şekilde analiz edilmesi, önceden planlanması sistemin daha ekonomik ve düşük maliyetli olmasını sağlamaktadır.

2.1.1 DG'nin Konumlandırılması

Enerji üretim teknolojisinin gelişmesi buna bağlı olarak elektrik piyasasının yapılandırılması DG'in uygulanabilirliğini arttırmıştır. DG'nin konumlandırılması

kararı sahaya, yakıt bulunabilirliğine ve iklim koşullarına bağlı olarak işletmeci ve yatırımcılar tarafından alınır [26].

DN'na entegre edilen DG'nin maksimum fayda sağlayabilmesi için planlama aşamasında uygun şekilde yerleştirilmesi DN'nin toplam kaybının minimize edilmesini, sisteme uygulanacak gerilim kısıtlamalarının karşılanmasını, mevcut üretim kapasitesinin en doğru şekilde kullanılmasını, Toplam Harmonik Bozunum'un azalmasını [10], iletim kayıplarının azalmasını, gerilimin artmasını, sistem güvenilirliğinin artmasını [27], Güç Sistemi (PS)'nin genel kapasitesinin artmasını sağlar [28]. DG'nin yanlış konumlandırılması kısa devrenin artmasına, işletim maliyetinin ve sistem kaybının artmasına, daha büyük güç kayıplarının olmasına, gerilim profilinin kötü etkilenmesine [29], [30], güç kalitesi ve güvenilirliğinin olumsuz etkilemesine [31] sebep olur. Bu sayılan etkiler ve daha fazlası DG kaynağın türüne, kapasitesine (boyut) ve konumuna bağlıdır [11].

Genellikle DG kurulumları yüke yakın bir konumda kurularak iletim kayıpları ve maliyeti azaltılırken yüklenme durumu iyileştirilir [32], gerilim profili ve karalılığı iyileştirilir, çevre dostu olur [7], dağıtım şebekesi genişletme yatırımları ertelenebilir [16], güvenliği ve güvenilirliği de arttırılmış olur [15], [17].

2.1.2 DG'nin Boyutlandırılması

Doğru bir konumlandırma ve boyutlandırılma yapılırsa DN'ndaki gerçek ve reaktif güç talepleri karşılanırken [33] gerilim regülasyonu ve radyal DN'nde gerilim kararlılığı iyileşir ve güç kayıpları en aza indirilmiş olur [9]. Teknik kurulum kolaylığı, ekonomik durumu ve çevreye kattığı olumlu yanlarında dolayı DG penetrasyonu tüm dünyada talep görmüştür fakat uygun olmayan kapasite seçimi sorun haline gelebilir. DG'nin enerji endüstrisinde büyük ölçekli bir uygulaması iletim planlama sürecini etkilediği için planlamadaki belirsizlikleri dikkate almak önemlidir [8].

DG, DN'na bağlandığında, güç akışını ve kayıpları etkiler. Dağıtım fiderlerinde aşırı yüklenmeye sebep olur. Küçük güçlü DG, sistemdeki kaybı azaltıp yüklenme durumunu iyileştirirken, büyük güçlü DG aşırı yüklenme ile sistem kayıplarını arttırabilir [32].

2.2 Dağıtık Üretim Tesisleri için Yapılması Gereken Analizler

DG'nin sistem üzerindeki performansını arttırabilmek için DG'nin optimal bir şekilde yerleştirilmesi önemlidir. DG'nin rastgele yerleştirilmesi güç kaybı artışına, güvenilirlik düzeyinin düşmesine ve maliyet artışına sebep olacağı için bazı analizlerin planlama aşamasında yapılması sistemi kurmadan önce eksikliklerin görülmesi açısından önem sağlar [34].

Mevcut sistemde güç akışı tek yönlü iken, DG ile birlikte çift yönlü olur. Şebekede çift yönlü güç akışı, değişken güç üretimi, harmonik etkisi, kısa devrenin daha yüksek olması gibi birçok bozucu etki yaratabilir [35]. Sistemde bu durumlar için önceden önlem alınmalı ve düzenlemeler yapılmalıdır.

2.2.1 Çift Yönlü Güç Akışı

DN'ndaki DG'nin artmasıyla güç akışı değişir ve reaktif güç kontrol yapısıyla koruma koordinasyon sisteminde [36] mevcut olan yerleşik röle ayarlarında değişiklik yapılması gerekebilir[37]. DG'nin neden olduğu büyük miktardaki güç akışının ters çevrilmesi, DN operatörlerinin kontrolünün etkili yanıt veremediği gerilim yükselmesine sebep olabilmektedir [35]. Sistemde arıza oluştuğunda arıza akım seviyesi DG nedeniyle değişecek ve rölenin zaman aralığı uyumsuz olacaktır. Röle ayarlarının değişken arıza akım seviyelerine göre optimize edilmesi, korumanın güvenli şekilde sağlanması, istenmeyen kesintilerin önlenmesi, röle gecikmesi yaşanmaması için uyarlanabilir bir röle mekanizması olmalıdır [37].

2.2.2 Kısa Devre Analizi

Koruma koordinasyonu için kısa devre analiziyle hat dayanımlarına, bara dizayn değerine bakılır. DN'nde kısa devre olması durumunda adalaşma bir sorun haline gelebilir. Bu durum can ve sistem güvenliğini tehlikeye sokabilir. Bağlantı yapılmadan önce kısa devre gücü ve güç iletim mesafesi analiz edilmelidir [36]. DG, dağıtımdaki ve iletimdeki yüklenmeyi konumuna bağlı azaltarak aşırı yüklemeye bağlı kesintiyi ve güç akışını azaltır. DG sistemler kesinti olduğunda kontrollü adalaşma sunabilir. DG arıza akımlarını değiştirerek yanlış korumaya sebep olabilir ve bu beklenenden daha fazla kesinti meydana getirebilir [32]. İletim şebekesinde bir kısa devre meydana gelirse büyük miktarda DG

bağlantısının kesilmesine neden olabilir. DG'nin bağlantısının kesildiği bölgedeki gerilim profilleri etkilenebilir ve bir gerilim çökmesi olayı başlatabilir [38].

2.2.3 Harmonik ve Fliker Analizi

DG kaynakları, gerilimin bozulmasında artışa sebep olabilecek harmonikleri getirebilir. Küçük üretim birimlerindeki kapasitanslar, rezonans frekansında değişiklik ve yeni harmonik rezonans oluşmasına neden olabilir [32]. Yenilenebilir üretim kaynaklarının kullanımı da fliker ve harmoniklere sebep olur.

2.2.4 Kompanzasyon Etkisi

DN planlanırken ekonomik ve teknik faydalar için kompanzasyon cihazları kullanılır. Kompanzasyon cihazlarının boyutları optimum seçilerek aktif güç kaybını en aza indirebilmektir [12]. Mevcut sisteme DG ilave edildiğinde üreteceği reaktif güç sisteme enjekte edilecektir. DG'lerin oluşturduğu yeni reaktif güç ile beraber toplam reaktif gücü mevcut reaktif güç kompanzasyon ekipmanı karşılayamayacağı için DG planlama sürecinde reaktif güç kompanzasyon ekipmanının konfigürasyonu dikkate alınmalıdır [27].

2.3 Sistem Üzerinde Dağıtık Üretimin Etkileri

DG ile DN çok yönlü güç kaynakları olan aktif yapılara dönüşür. DG'nin penetrasyonunun artması gelecekte hem olumlu hem olumsuz sonuçlar getirecektir [38].

İletim hattı kayıpları minimize edilmiş, güvenlik alt yapısı iyileşmiş ve güvenilirlik artmış olacaktır. Bakım, işletme maliyetleri minimuma inecektir ve verimlilik artacaktır, güç kalitesi artarak daha iyi gerilim profili sağlanacaktır, yakıt kullanımı minimuma sabitlenmeye çalışacaktır [4], [6], [9], [39]. DN'nda DG kurulumu sistem parametreleri üstünde birçok etkiye sahiptir [11]. Geleneksel elektrik santrallerinin aksine DG'lerin sisteme katılmasıyla SO_2 ve CO_2 gibi termik santrallerin ürettiği çevresel zararlı etkiler azalır ve fiderlerdeki güç kaybının azalması ile gerilim kararlılığı düzelir. Esnek ve düşük maliyetli elektrik sağlanmasına yardımcı olur. Daha az sermaye yatırımı ve bakım işletme maliyetiyle, daha kısa inşaat süresi avantajlarına sahip olunur. Devlet ve özel sektör arasında(yatırımcılar) elektrik üretim piyasasında rekabet oluşturularak

ürün ve hizmet kalitesi artar ve yüksek olan işletme maliyetlerinin düşürülmesine çalışılır [5]. Rekabetçi enerji politikalarının uygulanması ve piyasa belirsizlikleri, enerji kaynaklarının çeşitliliği, yakıt ve bakım maliyetleri, düşük iletim ve dağıtım maliyetleri sağlar. DG'ler büyük tesislere göre daha küçük oldukları için daha kolay saha bulunur ve daha düşük maliyetle karakterize edilebilen modüler birimlerdir [26].

Olumlu etkilerin yanında olumsuz olarak DG'ler eklenince şebeke yapısı karmaşık hale gelecektir, şebekenin topoloji yapısı değişecektir. Bu durum ters yük akışı ve güç kalitesi sorunlarına neden olabilir [21]. Büyük DG tesislerinin inşaatı görsel ve gürültü kirliliğine sebep olabilmektedir. Küçük kapasiteli tesislerde yatırım maliyetlerinin daha düşük olacağı düşünüldüğü için daha çok desteklenir fakat her istenilen yere kurulması uygun değildir [38]. DG olarak plansız yenilenebilir bir kaynağın kullanılması (rüzgâr, güneş vd.) üretimde belirsizliğe ve kalite problemlerine sebep olabilmektedir. Tüm olumlu ve olumsuz taraflar düşünülerek planlama yapılmalı ve DG kaynağı seçilmelidir.

2.4 Literatür Çalışması

2.4.1 DG Konumlandırma ve Boyutlandırılması Üzerine Yapılmış Çalışmalar

Mahmoud ve arkadaşlarının çalışmasında DG'nin optimal olarak tahsis edilmesi için farklı hedefler, kısıtlamalar, algoritmalar kapsamında inceleme yapılmıştır [1]. Z. M. Zenhom ve T. A. Boghdady çalışmasında DG birimlerinin optimal büyüklük ve konumlandırmasını belirlemeye çalışmıştır. Önerilmiş olan çok amaçlı fonksiyona göre farklı DG tipleri dikkate alınarak, karşılaştırılmıştır [5]. Başka bir çalışmada trafo merkezi gerilimindeki, yükte ve güç faktöründeki değişiklikler basitleştirilerek, radyal DN'nde simüle edilerek, kurulacak DG elde edilmiştir. DG miktarı matematiksel formülle mevcut sisteme yararlı olacak şekilde geliştirilmiştir [40]. Diğer bir çalışmada DG birimlerini dağıtım şebekesinde en uygun şekilde yerleştirerek PS performanslarının iyileştirilebilmesiyle ilgili bir çalışmadır [41]. Başka bir çalışmada DSP(Dağıtım Sistemi Planlama) sorununu çözebilmek için DG uygulayarak yeni bir entegre model önerilmektedir ve önerilen model kapsamlı şekilde DG için en uygun konumlandırma ve boyutlandırmayı bulmayı amaçlamıştır [42]. A. M. El-Zonkoly

çalışmasında DN'ndeki DG birimlerinin konumlandırma ve boyutlandırmasını en iyi şekilde belirleyebilmek için çok amaçlı bir yaklaşım önererek farklı yük modellerinin boyutlandırma ve konumlandırmayı önemli ölçüde etkileyeceğini göstermiştir [20]. Hosseini ve diğerleri DN'nın teknik parametrelerine göre DG kaynağın en iyi konumu, boyutu ve sayısını bulabilmek için bir algoritma önermeyi amaçlamakta ve ağdaki en önemli parametreleri içeren bir nesnel işlev önermektedir. DG'li ve DG'siz iki radyal sistem dikkate almışlardır. Ağdaki toplam güç kaybı, gerilim değerleri, kısa devre seviyesi ve uygun sayıda DG birimi dikkate alınan parametrelerdir [11]. Başka bir makalede DG birimlerinin optimum konumlandırma ve boyutlandırılması için CSO (Kedi Sürüsü Optimizasyonu) ve PCSO (Paralel Kedi Sürüsü Optimizasyonu) algoritmaları sunulmuştur. Tek ve çok amaçlı problemleri çözebilmek için önerilen algoritmalar IEEE-33 ve 69 baralı test sisteminde test edilerek önerilen algoritmaların DG ünitelerinin yerleşimi ve boyutlandırılması için verimli olduğu belirlenmiştir [17]. Diğer bir makalede, dengesiz DN'nde DG ve kapasitör için planlama 19 veri yollu dengesiz DN'nda doğrulanmıştır. Çalışmadaki literatür incelmesinde güç kaybının önemli olarak azaldığı, gerilim profilinin DG konumuyla ve kapasitör konumuyla ayrı optimize ederek iyileştiği gözlemlenmiştir [43]. Başka bir çalışmada DG, şönt kapasitör ve GOA (Çekirge Optimizasyon Algoritması) kullanarak elektrikli araç şarj istasyonlarının en uygun şekilde boyutlandırılmasına ve konumlandırılmasına iki aşamalı çalışmışlardır. Bu uygulanan iki aşamayla geleneksel multi-objektif fonksiyon tabanlı eşzamanlı yaklaşımla elde edilemeyen DN'nin arzu edilen performansının elde edilebildiğini gözlemlemişleridir [30]. Başka bir makalede mikro şebeke planlaması için optimizasyon algoritmalarının kullanımı ile ilgili son araştırmalara genel bir bakışta bulunulmuştur ve mikro şebeke planlamasına genel bir yaklaşım olduğu için ekonomik fizibiliteye makale boyunca dikkat edilmiştir [37]. M. Fouad ve arkadaşları Gri Kurt Optimizasyonu (GWO) ve Parçacık Sürüsü Optimizasyonu (PSO) olacak şekilde iki meta-sezgisel algoritmayı karşılaştırarak IEEE 33 veri yolu sisteminde sistemin yeniden yapılandırılması, DG boyutlandırma ve tahsisi üzerine çalışmışlardır. 5 senaryo kullanılmış ve sonuçlar da gerçek güç kaybında, reaktif güç kaybında ve gerilim profili iyileştirmede önemli azalma gözlemlemişlerdir [15]. Başka bir makalede DG ve DG

teknolojisinin temelleri sunulmuş, DG ünitelerinin dağıtım ağlarında optimum konumlandırılma ve boyutlandırılması için klasik ve sezgisel yaklaşımları gözden geçirerek, kamu hizmetleri ve müşteriler üzerine etkileri incelenmiştir [44]. W. Tan ve arkadaşlarının çalışmasında literatürde, dağıtılmış yenilenebilir üretimin konumunu seçmek için birçok popüler yöntem potansiyelleri ve uygulamaları ile birlikte ele alınmıştır [45].

2.4.2 DG'nin Sistem Üzerindeki Etkileri Üzerine Yapılmış Çalışmalar

Çalışmada DG'nin PS'ndeki etkilerini görebilmek için Newton-Raphson (NR) kullanılmış ve yenilenebilir kaynaklardaki belirsizliği, 24 saatlik ortalama üretim profili ve IEEE'nin 39 bara PS'nde gösterilmiştir [46]. Diğer bir makalede DN'da gerçek ve reaktif güç kaybının en aza indirilmesi, PS'nin yüklenebilirliğinin arttırılabilmesi, kararlılığın arttırılabilmesi gibi farklı PS performanslarında DG üzerine bir çalışma olup aynı zamanda farklı PS performanslarında DG'nin planlamasının mevcut durumu da sunulmuştur [47]. Diğer bir makalede yüksek PV penetrasyonunun iletim sistemi üzerine olan etkisini göstermek amaçlanmıştır. Elde edilen simülasyon sonuçları, hem kararlı durum kararlılığı hem de geçici kararlılık performansı için artan PV penetrasyonunun hem zararlı hem de yararlı etkilerini etkili ortaya koymuştur [24]. Başka bir çalışma da tipik bir İngiltere sistem yapısında mikro üretim kurulumuyla gerilim artışı değerlendirilmiştir. Sonuçta sistemde gerilim kontrolünde değişiklik yapılmadan ciddi miktarda mikro üretim penetrasyonu sağlanacağı gösterilmiştir [48]. Dağıtılan kaynaklar, kapasite, dağıtılmış fayda terimleri tartışılarak DG'nin sistem ve bağlantı sorunları sunulmuştur [49]. Başka bir çalışmada, PV enerji ile ilişkili enerji depolama, NaS (Sodyum Sülfür) Piller kullanımını vurgulayarak elektrik şebekesine bağlı olan mikro bir üretim önermiştir. Arz ve talep taraflı yönetim durumlarında yedek enerji teklifiyle yük faktörü geliştirmeyi amaçlamışlardır [50]. DG ve mikrogrid hakkında detaylı çalışma yapılarak mevcut mikrogrid yapısı incelenmiş, mikro kaynaklar, depolama sistemleri ve invertör kontrollerinden bahsedilerek piyasa durumuyla bitirilmiştir [39]. Bir başka makale de DG'nin artış sebepleri ve PS'ne entegre edilmesi durumunda oluşacak sorunlardan bahsedilmekte ve dolayısıyla daha fazla aktif olmasını desteklemek için kullanılabilir olan fırsatlar

tartışılmaktadır [51]. İletim-Genişleme Planlaması (TEP) probleminde çözümün en az maliyetle Biyocoğrafyaya Dayalı Optimizasyon (BBO)'ya dayalı optimizasyonla, DG'nin etkileri üzerine bir çalışmadır. Araştırmaya göre, dağıtılabilir bir güç sağlayan %30'luk bir payın, gelecekteki şebeke genişletme maliyetlerini, ayrılmaz güçteki %10'luk paydan daha önemli ölçüde azalttığını görmüşlerdir [8].Başka bir makale radyal bir DN'nda birkaç DG'nin optimal tahsisi için önerilmiş ve amaç fonksiyonu gerçek güç kaybını en aza indirecek şekilde düşünülmüştür. Rüzgar türbin (WT)'nin kurulumuyla sonuçta toplam gerçek güç kaybı, reaktif güç üretme kapasitesi sebebiyle azalmış ve güvenilir bir yakınsama oranı olduğunu ortaya koymuşlardır [6]. Diğer bir çalışmada dağıtılmış güç optimizasyon sürecinde reaktif güç kompanzasyon ekipmanı ve enerji depolama sisteminin tahsis edilmesini, DG'nin en az maliyetle çok amaçlı bir optimizasyon modeli oluşturulmasını, minimum sistem iletim kaybını incelemek için MALO (Çok Amaçlı Karınca Aslanı Optimizasyonu) uygulanmıştır [16]. Önerilen algoritmada röle koordinasyon problemini çözmek için Genetik Algoritma (GA) ve Ateşböceği Optimizasyon Algoritması (FA) gibi meta-sezgisel algoritmalar önerilmiş ve evrimsel algoritmalardan elde edilen TMS (Zaman çarpanının ayarlandığı değer) ve PCS (Başlatma (çalışma) akımının ayarlandığı değer) için optimum değerler önerilmiştir. Çalışma DG çoğalmasından kaynaklı röle koordinasyonu için çözüm sunabilmektedir [37]. Diğer bir çalışmada aktif DN özelliklerine dayanarak DG etkisini dikkate alan soğuk ısı ile çalışan katmanlı gerçek zamanlı optimizasyon ve koordineli programlama önerilmiştir. Simülasyon sonuçlarını aktif DN için önerilen gerçek zamanlı optimizasyon ve koordinasyon planlama yönetimi doğrulmaktadır [52]. J. Wu ve arkadaşları DMS (Dağıtım Yönetim Sistemi) ve DER (Dağıtılmış Enerji Kaynakları)'lerin ölçüm, iletişim ve hızlı hesaplama becerileri olan gerilim genliği ve dal akış ölçümüne dayanan bir yöntem önermişlerdir. [19].

2.5 Dağıtık Üretim Entegrasyonunda Kullanılan Optimizasyon Metotları

Optimizasyon amaç ve amaçlar doğrultusunda en iyi çözümü elde edebilmek için yerine getirilmesi gereken sınırları sağlayacak şekilde uygun çözümü elde

edebilmektir [53]. DN'nde optimizasyonla amaçlanan toplam üretim maliyetini, toplam güç kaybını, üretim birimleri ile üretilen toplamı, emisyonlar ve gerilim kararlılığını iyi hale getirerek en aza indirmektir [17].

DG optimum konum, sayı ve boyuttan oluşan doğrusal olmayan bir optimizasyon problemidir. DG kaynaklarının konumlandırılması ve boyutlandırılmasında geleneksel yöntemler kullanıldığında yavaş yakınsama oranı ile karşılaşılmaktadır. Analitik yöntemlere göre sezgisel ve meta-sezgisel yaklaşımlar karmaşık problemlerde daha uygun ve basit bir çözüm olur [54]. Analitik yöntemler uygulamada hızlı ve kolay olduğu için önerilirken sonuçları genellikle basitleştirilmiş varsayımlar yaptığından sadece gösterge niteliğindedir. Sayısal yöntemler, objektif fonksiyon ve kısıtlamalar kullanarak basitleştirilmiş bir optimizasyon problemine dönüştürülür. Evrimsel algoritmalar büyük, karmaşık ve çok amaçlı problemleri uygun şekilde çözmeye çalışır [21]. Optimizasyon problemlerini çözmede sezgisel algoritmalar zaman tasarrufu sağlar ancak optimal çözümü garanti edemez [55].

W. L. Theo vd. son yapılan optimizasyon çalışmalarını inceleyerek potansiyel boşlukları bulmuş ve yenilenebilir kaynak ve yük değerlendirme yöntemi, enerji üretim modeli, enerji depolama ve denge modeli, optimizasyon kriteri(amaç fonksiyonu) ve optimizasyon teknikleri için önerilerde bulunmuşlardır [56]. Başka bir çalışmada optimizasyon yapılmadan önce kararlı hal durumunda güç kayıpları ve üretim maliyeti belirlenerek optimizasyondan elde edilen sonuçlarla karşılaştırılıp kayıp ve maliyetin kararlı durumda daha yüksek olduğu, DG bağlandığında daha düşük olduğu görülmüştür. Amaç DG bağlı PS optimizasyonunu açıklayabilmektir [4]. Diğer bir çalışmada bir felaket sonrası düşünülerek DG ekipmanı ve sözleşme planlarının kapasitesinin belirlenmesine yardımcı olmak için çok amaçlı optimizasyon önerilmiştir [57]. Z. Wang ve A. T. D. Perera dayanıklı bir güç iletim sisteminin optimize edilebilmesi için optimizasyon algoritması önermiş ve rastgele sistem bileşeni kesintisine karşı dayanıklı optimum sistem elde etmişlerdir. Sonuçlar sistemdeki sağlamlığın ağdaki topolojiden etkilendiğini göstermektedir. Yeni optimizasyon algoritmasıyla sistem topolojisi düzenlenerek güvenirliğin %23.92 arttığı gösterilmiştir [58].

2.5.1 Analitik Teknikler (Analytical Technique)

Yöntemin doğruluğu geliştirilen modele bağlı olmak üzere analitik yaklaşımlar genellikle optimizasyon için incelenecek sayısal bir denklem üretir. Çoğunlukla teorik hesaplamalar ve matematiksel analizlere dayanmakla beraber başka modeldeki simülasyon sonuçlarıyla da uygulanabilmektedir. Sorunun yakınsamasını sağlarken, kısa hesaplama süresi ve uygulamada kolaylık avantajları sunmaktadır [53].

A. Ehsan ve arkadaşları çalışmalarında yenilenebilir DG'nin en uygun şekilde planlanabilmesi, gelişmiş analitik tekniklerin kapsamlı şekilde incelenebilmesi ve eleştirilebilmesi için geniş kapsamlı bir çalışma yapmıştır. Çeşitli optimizasyon kriterleri açısından DG planlamasının uygunluğunu göstermek için analitik tekniklerin karşılaştırmalı bir analizini sunmaktadırlar [31].

2.5.1.1 Kapsamlı Analiz (Exhautive Analysis)

DN'ndaki tüm aday DG'ler kapasite ve konumlara karşılık olan çözüm alanını ayrıntılı olarak taramaktadır. Gerilim artışı veya güç kaybı gibi tek bir konuya dağıtım şebekesinde bağlanacak DG için incelenen yaklaşımdır. Böyle bir yaklaşımda hedeflenen DG kapasitesi tercih edilirse teknik sorun ve kısıtlamalar karşılanıp faydalı hale getirilmiş olur [31].

2.5.1.2 Karmaşık Tamsayılı Doğrusal Programlama (Mixed-Integer Linear Programming)

Temelde doğrusal programlamanın kullanımı güç akışının doğrusallaştırılmasını gerektirir ve sağlam bir optimizasyon yöntemidir [59]. Ekipman ve fiziksel olayların çoğunluğu, özelliği gereği doğrusal olmadığı için doğrusal fonksiyon gibi modellenmeleri gereklidir. Sistemdeki karmaşıklık ve bir dizi değişken sayısı arttıkça hesaplama yükü artar ve Karmaşık Tamsayılı Doğrusal Programlama (MILP) kullanıldığında çözmek zorlaşabilmektedir [60].

Z. Tian ve arkadaşları bir yıl boyunca en az enerji tüketimini hedefleyen bir Dağıtılmış Enerji Sistemi (DES)'nin çalışma stratejisini optimize ederek MILP modeli sunup formüle eder ve Genel Cebirsel Modelleme Sistemi (GAMS) tarafından çözülür. Sistemin orijinal çalışma stratejisine göre optimize olmuş

çalışma stratejisinin %11.8 enerji tasarruf alanına sahip olduğunu görmüşlerdir [55].

2.5.1.3 Karmaşık Tamsayılı Doğrusal Olmayan Programlama (Mixed Integer Nonlinear Programming)

Nesnel işlev ve kısıtlamalar doğrusal olmadığında, çözülmesi gereken matematiksel modeldeki değişkenler sürekli ve ayrık olduğunda kullanılan programlamaya MINP (Karmaşık Tamsayılı Doğrusal Olmayan Programlama) denir [53].

Zined ve arkadaşları DG yerleşim ve boyutlandırma problemini çözmek için kullanılan optimizasyon teknikleriyle, DG artışına bağlı zorlukların üstesinden gelmek için ekonomik, çevresel, teknolojik ve teknik konularda bilgi vermişlerdir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının, DG entegrasyonundaki en uygun teknik metotlarını incelenmiş ve geleneksel yöntemlerden Doğrusal Programlama (LP) ve MINP'in uygun olduğu belirlenmiştir [53]. Başka bir çalışmada optimal DG yerleşim modeli ve yöntemi hakkındaki çalışmalar birleştirilerek, optimal DG yerleşim problemi için en sık kullanılan teknikler GA ve çeşitli sezgisel algoritmalar olarak belirtilmiştir. Optimal DG yerleşimi için en verimli olanlar Doğrusal Olmayan Programlama (NLP), Sıralı Kuadratik Programlama (SQP) ve Sıralı Optimizasyon (OO) olarak belirtilmiştir [26].

2.5.1.4 Optimal Güç Akışı (Optimal Power Flow)

Optimal Güç Akışı (OPF) matematiksel yönden lineer olmayan ve sınırlı olan bir optimizasyon problemidir. Kullanılan eşitlik durumları geleneksel güç akış eşitliği, eşitsizlik durumları kontrol ve işletme değişkenlerindeki sınırlamalardır. OPF, ekonomik dağıtımdan kayıp minimizasyonuna kadar değişik sorunları araştırarak ele almaktadır. PS'nin OPF çözümünün üretim maliyeti özelliklerini, sistem modelini ve yük profilini belirterek PS'nin ekonomik çalışması gerçekleştirilebilir. Reaktif güç dağıtımı ile toplam gerçek güç kaybını en aza indirmek için de kullanılabilir [61].

Luis ve arkadaşları makalede ilk olarak güç ve enerji kayıplarını en aza indirebilmek için kullanılan yaklaşımları kullanmışlardır. Zararı azaltan çok

dönemli OPF ve gömülü Akıllı Şebeke tabanlı şemalar sunmuşlardır [22]. Başka bir çalışmada bağlanacak DG miktarını, gerilim kademesi limitlerinin etkisini bulabilmek için, şebekenin DG barındırma kapasitesini belirlemek üzere, OPF bazlı bir yöntem içinde gerilim kademesi kısıtlamaları yeni bir şekilde dâhil edilmiştir [62].

2.5.2 Meta-sezgisel Algoritmalar (Metaheuristic Algrorithms)

Meta-sezgisel yöntem farklı kavramları birleştirerek sezgisel aramaya yönlendiren yinelemeli bir süreçtir. Optimal çözüme yakın verimli bir şekilde bilgileri kullanır. PS'nin optimizasyonunun yapıldığı problemlerde karmaşık ve ayrıştırılmış teknik ve teknik olmayan problemler modellenip optimizasyon sürecine katılır [59].

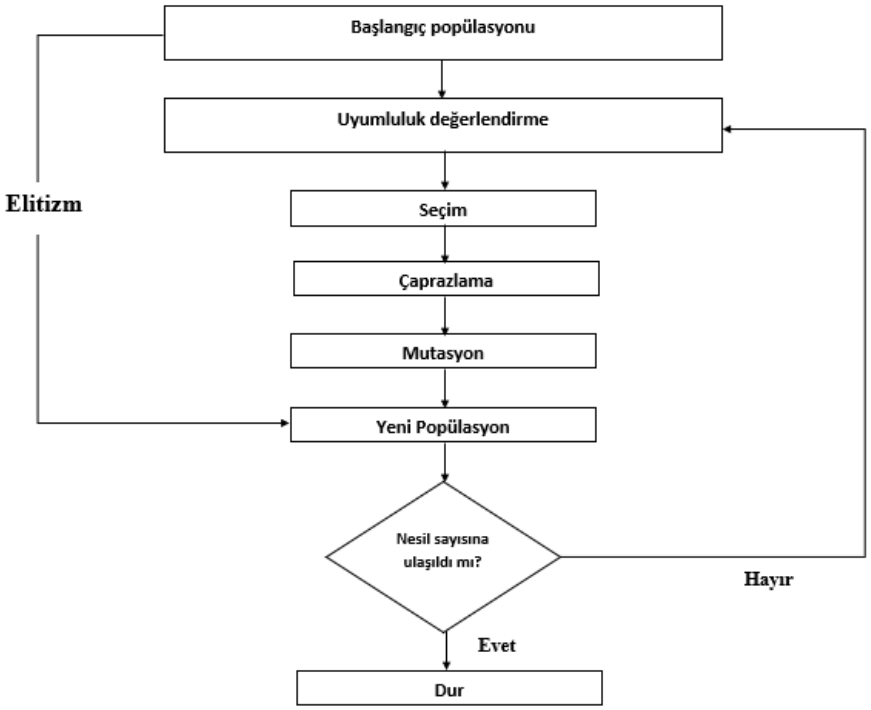
Sezgisel yöntemler daha az sayıda hesaplama kullanarak, uygulanabilir çözümlerden en uygun olanı kullanmaktadır. Meta-sezgisel yöntemler birden fazla sayıda sezgisel yöntemi birleştirebilmektedir. Biyo-ilham kaynağı olan sınıflandırmalar sıkça kullanılmaktadır [63].

Meta, ötesi veya daha yüksek seviye anlamına gelirken sezgisel, deneme veya deneme yanılma yoluyla keşfetme, anlamına gelmektedir. Matematiksel programlamadan farklı olarak meta-sezgisel algoritmalar kolay ve düşük hesaplamayla elde edilmektedir bu yüzden elde edilen yaklaşıktır ve doğruluğu kontrol edilmelidir [60]. Meta-sezgisel algoritmalar olasılıklı olduğundan üretilmiş olan çözüm neredeyse küresel optimum olur, fakat kesin optimum değildir [33]. Optimizasyon problemi her zaman optimum çözümü bulamayabilir. Bazı problemeler optimum çözüm bulmak için uygun olmayabilir. Sezgisel ve meta- sezgisel yaklaşımlar yüksek süre gerektirmediği için önerilmektedir [63]. S. Duman vd. bir başka çalışmada tavlama benzetimi, genetik algoritma, tabu arama algoritması kullanarak ekonomik dağıtım analizini gerçekleştirmişleridir. Yakıt maliyetini minimum tutacak şekilde generatörün optimum çalışma koşulları belirlenmiştir. Sonuç olarak sezgisel metotların geleneksel metotlara göre bakıldığında daha iyi sonuç verdiği, güvenilir olduğu, ekonomik dağıtımda başarılı olacağına karar vermişlerdir [64].

2.5.2.1 Genetik Algoritma (Genetic Algorithm)

Amerikalı bilim insanı John Holland tarafından 1960 yılında tanıtılan GA (Genetik Algoritma) daha sonra öğrencisi olan David E. Goldberg tarafından 1989 da genişletilmiştir [7]. Genetik algoritma doğadaki evrim mekanizması düşünülerek oluşturulmuş bir algoritma tekniğidir. Doğal seleksiyon yöntemleriyle genetik algoritma karmaşık bir probleme optimal bir çözüm arar. Genetik algoritma birden fazla başlangıç noktasına sahiptir. Uygunluk fonksiyonundaki değişken sayısı dikkate alınarak rastgele aday çözüm popülasyonu oluşturulur ve bunlar bizim çözümümüzdür. Çözümlerin özellikleri mutasyonlar ve çapraz geçiş gibi genetik operatörlerle ayarlanır ve daha iyi çözüme doğru yönlendirilir. Çözeltilerin değerlendirilmesi için fonksiyon kullanarak gerçekleştirilmesindeki amaç üretilen çözümün potansiyelini değerlendirebilmektir. Uygun çözüme ulaşılması durumuna göre sonlandırılır ya da başka popülasyonlar üretilir. Ayrıca popülasyon sayısı maksimuma ulaşınca da süreç sonlanır [37].

Güçlü bir arama algoritması olmasıyla diğer geleneksel olan algoritmalardan ayrılmaktadır. Birey topluluğu ile çalışmaktadır ve her birey bir çözümü yansıtır. Crossover iki dizide rastgele bir konum seçer, bu konumdan sonra ortaya çıkan bitleri değiştirir ve mutasyon bir aday çözümü bozar, re-kombinasyon yeni çözelti elde edebilmek için parçaları karıştırır. Amaçlanan en kötü çözümlerin elenerek en iyi çözümlerin bulunmasıdır [45]. Şekil 2.4'te GA için olan akış şeması mevcuttur.



Şekil 2.4 GA akış şeması

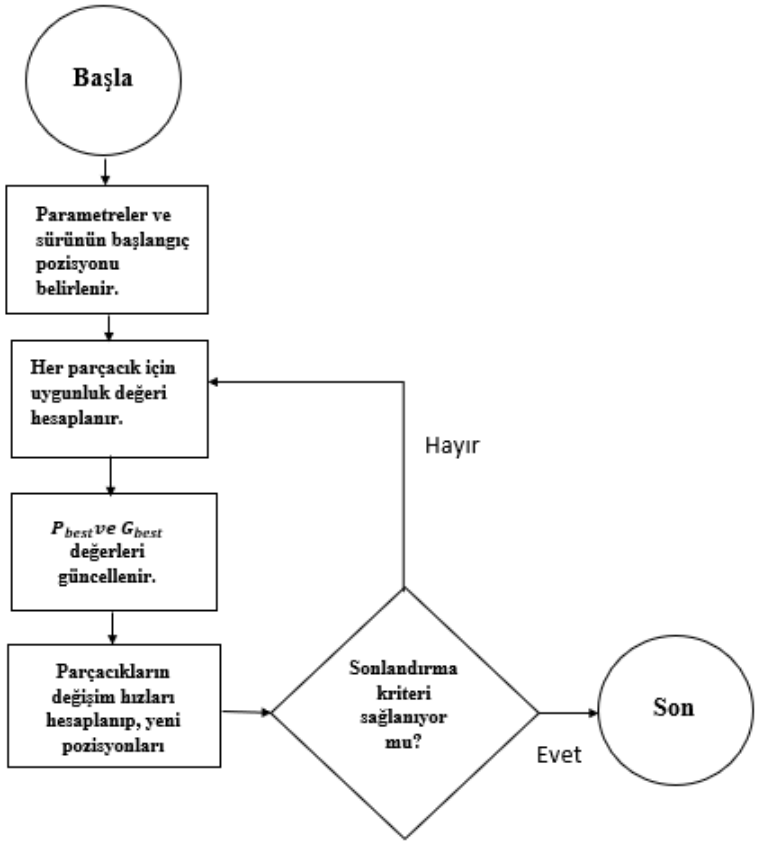
Bir çalışmada yük modellerinin, DN'nda DG boyut ve konumlandırılmasındaki etkisi gösterilerek GA'ya dayalı simülasyon tekniğiyle 16 ve 37 baralı DN incelenmiştir [65]. Biswas ve arkadaşları radyal DN'nda DG'yi en iyi şekilde konumlandırabilmek, toplam güç kaybını en aza indirmek ve gerilim düşüşünü arttırabilmek için GA önermişlerdir [66]. Başka bir çalışmada DG'nin DN'ndeki yeri ve sözleşme fiyatlandırması için GA'ya dayalı bir yaklaşımla IEEE'nin 85 ve 34 baralı DN'nda test gerçekleştirilmiştir [67]. Diğer bir çalışmada DG sistemin uygun konumlandırma ve boyutlandırılabilmesi için GA optimizasyon tekniği sunularak radyal DN'nde test edilmiştir. Farklı makalelerdeki optimizasyon teknikleriyle karşılaştırılmış, tartışılmış ve önerilen yöntemin diğerlerinde daha az aktif güç kaybı sağladığı görülmüştür [7]. Diğer bir çalışmada önerilen algoritmada röle koordinasyon problemini çözmek için GA ve FA gibi meta-sezgisel algoritmalar önerilmiş ve evrimsel algoritmalardan elde edilen TMS ve PS için optimum değerler önerilmiştir. Çalışma DG çoğalmasında kaynaklı röle koordinasyonu için çözüm sunabilir [37].

2.5.2.2 Parçacık Sürü Optimizasyonu (Particle Swarm Optimization)

PSO 1995 yılında Kennedy ve Eberhart tarafından balık eğitimi veya kuş sürüsünün sosyal davranışından esinlenilmiş, popülasyon tabanlı bir optimizasyon problemi olup, çok boyutlu problemleri optimize etmektedir [10], [14], [34], [61], [68]. PSO, bir optimizasyon aracı olarak popülasyonun rastgele üretildiği [9], sürünün parçacıklar adı verilen kişilerin zamanla konumlarını(durumlarını) değiştirdikleri popülasyon tabanlı arama sağlar. PSO'da parçacıklar çok boyutlu bir arama alanında uçar ve uçuşta her parçacık kendi deneyimlerine göre ve komşu parçacığın deneyimine göre en iyi pozisyona [1], [25]konumlanır. Rastgele bir hızla her parçacık D boyutlu arama uzayında hareket eder, parçacığın güncellenmiş konumu yeni hız değerine göre hesaplanırken minimum hata seviyesine gelene kadar işlem devam eder [29] ve parçacıkların hız ve konumları denklemlerle güncellendiği için [9] PSO algoritmasının uygulanması kolaydır ve ayarlanması gereken birkaç parametresi vardır [9], [16], [45], [69]. Tek tek parçacıkların her birine rastgele hız atanarak kısıtlamalarla beraber sınırlı amaca karşılık olan arama alanında hareket ettirilir. Her parçacık, amaç fonksiyonun sonucunda elde edilen çıktıyla uygunluk bakımından değerlendirilmelidir [2].

Her yineleme sonucu hesaplanan yerel en iyi ve küresel en iyi bulma süreci PSO'ya en uygun çözümü bulabilme potansiyeli verdiği için birçok araştırma yapan kişi PSO'yu YSA, GA veya EP ve diğer sezgisel yöntemlerle, diğer optimizasyon yöntemleri ile melezlemeye çalışır [70].

Şekil 2.5'te PSO için olan akış şeması verilmiştir.



Şekil 2.5 PSO akış şeması

PSO'nun hesaplama hızı iyi performans gösterir ve gerçekleştirilmesi kolaydır. PSO, GA gibi evrimsel hesaplama teknikleri ile ortak özelliklere de sahiptir. Genetik algoritma gibi sistemde rastgele olan popülasyonlarla çözüme başlanıp, en optimum çözüm aranır. Araştırma uzayında minimum uygunluk değeri olacak şekilde amaç fonksiyonu ayarlanır. PSO tekniği standart bir GA'dan daha az sayıda parametre gerektirir [10]. GA gibi mutasyon, crossover vb. evrim operatörlerine ihtiyaç duymaz, parçacıklar (potansiyel çözümler) kullanılarak çözüme gidilir. Küresel optimum çözüm hızlı şekilde elde edilebilir [61]. PSO için gerekli olan başarı zamanlaması GA ile karşılaştırıldığında daha az olur ve yöntem gerçekçi olan sisteme kolaylıkla uygulanır [39]. PSO'nun ana avantajı uygulanmasının kolay olması, ayarlanması gereken birkaç parametre olmasıdır. PSO, YSA, bulanık sistem kontrolü ve işlev optimizasyonu gibi birçok alanda faydalı şekilde uygulanmıştır [25].

T. Kumar ve T. Thakur'un çalışmasında modifiyeli IEEE 16 veri yollu sistemde toplam aktif güç kaybını en aza indirebilmek için tek DG'nin en uygun konum ve

boyutlandırılmasını incelmek amacıyla üç PSO varyantı karşılaştırılması ile sunulmuştur [2]. Diğer bir çalışmada PSO kullanılarak amaç DG'nin en iyi konum ve yerini bularak gerilim profilinin arttırılması, gerçek güç kayıplarının en aza indirilmesidir [3]. Başka bir çalışmada PSO tabanlı bir algoritmanın sonuçları, dağıtım şebekelerinde birden fazla DG'nin optimum tahsisi için kullanılmıştır. 12, 30, 69 baralı dağıtım test sistemi kullanılarak önerilen yöntemin, tek DG yerleştirme problemi için diğer klasik ve analitik yöntemlerle karşılaştırıldığında daha iyi veya en azından benzer şekilde çalıştığını ortaya koyulmuştur. Çoklu DG yerleştirmesi durumunda, sadece önerilen algoritma tüm sistemler için çözüm sunmaktadır [71]. W. Kreasuk ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada 33-69 baralı radyal DN'nde toplam gerçek güç kaybını en aza indirebilmek amacıyla DG'nin en uygun şekilde yerleştirilmesi için PSO önerilmiştir [16]. Başka bir makalede PV üretimiyle enerji kaybının azaltılabilmesi için Batarya Enerji Depolama Sistemi (BESS) kurulumunun DN'na en iyi şekilde konumlandırılması üzerinde durulmuştur. Performans ve basitliği sebebiyle Birleşik PSO (UPSO) sezgisel tekniği kullanılarak, IEEE-33 baralı sistemi kullanılmıştır [13]. K. R. Guerriche ve T. Bouktir'in amacı radyal DN'ndeki aktif güç kaybını en aza indirebilmek ve DG boyut-konumlandırma problemini çözerek sistemin gerilim profilini iyileştirebilmektir. IEEE-33 baralı DN'nde test ederek, PSO algoritmasının verimliliği ve sağlamlığı gösterilmektedir. Sonuç olarak önerilen algoritma gerilimin iyileştirilmesi ve güç kaybının azaltılmasında etkin bulunmuştur [72]. J. J. Jamian ve arkadaşları radyal bir DN'nde EPSO ve PSO yöntemlerini karşılaştırarak, EPSO'nun geleneksel PSO'ya kıyasla daha hızlı çözüm sağladığı, optimizasyon yöntemi olmayan çözümlerle karşılaştırıldığında üstün performans verdiği, daha hızlı çözüm sunduğundan bahsedilmiştir. Sonuçta EPSO'nun performansının geleneksel PSO'dan daha üstün olduğu ve PS optimizasyon problemini çözmede kullanılabileceğinden bahsetmişlerdir [68]. Diğer bir çalışmada PSO kullanılarak DG ve DSTATCOM'un en iyi şekilde konumlandırma ve boyutlandırması amaçlanarak 12-34-69 baralı olan test sisteminde, DG kullanımı ile güç kaybı azalmış ve DSTATCOM'la reaktif güç telafisi yapılarak gerilim iyileşmesi sağlanıp radyal dağıtım sisteminde toplam güç kaybının azaldığı görülmüştür [9]. Bir başka çalışmada güç kayıplarının en aza indirilmesi,

sistemdeki zayıf bara geriliminin bulunması, en zayıf bağlantı nedeniyle gerilim stabilitesinin en üst düzeye çıkarılması düşünülerek optimum bir şekilde DG yerleştirebilmek için çok amaçlı yaklaşımdan bahsedilmiştir. PSO çok amaçlı işlevi çözmede 12, 30, 33, 69 baralı radyal sistemde test edilerek mevcut yöntemler önerilen yöntemle karşılaştırılmıştır [28]. Diğer bir çalışmada DG birimleri ile DN'nın optimal güç akışı için DG'lerin NR algoritmasıyla iyi bir yakınsamaya sahip olduğu görülmüştür. Optimal güç akışı hesaplamak için PSO kullanarak algoritma uygulanabilirliği ve çok yönlülüğü sonucu çıkartılmıştır [68]. N. Rugthaicharoencheep ve arkadaşları OPF problemini PSO ile çözmüşledir. Optimal olarak dağıtılabilir DG'ler ile DN'a aktif yönetimin uygulanması vurgulanarak amaç fonksiyonu DG birimleri tarafından üretilen aktif gücünün toplam maliyetini en aza indirebilmek olarak belirtilmiştir. [61]. A. A. Saleh ve arkadaşları radyal bir DN'nde DG'nin en uygun şekilde konumlandırılması ve boyutlandırılması için iki optimizasyon algoritmasının karşılaştırılmasını önermiştir. PSO, kayıp azaltma ve toplam işletme maliyeti azaltmada etkili iken MSA, gerilim sapma minimizasyonunda etkilidir [34]. PSO ile DG ve çok dalgalanan yük içeren bir microgridin maliyet optimizasyonu matematiksel modellenerek yapılmıştır. Enerji depolama elemanlarının deşarj oranları, yenilenebilir enerji üretiminin en üst düzeyde ayarlanması şeklindedir [23]. Başka bir çalışmada PSO ile DG birimi olarak biokütle yakıtlı olan sistemlerin optimizasyonu araştırılmıştır. Yaygın kullanılan gaz motoru, gaz türbini ve yakıt hücresi-mikro türbin hibrit güç döngüsü sistemleri karşılaştırılmıştır. Üç biokütle yakıtlı sistem içinde elektrik üretim tesisinin optimum yer ve tedarik alanı belirlenmek istenmiştir [25].

2.5.2.3 Tabu Arama (Tabu Search)

TS (Tabu Arama) 1986'da Fred Glover tarafından tüm çözüm alanını rastgele araştıran [40], optimizasyon problemlerini çözebilmek için önerilen bir meta-sezgisel yaklaşımdır.

Etkili şekilde iyileştirme yapılana kadar çözüm alanını etkili ve ekonomik bir şekilde aramayı mümkün kılan uyarlanabilir bellek ve araştırmaya dayanmaktadır. DG ile ilgili olarak boyutlandırma ve konumlandırma konusunda

çokça kullanılmıştır [53]. Fred Glover ve arkadaşları en iyi değeri kontrol etmek ve ya kontrol altına almak için TS önermişlerdir [40].

2.5.2.4 Benzetilmiş Tavlama (Simulated Annealing)

Metalin soğuyarak ve donarak minimum enerjideki kristal yapısına dönüşmesi (tavlama süreci) ile daha genel bir sistemde minimumun araştırılması arasındaki benzerliktir. SA (Benzetilmiş Tavlama) 1983 yılında ilk defa Kirkpatrick ve arkadaşları tarafında bir optimizasyon tekniği olarak sunulmuştur [64]. Benzetilmiş tavlama olasılıksal yaklaşımlı bir algoritma olup en iyi çözüme en kısa zamanda ulaşmayı hedeflemektedir. Genellikle matematiksel modellerle maliyetli olan kombinasyonel eniyileme problemlerinde kullanılır [73].

2.5.2.5 Karınca Kolonisi Optimizasyonu (Ant Colony Optimization)

Karınca Kolonisi Optimizasyonu (ACO) böceklerin (karıncaların) sosyal bir davranış olan yiyecek aramasından esinlenmiş bir optimizasyon yöntemidir. Diğer meta-sezgisel yöntemlerdeki gibi karıncalar tarafından gerçekleşen rastgele aramalara ve karınca hareketlerinden kaynaklı izlere asimile olmuş rastgele çözümler ile başlanılır [47].

Bu optimizasyonda başlangıçta karıncalar yiyeceklerini her yoldan rastgele ararlar ve yiyecek bulduklarında feromon izlerini geride bırakarak kolonilerine geri dönerler. Karıncalar bu aşamadan sonra rastgele gitmezler ve yiyecek bulabilmek için izi takip ederler. Meta-sezgisel algoritmalar yerel optimumdan global optimuma geçerler [25].

2.5.2.6 Ayçiçeği Optimizasyon Algoritması (Sunflower Optimization Algorithm)

Ayçiçeği Optimizasyon Algoritması, Gomes ve ark. tarafından sunulan doğadan ilham alan en yeni meta-sezgisel yöntemlerden biridir [74]. Güneş ışınlarını yakalayabilmek için ayçiçeklerinin hareketinin simüle edilmesidir. Bir popülasyon üretilmesiyle algoritma başlar [75]. Yüksek yakınsama hızı, basit hesaplama ve uygun tasarımından ötürü güç sistemlerinde optimal güç akışı ve DG yerleşimi sorununu çözmek için SOA önerilmiştir [76].

2.5.2.7 Çakal Optimizasyon Algoritması (Coyote Optimization Algorithm)

Çakal Optimizasyon Algoritması (COA) optimizasyon problemlerinin çözümü için geliştirilmiş güncel meta-sezgisel yöntemlerden biridir. Her çakal, optimizasyon problemi için olası bir çözümdür. Algoritma çakalların sosyal organizasyonunu ve çevreye adaptasyonunu dikkate alarak literatürdeki diğer meta-sezgisel yöntemlere göre farklı bir algoritma sunar [77][78].

2.5.2.8 Balina Optimizasyon Algoritması (Whale Optimization Algorithm)

Balina Optimizasyon Algoritması (WOA) 2016 yılında Mirjalili ve Lewis tarafından önerilen meta-sezgisel optimizasyon tekniğidir. Balinaların av davranışını taklit eden akıllı bir arama yönetimidir [79]. Çok amaçlı ODGA bulmak için WOA önerilmiştir. Güç kaybının ve maliyetin minimizasyonu ile gerilim profilinin iyileştirilmesi gibi çoklu hedefler için etkili olduğu bulunmuştur [80]. Ayrıca birden fazla DG birimi entegrasyonunda güç kayıplarını, gerilim sapmasını en aza indirmek ve gerilim kararlılık endeksini üst düzeye çıkarmak gibi birçok amacı aynı anda sağlayan optimum sonuçlar alınmıştır [81]. 30 baralı radyal DN'de DG kurulumu için WOA ile önerilen sonuçlar FA ile karşılaştırılarak daha iyi sonuçlar alındığı görülmüş ve toplam kayıpların en aza indirilmesi açısından üstünlüğü vurgulanmıştır [82].

2.5.2.9 Gri Kurt Optimizasyonu (Grey Wolf Optimization)

GWO, Mirjalili ve Lewis tarafından 2014'de gri kurtların sosyal liderliği ve avlanma tekniğinden ilham almıştır. Kurtların sosyal hiyerarşisini matematiksel modellemek için en doğru çözüme alfa (α) kurt, ikinci ve üçüncü en iyi çözümlere sırasıyla beta (β) ve delta (δ) kurt, geri kalanı omega (ω) kurt olarak isimlendirilmektedir. Avlanma yani optimizasyon α, β ve δ tarafından yönlendirilerek küresel optimum arayışında bu üç kurdu takip eder [83].

U. Sultana ve arkadaşları çoklu DG konumlandırma ve boyutlandırması için GWO yaklaşımlı optimizasyon kullanmışlardır. Reaktif güç kaybını en aza indirmek, gerilim profilini iyileştirmek gibi çoklu hedefler belirlemişlerdir. Sayısal sonuçlardan GWO'nun gerilim profili ve yakınsama karakteristik eğrileri üzerinden daha iyi performansı olduğunu gözlemlemişlerdir [84]. Diğer bir

makalede meta-sezgisel algoritma olan Hibrit Gri Kurt Optimizasyonu (HGWO) kullanılarak DG tahsis problemine uygun küresel optimum çözüm bulmaya çalışılmaktadır. DG sayısı artınca güç kaybı azalmış ve geriliminde iyileşme olmuştur. HGWO'yu literatürdeki en iyi sonuçlarla karşılaştırılarak küresel olarak en uygun çözüm olduğunu göstermişlerdir [33]. Başka bir makalede toplam aktif kayıpların en aza inmesi amacıyla PV ve WT tipinde bir ve iki DG ünitesinin iki radyal DN'nda optimal konum ve boyutta olması için GWO kullanılmıştır. Tüm durumlarda aktif güç kaybında azalma oluşur. PV tipi tek DG durumunda en az azalma %47,38 ve WT tipinde çift DG durumunda en büyük azalma %96,74 gözlemlenmiştir. WT tarafından sağlanan reaktif güç bileşeni kullanılabilirliğine dayanarak her zaman PV sonuçlarında daha iyi olduğu gözlemlenmiştir.

2.5.2.10 Fil Gütme Optimizasyonu (Elephant Herding Optimization)

Fil Gütme Optimizasyonu (EHO) fil gruplarının sürü davranışlarına dayanan sürü tabanlı bir meta-sezgisel algoritmadır. Farklı klanlara ait filler anaerkinin yönetiminde yaşarlar ve erkek filin büyüdüğünde aile grubundan ayrılmasıyla, yiyecek ve barınak arayışındaki filin modellenmesiyle geliştirilen algoritmadır [85].

EHO ile optimum ODGA'nın farklı DN'lerde test edilerek önerilen algoritmanın en iyi sonuçları verdiği görülmüştür [54].

2.5.2.11 Harris Şahin Optimizasyonu (Harris Hawks Optimization)

2020 yılında ortaya çıkan bir diğer meta-sezgisel algoritma olan HHO şahinlerin avlanma davranışlarını referans alan yenilikçi bir algoritmadır. Birçok farklı optimizasyon problemine uygulanabilir, hızlı ve verimli şekilde sonuca ulaşılabilmektedir [86], [87].

A. Selim ve arkadaşları tekli ve çok amaçlı HHO yaklaşımlarıyla radyal DN'nda ODGA'ya çalışmışlardır. Sonuçta gerilimin desteklenmesi, kayıpların indirgenmesi, güç kararlılığı yönüyle DN'daki iyileşme kanıtlanmıştır [38].

2.5.2.12 Diğer Meta-Sezgisel Algoritmalar

Buraya kadar ifade edilen ODGA için kullanılan meta-sezgisel algoritmalardan farklı ve günümüzde sıklıkla tercih edilen algoritmalardan bazıları şunlardır:

Yapay Arı Kolonisi (ABC), öğrenme öğretme tabanlı ABC (TLABC), Guguk Kuşu Arama Algoritması, Karınca Aslanı Optimizasyon Algoritması, Karıştırılmış Kurbağa Sıçrayan Algoritma, FA, GSA vd.

2.5.3 Hibrit Optimizasyon Yöntemleri

Literatürde analitik ve meta-sezgisel algoritmaların ODGA problemi kapsamında beraber kullanıldığı hibrit yöntemler bulunmaktadır. Hibrit Optimizasyon Yöntemlerinde (HOM) amaç bir optimizasyon yönteminde yetersiz kalan tarafı başka bir optimizasyon yöntemi ile tamamlayarak verimliliği daha da arttırmaktır [88]. Yapılan birçok çalışmada HOM, ODGA ve ekonomik analizde sıkça kullanılmaktadır. Bunlardan sıkça kullanılanlardan bazıları şunlardır: Hibrit Tabu Arama-PSO Algoritması, Hibrit Karınca Kolonisi-Yapay Arı Kolonisi Algoritması, Hibrit Parçacık-Yapay Arı Kolonisi Uyumu Arama Algoritması, vd.

M. Gomez-Gonzalez ve diğerlerinin çalışmasında OPF probleminde GA ve Atlayan Kurbağa Parçacık Sürüsü (JFPSO) teknikleri hibrit olarak kullanılmıştır. JFPSO, tüm simülasyonlarda yaklaşık %90, aynı sayıda değerlendirme için GA yaklaşık %60 ve standart DPSO (Ayrık PSO) yaklaşık %10-25 olarak doğrulanmıştır. Önerilen hibrit JFPSO ve GA ile elde edilenden yakınsama, standart DPSO'nun düşük kaliteli çözümlerdeki yakınsamasından daha iyi olarak belirtilmiştir [69]. Hibrit Modifiyeli Karışık Kurbağa Sıçrayan Algoritması (MSFLA) ve Diferansiyel Evrim (DE) algoritmalarına dayalı etkileşimli yöntem ile farklı DG üniteleri üzerine ODGA'ya çalışılmıştır. Teknoekonomik ve sürdürülebilir çevre hususunda 69 baralı DN'de simülasyon sonuçları, önerilen yöntemin iyi ve uygulanabilir olduğunu göstermiştir [89]. Tablo 2.3'te literatürdeki incelenen çalışmaların optimizasyon yöntemleri için incelenen sonuçları, kullanılan yöntemleri, çalışmanın amacı ve sonuçları detaylı bir şekilde verilmiştir.

Tablo 2.3 Optimizasyon yöntemlerini kullanan çalışmalar

Ref.	*Sorun*	*Metot*	*Amaç*	*Sonuç/Bulgu*
[65]	Yük modelinin konumlandırmaya ve boyutlandırmaya etkisi	GA	Yük modellerinin DG kaynaklarının en uygun şekilde konum ve boyutunu etkileyeceğini gösterme	Yük modellerinin bireysel performans endeksleri üzerindeki etkisi ve yük modellerinin herhangi bir pratik DN'nde DG'nin boyut-konum çiftine karar vermede belirleyici olması
[46]	Üretimi süreksiz DG'lerin gün içindeki bara gerilim ve güç kararlılığına etkisi	NR	Yenilenebilir üretim kaynaklarının üretim profilleri saat bazlı olarak günlük modellenerek yük akış analizi yapmak	Gerilim seviyesi kararlılığında olumsuzluk olmaması ve yenilenebilir kaynakların, yüksek üretimde reaktif güç üretimini sınırlanması için güç faktörü kararlılığının korunması
[71]	Analitik yöntemlere karşı tek veya çoklu DG tabanlı PSO sunulması	PSO, NR	PSO kullanılarak çoklu DG'lerin optimum konumlandırma ve boyutlandırması için yöntem sunulması	Önerilen yöntem tekli DG yerleştirilmesi durumunda klasik ve analitik yöneteme benzer veya daha başarılı, bununla beraber çoklu DG durumunda sadece önerilen yöntemin daha başarılı olması
[16]	Çoklu DG konumlandırma ve boyutlandırılması	PSO	Güç kaybının toplamını en aza indirmek için birincil üretim sistemine DG'nin en uygun şekilde yerleştirmesi	Gerçek güç kaybının en aza indirilmesi, önerilen metodolojinin yer ve boyutlandırma için uygun ve hızlı olması
[66]	Radyal DN'de DG konumlandırma ve boyutlandırılması	GA	Toplam güç kaybını en aza indirerek, gerilim düşüşü ile performansı iyileştirmek	Üç fazlı arızalar veya sistem arızaları gibi basit varsayımlara dayanılarak sınırlamaların üstesinden gelinmesi
[67]	DG'nin uygun şekilde konumlandırılması ve boyutlandırılması	GA	DG sistemlerinin DN'ndeki yeri ve fiyatlandırılması	GA DN tarafından olan ödemelerin en aza indirilerek DG sahiplerine en yüksek karla DG'lerin konum ve sözleşme fiyatının belirlenmesi

Tablo 2.3 Optimizasyon yöntemlerini kullanan çalışmalar (devamı)

[20]	Yük modellerinin DG'nin konumlandırma ve boyutlandırmasına etkisi	PSO	DN'ndeki DG'lerin farklı yük modelleriyle boyut ve konumunu belirlemek	Algoritmayla gerilim profili iyileşmesi, güç kaybının azalması, gerilim kararlılığı ve maksimum yüklenmenin artması
[73]	V2G ve G2V sırasında 10 aracın enerji maliyetini minimize ederek enerji değerini hesaplama	GA	GA kullanılarak araçların şarj edilmesi sonucunda oluşan enerji maliyetinin minimizasyonu	Enerji maliyetlerini minimuma indiren değerlerin hesaplanması, maliyetleri minimuma indiren değerlerin saptanması, optimize edilmemiş durumlarla karşılaştırılması
[11]	Güç kayıpları, gerilim profili, sistemdeki teknik parametreleri iyileştirmek	GA	DG kaynaklarını yerini, kapasitesini ve sayısını bulabilmek	Güç kayıplarının azaltılması, gerilim profilinin iyileşmesi dahil istenen hedefleri dikkate alarak yöntem verimliliğinin doğrulanması
[13]	PV üretimli olan ağda BESS (Batarya enerji depolama sistemleri) kurulumu ile enerji kaybını düşürmek	PSO	Sistemin enerji kayıplarını en aza indirmek, BESS'nin PV kurulu DN'na yerleşimi	PV penetrasyonu yüksek ağda BESS'nin dâhil edilmesiyle enerji kaybında, gerilimde ve hat profillerinde iyileşme
[64]	380kV, 14 bara 6 generatörlü sistemin ekonomik dağıtım problemini kayıplı ve kayıpsız olarak çözmek	GA, TS, SA	Sezgisel metotlar ile çözümlemek	Gücü karşılamak için PS'ndeki generatörlerin birim maliyeti yüksek olanların üretiminin düşmesi ve birim maliyeti az olanların üretimlerinin arttırılması ile toplam maliyetin azalması
[25]	Dağıtılmış güç üretimi için biokütle yakıtlı sistemleri optimize etmek	PSO	Biokütleyle elektrik üretimi sistemi için en uygun olacak tedarik alanı ve yerini belirlemek	Önerilen ikili (binary) PSO algoritmasının performansının iyi bulunması

Tablo 2.3 Optimizasyon yöntemlerini kullanan çalışmalar (devamı)

[72]	Konumlandırma ile kayıp azaltıp, gerilimin iyileştirilmesi	PSO	Amaç DG'nin uygun yer ve büyüklüğünü bulmak için optimizasyon metodolojisi kullanmak	Diğer optimizasyon yönetimleri ile karıştırılınca PSO daha iyi sonuç ve performans, en uygun yer ve boyut sağlama yeteneği, gerilimin iyileştirilmesi ve güç kaybının azaltılması
[54]	Geleneksel optimizasyon tekniği doğrusal olmayan problemlerde başarısız olduğundan EHO kullanarak DG'nin konumlandırılması ve boyutlandırılması	LP, EHO	Elektrik dağıtım şebekelerinde DG'nin en uygun şekilde optimum tahsisi ve boyutlandırılması	Önerilmiş olan EHO geleneksel teknikten daha iyi performans göstermekte ve DG'nin akıllı ve hassas tahsisi, ekipmanın aşırı yüklenmesi gerilimin ve aktif-reaktif gücün düzenlenmesi, elektrik üretim maliyetinin azalması
[70]	DN'de DG boyutunu optimize ederek kayıpların azaltılması	PSO, EPSO, EP	Konumlandırma ve boyutlandırma	EPSO, PSO'dan daha az yineleme ve hesaplama süresiyle üstün
[8]	Uzun iletim hatlarında TEP	BBO	Yeni iletim planlama modeli geliştirilmesi ve DG'nin planlanması üzerindeki etkileri	Literatürdeki diğer çalışmalardan daha mantıklı ve BBO'nun daha kaliteli bir çözüme yakınsaması
[9]	DG'nin optimum konumlandırılması	PSO	Radyal bir DN'nde gerilim profilinin iyi hale gelmesiyle toplam güç kaybını azaltabilmek	DG ve DSTATCOM'un optimum yerleşimi, boyutlandırılması gerilim profilinin etkili şekilde iyileşmesi ve güç kaybının azalması
[28]	Güç kaybının en aza indirilmesi ve sistemin gerilim karalılığının en üst düzeye çıkmasını temel alarak DG yerleşimi	PSO	Optimum DG yerleşimi için yeni çok amaçlı yaklaşımı uygulamak	Daha önceki çalışmalara göre önerilen yöntem gerilim profilinin iyileşmesi, sistem yüklenebilirliğinin en üst düzeye çıkması, PS kayıplarının azaltılması açısından daha iyi olması

Tablo 2.3 Optimizasyon yöntemlerini kullanan çalışmalar (devamı)

[89]	DG birimlerinin çok amaçlı optimal yerleştirilmesi ve boyutlandırılması sorunu	MSFLA & DE	Toplam enerji kayıpları, toplam elektrik enerjisi maliyeti ve toplam emisyonun azaltılması	Önerilen yöntemin iyi performans ve uygulanabilirlik göstermesi
[10]	Yapay sinir ağı tarafından DG'nin optimum üretimin bulunması	PSO, GA	DG'nin konumlandırılması ve boyutlandırılması probleminin optimum çözümü	Önerilen yöntem diğer sürekli parametrelerin optimizasyonu için önemli olması
[2]	Sistemdeki toplam aktif güç kayıplarını en aza indirebilmek	PSO	Tek bir DG'nin konum ve boyutunu optimize etmek amaçlı üç PSO varyantı denenmesi	Simülasyon sonuçlarında belirli durumlarda kayıpların azalması, optimal yerleşim, en iyi boyutlandırma
[68]	DG'lerle DN'inin akışının hesaplanması	PSO ve NR	DG ile sistemin optimum şekilde güç akışını analiz etmek	DG'ye sahip DN'ında optimum güç akışı araştırması kayıpların azalması, sistem ekonomisinin iyileşmesi
[17]	DG birimlerini dağıtım sistemine tahsis edebilmek (optimum boyut ve konumda)	CSO PCSO	Toplam üretim maliyetini, güç kayıplarını, üretim birimlerinin ürettiği toplam emisyonu düşürmek ve gerilim kararlılığını iyileştirmek	CSO algoritmasının PSO'dan daha iyi sonuçlar vermesi
[7]	DG sistemine en uygun konum ve boyutun bulunması	GA	GA kullanarak güvenlik kısıtlamaları ile aktif güç kayıplarını en aza indirerek, daha iyi gerilim profili sağlamak, gerilim kararlılığı endeksini iyileştirmek	Aktif güç kaybında azalma, gerilim karalılık endeksi ve gerilim profilinde artış
[43]	Güç kaybını en aza indirmek	CSA	DG ve kondansatör yeri ve boyutlarının eş zamanlı optimizasyonu için CSA ile planlama	Güç kaybı ve gerilim profilinde önemli ölçüde iyileşme

Tablo 2.3 Optimizasyon yöntemlerini kullanan çalışmalar (devamı)

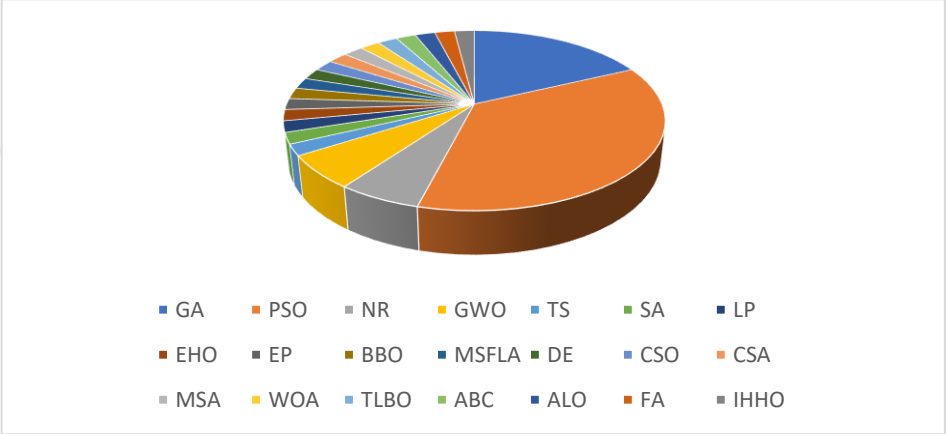
[61]	DG ile DN'ne aktif güç yönetimin uygulanması	PSO	DG birimleriyle üretilen aktif gücün toplama maliyetini en aza indirmek	DG'nin optimum sevkiyatı sağlanırken kısıtlamalar sağlanması ve minimum üretim maliyetinin gerçekleşmesi
[3]	Gerilim profilinin gelişmesi için boyut ve gerçek kayıpları en aza indirmek	PSO	DG biriminin optimum boyutlandırma ve dağıtımı	Kayıplar azalmış ve gerilim profili gelişmiş
[34]	DG'nin optimum yerleştirilmesi ve boyutlandırılması	MSA, PSO	Tek ve çok amaçlı işlevlerin (toplam güç kayıpları, gerilim sapması ve toplam işletme maliyeti) azaltılması sırasında radyal DN'nde DG'nin optimum dağıtımını belirlemek	DG'nin büyüklüğü, güç kayıpları, gerilim sapması ve toplam işletme maliyeti üzerinde etkilerinin belirlenmesi
[5]	DG'nin optimum tahsisi	WOA	Gerilim profilini dengeleyebilmek ve DN'ndeki toplam aktif güç kaybını en aza indirebilmek	Toplam aktif güç kaybını azaltmada ve gerilim profilini iyileştirmede WOA'nın etkinliği
[6]	Önerilen algoritmanın, gerçek güç kaybı ve maksimum maliyet tasarrufu açısından iyi bilinen diğer optimizasyon tekniklerine kıyasla etkinliğini ve üstünlüğünü kontrol etmek	TLBO, ABC, TLABC	Radyal bir DN'ında DG'nin em uygun yeri ve büyüklüğünü belirleyebilmek	Önerilen algoritmanın üstün özelliklere, sabit yakınsama özelliklerine ve iyi hesaplama verimliliğine sahip olması
[15]	DG kurulması durumunda sistemin yeniden yapılandırılması sorununu çözmek	GWO, PSO	DG boyutlandırma ve konumlandırma	Gerçek güç kaybı, reaktif güç kaybında azalma ve gerilim profilinin gelişmesi

Tablo 2.3 Optimizasyon yöntemlerini kullanan çalışmalar (devamı)

[27]	DG'nin minimum inşaat maliyeti ile çok amaçlı bir optimizasyon modeli oluşturulması ve enerji depolama sistemi, reaktif güç kompanzasyon ekipmanı, minimum sistem iletim kayıpları ve optimum sistem gerilim kararlılık endeksiyle optimizasyon modelini çözmek	ALO, Multi ALO	Yenilenebilir enerjinin kullanım oranını daha da iyileştirmek için, dağıtılmış güç optimizasyonu yapılandırması sürecinde reaktif güç kompanzasyon ekipmanı ve enerji depolama sisteminin tahsis edilmesi	DN'nın çalışma durumunu iyileştirebilecek ve sistemin kararlılığını artırabilecek mevcut mühendislik uygulamaları ile daha uyumlu bulunması
[37]	DG'lerin varlığında röle koordinasyonu	GA, FA	DG varlığı durumunda sezgisel optimizasyon algoritmaları tarafından edinilen röle ayarlarının uyarlanabilir koordinasyonu	Genel olarak önerilen algoritmalar, rölenin TMS ve PS ayarları için en optimum değerleri, TMS ve PS değerleri için tatmin edici sonuçlarla elde etmesi
[23]	Mikrogridin maliyet fonksiyonunu	PSO	Enerji depolama elemanlarının deşarj oranlarının, yenilenebilir enerji üretimini en üst düzeye çıkacak şekilde ayarlanması	Deşarj oranı ile şebekeye enjekte edilen yenilenebilir enerji üretimi miktarının arasında doğrusal olmayan bir ilişki olduğunun belirlenmesi
[33]	DG birimlerinin optimum tahsisi	HGWO	Güç kaybını en aza indirmek	Güç kaybının azalması, sistemdeki baraların gerilim profilinin artması, önerilen yöntemin diğer meta-sezgisel yöntemlerden daha iyi performans göstermesi

Tablo 2.3 Optimizasyon yöntemlerini kullanan çalışmalar (devamı)

[18]	RDN'lerde Fotovoltaik (PV) ve Rüzgâr Türbini (WT) bazlı DG'lerin optimal yerlerini ve boyutlarını belirlemek	GWO	Toplam aktif kayıpları en aza indirmek	Diğer optimizasyon tekniklerine kıyasla önerilen algotirmanın PV ve WT tabanlı DG'i bulmak için RDN'lerde üstün olması
[38]	Radyal DN'ndeki DG'nin optimal tahsisinini, önerilen IHHO ve MOIHHO'ya dayanan tek ve çok amaçlı yaklaşımlar kullanılarak gerçekleştirmek	IHHO, MOIHHO	DG 'nin en uygun yerleşimini belirlemek	Toplam güç ve gerilim sapmasını en aza indirmek ve genel gerilim profilini geliştirmek için DG'nin optimum tahsisini gerçekleştirmek için geliştirilmiş algoritmaların üstünlüğü



Şekil 2.6 İncelenen çalışmalardaki optimizasyon yöntemlerinin daire grafiği ile gösterimi

Grafik 2.1'de optimizasyon yöntemleri için yapılan literatür taramasındaki makalelerde kullanılan optimizasyon yöntemlerinin daire grafiği yukarıda verilmiştir. Grafiği incelediğimizde en yaygın olarak kullanılan optimizasyon yönteminin %36 ile PSO olduğu görülmektedir. %18 ile GA yaygın olarak kullanılmaktadır. Yaygın şekilde kullanılan GA ve PSO rastgele popülasyonlarla çözüme başlayarak, en optimum çözümü bulmaya çalışırken, PSO daha az sayıda parametre kullanılmasını gerektirir.

3
ELEKTRİK TALEP TAHMİNİ

Dünyadaki artan nüfusla talep edilen enerjinin artması, gelişen sanayi, teknolojideki gelişime bağlı olarak elektriğe olan ihtiyacın artması ve ülkelerin enerji üstünlüğünü elinde tutmak istemesi ülkeleri düşük maliyetle en verimli şekilde enerji elde etme yatırımları yapmaya teşvik etmiştir. Dünyadaki fosil yakıtların sınırlı mevcudiyeti, fosil yakıtların tüketim hızına göre çevreye verdiği zarar, dünyada artan çevre bilinci insanları daha temiz ve sürdürülebilir olan yenilenebilir enerjiye yönlendirmiştir. Yenilenebilir enerjiden faydalanarak dağıtık üretim tesisleriyle tüketici, tükettiği yerde elektrik üretebilmekte, böylelikle hat kayıpları azalmakta ve tüketici fazla elektriği depolayarak sonra kullanabilmekte, elinde olan fazla elektriği satabilmektedir. DG kullanımıyla hem üreticiye hem de tüketiciye ekonomik fayda, verimli ve kayıp miktarı düşük enerji sağlanabilmekte, kesinti durumunda hem tüketici hem de üretici için zorluklar ortadan kalkmakta, kayıpların azalmasına ve enerji tüketimine katkıda bulunabilmektedir. Mevcut elektrik ihtiyacı karşılanmaktayken kurulum ve işletme yönünden daha az maliyetli, iletim kayıplarını ve arıza durumunu azaltabilen, tüketiciye fazla ürettiği enerjiyi satma, depolama yöntemleri ile elde edilen enerjiden daha sonra faydalanma imkânı sunan dağıtık üretim tesisleri ile artan enerji ihtiyacı karşılanabilmektedir.

Mevcut olan üretim merkezleri tüketim ihtiyaçlarını mevcut durumda karşılasa da yukarıda bahsettiğimiz gelişmelerin katkısıyla gittikçe yetersiz hale gelecektir. Yük tahmini yapmak güç sistemlerinin yüksek doğrulukla planlanması, doğru şekilde işletilebilmesi ve ekonomik zararın önüne geçilmesinde önemlidir. Doğru şekilde yapılacak olan yük tahmini ile kullanılacak yenilenebilir kaynaklar ve dağıtık üretimden maksimum fayda sağlayacak, yatırımlar doğru şekilde planlanmış olacak, işletme maliyetleri ve kayıplar azalacak hem üretici hem de tüketici için faydalı olmuş olacaktır. Yük talebinin fazla tahmin edilmesi gereksiz güç kullanımı ve maliyete neden olabileceği gibi eksik talep edilmesi talep edilen gücün

karşılanmamasına, yanlış planlama ve verimsiz yatırımlara neden olabilmektedir. Yük tahmininin yapılabilmesi üreticinin ve tüketicinin ihtiyaç duyduğu enerjiyi güvenilir, yeterli ve israf olmadan karşılanmasını sağlayarak gelecekte yapılacak elektrik enerjisi planlamalarının konum ve boyut olarak en uygun şekilde ön görülmesini sağlar. Bu çalışmada son zamanlarda yaygın olarak kullanılan Yapay Sinir Ağları ile Düzce ili elektik yük tahmini yapılmaya çalışılmıştır. YSA (Yapay Sinir Ağları)'nın doğrusal olmaması, eğitim ile problemi öğrenmesi, öğrenme sayesinde genelleme yaparak doğru sonuca gidebilmesi, ağdaki bilginin bütün bağlantılara dağıtılmış olmasından dolayı hata toleransının yüksek olması YSA'nın yük tahmini için tercih edilmesini sağlamıştır. YSA'da kullanılacak veri setinin oluşturulması yük tahmininin doğruluğu için önemli olduğundan bölgenin yük karakteristikleri, nüfus, kişi başına toplam elektrik tüketimi, GSYH (Gayri safi yurt içi hasıla), net göç hızı, Doğu Marmara GSYH, enflasyon, net göç, işsizlik oranı, elektrik enerjisi üretimi, Türkiye ve Düzce yıllık nüfus artış hızı, elektrik tüketimi faktörleri, sanayi verileri veri seti olarak belirlenmiştir. Belirlenen veri seti ile YSA eğilerek elektrik talep tahmini yapılmıştır.

3.1 Tahmin Modelleri

Elektrik talepleri günlük, haftalık ve yıllık olarak veya genel olarak çalışmalarda çok kısa, kısa, orta ve uzun vadeli yük tahmini olarak görülmektedir. Yük tahmini yapılırken veri ve model seçimi için en önemli faktörler zaman faktörü, hava faktörü ve ekonomik faktör olarak belirtilmiştir [90].

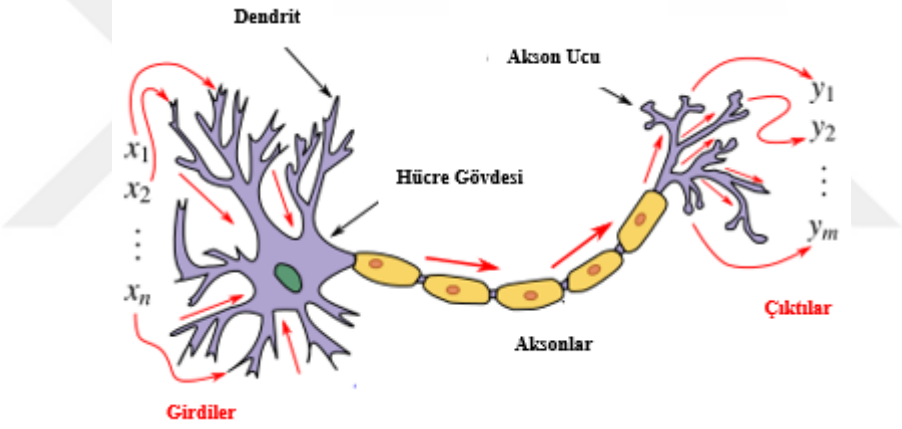
Arunesh Kumar Singh çalışmasında yük tahminlerini genel olarak Geleneksel Tahmin Teknikleri, Modifiye Edilmiş Geleneksel Teknikler ve Bilgisayar Yazılımına Dayalı Teknikler olacak şekilde üç başlıkta toplamıştır [91].

- Geleneksel Tahmin Teknikleri: Matematiksel teknikler yardımıyla yük tahmini yapılabilmesini sağlamıştır. Geleneksel Tahmin Teknikleri olarak Regresyon Metotları, Çoklu Regresyon, Üssel Düzleme, Tekrarlı Yeniden Ağırlıklandırmalı En Küçük Kareler olarak sıralanabilir.
- Modifiye Edilmiş Geleneksel Teknikler: Değişen yük koşullarında tahmin modelini daha iyi hale getirebilmek için Uyarlanabilir Talep Tahmini, Olasılıksal Zaman Serileri tekniklerinin kullanılmasıdır.

- Bilgisayar Yazılımına Dayalı Teknikler: Kesin modellemenin zor ve belirsiz olduğu sistemlerde etkili ve verimli bir yaklaşım ortaya koyarak son yıllarda yaygın kullanılmaktadır. Bilgisayar Yazılımına Dayalı Teknikler olarak Genetik Algoritmalar, Bulanık Mantık, Yapay Sinir Ağları, Bilgi Tabanlı Sistemler verilebilir [92].

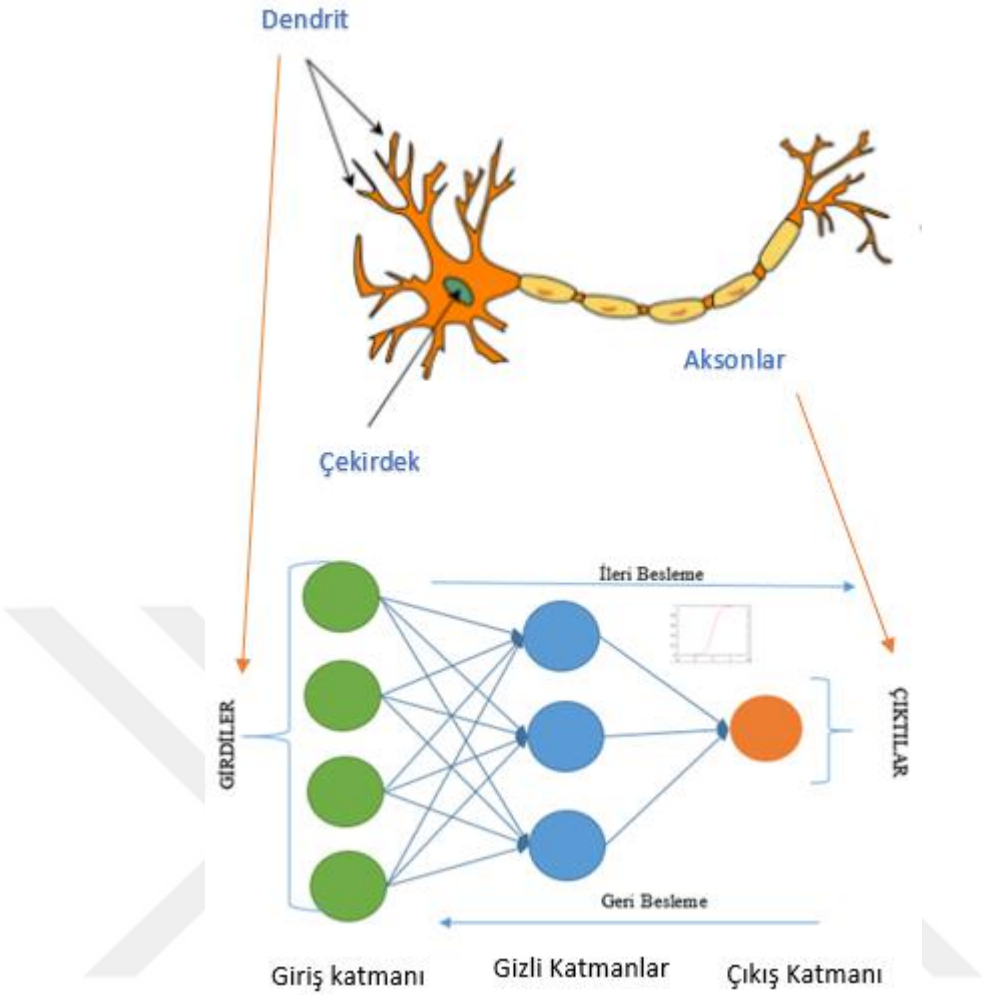
3.2 Yapay Sinir Ağları

Yapay Sinir Ağları (YSA) basitçe insanların sinir ağı yapısının bilgisayarlar programları ile taklit edilerek geleneksel teknikler ile çözülemeyecek tıp, mühendislik, finans ekonomi ve daha birçok alandaki problemlere çözümler bulabilmektir. Sinir ağı geçmiş verilerden faydalanarak girdiyi çıktıya doğru şekilde eşleyebilecek bir model ile herhangi bir alanda istenen verinin elde edilmesini sağlar.



Şekil 3.1 Nöron sinir hücresi

Şekil 3.1'de örnek bir sinir hücresi verilmiştir. Burada $x_1, x_2 \dots x_n$ dendritlerden alınan bilgiyi, $y_1, y_2 \dots y_m$ çıktıları göstermektedir. Dendtritler başka hücrelerden almış olduğu veriyi çekirdeğe aktarır. Çekirdek dendtritten gelen verileri toplayıp aksona iletir. Aksonlar bilgiyi hücreden alarak yollara ayrılan diğer dentritlerle birleşir ve aksonlarla dentritle arasındaki bu bağlantı sinapslarla sağlanır.



Şekil 3.2 İnsan sinir hücresi ve yapay sinir ağı

Yukarıdaki Şekil 3.2'de İnsan Sinir Hücresin (İSH)'nin YSA'daki kısımları gösterilmiştir. Dendritlere duyu hücrelerinden ya da diğer nöronlardan gelen uyarılar girdiler olarak ifade edilmiştir. Dendritin hücre gövdesinden ilettiği uyarıyı diğer nörona ileten akson kısmı da çıktılar olarak ifade edilmiştir.

YSA yapısı girdi tabakası, değişken ağırlık çarpımları, toplam fonksiyonu, aktivasyon fonksiyonu ve çıktı olmak üzere 5 kısımdır.

Girdiler: Yapmak istediğimiz çalışmada oluşturduğumuz ağı eğitmek için seçtiğimiz değerlerdir. Girdiler, giriş katmanına dışarıdan gelen bilgileri alan nöronların olduğu ve girdilerde herhangi bir işlemde bulunmadan bir sonraki tabakaya ileten kısma girdi olarak verilirler.

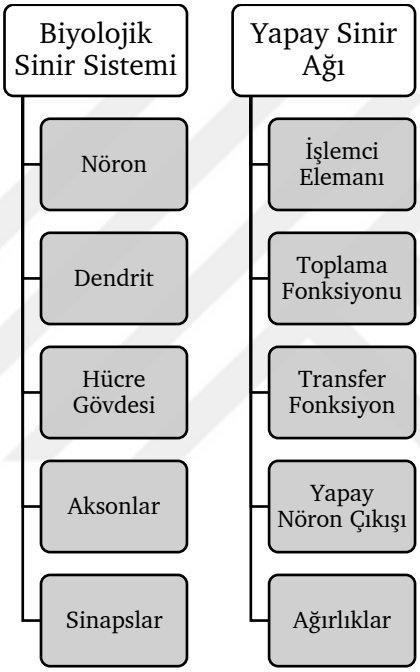
Ağırlıklar: Hücreye gelen bilginin değerini ve hücre üzerindeki etkisini göstermek için hücreler arasındaki bağlantıların sayısal değeridir.

Toplama Fonksiyonu: Girdi ve ağırlık değerinin çarpılması ve çıkan değerlerin toplanması sonucu elde edilen net girdidir.

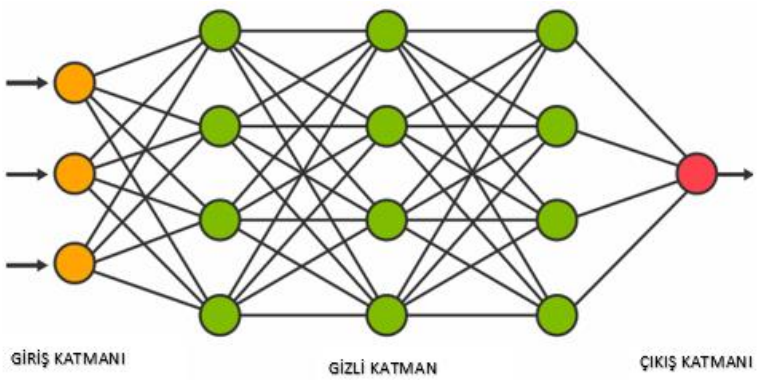
Aktivasyon Fonksiyonu: Net girdiyi değeri belirlendikten sonra uygun aktivasyon fonksiyonu ile işleyerek o girdi değeri için çıkış üretilmesidir.

Çıktılar: Aktivasyon fonksiyonun net girdi sonucu verdiği çıkıştır. Elde edilen çıkış tekrar girdi olarak kullanılabilir.

Şekil 3.3 ile biyolojik sinir sisteminin kısımlarının YSA'daki isimleri sınıflandırılmıştır.



Şekil 3.3 Biyolojik sinir sisteminin YSA'da karşılığının gösterilmesi



Şekil 3.4 YSA katmanlarının gösterimi

Şekil 3.4'te görüldüğü gibi YSA'ları 3 katmandan oluşmaktadır. Giriş katmanı, gizli katmanlar ve çıktı katmanıdır.

Giriş katmanı: Giriş katmanı girdi sayısı kadar hücrenin bulunduğu aslında YSA'na dışarıdan gelen girdilerin verildiği ve hiçbir işlem yapılmadan gizli katmana iletildiği katmandır.

Gizli katman: Asıl bilginin işlendiği, giriş ve çıkış sayısına bağlı olmadan hücre sayısının belirlendiği ve ağdan ağa farklılık gösterdiği, işlenen verinin sonraki katmana gönderildiği katmandır.

Çıkış katmanı: Giriş katmanından verilen girdiye uygun olacak şekilde gizli katmanda işlenmiş verinin alındığı katmandır.

Yapay zekânın önemli özelliklerinden bahsedersek önceden bilgisi olmadan çözüm sunması, doğrusal olmadığı için karmaşık problemleri doğrusal tekniklerden daha iyi çözmesi, paralel olarak eş zamanlı özdeş ve bağımsız işlemler içererek alternatif yöntemlerden daha hızlı olmasıdır [93]. YSA nöron adında birbirine bağlı yapılardan oluşur ve her nöron transfer fonksiyonudur. Bir nöron çok girişli ve tek çıkışlı nonlineer bir elemandır. Bir sinir ağının oluşum yapısı ağdaki bağlantılar ve nöronların transfer işlemleri ile belirlenir [94].

Fonksiyonun doğru seçilmesi ağ performansını etkiler ve girilen veriler ile işlem yaptığı için net çıktı alınır. YSA ile elde edilecek sonuçların doğru olmasında ağ için oluşturulmuş eğitim değerleri önemli etkenlerden biridir aksi halde ağ beklenilen sonuçları karşılayamaz.

Yapay zekâ uygulamaları her gün daha fazla gelişmesine rağmen ağ yapısı ve parametre seçimi, ağın eğitilmesi için gerekli eğitim değerleri, yakınsama vb. sorunlarla karşılaşılmaktadır. YSA'da gizli katman sayısının az olması bazı çözümlerde yetersiz olurken, çok fazla gizli katman bulunması YSA'ında istenmeyen sonuçlara neden olabilmektedir. Başka bir sorun ise kaç tane nöron kullanılırsa en verimli olacak sonucun alınacağının bilinememesidir. Bu sebeple YSA'da bu sorunlar için deneme yanılma yöntemi kullanılmaktadır.

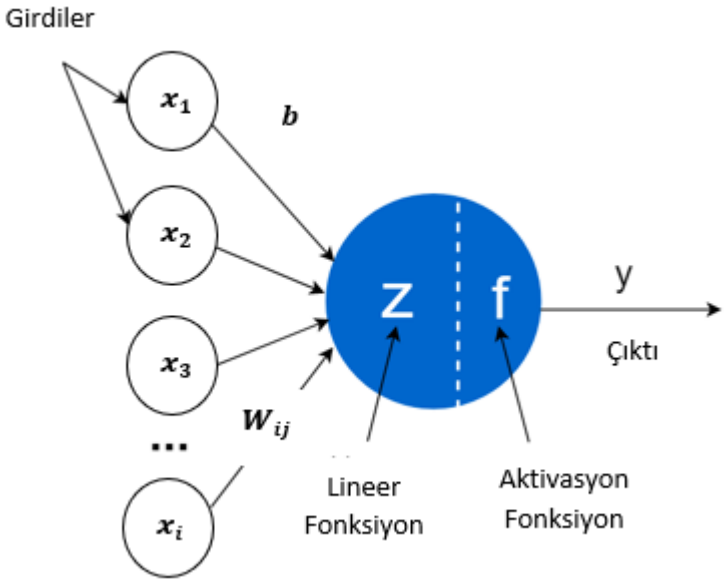
Ağ performansı istenilen düzeyde olmazsa aşağıdaki maddeler uygulanabilir:

- Gizli nöron sayısının arttırılması

- Ağın yeniden eğitilmesi
- Daha büyük bir veri seti kullanılması

Test performansı kötüyken, eğitim performansının iyi olması durumunda nöron sayısı azaltılarak daha iyi sonuçlar elde etmeye çalışılabilir.

YSA'ları yapılarına göre ileri beslemeli ve geri beslemeli YSA olabilmektedir. İleri beslemeli YSA giriş katmanından veriyi alarak gizli katmana oradan çıkış katmanına doğru sırayla düzen içindedir. Geri beslemeli YSA'da çıktı katmanında alınan sadece kendinden sonraki katman için girdi olmayıp kendinden önceki katmanda girdi olarak da verilebilir. En yaygın olarak kullanılan sinir ağları, geriye yayılma ilkesine göre çalışan geri beslemeli MLF (Multilayer Feed-forward Neural Network) sinir ağlarıdır. Birinci katman giriş katmanı ve son katman çıkış katmanı olmak üzere ardındaki katmanalar gizli katmanlardır ve herhangi katmanda bulunan her nöron sonraki katmandaki nöronlarla bağlantılıdır. Geri yayılma ağı çevrildiğinde girdi gizliye, gizliden çıktıya ileri doğru yayılır ve çıktı katmanında hata hesaplanıp hatayı minimuma indirecek şekilde ağırlıklar ayarlanır. Şekil 3.5'te YSA gösterilmektedir.



Şekil 3.5 Yapay sinir ağı

YSA'da dış ortamdaki veya diğer nöronlardaki girdi değerleri x_i olmak üzere nöronlar arasındaki ilişki w_{ij} olarak belirtilen ağırlık katsayısı ile belirtilmiş olup b_j nöronun eşik katsayısı olarak ifade edilmektedir. Eşik katsayısı nöron

elemanları değerinin ve ağın çıktısının 0 olmasını önlemek için vardır. Toplam fonksiyonun eşitliği (3.1) nolu eşitlikte gösterilmiştir.

$$z_i = \sum_{i=1}^{n} \left(w_{ij} x_i + b_j \right) \tag{3.1}$$

(3.1) denkleminden elde edilen toplam fonksiyonundaki değer doğrusal ya da doğrusal olmayan türevlenebilir bir aktivasyon fonksiyonuyla işlemin çıktısı hesaplanır. (3.2) nolu eşitlikte gösterilmiştir.

$$y = f(z_i) = f\left(\sum_{i=1}^{n} \left(w_{ij} x_i + b_j \right) \right) \tag{3.2}$$

Girdi ve çıktı birimlerini eğrisel olarak eşlemeyebilmek için aktivasyon fonksiyonu kullanılır. En fazla tercih edilen aktivasyon fonksiyonları (3.3) nolu eşitlikteki sigmoid ve (3.4) nolu eşitlikteki hiperbolik tanjant eşitliğidir. Sigmoid fonksiyonu doğrusal olmayıp, monoton artan, çıkış değeri 0 ile 1 arasında olan türevlenebilir olduğu için geriye yayılımlı algoritmalar ile kullanılabilen bir fonksiyondur. Tercih edilen aktivasyon aktivasyon fonksiyonuna göre çıktılar [-1,1] veya [0,1] aralıklarındadır. Doğrusal olmayan fonksiyonlar aktivasyon fonksiyonları oldukları için YSA'da karmaşık ve farklı problemlere uygulanabilmektedir.

$$f(z_i) = \frac{1}{1 + e^{-z_i}} \tag{3.3}$$

$$f(z_i) = \frac{e^{z_i} - e^{-z_i}}{e^{z_i} + e^{-z_i}} \tag{3.4}$$

3.2.1 Yapay Sinir Ağları ile Yapılmış Tahminler

M. Hayati ve Y. Shirvany İran'ın batısında bulunan İllam Devleti için 2004-2006 tarihleri arasında kısa vadeli yük tahmini yapmışlardır. Elde ettikleri sonuçlardan gelişmiş yapıya sahip YSA modeliyle en az hata, en iyi tahmin yapılabileceği ve kısa dönem yük tahmini için önemli bir araç olabileceği sonucuna varmışlardır [95]. Başka bir çalışmada G.S. Mitra Thakur ve arkadaşları Hindistan'ın aylık enflasyon tahminini yapabilmek için geçmiş ayların verilerini kullanarak bir ileri

beslemeli YSA ile geri yayılımlı öğrenme algoritması kullanmışlardır [96]. Diğer bir çalışma da Kuzey Dakota'daki iki gözlem sahasından rüzgâr veri setlerine dayalı olarak rüzgâr hızının 1 saat ileriye tahmini için farklı YSA tabanlı zaman serisi modellerinin performansları araştırılmıştır. Her bir YSA modeli için farklı girdilerin ve öğrenme oranlarının etkileri çoklu performans ölçütleri açısından incelenmiştir. Bunların yanı sıra farklı girdilerin ve öğrenme oranlarının tahmin doğruluğunu doğrudan etkilediğini fark etmişlerdir [97]. S. Singh ve arkadaşları saatlik kısa dönem elektrik yük tahmini yapmak için YSA kullanmışlardır. Hafta için ve hafta sonunu ayrı analiz ile Ortalama Mutlak Yüzde Hata (MAPE) değerini hafta içi %1,38 hafta sonu %1,39 elde etmişler ve tahmin için iyi bir sonuç olduğunu belirtmişlerdir [98]. Başka bir çalışmada ileri beslemeli YSA ile gün öncesi fiyat tahmini yapılmış ve son 2 yılın verilerini kullanarak sonuç elde etmişlerdir [99]. Diğer bir makale de ise demiryolu taşımacılığında elektrik tüketimini etkileyen faktörler kullanılarak, YSA ile elektrik yükü tahmini yapılmıştır [100]. Başka bir çalışmada Doğrusal Olmayan Otomatik Regresyon Modeli (NARX) ile YSA'da Belçika rüzgâr çiftliklerinde erişilebilen güç verilerini kullanarak rüzgâr hızı için gerekli meteorolojik verilerle rüzgâr enerjisi tahmini yapılmıştır. Rüzgâr enerjisi tahmininin bazı aylar için doğruluk gösterdiğini belirtilirken 2014 Nisan, Mayıs ve Haziranda tahmindeki hatanın arttığını tespit etmişlerdir [101]. N. Gautam ve arkadaşlarının çalışmasında Hindistan'ın (Uttarkand eyaleti) kuzeyinde bulunan Roorkee bölgesine ilişkin kısa vadeli kentsel yük tahminini YSA'da incelemişlerdir. Askeri, Madhopur ve Bharatnagar'dan, Madhopur bölgesindeki yük talebinin çalışmada bahsedilen üç alan arasından en yükseği olduğu belirtilmiş ve üç bölgenin her biri için her günün her saati için nihai sonuçları elde etmişlerdir [102]. Başka bir çalışmada doğrudan ve dolaylı yöntemler kullanarak Peru'daki kısa dönem ulusal güç tahminine çalışılmıştır. İlk yöntem olarak regresyon modellerini kullanarak, ikinci yöntem YSA'na dayandırılmıştır. Sonuçta YSA kümülatif modelinin, Peru'daki güç talebini tahmin etmek için hızlı, güvenilir ve doğru bir yöntem olduğunu çıkarmışlardır [103]. Başka bir çalışmada Avrupa ülkeleri için YSA kullanılarak hava durumuna bağlı elektrik yükü profilleri sağlanmaya çalışılmıştır. YSA'nın çıktı değeri,

tanımlanan hava koşulları altında yılın belirli bir saatindeki elektrik talebini temsil etmektedir [104].

3.3 Elektik Tüketimini Arttıran Etkenler

Bölgelerin elektrik enerji tüketimini artıran başlıca etkiler sanayi, endüstriyel, tarım ve hayvancılık ve nüfus ve göç durumlarının değişmesidir. Enerji tahmini yapılan bölge son yıllarda başta imalat sanayisi olmak üzere verilen üretim teşvikleri sanayi üretimini arttırmıştır. Önceki yıllara bakıldığında tekstil sektörünün yanında son yıllarda ihracat potansiyeli yüksek sektörlere yatırım teşvikleri yapılmıştır. Buna bağlı olarak şehrin kullandığı elektrik tüketimi yıllar boyunca artış göstermektedir. Böyle yakın zamanda teşvikler alan Düzce ili ilgili raporların değerlendirilmesi aşağıda verilmiştir.

2017 Sanayi Durum Raporuna göre bölgelere göre bir değerlendirme yapıldığında; sanayi işletmelerinin %41,1'i Marmara, %20,4'ü İç Anadolu, %13,8'i Ege, %9,2'si Akdeniz, %8'i Karadeniz, %4,8'i Güneydoğu Anadolu, %2,7'si Doğu Anadolu Bölgesinde yer almaktadır. Düzce, Karadeniz bölgesindeki illerin (bölge bazında) sanayi işletme sayısı bakımından değerlendirmesi yapıldığında %5,7'lik oran ile bölgede yedinci sırada yer almaktadır [105].

a) Yatırımlar

2019 Sanayi durum raporu incelendiğinde Düzce'nin yatırım teşvik sisteminde 4. bölgeden 3. Bölgeye alınmasıyla önceki teşvikten daha avantajlı duruma geçmesi sanayiyi hızlandırmıştır [106]. Hızlanan sanayi talep edilen elektrik yükünü arttırmıştır. Çok sayıda firma Düzce'de üretime başlamış (otomotiv yan sanayi, tarım makinaları, inşaat malzemeleri, ambalaj ve mobilya, tarım ilaçları gibi) ve bu da talep edilen enerji miktarında artışa sebep olmuştur.

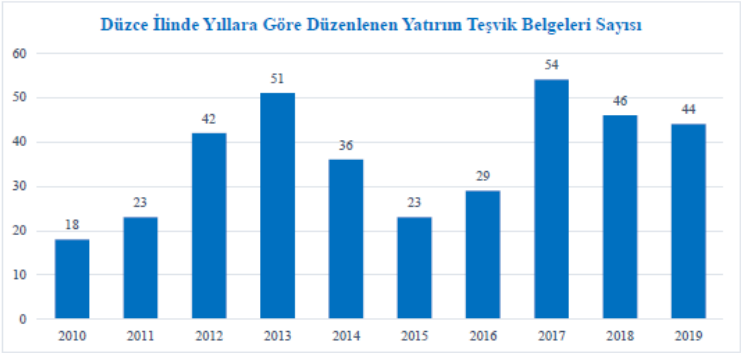
b) Destek ve Teşvikler

2011 yılında "Teknoloji Geliştirme Bölgesi (TEKNOPARK)" kurulmuş ve gerekli AR-GE ve İnovasyon çalışmaları için destekler verilmiştir. Katma değeri arttıran ileri teknolojiye yönelik yatırımların gelecekte de desteklenecek olması ve teşvikler yapılması bölgenin elektrik yük talebinin gelecekte artacağını göstermektedir.

Teknogirişim Sermayesi Desteği Programı, Teknolojik Ürün Yatırım Destek Programı, Teknolojik Ürün Tanıtım ve Destek Programı, San-Tez Projeleri, teknolojik ürün deneyim belgesi ve teknoloji geliştirme bölgeleri ile Ar-Ge desteklerine ilişkin birçok faaliyet yürütülmektedir. Yıllara göre bakıldığında toplam faaliyet oranı yıllar arasında artış göstermektedir.

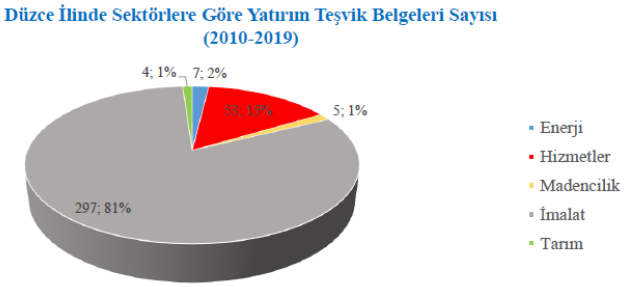
TÜBİTAK tarafından yıllara göre bakıldığında akademik destekler, özel sektöre destekler, teknogirişim destekleri, bilim insanı ve bilim fuarı destekleri her yıl arttırılarak sektörel canlılık kazandırılmıştır.

KOSGEB'in yıllara göre verdiği krediler incelendiğinde her sene oluşturulduğu kredi hacmini artırıp şehre yatırımcı çekmektedir. Bu da şehirdeki yatırım sayısını arttırmaktadır. Şekil 3.6 için yıllara göre yatırım teşvikleri incelendiğinde 2010-2019 yılları arasında 2017 yılında en yüksek miktarda teşvik yapıldığı görülmektedir. 2017 yılından sonra teşvikler biraz azalsa da her yıl devam etmiş ve yatırımlarda bulunularak sanayi genişletilmiştir.



Şekil 3.6 Düzce ilinde yıllara göre teşvik belgeleri sayısı [106]

Şekil 3.7 için 2010-2019 yılları arasında yatırım teşviklerine bakıldığında en çok yatırımın %297,81 ile imalat alanında olduğunu görebilmekteyiz. İmalat alanındaki yatırım fazla olması talep edilen enerjideki elektrik yükünün çok büyük olmayacağını göstermektedir.



Şekil 3.7 Düzce ilinde sektörlere göre yatırım teşvik belgelerinin sayısı [106]

c)Sanayi işletmelerinin çalışan sayısı

Düzce ilinde bulunan sanayi işletmelerinin çalışan sayısına göre bakıldığında büyük, orta ve mikro işletmelerde çalışan sayısı artarken küçük işletmelerde çalışan sayısı düşmektedir. Büyük işletmelerdeki çalışan kişi sayısının artması büyük tesislerde kullanılacak olan enerji talebinin artacağının bir göstergesi olacaktır.

Düzce'de en fazla tesise sahip ve istihdam sağlayan sektörler; tekstil sanayi, metal-makine sanayi, gıda sanayi, orman sanayi, mobilya sanayi, kauçuk-lastik-plastik sanayi, maden sanayi, inşaat sanayi, otomotiv sanayi ve kimya ilaç sanayisidir. Bu imalat sanayi sektörleri başta olmak üzere, imalat sanayinde çalışanların sayısı yaklaşık 31.000 kişidir.

d)Sanayi işletmelerinin sektörel dağılımı

Düzce için sanayi işletmelerinin sektörel dağılımı incelendiğinde Sanayi Durum Raporlarında tekstil, gıda olmak üzere ağaç ve mantar ürünleri yüksek paylara sahiptir. Önceki yıllarda Gıda Ürünleri Düzce Sanayi İşletmelerinde sektörel dağılımda ilk sıradayken Tekstil Ürünleri öne geçmiştir. Sektörel dağılımda en düşük olanlar makine ve ekipmanlar, metalik olmayan mineral ürünler ve ana metal sektörleri en düşük paylara sahiptir.

Sektör raporları incelendiğinde giyim eşyaları, otomotiv, ana metal sektörlerinde çalışan sayısı artarken, Kauçuk ve plastik, tekstil ürünleri, metal ürünleri, ağaç ve mantar ürünleri, gıda ürünleri mobilya ve metalik olmayan mineral ürünler sektörlerinde az miktarlarda azalma olmuştur. Düzce ili sanayi sitelerindeki işyeri sayısı yıllara bağlı olarak artmıştır.

e) Düzce'de bulunan OSB'ler

I. OSB'nin üretimde olan 47 tesiste 4.879 kişi istihdam edilmekte, firmaların tamamı faaliyete geçtiğinde yaklaşık olarak 7.500-8.000 kişiye istihdam sağlanması beklenmektedir. Sağlanan istihdamın gelecekte elektrik talebinde artışa sebep olması öngörülebilir.

II. OSB'de 7 tesis üretime devam etmekte olup, 4 tesis üretime ara vermiştir. Üretimde olan 7 tesiste 850 kişi istihdam edilmektedir.

Çilimli OSB 113 hektarlık bir alan için temyiz süreci devam etmektedir. Müteşebbis Heyet ve Yönetim Kurulu oluşturulmuş olup, imar çalışmaları devam etmektedir.

Gümüşova OSB bölgesinde 17 faal firmada 1.245 kişi istihdam edilmektedir.

Akçakoca Demir-Çelik İhtisas OSB için etüt sonrası ilgili kurumlardan alınan görüşler doğrultusunda alan 88,5 hektar olarak belirlenmiştir.

Düzce Küçük Sanayi Sitesi için faal olan 600 adet işyerinde yaklaşık 3.500 kişilik istihdam sağlanmaktadır. İşyerlerinin tam kapasite ile kullanımı halinde yaklaşık 4.000 ile 5.000 kişi arasında istihdam sağlanması beklenmektedir.

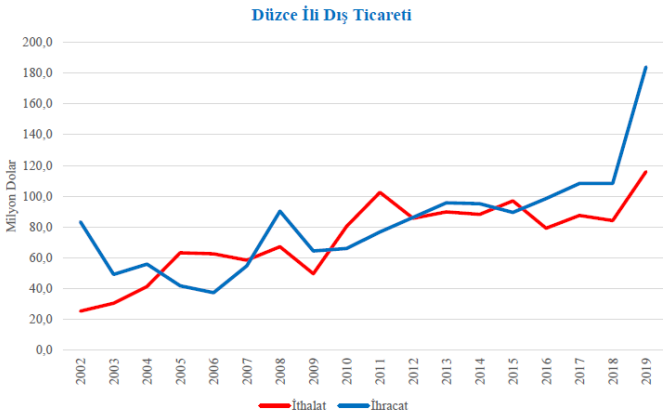
Yeni Akçakoca Küçük Sanayi Sitesinde işyerlerinden 60 adedi faaliyete geçmiş olup, yaklaşık 170 kişilik istihdam sağlanmıştır. Bakanlık tarafından 2.469.755,00 TL kredi kullandırılmıştır.

Akçakoca Küçük Sanayi Sitesi kooperatif kendisini 2003 yılında feshetmiş, hak sahipleri tapularını almış ve site yönetimini oluşturmuşlardır. Tamamen özel mülkiyet haline gelen sitede yaklaşık 150 kişi istihdam edilmektedir.

Raporlarda mevcut olan grafiklere bakıldığında sanayi sitelerinin tamamlanmasıyla dolu işyeri sayısı artmakta ve talep edilen enerji miktarı artış göstermektedir.

f) İhracatlar ve İthalatlar

Düzce ili ihracatı; ağırlıklı olarak Avrupa ülkelerine yönelik olmak üzere, dünyanın değişik ülkelerine ihracat yapılmaktadır.



Şekil 3.8 Düzce ili yıllara göre dış ticaret [106]

Şekil 3.8 için Düzce ilinin 2002-2019 yılları arasında ithalat ve ihracatta yıllara göre dalgalı bir grafik çizmektedir. 2019 yılında ihracatta ve ithalatta Düzce ili aratarak en yüksek değerlerine ulaşmıştır. 2019 yılına ait Türkiye dış ticaret verilerine göre; 171,5 milyar dolar olan ihracatın, %0,107'si, 202,7 milyar dolar olan ithalatın ise %0,057'si Düzce iline kayıtlı firmalar tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu paylarla, Düzce ili Türkiye genelinde illerin 2019 yılı dış ticaret performansları sıralamasında ihracatta 45. sırada, ithalatta ise 36. sırada yer almaktadır. Sanayi raporlarına göre İmalat sanayisinde son altı yıl için il ihracatındaki pay %99, imalatın il ithalatındaki payı ise %83,70 ile %89,79 arasında değişim göstermektedir. Şekil 3.9'da Teşvik belgelerinin sektörel dağılımı gösterilmiştir.

Tablo 3.1 Teşvik belgelerinin sektörel dağılımı [106]

Teşvik Belgelerinin Sektörel Dağılımı (2001-2019)

Sektörü	Teşvik Belgesi Adedi	Toplam Sabit Yatırım (Milyon TL)	Toplam İstihdam
Enerji	9	290	1.474
Hizmetler	69	447	1.453
İmalat	468	7.014	25.124
Madencilik	11	27	267
Tarım	8	49	255
Genel Toplam	**565**	**7.827**	**28.573**

2001-2019 yılları arasında verilen teşviklerin sektörel dağılımına bakıldığında 565 yatırım teşvik belgesinin 54'ü yabacı 511'i yerli iken yabancı yatırımın 53'ü imalat sektörüdür.

g) Faturalanan Tüketimin İllere ve Tüketici Türüne Göre Dağılımı

Düzce ili için tablo 3.1 incelenirse toplam faturalanan elektrik tüketiminin yıllara göre verilerinin neredeyse yarıya yakın kullanımı Sanayi kullanımıdır. Bu bize her yıl verilen teşvikler ve yatırımlarla Düzce'nin sanayisinin gelişeceğini ve gelecekte elektrik tüketim tahminini daha da artacağını göstermektedir.

Düzce Organize Sanayi Bölgesi tüketim; 2021 yılı aylık tüketim 9-10 milyon kWh arasında toplam tüketim 92.012.591 kWh'tir.

Tablo 3.2 Düzce ili faturalanan tüketimin illere ve tüketici türüne göre dağılımı (MWh)

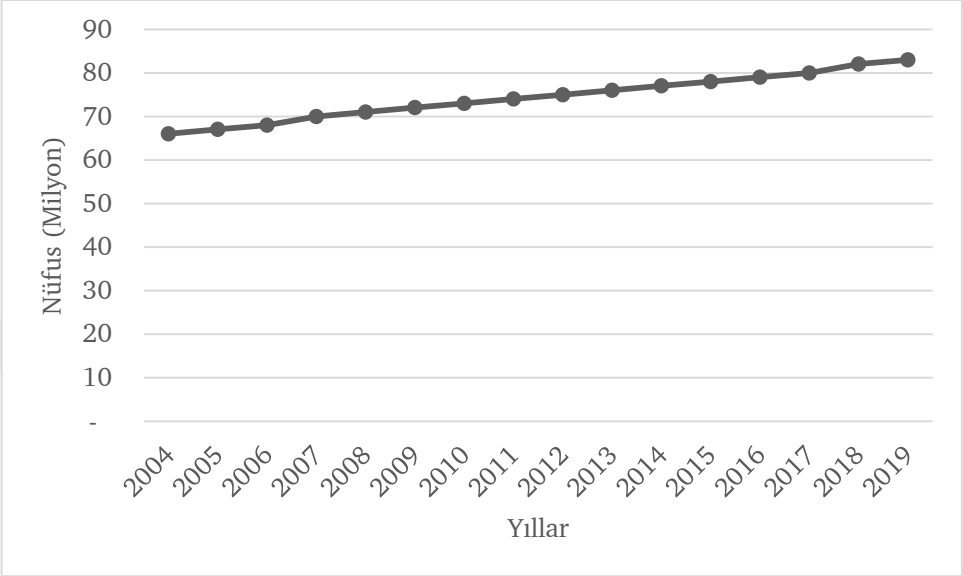
YILLAR	AYDINLATMA	MESKEN	SANAYİ	TARIMSAL SULAMA	TİCARETHANE	GENEL TOPLAM (MWh)
2015	28.182	203.055	462.173	516,51	189.847	883.775
2016	28.680	212.835	546.771	510,68	216.216	1.005.015
2017	28.661	221.375	577.771	534,73	238.203	1.066.547
2018	29.673	226.872	532.869	658,70	245.906	1.035.980
2019	30.307	231.951	494.192	6.248	235.058	997.757
2020	31.127	255.680	485.637	9.925	207.334	989.703
2021	31.770	264.974	586.866	9.845	220.285	1.113.739

3.3.1 Veri Seti Oluşturulması ve Önemi

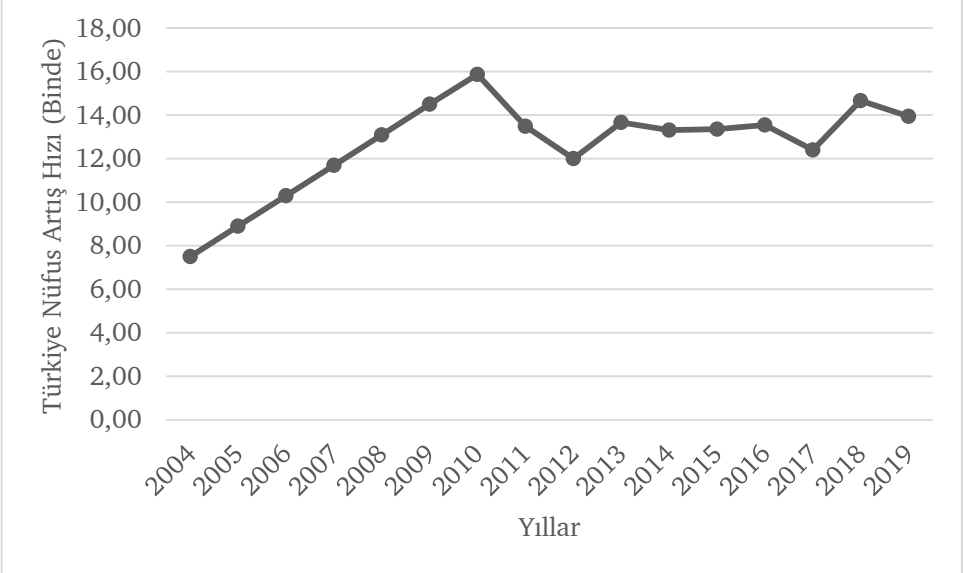
Veri seti yapılan çalışmaya göre çeşitlilik göstermektedir. Veri setinin tahmin yapılacak konu için uygun seçilmesi çalışmanın doğruluğu için önemli olduğu kadar, veri setinin uygun olmaması tahmin sonuçlarının doğru olmaktan uzaklaşmasına neden olabilmektedir. Doğru şekilde hazırlanan veri seti sayesinde YSA düzgün çıkarımlarda bulunabilmektedir. Çalışmada veri seti oluşturulurken TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu), EPDK (Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu), TEİAŞ (Türkiye Elektrik İletim A.Ş.) verilerinden faydalanılmıştır.

Veri setimizde elektrik talep tahmini yapabilmek için kullandığımız değerlerden birisi nüfustur. Artan nüfus elektrik kullanımını doğrudan etkileyen faktörlerden birisidir. Çağın bir gerekliliği olarak insanların teknoloji kullanımına bağımlılığı

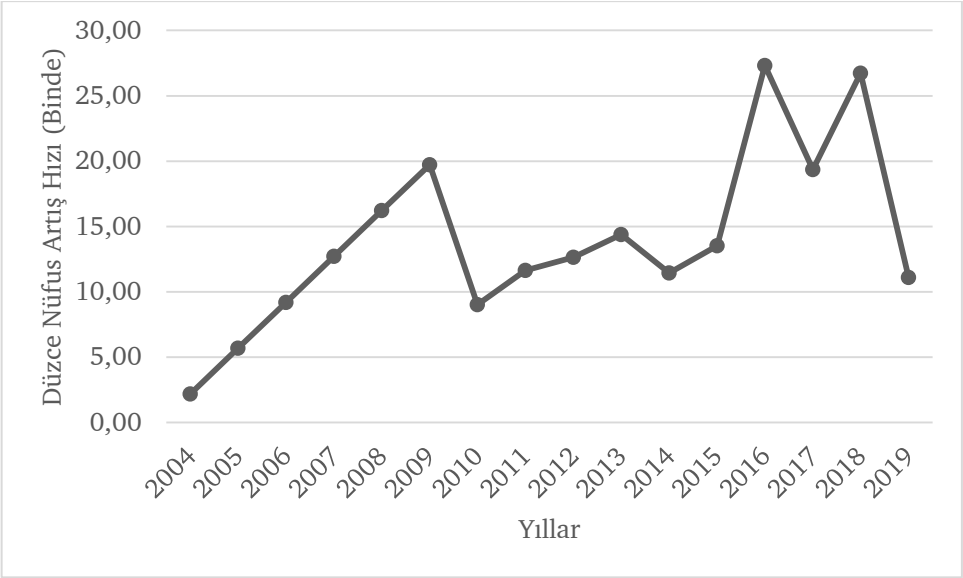
elektrik kullanımını zorunlu hale getirmektedir. Her geçen yıl artan nüfusla, gelişen teknolojiyle, büyüyen sanayi ve yatırımlarla beraber elektrik kullanımının da artması beklenmektedir. Şekil 3.10'da Türkiye nüfusu, Şekil 3.11'de Türkiye nüfus artış hızı verilirken, Şekil 3.12'de Düzce nüfus artış hızı verilmiştir.



Şekil 3.9 Türkiye 2004-2019 yılları arası nüfus

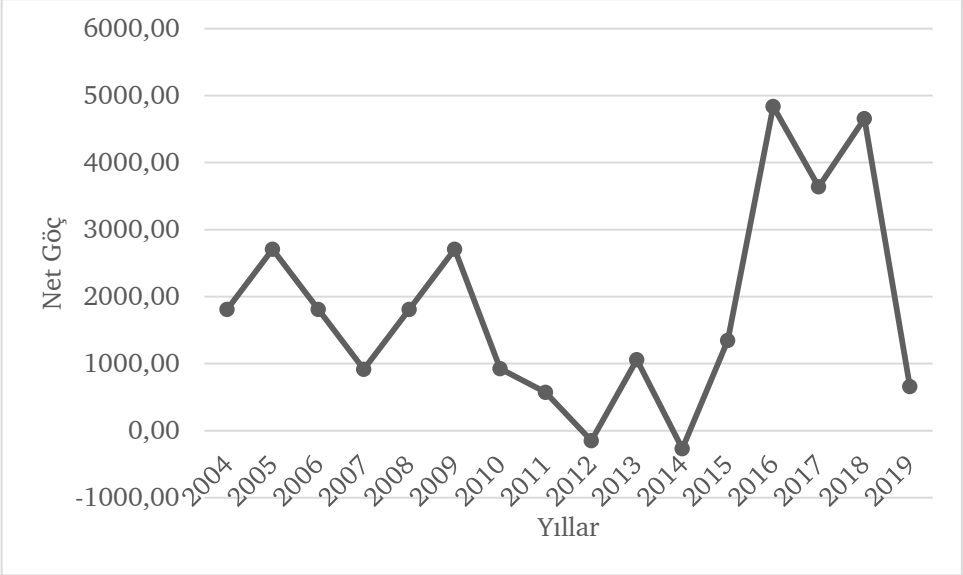


Şekil 3.10 2004-2019 yılları arasındaki Türkiye nüfus artış hızı(binde)

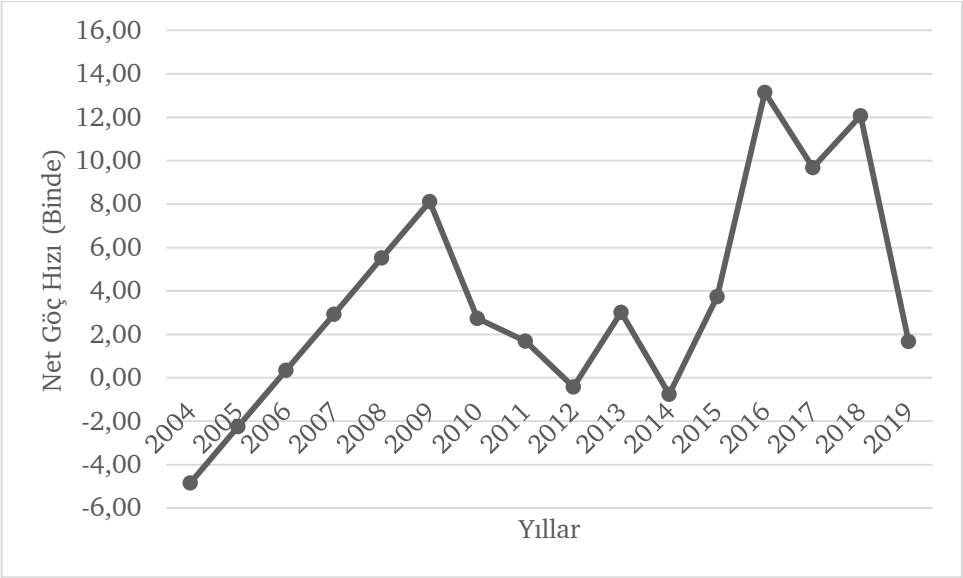


Şekil 3.11 2004-2019 yılları arasındaki Düzce nüfus artış hızı (binde)

Net göç ve göç hızı nüfusla da ilgili bir parametre olduğu için elektrik tüketim değerlerini etkilemektedir. Göç ile artan ve azalan insan sayısı elektrik kullanımında belirleyici bir parametre olmaktadır. Şekil 3.13'te 2004-2019 yılları arasındaki net göç, Şekil 3.14'te net göç hızı verilmiştir.

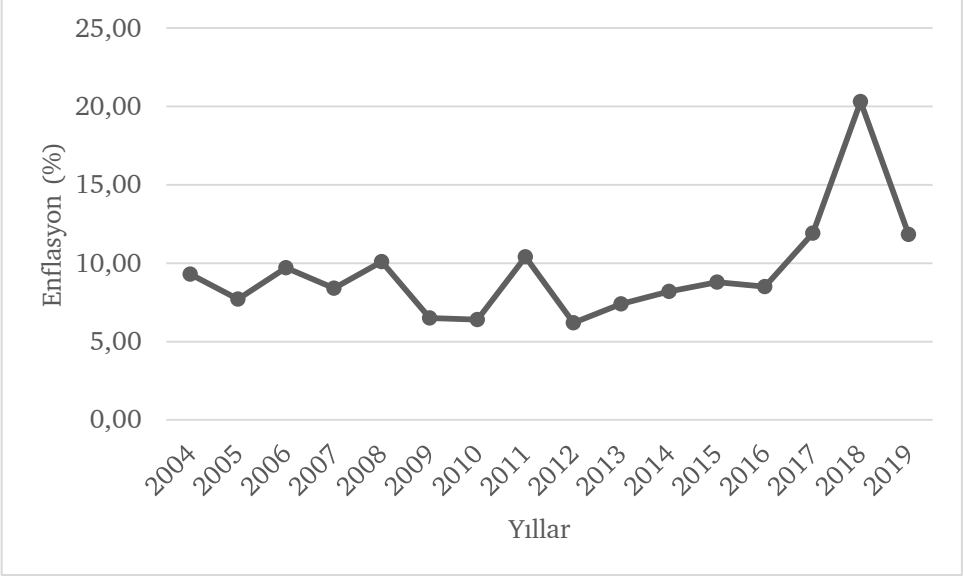


Şekil 3.12 2004-2019 yılları arasındaki net göç



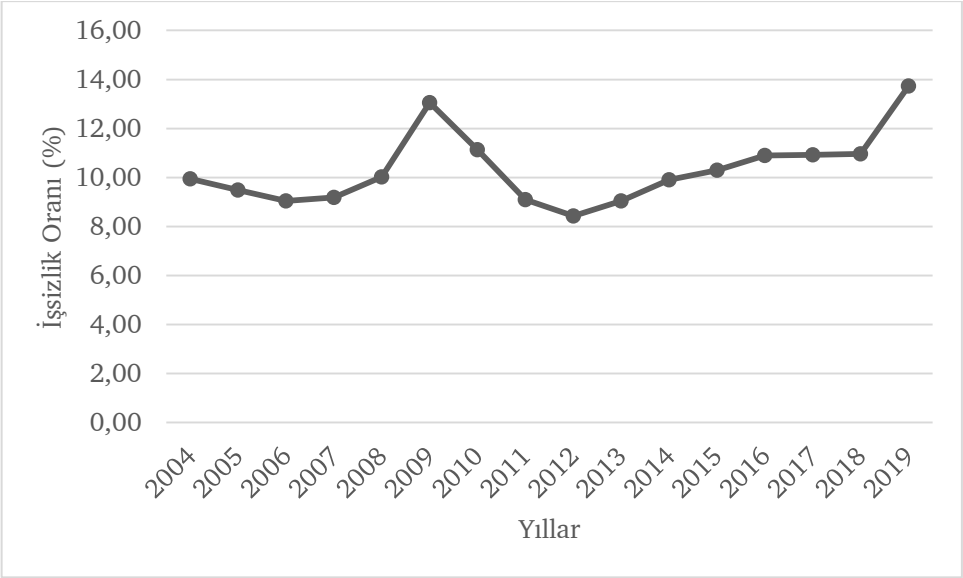
Şekil 3.13 2004-2019 Yılları arasındaki net göç hızı

Enflasyon malların ve satın alınacak hizmetlerin arasındaki açığın büyümesi ile ortaya çıkan bir durum olduğu için tüketicinin bir hizmet olarak elektrik tüketimi kullanımını da etkileyen bir faktördür. Ülke de yaşanan siyasi olaylarla, doğal afetler gibi pek çok ön görülemeyecek faktör enflasyonun tahmin edilmesini zorlaştırmaktadır. Şekil 3.15'te 2004-2019 yılları arasındaki enflasyon verilmiştir.



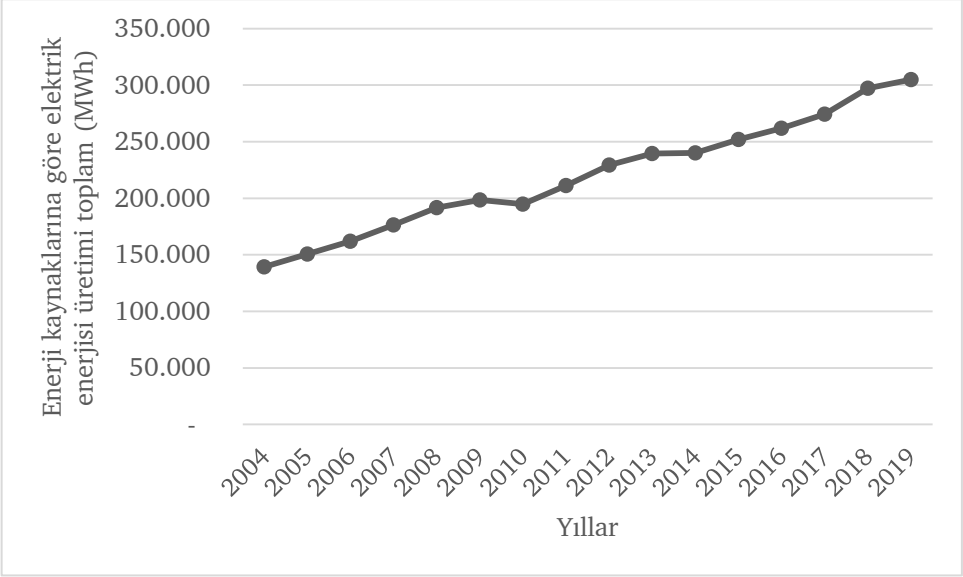
Şekil 3.14 2004-2019 yılları arasındaki enflasyon

Türkiye işsizlik oranı elektrik tüketimini dolaylı olarak etkilen faktörlerden birisidir. Şekil 3.16'de 2004-2019 yılları arasındaki Türkiye işsizlik oranının grafiği verilmiştir.



Şekil 3.15 2004-2019 yılları arasında Türkiye işsizlik oranı

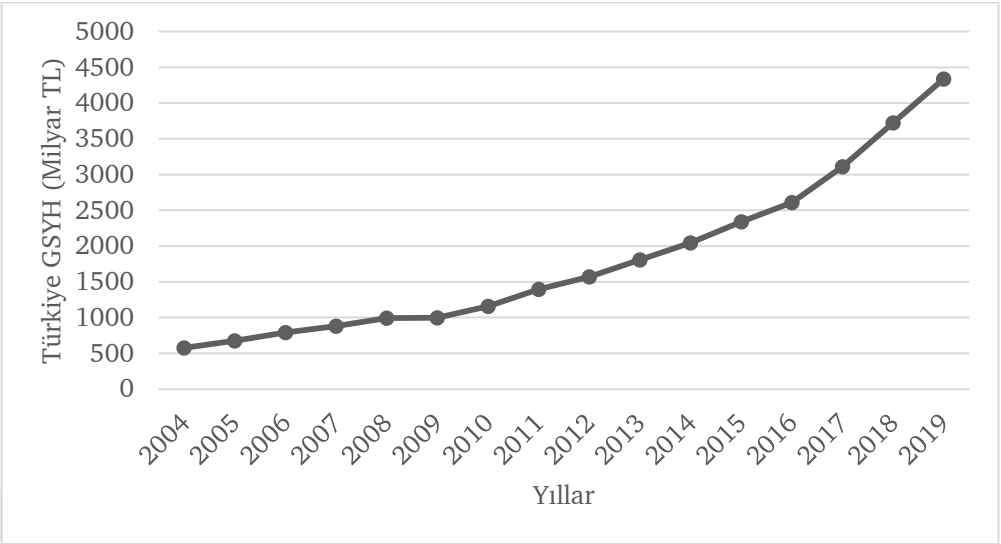
Enerji kaynaklarına göre elektrik enerjisi üretimi elektrik talep tahmini yapılmasında doğrudan etki edebilecek faktörlerden birisidir. Çeşitli enerji kaynaklarının kullanılması tüketici için çeşitli avantajlar sağlayabilmektedir. Şekil 3.17'de enerji kaynaklarına göre elektrik enerjisi üretimi grafiği verilmiştir.



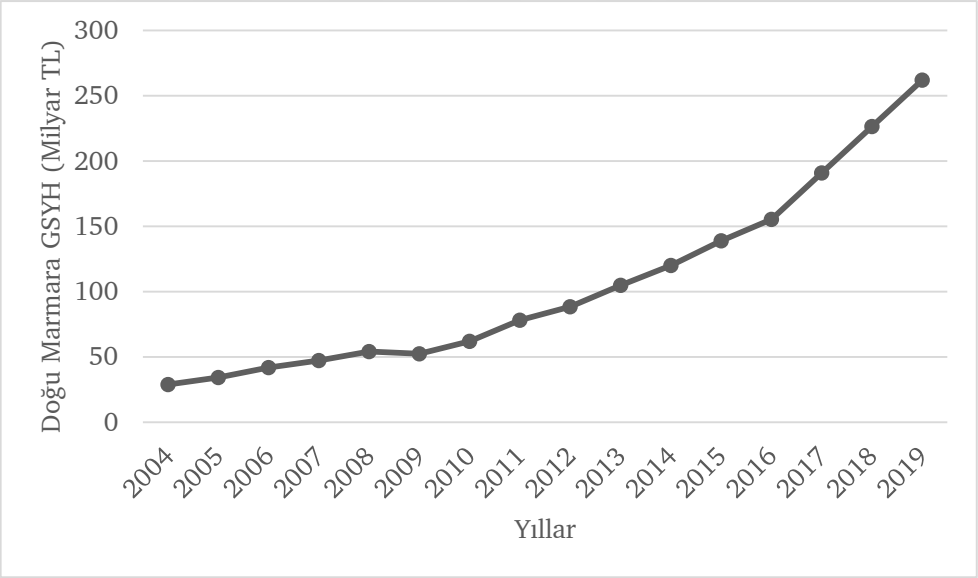
Şekil 3.16 2004-2019 yılları arasındaki enerji kaynaklarına göre elektrik enerjisi üretimi (MWh)

GSYH elektrik tüketim değerlerine etki edebilecek faktörlerden birisidir. GSYH ülkedeki tüm vatandaşların belirli bir süre içerisindeki ürettiği toplamadaki mal ve hizmetlerin piyasa karşılığında değeri olduğu için kullanım alanlarına göre

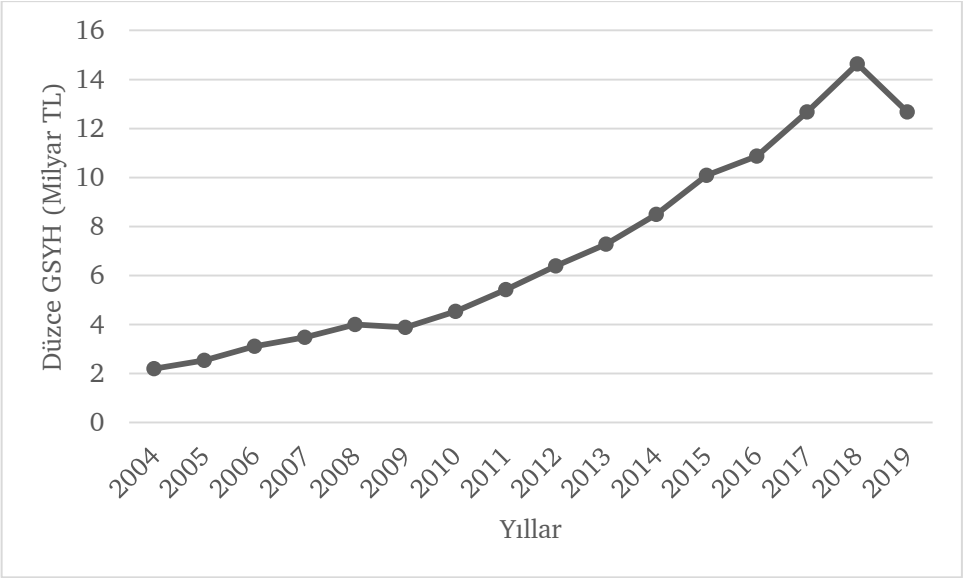
elektrik tüketimini etkileyen faktörlerden birisidir. Şekil 3.18'de Türkiye, Şekil 3.19'da Doğu Marmara ve Şekil 3.20'de Düzce ili için GSYH verilmiştir.



Şekil 3.17 2004-2019 yılları arasındaki Türkiye için GSYH

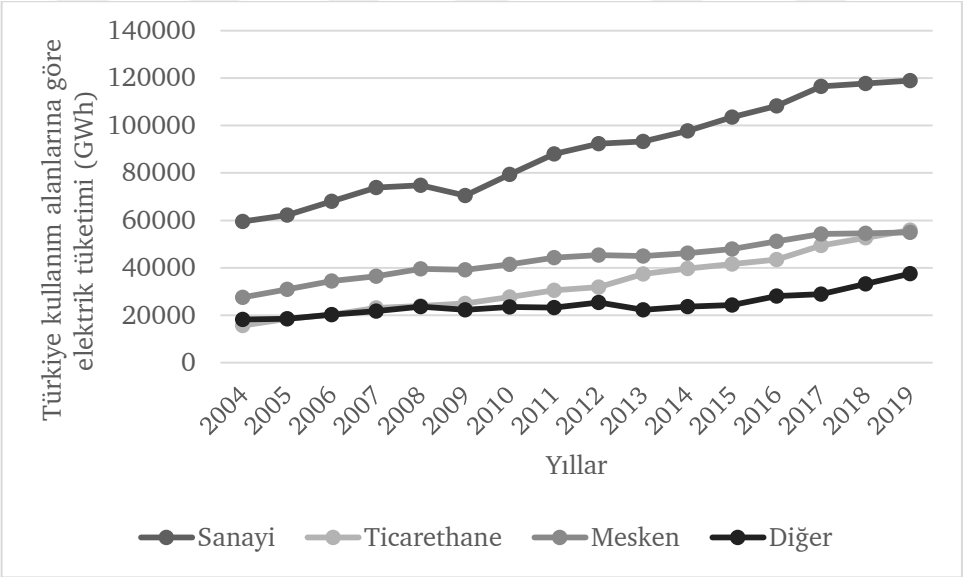


Şekil 3.18 2004-2019 yılları Doğu Marmara GSYH

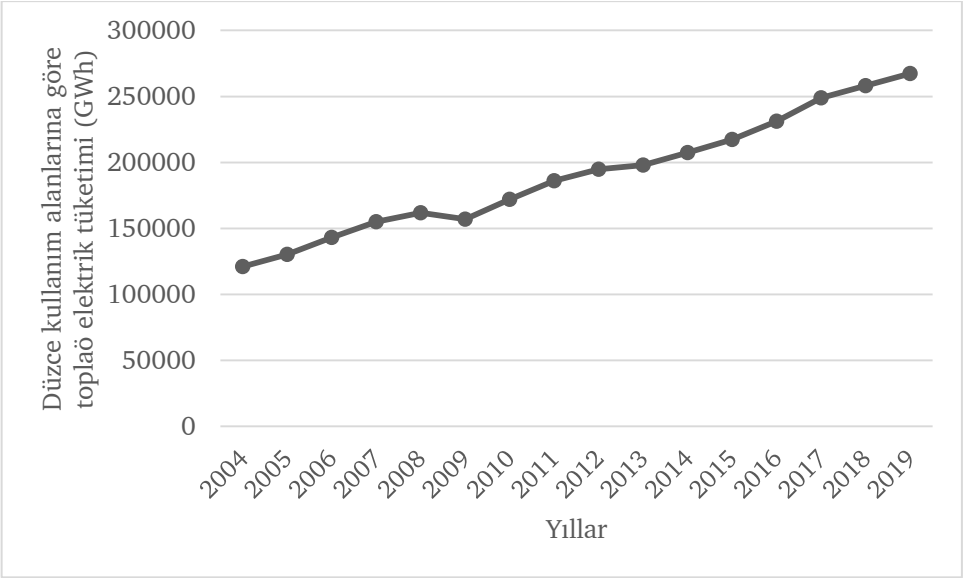


Şekil 3.19 Düzce ili GSYH (Bin TL)

Şekil 3.21'de 2004-2019 yılları arasında Türkiye için sanayi, ticarethane, mesken ve diğer olacak şekilde kullanım alanlarına göre elektrik tüketimi değerleri verilmiştir. Şekil 3.22'de 2004-2019 yılları arasında Türkiye kullanım alanlarına göre toplam elektrik tüketimi değerleri verilmiştir.

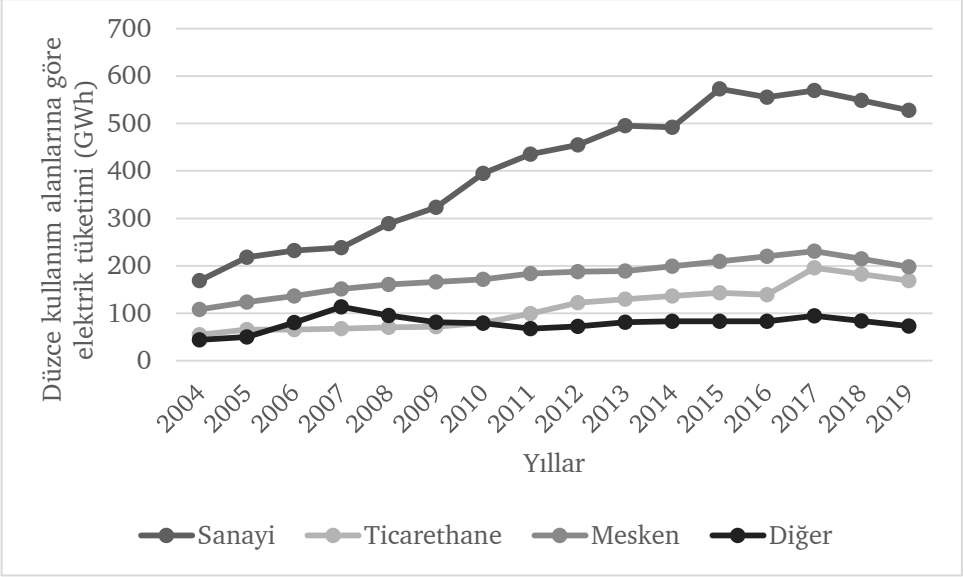


Şekil 3.20 Kullanım yerlerine göre Türkiye elektrik tüketimi

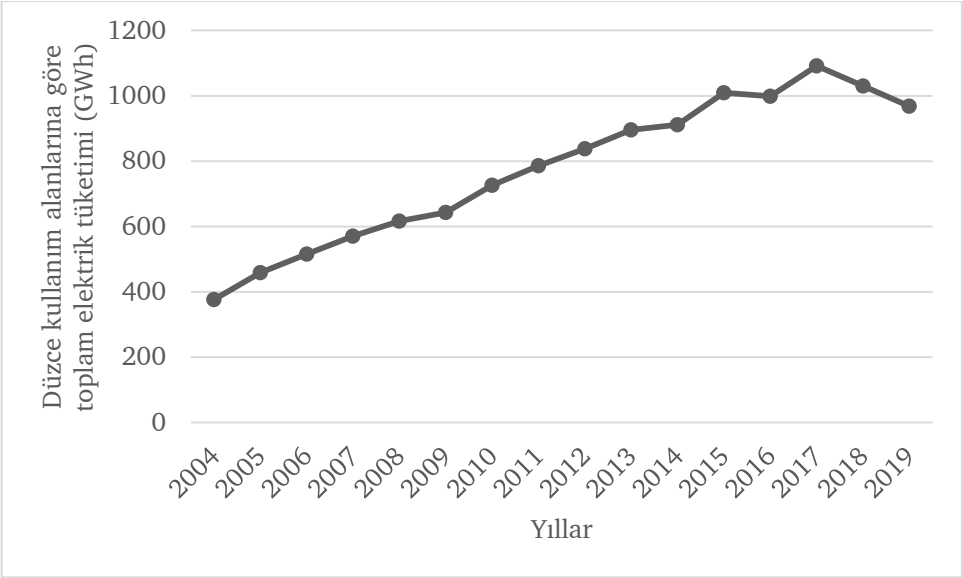


Şekil 3.21 Kullanım yerlerine göre toplam Türkiye elektrik tüketimi

Şekil 3.23'te 2004-2019 yılları arasında Düzce için sanayi, ticarethane, mesken ve diğer olacak şekilde kullanım alanlarına göre elektrik tüketimi değerleri verilmiştir. Şekil 3.24'te 2004-2019 yılları arasında Düzce kullanım alanlarına göre toplam elektrik tüketimi değerleri verilmiştir.



Şekil 3.22 Kullanım yerlerine göre Düzce elektrik tüketimi



Şekil 3.23 Kullanım yerlerine göre toplam Düzce elektrik tüketimi

Ağın eğitim ve test değerleri için belirlenen giriş değerleri olarak 2004-2019 tarihleri arasında nüfus, yıllık nüfus artış hızı, GSYH, net göç ve göç hızı, enflasyon, işsizlik oranı, enerji kaynaklarına göre elektrik enerjisi üretimi değerleri, sanayi verileri ile bir veri seti oluşturulmuştur. Veri seti olarak oluşturulan değereler sistemde eğitim için girdi oluşturmaktadır. Bunun sonucunda Düzce ili elektrik tüketim değerleri çıktı olarak verilerek YSA'da verilerek ağın eğitimi gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.25'te veri setinde seçilmiş olan doğrudan ve dolaylı faktörler gösterilmiştir.



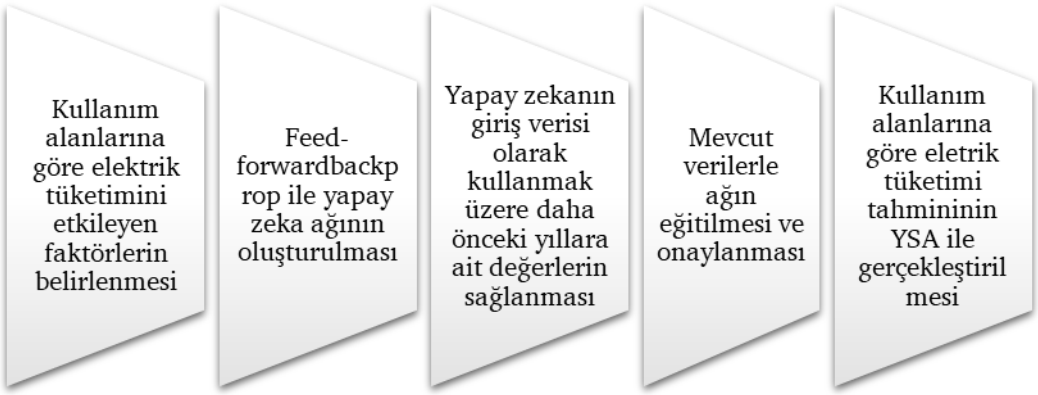
Şekil 3.24 YSA için oluşturulan veri seti

4
UYGULAMA

Çalışmada öncelikli olarak sonucumuzu en iyi şekilde bulabileceğimiz veri seti oluşturuldu. Veri setinde oluşturduğumuz değerleri YSA'da daha verimli hale getirmek için çok katmanlı modelin girdi ve çıktı değerlerini normalize edildi ve ağ kullanımı daha iyi bir hale getirildi. Normalizasyon yapıldığında veri setinde dağınık halde bulunan değerler daha düzenli hale getirilmiş oldu ve veri setinde bulunan değerler daha ayrık bir durumdan daha düzenli bir şekle getirildi. YSA için oluşturduğumuz veri setindeki değerlerin birbirinden aşırı büyük ya da aşırı küçük değerler olması ağın yanlış şeklide eğitilip sonuç vermesine neden olabilir. Verilere belirli bir aralıkta değerler tanımlamak farklı yerlerden gelen verilerin aynı aralığa getirilmesini sağlar ve çok büyük ya da küçük değerlerin ağda istenmeyen sonuçlara neden olmasının önüne geçer. Çalışmada Min-Max Normalizasyonu kullanılarak veri setindeki değerlerimiz 0 ile 1 aralığına indirgenerek veriler doğrusal olarak normalize edilmiştir. Aşağıda (4.1) eşitliğinde verilen normalizasyon eşitliği kullanılmıştır.

$$A' = \frac{A_i - A_{min}}{A_{max} - A_{min}} \tag{4.1}$$

Veri seti için oluşturduğumuz değerleri kullanarak 13 giriş düğümlü, 5 nöronlu 2 gizli katmanlı ve 1 çıkışlı olarak ağımız oluşturulmuştur. Ağımız More ve Jorge tarafından önerilen ve araştırmalarda kullanılan MATLAB'da Levenberg Marquardt algoritması ile eğitilmiştir. Levenberg-Marquardt eğitim algoritmasının seçilmesinin sebebi genellikle diğer tekniklerden daha hızlı olmasıdır. Gizli katmanda transfer fonksiyonu olarak TANSIG kullanılmıştır. Eğitim fonksiyonu olarak TRAINGDX performans fonksiyonu MSE (Mean Squared Error)dur. Çalışmamızı oluştururken veri setinde enflasyon ve kullanım alanlarına göre elektrik tüketimine etki edecek değerleri seçtik. Şekil 4.1'de YSA ile gerçekleştirilecek tahmin modelinin adımları verilmiştir.



Şekil 4.1 YSA ile tahmin modeli aşamaları

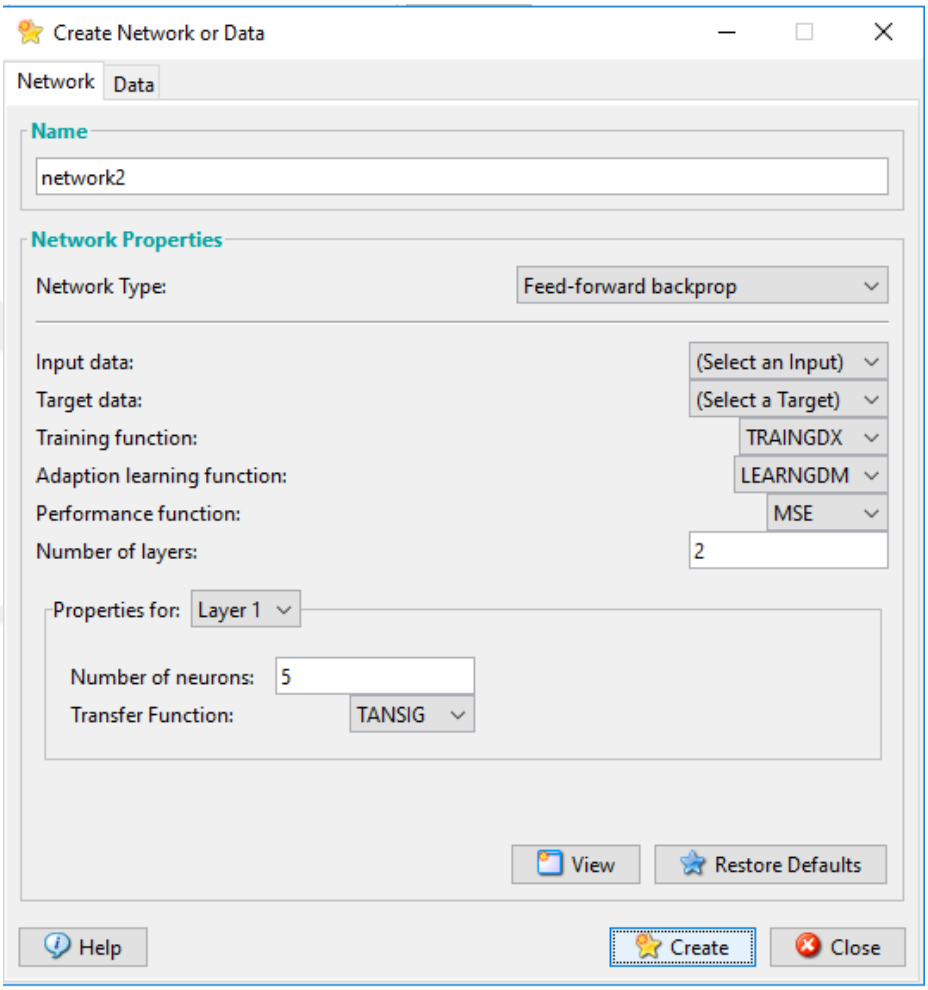
YSA ile elektrik tüketim tahmini yaparken MATLAB'ta 'nntool' kullanılmıştır. Öncelikle oluşturduğumuz veri seti için eğitim ve test değerleri belirlenmiştir. Bu belirlenen eğitim değerleri sonucunda katman sayısı ve nöron sayısında değişikliklerle, YSA birçok kez tekrar eğitilerek en uygun değerler bulunmaya çalışılmıştır. Tablo 4.1'de MATLAB'ta kullanılan ağ parametreleri verilmiştir.

Tablo 4.1 Ağ parametreleri

Ağ Yapısı	Geri yayılımlı ileri besleme
Eğitim Fonksiyonu	TRAINGDX
Öğrenme Fonksiyonu	LEARNGDM
Gizli Katman Sayısı	2
Gizli Katmanlar için Transfer Fonksiyonu	TANSIG

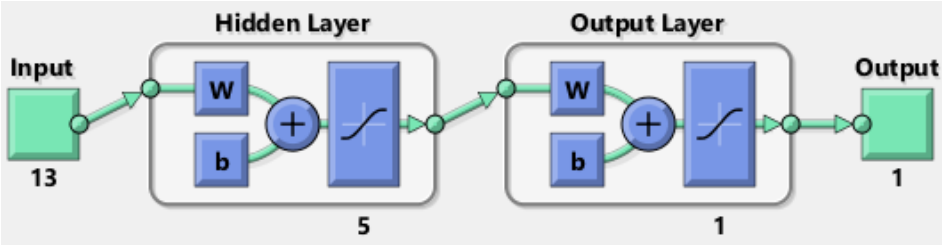
MATLAB'ta ilk olarak hazırlanan veri seti YSA'yı eğitmek için kullanacağımız veriler girdi, elde etmek istediğimiz tahmin değerleri de çıktı olacak şekilde ağa tanımlanmıştır. Şekil 4.2 veri setinde hazırlanan giriş ve çıkış değerlerinin girildiği eğitim fonksiyonu, performans fonksiyonu, transfer fonksiyonun nöron sayısı ve katman sayısının belirlendiği ekrandır.

Şekil 4.2'deki ekran sayfasından ağ tipi, eğitim girdi-çıktı verileri, eğitim ve ağın öğrenme algoritmaları performans fonksiyonu, gizli hücre sayısı, nöron, katman sayısı, aktivasyon fonksiyonu seçimleri yapılarak ağ oluşturulur. Şekil 4.2'den de görüleceği gibi Eğitim Fonksiyonu TRAINGDX, uyarlanır adaptif öğrenme fonksiyonu LEARNGDM, performans fonksiyonu MSE, katman sayısı 2 ve nöron sayısı 5 olarak seçilerek ağ oluşturulmuştur.



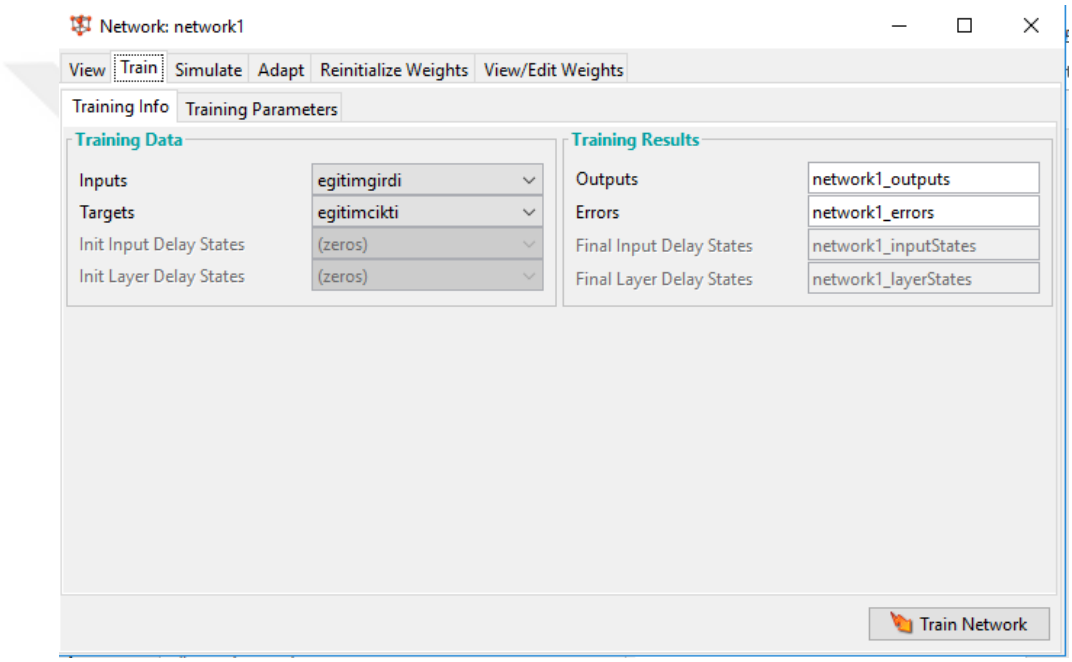
Şekil 4.2 MATLAB'ta ağ oluşturmak için olan ekran

MATLAB'ta oluşturulmuş olan 13 giriş 1 çıkışlı, 5 gizli katmanlı ağ yapısı Şekil 4.3'te gösterilmiştir.



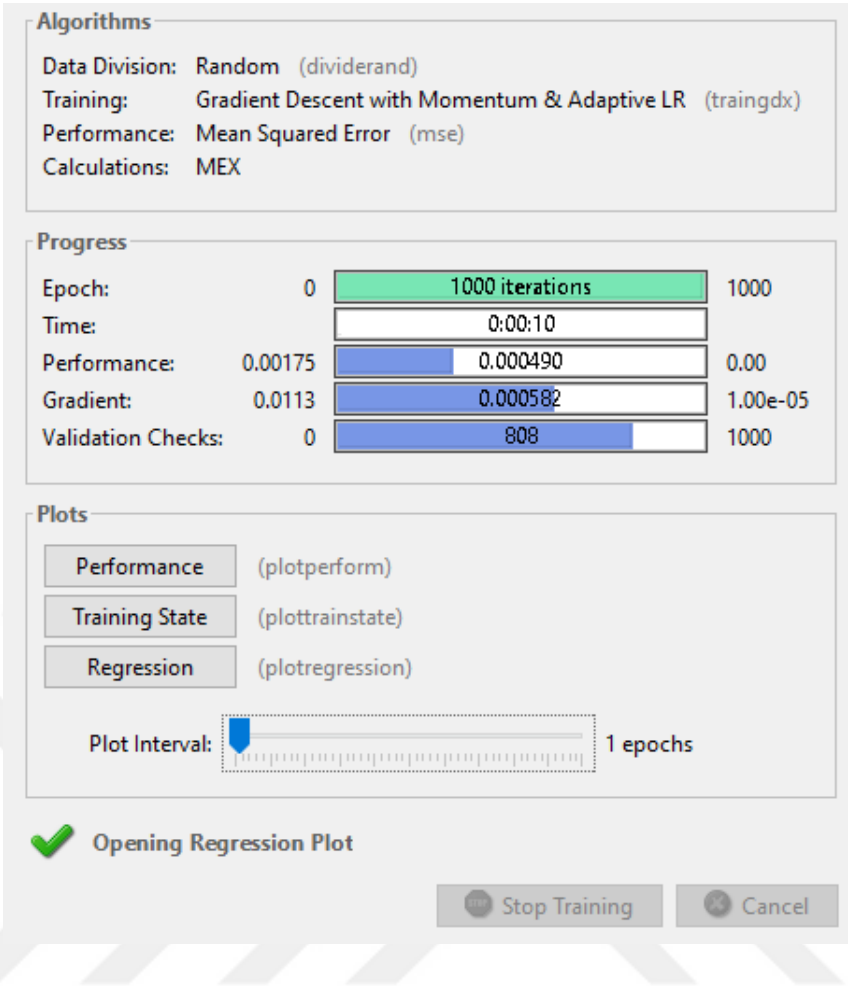
Şekil 4.3 MATLAB'ta oluşturulmuş ağ yapısı

Şekil 4.4'te MATLAB'ta nöron ve katman sayıları belirlendikten sonra hata değeri, çevrim sayısı gibi ağın öğrenmesini etkileyen eğitim parametrelerinin ayarlandığı ve ağı eğitmeye yönlendiren ekrandır.



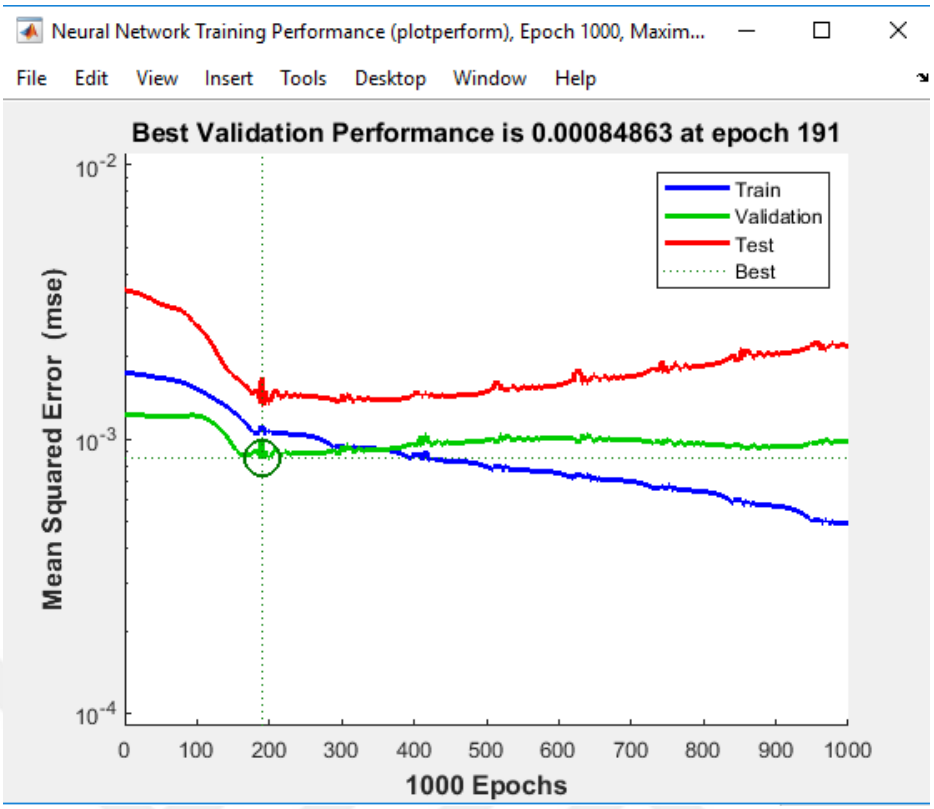
Şekil 4.4 Eğitim ağını eğitmek için olan değerlerin girildiği ekran

Şekil 4.5'te eğitim bittikten sonra eğitim sonucu oluşan performans, iterasyon sayısı bilgilerinin olduğu ekrandır. Bu ekrandan ağın performansı (MSE değeri), eğitim durumu ve regresyon grafikleri görüntülenebilir. Şekil 4.5'e bakıldığında eğitimin doğrulama kontrol sayısı 1000 iken 808'de sona ermiştir. Eğitim bittiği zaman 1000. iterasyonda, performans değeri 0,00175 veri değişim oranı 0,0113'dir.



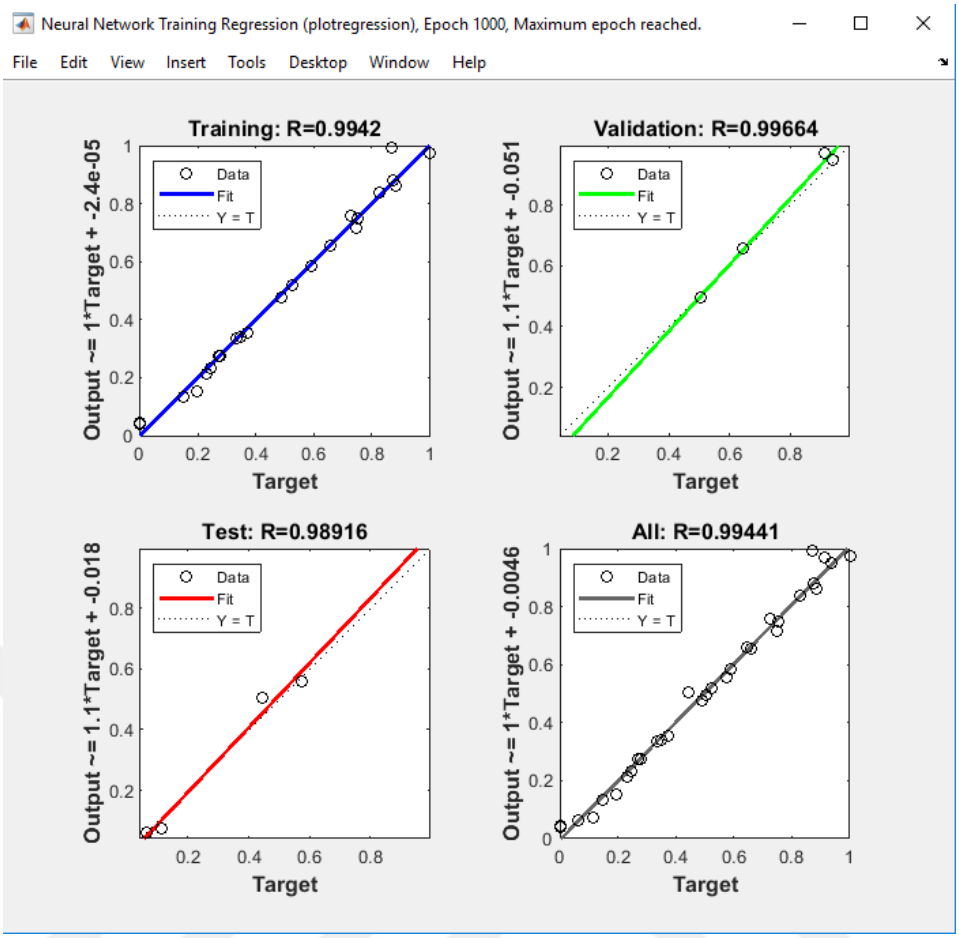
Şekil 4.5 YSA eğitimi sonucu oluşan ekran

Şekil 4.6'da eğitim performansına ait grafiğe bakıldığında eğitim, doğrulama ve test verileri için YSA 1000 iterasyonda optimum sonuca ulaşarak 191. iterasyonda en iyi değeri elde edilmiştir. X ekseni iterasyon sayısını verirken, y ekseni kare ortalamalarının hatalarına göre olan MSE değerini vermektedir.



Şekil 4.6 YSA'da ağın performans değeri

Şekil 4.7'de YSA için olan öğrenmeden sonraki regresyon grafiği ağın eğitim, doğrulama ve test verileri için performansına bakmak için kullanılmaktadır. İstenilen şekilde sonuç almak için ağ çıktı yanıtlarının 45 derecelik oluşan çizgi üstüne düşmelidir. 4. Grafik YSA'nın tüm başarısını gösteren grafiktir ve YSA'nın toplam başarısı %99,441 olarak bulunmuştur ve oldukça yüksek bir orandır. Grafiğe göre en düşük değer R=0.98916 ile test kümesine ait olan değerdir. Grafiklere bakıldığında öğrenmenin başarılı olduğu görülmektedir. Şekil 4.2'deki ekranda yapılacak olan fonksiyon, tabaka sayısı ve nöron sayısı gibi değişikliklerle regresyon grafiği daha iyi duruma getirilebilir.



Şekil 4.7 YSA için olan regresyon grafikleri

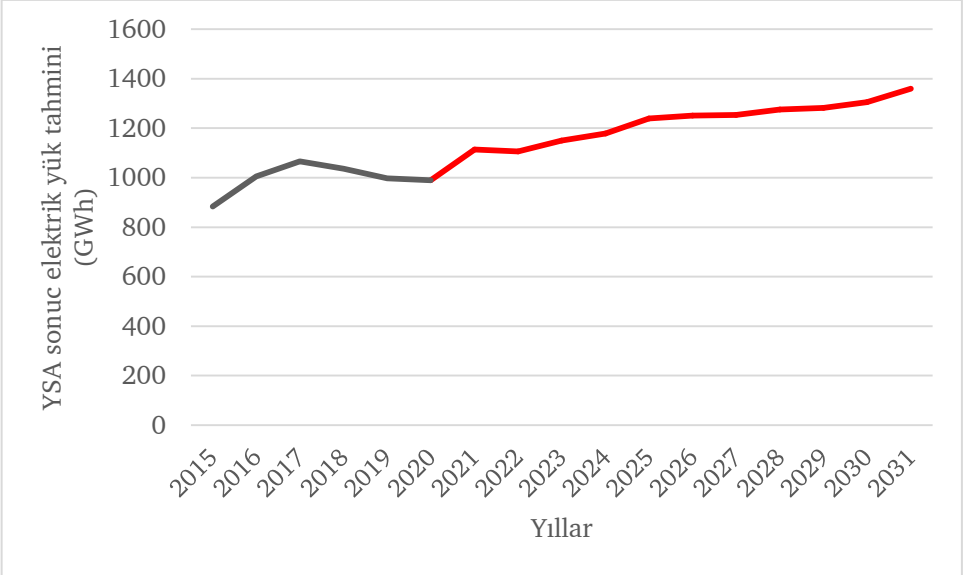
YSA ile ağı eğittikten sonra test edilir. Bu işlem için Şekil 4.4'teki ekrandan 'simulate' kısmına yeni test girdi ve çıktı değerleri girilir.

Elektrik tüketimine doğrudan ve dolaylı etki eden değerlerler ile oluşturulan veri setinin kullanımı ile oluşturulan YSA için ağımız önce birçok kez eğitilmiştir. Ağ eğitildikten sonra MATLAB'ta elektrik tüketim tahmini yapılmıştır. Tablo 4.2'de 2015-2020 yılları arasındaki elektrik tüketimi incelendiğinde 2019 ve 2020 yılında elektrik tüketiminde dünyayı küresel olarak etkileyen pandemi sebebiyle elektrik tüketiminde azalma olmuş onun dışında her yıl bir önceki yıla göre elektrik tüketimi artmıştır. YSA kullanılarak yapılan tahmin sonucu elde edilen tahmin değerleri aşağıdaki tablodadır.

Tablo 4.2 Düzce ili tahmin edilen elektrik tüketimi sonuçları

	Yıllar	**Elektrik Tüketimi (GWh)**
Tüketim verileri	2015	883,78
	2016	1005,02
	2017	1066,55
	2018	1035,98
	2019	997,76
Tahmin verileri	2020	989,7
	2021	1113,74
	2022	1106,35
	2023	1149,85
	2024	1178,11
	2025	1238,82
	2026	1251,6
	2027	1253,89
	2028	1275,8
	2029	1282,51
	2030	1304,79
	2031	1359,06

Şekil 4.8'de Düzce ili için 2020 yılından itibaren yapılan elektrik tahmin sonuçları verilmiştir. Nüfus, sanayi, istihdam, bölgede yapılan teşvikler ve yatırımlar, mevcut iş potansiyeli, ilin konumunun getirdiği avantajlar, sosyoekonomik durumlar göz önüne alındığında bölgede artan bir elektrik yükü beklenmektedir. Yıllar bazında kullanım alanlarına göre elektrik tüketimini incelersek ilin toplam elektrik kullanımının en büyük payını sanayinin kullandığını görmekteyiz. Sanayi alanına baktığımızda bölgede verilen teşvikler ve yatırımların arttığı buna bağlı olarak sanayinin genişlediği görülmektedir. Düzce ilinin toplam elektrik tüketiminin neredeyse yarısına yakının sanayi kullanımı olması, yapılan yatırımlarla, artan istihdamla elektrik tüketiminin artması beklentisine neden olur. Yapılan tahmin sonucu için 2020 yılı ve sonrasına baktığımızda elektrik yükünün yıllar geçtikçe beklendiği gibi arttığı görülmektedir.



Şekil 4.8 Elektrik tüketim tahmini

Yaptığımız elektrik tüketim tahminini karşılaştırmak için Tablo 4.3'te TEİAŞ'ın 10 yıllık talep tahmini raporunda yer alan Sakarya Elektrik Dağıtım A.Ş.'nin Düşük, Baz, Yüksek Tüketim Senaryolarına göre Elektrik Tahmin Değerlerinin olduğu tablo kullanılmıştır.

Tablo 4.3 Sakarya Elektrik Dağıtım A.Ş.'nin düşük, baz, yüksek elektrik tüketim senaryolarına göre elektrik tahmin değerleri [107]

YIL	DÜŞÜK	ARTIŞ (%)	BAZ	ARTIŞ (%)	YÜKSEK	ARTIŞ (%)
2022	10.367		10.472		10.577	
2023	10.546	1,7	10.718	2,3	10.893	3,0
2024	10.868	3,1	11.047	3,1	11.232	3,1
2025	11.086	2,0	11.320	2,5	11.549	2,8
2026	11.385	2,7	11.635	2,8	11.886	2,9
2027	11.625	2,1	11.918	2,4	12.214	2,8
2028	11.902	2,4	12.221	2,5	12.547	2,7
2029	12.143	2,0	12.505	2,3	12.871	2,6
2030	12.407	2,2	12.801	2,4	13.197	2,5
2031	12.653	2,0	13.085	2,2	13.526	2,5

TEİAŞ tablosunda bulunan elektrik tüketim tahmini değerleri ile MATLAB'ta hazırlanan veri seti kullanılarak YSA'da yapılan elektrik tüketim değerleri mevcut yıllarda SEDAŞ'ın tükettiği elektriğin Düzce için yüzdesi hesaplanarak karşılaştırılmıştır. Tablo 4.4 için 2011-2019 yılları arası incelendiğinde SEDAŞ'ın toplam elektrik tüketimi içerisinde Düzce ilinin elektrik tüketimi yaklaşık %10'dur. Bu oranın düşük olmasının sebebi 3. Bölgede Kocaeli, Sakarya gibi büyük sanayi şehirlerinin olmasıdır. Hazırladığımız model ile elde ettiğimiz tahminlerde de gelecek yıllar için Düzce'nin enerji tüketim oranı bölgedeki tüketilen toplam enerjinin yaklaşık 10%' i civarında kalacağını göstermektedir. Bunun nedeni Düzce ili için son yirmi yılda yapılan yatırımların gelecek yıllar içinde benzer şekilde devam edeceği ve gelecek yıllar için kurulması açıklanan sanayi bölge sayılarından anlaşılmaktadır. Özellikle açıklanan sanayi bölgelerinin mevcut sanayi bölgeleri ile benzer faaliyetler gösterecek olması enerji talebindeki artış hakkında ciddi bir öngörü vermektedir. Tahmin sonuçlarımızda bu çıkarım ile benzer nitelikte olup tutarlı sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 4.4 Düzce ili için geçmiş yıllardaki elektrik tüketimi verilerinin ve tahmin edilen yıllardaki elektrik tüketimi verilerinin karşılaştırılması

	Yıllar	Düzce İli Tüketim (GWh)	SEDAŞ 3. Bölge Elektrik Tüketimi (GWh)	Düzce'nin 3. Bölgede Tüketilen Enerjideki Payı (%)
Geçmiş yılların verileri	2011	785,99	8.206	9,6
	2012	837,62	8.463	9,9
	2013	896,07	8.463	10,6
	2014	910,96	8.622	10,6
	2015	883,78	9.106	9,7
	2016	1005,02	9.310	10,8
	2017	1066,55	9.663	11,0
	2018	1035,98	9.753	10,6
	2019	997,76	9.525	10,5
Tahmin verileri	2020	989,7	9.611	10,3
	2021	1113,74	10.367	10,7
	2022	1106,35	10.472	10,6
	2023	1149,85	10.718	10,7
	2024	1178,11	11.047	10,7
	2025	1238,82	11.320	10,9
	2026	1251,6	11.635	10,8
	2027	1253,89	11.918	10,5
	2028	1275,8	12.221	10,4
	2029	1282,51	12.505	10,3
	2030	1304,79	12.801	10,2
	2031	1359,06	13.085	10,4

5
SONUÇ VE ÖNERİLER

Hızla gelişen dünyada artan elektrik talebinin geleceğe yönelik doğru tahmin edilebilmesi yatırımların planlanması, ekonomik hesaplamalar ve değişime hızla uyum sağlayabilmek için önemlidir. Çalışmada dağıtık üretimden, dağıtık enerji sistemlerinin neden kullanılması gerektiğinden, üretici ve tüketici için olan faydalarından bahsedilmiş ve dağıtık üretim kullanılarak yapılan çalışmalarla ilgili literatür taraması yapılmıştır. İlerleyen kısımda dağıtık üretim kaynaklarının doğru konumlandırması ve boyutlandırmasının yapılmasından bahsedilerek geniş kapsamlı bir literatür incelemesi yapılmıştır. Dağıtık üretimin konumlandırılması ve boyutlandırılmasının öneminden bahsedildikten sonra uygun konumlandırma ve boyutlandırmanın yapılabilmesi için gereken optimizasyon yöntemleri 3 grup halinde incelenmiştir. Yapılan inceleme sonucunda dağıtık üretim kaynaklarının doğru konumlandırılması ve boyutlandırılması için daha az sayıda parametre gerektirdiği için Parçacık Sürü Optimizasyonunun kullanılması daha uygun olacağı düşünülmüştür. Benzer şekilde rastgele popülasyon oluşturan Genetik Algoritmayı kullanmakta konumlandırma ve boyutlandırma için uygun olarak görülmektedir.

Çalışmanın ilerleyen bölümünde Yapay Sinir Ağları kullanılarak Düzce için elektrik tüketim tahmini yapılmaya çalışılmıştır. Son yıllarda yaygın olarak tercih edilen YSA'ları ile gelişmekte olan Düzce ilinin ve Türkiye'nin ekonomik, demografik, çevresel, elektriksel tüketim, sanayideki gelişmeler ve sosyal koşulları dikkate alınarak 12 senelik elektrik talep tahmini yapılmıştır. YSA için ilk olarak kullanım alanlarına göre elektrik tüketimi bölgenin yük karakteristikleri, nüfus, kişi başına toplam elektrik tüketimi, GSYH, net göç hızı, Doğu Marmara GSYH, enflasyon, net göç, işsizlik oranı, elektrik enerjisi üretimi, Türkiye ve Düzce yıllık nüfus artış hızı, sanayi verileri, istihdam verileri, il bazında verilen teşvikler ve yapılan yatırımlar, bölgenin sanayisinin gelişim durumu ve kullanım alanlarına göre elektrik tüketimi verileri ileriye yönelik tahmin için veri seti olarak

belirlenmiştir. Uygun parametreler ayarlanmış ve YSA'ya girdi verisi olarak daha önceki yıllara ait girdi verileri sağlamıştır. Veriler ile ağ eğitilmiş, elektrik talep tahmini yapılmıştır. Tahmin çalışması yapılmadan kullanım alanlarına göre elektrik tüketimleri incelendiğinde Düzce ilinin toplam elektrik tüketiminin yıllık olarak yarısına yakının sanayi kullanımı olduğu görülmektedir. Düzce ili için sanayi incelendiğinde imalat sektörü başta olmak üzere sanayisi yapılan yatırım ve teşviklerle her geçen yıl büyümektedir. Yapılan yatırım ve teşviklere bakıldığında ucuz arazi, iklim şartları, konumu, ucuz işgücü varlığı yeni yatırımlar için uygun şartlar sağlamaktadır. Makine ve teçhizat imalatı, otomotiv yan sanayi, gıda sanayi, mobilya, ağaç sanayi, tekstil ve tekstil ürünleri imalatı, organik tarım, beyaz ve kırmızı et işleme, elektrik aksamı üretimi için uygun illerdendir. Düzce için bu özelliklere bakıldığında sanayinin büyümesi beklenmektedir. İlin genel kullanım alanlarına göre elektrik tüketimi incelendiğinde elektrik kullanımının yarısına yakını sanayidir. Yapılan simülasyon sonucunda elektrik tüketim tahminine bakıldığında elektrik tüketimi tahmin edildiği gibi sürekli bir artış göstermiştir. Yapay Sinir Ağları kullanılarak elde edilen değerler bölge bazlı olan tahmini SEDAŞ verileriyle yorumlanmıştır. Veriler karşılaştırıldığında önceki yıllarda ve gelecek tahmini olarak SEDAŞ'ın tüketimi içinde Düzce ilinin yüzdesi önceki yıllarda ve gelecek tahmini yapılan yıllarda tutarlı görünmektedir. Çalışmada MATLAB kullanılarak YSA ile yapılan analize bakıldığında elektrik tüketim tahmini ve eldeki mevcut veriler oldukça tutarlıdır. Bu elektrik tüketim tahminini yapabilmek için YSA kullanılabileceğini göstermektedir. Elektrik tüketimindeki devam eden artışın gelecekte mevcut üretim merkezinin yükü için yetersiz kalacağı ve bunun sonucunda tüketici talebinin karşılanamayacağının göstergesidir. Bu çalışmadaki sonuçlara göre elektrik tüketim tahminleri doğrultusunda çeşitli senaryolarla üretim merkezi için ekonomik şekilde planlama ve yatırımlarda bulunulabilir. Bölgede gerekli yük akış analizleri yapılarak ileriye yönelik elektrik tüketim tahmin değerleri ile bölgedeki enerji ihtiyacı analiz edilerek gerekli yerlerde ortam ve bölge şartlarına uygun olacak şekilde yenilenebilir enerji kaynakları ile destek oluşturulabilir. Elektrik tüketim tahminiyle gerekli yerlerde dağıtık üretim ile gereksiz yatırımlardan kaçınılarak tüketiciye yakın konumda elektrik üretilerek tüketici için daha hesaplı, üretici için

kesinti durumunda kolaylık sağlayabilecek, hat kayıplarını önleyebilecek ve yeni tesis kurmaktansa daha az maliyetli yatırımların planlaması yapılabilir. YSA kullanarak tahmin değerleri elde edilip uygun planlamalar ile şehir şebekesine daha az maliyetli katkılarda bulunulabilir.

YSA için uygun veri seti ile ağ kendini eğitmekte ve tahmin yapmaktadır. Doğru elektrik talep tahmini için veri setinin önemi unutulmamalıdır çünkü talep tahminini fazla yapılması ekonomik kayıplara sebep olabileceği gibi talep tahmininin düşük bulunması enerji talebinin karşılanamamasına ve eksik yatırımlara sebep olup mali sonuçlar getirebilir.

KAYNAKÇA

[1] M. Pesaran H.A, P. D. Huy, and V. K. Ramachandaramurthy, "A review of the optimal allocation of distributed generation: Objectives, constraints, methods, and algorithms," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 75, no. May 2016, pp. 293–312, 2017, doi: 10.1016/j.rser.2016.10.071.

[2] T. Kumar and T. Thakur, "Comparative Analysis of Particle Swarm Optimization Variants on Distributed Generation Allocation For Network Loss Minimization," in *2014 First International Conference on Networks & Soft Computing (ICNSC2014)*, 2014, pp. 167–171. doi: 10.1109/CNSC.2014.6906682.

[3] S. Mahajan and S. Vadhera, "Optimal Sizing and Deploying of Distributed Generation Unit using a Modified Multiobjective Particle Swarm Optimization," in *2016 IEEE 6th International Conference on Power Systems (ICPS)*, 2016, no. 4, pp. 1–6. doi: 10.1109/ICPES.2016.7584092.

[4] L. I. Dulau, "Optimization of a power system with distributed generation source," in *2015 9th International Symposium on Advanced Topics in Electrical Engineering (ATEE)*, May 2015, pp. 903–906. doi: 10.1109/ATEE.2015.7133930.

[5] Z. M. Zenhom and T. A. Boghdady, "Optimal Allocation of Distributed Generation in A Part of the Egyptian Electrical Network Using Whale Optimization Algorithm," in *2019 21st International Middle East Power Systems Conference (MEPCON)*, 2019, pp. 365–370. doi: 10.1109/MEPCON47431.2019.9008185.

[6] M. Khasanov, S. Kamel, K. Xie, P. Zhou, and B. Li, "Allocation of Distributed Generation in Radial Distribution Networks Using an Efficient Hybrid Optimization Algorithm," in *2019 IEEE Innovative Smart Grid Technologies - Asia (ISGT Asia)*, 2019, pp. 1300–1305. doi: 10.1109/ISGT-Asia.2019.8881709.

[7] P. Sukhwal and P. Singh, "Optimization of Distributed Generation Using Genetics Algorithm and Improvement in Multiobjective Function," *Int. Res. J. Eng. Technol.*, vol. 06, no. 09, pp. 370–377, 2019.

[8] N. S. Hosny and H. K. Youssef, "Biogeography-based Optimization for Transmission Network Planning Problem Considering Distributed Generation Impacts," *J. Mod. Math. Front.*, vol. 2, no. 2, pp. 65–73, 2013.

[9] S. Devi and M. Geethanjali, "Optimal location and sizing determination of Distributed Generation and DSTATCOM using Particle Swarm Optimization algorithm," *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 62, pp. 562–570, 2014, doi: 10.1016/j.ijepes.2014.05.015.

[10] S. Golestani and M. Tadayon, "Distributed generation dispatch optimization by artificial neural network trained by particle swarm optimization algorithm," in *2011 8th International Conference on the European Energy Market (EEM)*, May 2011, pp. 543–548. doi: 10.1109/EEM.2011.5953071.

[11] S. A. Hosseini, S. S. K. Madahi, F. Razavi, M. Karami, and A. A. Ghadimi, “Optimal sizing and siting distributed generation resources using a multiobjective algorithm,” *Turkish J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 21, no. 3, pp. 825–850, 2013, doi: 10.3906/elk-1108-62.

[12] R. Arulraj and N. Kumarappan, “Optimal economic-driven planning of multiple DG and capacitor in distribution network considering different compensation coefficients in feeder’s failure rate evaluation,” *Eng. Sci. Technol. an Int. J.*, vol. 22, no. 1, pp. 67–77, Feb. 2019, doi: 10.1016/j.jestch.2018.08.009.

[13] D. A. Raptis, P. S. Periandros, P. A. Gkaidatzis, A. S. Bouhouras, and D. P. Labridis, “Optimal Siting of BESS in Distribution Networks under High PV Penetration,” in *2018 53rd International Universities Power Engineering Conference (UPEC)*, Sep. 2018, pp. 1–6. doi: 10.1109/UPEC.2018.8542010.

[14] M. H. Moradi and M. Abedini, “Optimal multi-distributed generation location and capacity by genetic algorithms,” in *2010 4th International Power Engineering and Optimization Conference (PEOCO)*, 2010, pp. 440–444. doi: 10.1109/PEOCO.2010.5559196.

[15] M. F. Abu Haggar, E. Beshr, and M. B. Eteiba, “Minimizing Power Loss in Distribution System by Optimal Sizing and Sitting of Distributed Generators with Network Reconfiguration Using Grey Wolf and Particle Swarm Optimizers,” in *2018 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2018 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe)*, Jun. 2018, pp. 1–6. doi: 10.1109/EEEIC.2018.8493703.

[16] W. Krueasuk and W. Ongsakul, “Optimal Placement of Distributed Generation Using Particle Swarm Optimization,” *Int. J. Eng. Technol.*, vol. 7, no. 3.3, p. 168, May 2018, doi: 10.14419/ijet.v7i2.32.15589.

[17] A. A. A. El-Ela, R. A. El-Sehiemy, A.-M. Kinawy, and E. S. Ali, “Optimal placement and sizing of distributed generation units using different cat swarm optimization algorithms,” in *2016 Eighteenth International Middle East Power Systems Conference (MEPCON)*, 2016, pp. 975–981. doi: 10.1109/MEPCON.2016.7837015.

[18] M. Mohsen, A.-R. Youssef, M. Ebeed, and S. Kamel, “Optimal planning of renewable distributed generation in distribution systems using grey wolf optimizer GWO,” in *2017 Nineteenth International Middle East Power Systems Conference (MEPCON)*, Dec. 2017, vol. 2018-Febru, no. December, pp. 915–921. doi: 10.1109/MEPCON.2017.8301289.

[19] J. Wu, M. Liu, and W. Lu, “Measurement-based online distributed optimization of networked distributed energy resources,” *Electr. Power Energy Syst.*, vol. 117, Jun. 2020, [Online]. Available: https://ieeexplore.ieee.org/document/8759982/

[20] A. M. El-Zonkoly, “Optimal Placement of Multi DG Units Including Different Load Models Using PSO,” *Smart Grid Renew. Energy*, vol. 1, pp. 160–171,

2010, doi: 10.4236/sgre.2010.13021.

[21] X. Xiong, W. Wu, N. Li, L. Yang, J. Zhang, and Z. Wei, “Risk-Based Multi-Objective Optimization of Distributed Generation Based on GPSO-BFA Algorithm,” *IEEE Access*, vol. 7, pp. 30563–30572, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2902886.

[22] L. F. Ochoa and G. P. Harrison, “Minimizing Energy Losses: Optimal Accommodation and Smart Operation of Renewable Distributed Generation,” *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 26, no. 1, pp. 198–205, Feb. 2011, doi: 10.1109/TPWRS.2010.2049036.

[23] M. W. Alzahlan, F. S. El-Faouri, M. G. Batarseh, A. Mohammad, and M. E. Zarter, “Particle Swarm Optimization of a Microgrid’s Cost Function Involving Distributed Generation and Highly Fluctuating Load,” in *2019 IEEE Jordan International Joint Conference on Electrical Engineering and Information Technology (JEEIT)*, Apr. 2019, pp. 319–324. doi: 10.1109/JEEIT.2019.8717494.

[24] S. Eftekharnejad, V. Vittal, G. T. Heydt, B. Keel, and J. Loehr, “Impact of increased penetration of photovoltaic generation on power systems,” *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 28, no. 2, pp. 893–901, May 2013, doi: 10.1109/TPWRS.2012.2216294.

[25] P. R. López, M. G. González, N. R. Reyes, and F. Jurado, “Optimization of biomass fuelled systems for distributed power generation using Particle Swarm Optimization,” *Electr. Power Syst. Res.*, vol. 78, no. 8, pp. 1448–1455, Aug. 2008, doi: 10.1016/j.epsr.2008.01.005.

[26] P. S. Georgilakis and N. D. Hatziargyriou, “Optimal Distributed Generation Placement in Power Distribution Networks : Models , Methods , and Future Research,” *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 28, no. 3, pp. 3420–3428, 2013, doi: 10.1109/TPWRS.2012.2237043.

[27] H. Liu, L. Xu, C. Zhang, X. Sun, and J. Chen, “Optimal allocation of distributed generation based on multi-objective ant lion algorithm,” in *2019 IEEE Innovative Smart Grid Technologies - Asia (ISGT Asia)*, 2019, pp. 1455–1460. doi: 10.1109/ISGT-Asia.2019.8881318.

[28] M. M. Aman, G. B. Jasmon, A. H. A. Bakar, and H. Mokhlis, “A new approach for optimum DG placement and sizing based on voltage stability maximization and minimization of power losses,” *Energy Convers. Manag.*, vol. 70, pp. 202–210, 2013, doi: 10.1016/j.enconman.2013.02.015.

[29] N. Chakraborty, S. Chandra, A. Banerji, and S. K. Biswas, “Optimal placement of DG using Swarm intelligence approach in distributed network: Status & challenges,” in *2016 21st Century Energy Needs - Materials, Systems and Applications (ICTFCEN)*, Nov. 2016, pp. 1–5. doi: 10.1109/ICTFCEN.2016.8052746.

[30] S. R. Gampa, K. Jasthi, P. Goli, D. Das, and R. C. Bansal, “Grasshopper optimization algorithm based two stage fuzzy multiobjective approach for optimum sizing and placement of distributed generations, shunt capacitors and electric vehicle charging stations,” *J. Energy Storage*, vol. 27, Feb. 2020,

doi: 10.1016/j.est.2019.101117.

[31] A. Ehsan and Q. Yang, “Optimal integration and planning of renewable distributed generation in the power distribution networks : A review of analytical techniques,” *Appl. Energy*, vol. 210, pp. 44–59, 2018, doi: 10.1016/j.apenergy.2017.10.106.

[32] M. H. J. Bollen, Y. Yang, and F. Hassan, “Integration of distributed generation in the power system - a power quality approach,” in *2008 13th International Conference on Harmonics and Quality of Power*, 2008, pp. 1–8. doi: 10.1109/ICHQP.2008.4668746.

[33] R. Sanjay, T. Jayabarathi, T. Raghunathan, V. Ramesh, and N. Mithulananthan, “Optimal Allocation of Distributed Generation Using Hybrid Grey Wolf Optimizer,” *IEEE Access*, vol. 5, pp. 14807–14818, 2017, doi: 10.1109/ACCESS.2017.2726586.

[34] A. A. Saleh, A.-A. A. Mohamed, and A. M. Hemeida, “Impact of Optimum Allocation of Distributed Generations on Distribution Networks Based on Multi-Objective Different Optimization Techniques,” in *2019 International Conference on Innovative Trends in Computer Engineering (ITCE)*, Feb. 2019, pp. 401–407. doi: 10.1109/ITCE.2019.8646610.

[35] P. M. S. Carvalho, P. F. Correia, and L. A. F. Ferreira, “Distributed Reactive Power Generation Control for Voltage Rise Mitigation in Distribution Networks,” *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 23, no. 2, pp. 766–772, May 2008, doi: 10.1109/TPWRS.2008.919203.

[36] H. Basri and S. E. Çetinkaya, Dumlu, Ferhat, “Dağıtık Üretim Tesislerinin Şebeke Entegrasyonunda Yaşanabilecek Olası Problemler ve Entegrasyon Analizleri,” *Akıllı Şebekeler ve Türkiye Elektr. Şebekesinin Geleceği Sempozyumu*, pp. 2–6, 2013.

[37] D. Orazgaliyev, A. Tleubayev, B. Zholdaskhan, H. S. V. . K. Nunna, A. Dadlani, and S. Doolla, “Adaptive Coordination Mechanism of Overcurrent Relays using Evolutionary Optimization Algorithms for Distribution Systems with DGs,” in *2019 International Conference on Smart Energy Systems and Technologies (SEST)*, Sep. 2019, pp. 1–6. doi: 10.1109/SEST.2019.8849052.

[38] A. Selim, S. Kamel, A. S. Alghamdi, and F. Jurado, “Optimal Placement of DGs in Distribution System Using an Improved Harris Hawks Optimizer Based on Single- And Multi-Objective Approaches,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 52815–52829, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2980245.

[39] M. M. Ansari, C. Guo, M. S. Shaikh, M. Ali Jatoi, C. Yang, and J. Zhang, “A review of technical methods for distributed systems with distributed generation (DG),” in *2019 2nd International Conference on Computing, Mathematics and Engineering Technologies (iCoMET)*, 2019, pp. 1–7. doi: 10.1109/ICOMET.2019.8673475.

[40] R. A. Shayani and M. A. G. de Oliveira, “Photovoltaic Generation Penetration Limits in Radial Distribution Systems,” *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 26, no. 3, pp. 1625–1631, Aug. 2011, doi:

10.1109/TPWRS.2010.2077656.

[41] B. Singh and D. K. Mishra, “A survey on enhancement of power system performances by optimally placed DG in distribution networks,” *Energy Reports*, vol. 4, pp. 129–158, Nov. 2018, doi: 10.1016/j.egyr.2018.01.004.

[42] W. El-Khattam, Y. G. Hegazy, and M. M. A. Salama, “An Integrated Distributed Generation Optimization Model for Distribution System Planning,” *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 20, no. 2, pp. 1158–1165, 2005, doi: 10.1109/TPWRS.2005.846114.

[43] P. Samal, S. Mohanty, and S. Ganguly, “Planning of Distributed Generation and Capacitor in an Unbalanced Radial Distribution System using Cuckoo Search Algorithm,” in *2016 19th International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS)*, 2016, pp. 1–5.

[44] P. Prakash and D. K. Khatod, “Optimal sizing and siting techniques for distributed generation in distribution systems : A review,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 57, pp. 111–130, 2016, doi: 10.1016/j.rser.2015.12.099.

[45] W.-S. Tan, M. Y. Hassan, M. S. Majid, and H. A. Rahman, “Optimal distributed renewable generation planning: A review of different approaches,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 18, pp. 626–645, 2013, doi: 10.1016/j.rser.2012.10.039.

[46] A. Kaygusuz, O. Gül, and B. B. Alagöz, “Yenilenebilir Dağıtık Üretim Koşullarının Güç Sistemlerinin Yük Akışına Etkilerinin Analizi,” pp. 77–85, 2012.

[47] B. Singh and J. Sharma, “A review on distributed generation planning,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 76, pp. 529–544, 2017, doi: 10.1016/j.rser.2017.03.034.

[48] M. Thomson and D. G. Infield, “Network power-flow analysis for a high penetration of distributed generation,” *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 22, no. 3, pp. 1157–1162, 2007, doi: 10.1109/TPWRS.2007.901290.

[49] T. Ackermann, G. Andersson, and L. Söder, “Distributed generation: A definition,” *Electr. Power Syst. Res.*, vol. 57, no. 3, pp. 195–204, 2001, doi: 10.1016/S0378-7796(01)00101-8.

[50] O. M. Toledo, D. O. Filho, and A. S. A. C. Diniz, “Distributed photovoltaic generation and energy storage systems: A review,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 14, no. 1, pp. 506–511, Jan. 2010, doi: 10.1016/j.rser.2009.08.007.

[51] J. A. P. Lopes, N. Hatziargyriou, J. Mutale, P. Djapic, and N. Jenkins, “Integrating distributed generation into electric power systems: A review of drivers, challenges and opportunities,” *Electr. Power Syst. Res.*, vol. 77, no. 9, pp. 1189–1203, 2007, doi: 10.1016/j.epsr.2006.08.016.

[52] Y. Yan, M. Kang, J. Zhang, Z. Xu, and Y. Liu, “Layered real-time optimization and coordinated control of active distribution network considering distributed generation,” in *2019 IEEE Innovative Smart Grid Technologies - Asia (ISGT Asia)*, 2019, pp. 4074–4079. doi: 10.1109/ISGT-

Asia.2019.8881235.

[53] Z. Abdmouleh, A. Gastli, L. Ben-Brahim, M. Haouari, and N. A. Al-Emadi, “Review of optimization techniques applied for the integration of distributed generation from renewable energy sources,” *Renew. Energy*, vol. 113, pp. 266–280, Dec. 2017, doi: 10.1016/j.renene.2017.05.087.

[54] R. Vijay and M. Abhilash, “Elephant Herding Optimization for Optimum Allocation of Electrical Distributed Generation on Distributed Power Networks,” *Asian J. Electr. Sci.*, vol. 7, no. 2, pp. 70–76, 2018.

[55] Z. Tian, F. Fu, J. Niu, R. Sun, and J. Huang, “Optimization and extraction of an operation strategy for the distributed energy system of a research station in Antarctica,” *J. Clean. Prod.*, vol. 246, p. 119073, Feb. 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.119073.

[56] W. L. Theo, J. S. Lim, W. S. Ho, H. Hashim, and C. T. Lee, “Review of distributed generation (DG) system planning and optimisation techniques: Comparison of numerical and mathematical modelling methods,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 67, pp. 531–573, 2017, doi: 10.1016/j.rser.2016.09.063.

[57] A. Uemichi, M. Yagi, R. Oikawa, Y. Yamasaki, and S. Kaneko, “Multi-objective optimization to determine installation capacity of distributed power generation equipment considering energy-resilience against disasters,” *Energy Procedia*, vol. 158, pp. 6538–6543, 2019, doi: 10.1016/j.egypro.2019.01.104.

[58] Z. Wang and A. T. D. Perera, “Robust optimization of power grid with distributed generation and improved reliability,” *Energy Procedia*, vol. 159, pp. 400–405, 2019, doi: 10.1016/j.egypro.2018.12.069.

[59] A. Keane *et al.*, “State-of-the-Art Techniques and Challenges Ahead for Distributed Generation Planning and Optimization,” *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 28, no. 2, pp. 1493–1502, May 2013, doi: 10.1109/TPWRS.2012.2214406.

[60] R. Ooka and S. Ikeda, “A review on optimization techniques for active thermal energy storage control,” *Energy Build.*, vol. 106, pp. 225–233, Nov. 2015, doi: 10.1016/j.enbuild.2015.07.031.

[61] N. Rugthaicharoencheep, T. Lantharthong, and S. Auchariyamet, “Optimal operation for active management of distribution system with distributed generation,” in *2011 International Conference on Clean Electrical Power (ICCEP)*, Jun. 2011, pp. 715–719. doi: 10.1109/ICCEP.2011.6036381.

[62] C. J. Dent, L. F. Ochoa, and G. P. Harrison, “Network Distributed Generation Capacity Analysis Using OPF With Voltage Step Constraints,” *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 25, no. 1, pp. 296–304, Feb. 2010, doi: 10.1109/TPWRS.2009.2030424.

[63] C. Gamarra and J. M. Guerrero, “Computational optimization techniques applied to microgrids planning : A review,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 48, pp. 413–424, 2015, doi: 10.1016/j.rser.2015.04.025.

[64] S. Duman, M. K. Döşoğlu, A. Öztürk, and P. Erdoğmuş, “Türkiyedeki Güç Sisteminde Tavlama Benzetimi, Genetik Algoritma Ve Tabu Araştırma Algoritmaları Kullanılarak Ekonomik Dağıtım,” *e-Journal New World Sci. Acad.*, vol. 5, no. 1, pp. 64–78, 2010.

[65] D. Singh, D. Singh, and K. S. Verma, “Multiobjective Optimization for DG Planning With Load Models,” *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 24, no. 1, pp. 427–436, Feb. 2009, doi: 10.1109/TPWRS.2008.2009483.

[66] S. Biswas and S. K. Goswami, “Genetic algorithm based optimal placement of distributed generation reducing loss and improving voltage sag performance,” in *ACEEE International Journal on …*, 2010, vol. 02, no. 01, pp. 21–23. doi: 02.AEE.2010.01.63.

[67] J. M. López-Lezama, J. Contreras, and A. Padilha-Feltrin, “Location and contract pricing of distributed generation using a genetic algorithm,” *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 36, no. 1, pp. 117–126, Mar. 2012, doi: 10.1016/j.ijepes.2011.10.032.

[68] L. Zhijian, Y. Jun, and S. Qi, “Optimal power flow research on distributed network considering distributed generation,” in *2016 China International Conference on Electricity Distribution (CICED)*, Aug. 2016, pp. 1–6. doi: 10.1109/CICED.2016.7576148.

[69] M. Gomez-Gonzalez, A. López, and F. Jurado, “Optimization of distributed generation systems using a new discrete PSO and OPF,” *Electr. Power Syst. Res.*, vol. 84, no. 1, pp. 174–180, Mar. 2012, doi: 10.1016/j.epsr.2011.11.016.

[70] J. J. Jamian, M. W. Mustafa, H. Mokhlis, and M. A. Baharudin, “Implimentation of Evolutionary Particle Swarm Optimization in Distributed Generation Sizing,” *Int. J. Electr. Comput. Eng.*, vol. 2, no. 1, pp. 137–146, 2012, [Online]. Available: http://iaesjournal.com/online/index.php/IJECE/article/view/227

[71] N. Jain, S. N. Singh, and S. C. Srivastava, “Particle Swarm Optimization Based Method for Optimal Siting and Sizing of Multiple Distributed Generators,” in *16th National Power Systems Conference*, 2010, pp. 669–674.

[72] Sarfaraz, A. Bansal, and S. Singh, “Optimal allocation and sizing of distributed generation for power loss reduction,” in *International Conference & Workshop on Electronics & Telecommunication Engineering (ICWET 2016)*, 2016, pp. 15–20. doi: 10.1049/cp.2016.1116.

[73] B. Yıldız, H. Çiftçi, O. Ayan, and B. E. Türkay, “Elektrikli Araçların Dağıtım Şebekesine Etkisinin Maliyet Analizi ve Genetik Algoritma ile Optimizasyonu Cost Analysis of the Effect of Electric Vehicles on Distribution Network and Optimization with Genetic Algorithm,” in *Güç Sistemleri Konferansı*, 2018, pp. 7–12. doi: 10.5281/zenodo.1482364.

[74] Z. Yuan, W. Wang, H. Wang, and N. Razmjooy, “A new technique for optimal estimation of the circuit-based PEMFCs using developed Sunflower Optimization Algorithm,” *Energy Reports*, vol. 6, pp. 662–671, 2020, doi:

10.1016/j.egyr.2020.03.010.

[75] M. H. Qais, H. M. Hasanien, and S. Alghuwainem, “Identification of electrical parameters for three-diode photovoltaic model using analytical and sunflower optimization algorithm,” *Appl. Energy*, vol. 250, pp. 109–117, 2019, doi: 10.1016/j.apenergy.2019.05.013.

[76] M. A. M. Shaheen, H. M. Hasanien, S. F. Mekhamer, and H. E. A. Talaat, “Optimal Power Flow of Power Systems Including Distributed Generation Units Using Sunflower Optimization Algorithm,” *IEEE Access*, vol. 7, pp. 109289–109300, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2933489.

[77] G. W. Chang and N. Cong Chinh, “Coyote optimization algorithm-based approach for strategic planning of photovoltaic distributed generation,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 36180–36190, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2975107.

[78] J. Pierezan and L. Dos Santos Coelho, “Coyote Optimization Algorithm: A New Metaheuristic for Global Optimization Problems,” in *2018 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC)*, 2018, pp. 1–8. doi: 10.1109/CEC.2018.8477769.

[79] S. Ang and U. Leeton, “Optimal placement and size of distributed generation in radial distribution system using whale optimization algorithm,” *Suranaree J. Sci. Technol.*, vol. 26, no. 1, pp. 1–12, 2019.

[80] D. B. Prakash and C. Lakshminarayana, “Multiple DG placements in radial distribution system for multi objectives using Whale Optimization Algorithm,” *Alexandria Eng. J.*, vol. 57, no. 4, pp. 2797–2806, Dec. 2018, doi: 10.1016/j.aej.2017.11.003.

[81] S. Kamel, A. Selim, F. Jurado, J. Yu, K. Xie, and C. Yu, “Multi-Objective Whale Optimization Algorithm for Optimal Integration of Multiple DGs into Distribution Systems,” in *2019 IEEE Innovative Smart Grid Technologies - Asia (ISGT Asia)*, 2019, pp. 1312–1317. doi: 10.1109/ISGT-Asia.2019.8881761.

[82] M. N. Morshidi, I. Musirin, S. R. A. Rahim, M. R. Adzman, and M. H. Hussain, “Whale optimization algorithm based technique for distributed generation installation in distribution system,” *Bull. Electr. Eng. Informatics*, vol. 7, no. 3, pp. 442–449, 2018, doi: 10.11591/eei.v7i3.1276.

[83] S. Mirjalili, S. Saremi, S. M. Mirjalili, and L. D. S. Coelho, “Multi-objective grey wolf optimizer: A novel algorithm for multi-criterion optimization,” in *Expert Systems with Applications*, 2016, vol. 47, pp. 106–119. doi: 10.1016/j.eswa.2015.10.039.

[84] U. Sultana, A. B. Khairuddin, A. S. Mokhtar, N. Zareen, and B. Sultana, “Grey wolf optimizer based placement and sizing of multiple distributed generation in the distribution system,” *Energy*, vol. 111, pp. 525–536, Sep. 2016, doi: 10.1016/j.energy.2016.05.128.

[85] G.-G. Wang, S. Deb, and L. D. S. Coelho, “Elephant Herding Optimization,” in *2015 3rd International Symposium on Computational and Business*

Intelligence (ISCBI), Dec. 2015, pp. 1–5. doi: 10.1109/ISCBI.2015.8.

[86] A. A. Heidari, S. Mirjalili, H. Faris, I. Aljarah, M. Mafarja, and H. Chen, "Harris hawks optimization: Algorithm and applications," *Futur. Gener. Comput. Syst.*, vol. 97, pp. 849–872, Aug. 2019, doi: 10.1016/j.future.2019.02.028.

[87] I. M. Diaaeldin, S. H. E. Abdel Aleem, A. El-Rafei, A. Y. Abdelaziz, and M. Calasan, "Optimal Network Reconfiguration and Distributed Generation Allocation using Harris Hawks Optimization," in *2020 24th International Conference on Information Technology (IT)*, Feb. 2020, pp. 1–6. doi: 10.1109/IT48810.2020.9070762.

[88] S. Twaha and M. A. M. Ramli, "A review of optimization approaches for hybrid distributed energy generation systems: Off-grid and grid-connected systems," *Sustain. Cities Soc.*, vol. 41, pp. 320–331, Aug. 2018, doi: 10.1016/j.scs.2018.05.027.

[89] H. Doagou-Mojarrad, G. B. Gharehpetian, H. Rastegar, and J. Olamaei, "Optimal placement and sizing of DG (distributed generation) units in distribution networks by novel hybrid evolutionary algorithm," *Energy*, vol. 54, pp. 129–138, 2013, doi: 10.1016/j.energy.2013.01.043.

[90] A. Al Mamun, M. Sohel, N. Mohammad, M. S. Haque Sunny, D. R. Dipta, and E. Hossain, "A Comprehensive Review of the Load Forecasting Techniques Using Single and Hybrid Predictive Models," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 134911–134939, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3010702.

[91] M. M. K. C. Arunesh Kumar Singh, Ibraheem, S. Khatoon, "An Overview of Electricity Demand Forecasting Techniques," in *National Conference on Emerging Trends in Electrical, Instrumentation & Communication Engineering*, 2013, vol. 3, no. 2, pp. 38–48.

[92] A. K. Singh, Ibraheem, S. Khatoon, M. Muazzam, and D. K. Chaturvedi, "Load forecasting techniques and methodologies: A review," in *2012 2nd International Conference on Power, Control and Embedded Systems*, Dec. 2012, pp. 1–10. doi: 10.1109/ICPCES.2012.6508132.

[93] C. M. Zealand, D. H. Burn, and S. P. Simonovic, "Short term streamflow forecasting using artificial neural networks," *J. Hydrol.*, vol. 214, no. 1–4, pp. 32–48, 1999, doi: 10.1016/S0022-1694(98)00242-X.

[94] S. Ding, H. Li, C. Su, J. Yu, and F. Jin, "Evolutionary artificial neural networks: A review," *Artif. Intell. Rev.*, vol. 39, no. 3, pp. 251–260, 2013, doi: 10.1007/s10462-011-9270-6.

[95] M. Hayati and Y. Shirvany, "Artificial Neural Network Approach for Short Term Load Forecasting for Illam Region," *Int. J. Electr. Comput. Eng.*, vol. 1, no. 4, pp. 667–671, 2007.

[96] G. S. M. Thakur, R. Bhattacharyya, and S. S. Mondal, "Artificial Neural Network Based Model for Forecasting of Inflation in India," *Fuzzy Inf. Eng.*, vol. 8, no. 1, pp. 87–100, Mar. 2016, doi: 10.1016/j.fiae.2016.03.005.

[97] G. Li and J. Shi, "On comparing three artificial neural networks for wind

speed forecasting," *Appl. Energy*, vol. 87, no. 7, pp. 2313–2320, 2010, doi: 10.1016/j.apenergy.2009.12.013.

[98] S. Singh, S. Hussain, and M. A. Bazaz, "Short term load forecasting using artificial neural network," *2017 4th Int. Conf. Image Inf. Process. ICIIP 2017*, vol. 2018-Janua, pp. 159–163, 2018, doi: 10.1109/ICIIP.2017.8313703.

[99] K. K. Nargale and S. B. Patil, "Day ahead price forecasting in deregulated electricity market using Artificial Neural Network," *2016 Int. Conf. Energy Effic. Technol. Sustain. ICEETS 2016*, pp. 527–532, 2016, doi: 10.1109/ICEETS.2016.7583810.

[100] A. A. Komyakov, V. V. Erbes, and V. I. Ivanchenko, "Application of artificial neural networks for electric load forecasting on railway transport," *2015 IEEE 15th Int. Conf. Environ. Electr. Eng. EEEIC 2015 - Conf. Proc.*, pp. 43–46, 2015, doi: 10.1109/EEEIC.2015.7165296.

[101] J. Varanasi and M. M. Tripathi, "Artificial neural network based wind power forecasting in belgium," in *2016 IEEE 7th Power India International Conference (PIICON)*, Nov. 2016, pp. 1–6. doi: 10.1109/POWERI.2016.8077378.

[102] N. Gautam, A. S. Mayal, V. S. Ram, and A. Priya, "Short Term Load Forecasting Of Urban Loads Based On Artificial Neural Network," in *2019 2nd International Conference on Power and Embedded Drive Control (ICPEDC)*, Aug. 2019, pp. 46–51. doi: 10.1109/ICPEDC47771.2019.9036616.

[103] A. Luna, M. Nunez-del-Prado, A. Talavera, and E. S. Holguin, "Power demand forecasting through social network activity and artificial neural networks," in *2016 IEEE ANDESCON*, Oct. 2016, pp. 1–4. doi: 10.1109/ANDESCON.2016.7836248.

[104] C. Behm, L. Nolting, and A. Praktiknjo, "How to model European electricity load profiles using artificial neural networks," *Appl. Energy*, vol. 277, no. July, p. 115564, Nov. 2020, doi: 10.1016/j.apenergy.2020.115564.

[105] T. C. S. V. T. Sanayi ve Verimlilik Genel Müdürlüğü, "81 İl Sanayi Durum Raporu," 2017. [Online]. Available: https://www.sanayi.gov.tr/plan-program-raporlar-ve-yayinlar/81-il-sanayi-durum-raporlari/mu1503011615

[106] D. S. ve T. İ. M. T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, "DÜZCE İL SANAYİ DURUM RAPORU 2019," 2019. [Online]. Available: www.sanayi.gov.tr/plan-program-raporlar-ve-yayinlar/81-il-sanayi-durum-raporlari/mu2603011627

[107] TEIAS, "10 Years Demand Forecast Report (2022-2031)," 2021. [Online]. Available: https://webim.teias.gov.tr/file/73ab1ccd-003d-4a75-91f4-6ece6e0005b1?download

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

Konferans Bildirileri

1. Y. E. UNUTMAZ, A. DEMİRCİ, S. M. Tercan and R. Yumurtaci, "Electrical Energy Demand Forecasting Using Artificial Neural Network," 2021 3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA), 2021, pp. 1-6, doi: 10.1109/HORA52670.2021.9461186.