



## Gün Öncesi Piyasası için Yapay Sinir Ağları ile Türkiye Enterkonnekte Sistemi İletim Hatları Kayıplarının Tahmini

### Artificial Neural Networks with Turkey Interconnected System for Day Ahead Market Transmission Lines Estimated Losses

Ali Dursun\*<sup>1</sup>, İbrahim Eke<sup>2</sup>, Süleyman Sungur Tezcan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü 06590 Ankara/TÜRKİYE

<sup>2</sup>Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü 71000 Kırıkkale/TÜRKİYE

Başvuru/Received: 02/08/2019

Kabul / Accepted: 09/05/2020

Çevrimiçi Basım / Published Online: 30/06/2020

Son Versiyon/Final Version: 30/06/2020

#### Öz

Günümüzde ülke ekonomilerine olumsuz etkileri nedeniyle enerji kayıplarının maliyeti oldukça önem arz etmektedir. İletim sistemi kayıpları istenilen bir durum olmamakla beraber sıfırlanması da mümkün değildir. Bu kapsamda, ülkemiz enterkonnekte iletim sisteminde meydana gelen enerji kayıpları, 28 Mart 2015 tarihinde Dengeleme ve Uzlaştırma Yönetmeliği (DUY)'ne eklenen geçici 27. madde hükümleri doğrultusunda, Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ) yükümlülüğüne bırakılmıştır. Söz konusu tarihten itibaren Enerji Piyasaları İşletme Anonim Şirketi (EPIAŞ) tarafından işletilen gün öncesi piyasasında TEİAŞ piyasa katılımcısı olarak ön görülerini yapıp, gerçekleşen veriler ortaya çıkmadan önce bu miktarları piyasadaki satın almakla yükümlü hale getirilmiştir. TEİAŞ'ın iletim sistemi kayıpları için gelir tavanından ayırdığı kaynak ortalama 1.500.000.000 TL, dir. Bu kaynağın, 150.000.000 TL'lik kısmını ise gün öncesi piyasası için yapılan tahmin hatalarına ayırmaktadır. Bu çalışmada, iletim sistemi kayıp tahminlerinin en doğru şekilde yapılarak ödenen tutarın azaltılması ve TEİAŞ özelinde ülke ekonomisine katkı sağlanması amaçlanmıştır. Bu kapsamda, öncelikli olarak enterkonnekte iletim sistemi kayıpları ve Türkiye elektrik piyasası anlatılmış, yapay sinir ağları hakkında bilgi verilmiştir. Son olarak, gerekli olan verilerin sağlanması amacıyla, özgün olarak yazılım yapılan, Türkiye Enterkonnekte İletim Kaybı Tahmin programı olarak adlandırılan yazılım programı anlatılmış ve yapay sinir ağları aracılığıyla yapılan tahminler, gerçekleşen iletim kayıpları ile saatlik olarak kıyaslanmıştır. Çalışmanın, TEİAŞ tarafından iletim sistemi kayıp tahminlerinde kullanması durumunda, enerji dengesizlik miktarının ve tutarının azalması öngörülmektedir.

#### Anahtar Kelimeler

“Gün Öncesi Piyasası, İletim Sistemi Kaybı”

#### Abstract

Today, the cost of energy losses is very important because of the negative effects on the national economies. Transmission system losses are not desirable but cannot be reset. In this context, our country's interconnected transmission system that occurred energy losses, balancing on March 28, 2015 and Settlement Regulation (BSR). What added in accordance with the provisions of the Temporary Article 27, Turkey Electricity Transmission Company (TEIAS) is left to the liability. Since the mentioned date, TEİAŞ has made its predictions as a market participant in the day ahead market operated by Energy Markets Operation Company (EPIAŞ) and has been obliged to purchase these amounts from the market before the actual data appear. The average resource allocated by TEIAS for the transmission system losses from the income ceiling is 1 500 000 000 TL. It allocates a significant portion of this resource to forecast errors for the day ahead market. In this study, it is aimed to reduce the amount paid by making transmission system loss estimates in the most accurate way and to contribute to the national economy especially in TEİAŞ. In this context, priority has been described as the interconnected transmission system losses and Turkey electricity market, are given information about artificial neural networks. Finally, in order to provide the data required, originally made software, Turkey Interconnected Transmission Forecast program is described and the estimates made by means of artificial neural networks were compared on an hourly basis with the actual transmission losses. If TEIAS uses this study in transmission system loss estimations, it is foreseen to reduce the amount and the amount of energy imbalance.

#### Key Words

“Transmission system loss, day ahead market”

## 1.Giriş

Dünyadaki teknolojik gelişmelere paralel olarak günümüzde elektrik enerjisine olan talep her geçen gün artmaktadır. Artan bu enerji talebi karşısında elektrik üretim, iletim ve dağıtım hatlarında ortaya çıkan enerji kayıplarının maliyeti bu alanlarda faaliyet gösteren kurum ve kuruluşlar için önemli bir sorun teşkil etmektedir. Ülkemizde iletim sistemi kayıplarını etkileyen en önemli faktörler arasında sıcaklık, nem, tüketim miktarı sayılabilir. Buna bağlı olarak, enterkonnekte iletim sistemi kayıp oranı %2 ile %3 arasında gerçekleşmektedir ( "TEİAŞ 2017 Yılı Faaliyet Raporu", 2018, 1-82) .

Ülkemizde enterkonnekte iletim hatlarında meydana gelen kayıp miktarı DUY Geçici 27. Maddesi hükümleri doğrultusunda Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ) tarafından satın alınır. TEİAŞ 01.01.2016 tarihinden itibaren iletim sistemi kayıplarını satın almaya başlar (resmigazete.com). 01.01.2016 tarihinde iletim sistemi kayıplarının uzlaştırılmasını temin edilmesi için TEİAŞ'ın Piyasa İşletmecisine tüzel kişilik kaydı gerçekleştirilir (resmigazete.com). TEİAŞ piyasa katılımcısı olarak Enerji Piyasaları İşletme Anonim Şirketi (EPIAŞ) tarafından işletilen Gün Öncesi Piyasası(GÖP)'den iletim sistemi kayıplarını satın alan bir piyasa oyuncu olarak faaliyete bulunur. GÖP'de bir önceki gün ertesi günün her saati için tahmin yöntemi ile satın alınan iletim kaybı miktarı ile gerçek zamanda meydana gelen kayıp miktarı arasında farklar oluşmakta ve bu fark miktarı enerji dengesizliği olarak adlandırılmaktadır. Enerji dengesizlikleri piyasa işletmecisi tarafından uzlaştırma işlemi yapılırken, çift fiyat mekanizması ve ceza katsayısı uygulanmakta, bu da piyasa katılımcılarına ekstra bir mali yük getirmektedir.

Yapay zekâ uygulamalarının en önemlilerinden biri olan yapay sinir ağları özellikle insan beyninin çalışma prensipleri doğrultusunda, mevcutta var olan verileri analiz edip, bu veriler ışığında algoritmalar ile sonuç üretmek üzere tanımlanmıştır (Şen, 2004). Özellikle veriler arasında fonksiyonel ve lineer bir bağ olmadığı durumda en yaygın kullanılan yöntemlerin başında gelmektedir. İletim sistemi kayıplarını etkileyen faktörler arasında doğrudan bir fonksiyonel ve lineer bağlantı olmaması, yapay sinir ağlarını en uygun yöntem olarak ön plana çıkartmaktadır.

Bu makalenin amacı; iletim sistemi kayıp tahmininde yapılan hataları azaltarak, TEİAŞ'ın ödediği miktarı azaltmak ve böylece, mali zarara girmesini önlemektir. Bu çalışmada, öncelikle Türkiye enterkonnekte iletim sistemi ve kayıpları ile elektrik ticaretinin yapıldığı Türkiye elektrik piyasaları anlatılmıştır. Özellikle, dengesizliklerin hesaplanmasında kullanılan Piyasa Takas Fiyatı(PTF) ve Sistem Marjinal Fiyatı(SMF) oluşumu ele alınarak, dengesizliğe düşülmesi durumunda karşılaşılabilecek dengesizlik fiyatlamalarından bahsedilmiştir. Sonrasında, özellikle lineer ve fonksiyonel olarak bağlantısı olmayan yapılarda uygulanan yapay sinir ağları anlatılmıştır. Son olarak ise yapay sinir ağlarına veri sağlamak üzere tarafımızca hazırlanan özgün Türkiye Enterkonnekte İletim Kaybı yazılımından bahsedilerek, yapay sinir ağları (YSA) üzerinden tahminleme işlemi yapılmış ve gerçekleşen değerler ile karşılaştırılmıştır.

Sonuç olarak, Türkiye enterkonnekte iletim hatlarında meydana gelen enerji kayıpları saat, gün, ay, örnekleme yapılan illerin sıcaklık ve nem verileri, tüketim verisi, kayıp verisi kullanılarak enterkonnekte iletim sistemi kayıpları saatlik bazda tahmin edilmiş ve gerçekleşen değerlerle karşılaştırılarak çeşitli çıkarımlar da bulunulmuştur.

## 2. Türkiye Enterkonnekte İletim Hatları ve Kayıplar

Dünyada elektriğin her geçen gün artan vazgeçilmez konumu, elektriği temel insani ihtiyaçlardan biri haline getirmiştir. İletim sistemi bu ağın en önemli unsurlarından biridir.

### 2.1. Türkiye Enterkonnekte İletim Hatları

Ülkemizde iletim hatları, Enerji Piyasaları Düzenleme Kurumu (EPDK) tarafından 13.03.2003 tarihinde verilen iletim lisansı ile TEİAŞ'ın tekelindedir. TEİAŞ elektriğin kaliteli, kesintisiz, çevre koşullarına ve elektrik piyasalarına duyarlı bir şekilde iletilmesinden sorumludur. Türkiye İletim hattı uzunluğu 2017 yılı sonu itibarıyla, 65.853 km havaî, 432 km yer altı kablosu iletim hattı, 163.849 MVA trafo gücü, 85.200 MW kurulu santral gücü, 47.660 MW ani puantı, 295,5 milyar kWh yıllık enerji üretimine sahiptir ( "TEİAŞ 2017 Yılı Faaliyet Raporu", 2018, 1-82) .

### 2.2. Enterkonnekte İletim Kayıpları

Ülkemizin artan enerji talebi karşısında ortaya çıkan enerji kayıplarının azaltılması bir üretim tesisin kurulması kadar önemlidir. İletim sistemi kayıpları EPIAŞ tarafından üretilen elektrik enerjisinden, tüketilen elektrik enerjinin çıkarılması ile hesaplanır. Hesaplanan miktar, Dengeleme ve Uzlaştırma Yönetmeliği(DUY) Geçici 27.Maddesi gereği TEİAŞ'a fatura edilmektedir. İletim sistemine ilişkin kayıplar; teknik kayıp ve teknik olmayan kayıplar şeklinde ikiye ayrılır. İletim sistemi kayıpları, 01.01.2016 tarihinden itibaren TEİAŞ gelir tavanından ayrılan bütçe ile karşılanmaktadır. İletim sistemi kayıpları için 2019 yılında ayrılan bütçe 1.650.000.000 TL dir.

Ülkemizde iletim sistemi kayıpları %2 ile %3 arasında gerçekleşmektedir ( "TEİAŞ 2017 Yılı Faaliyet Raporu", 2018, 1-82) . Gerçekleşen bu değerler aslında ülkemizin iletim sistemi kayıpları anlamında Avrupa standartlarını yakaladığını göstermektedir. Ocak-2015 ile Mayıs-2019 arasında gerçekleşen iletim kayıp oranları Çizelge 1'de gösterilmiştir.

**Çizelge 1.** Ocak 2015 – Mayıs 2019 iletim sistemi kayıp oranları (epias.com)

Aylar	2015	2016	2017	2018	2019
Ocak	2,36	2,03	2,09	1,84	1,84
Şubat	2,36	2,05	2,13	1,76	2,03
Mart	2,24	1,98	1,76	1,77	1,79
Nisan	1,53	2,68	2,06	1,71	2,56
Mayıs	2,31	2,64	2,39	2,16	3,60
Haziran	2,21	2,63	1,96	2,13	
Temmuz	2,51	2,46	2,41	1,96	
Ağustos	2,22	2,25	2,36	2,09	
Eylül	2,16	2,04	2,18	2,04	
Ekim	1,85	1,95	1,76	1,97	
Kasım	1,98	1,98	2,04	1,89	
Aralık	1,82	2,06	1,77	1,76	
Ortalama	2,13	2,23	2,07	1,92	2,36

İletim sistemi kayıpları elektrik piyasa yöneticisi EPIAŞ tarafından aylık periyotta yapılan uzlaştırma işlemleri sonucunda, uzlaştırmaya esas veri miktarından, uzlaştırmaya esas çekiş miktarının çıkarılması ile bulunur.

İletim sistemi kayıpları, teknik kayıplar ve teknik olmayan kayıplar olarak iki ayrı ana başlıkta incelenebilir.

#### 2.2.1. Teknik olmayan kayıplar

Ticari kayıplar olarak da adlandırılır. Bu kayıp türünde insan faktörü ön plana çıkmaktadır. Bu tip kayıplara örnek olarak; iletim hattından yapılan izinsiz bağlantılar, sayaç kurulumunda yaşanan gecikmeler, yanlış sayaç okumaları, hatalı bağlantılar, bilgi yetersizliği, hesaplama hataları verilebilir.

#### 2.2.2. Teknik kayıplar

Elektrik sisteminin temel elemanlarından kaynaklanan kayıplar olarak da adlandırılır. Teknik kayıplar, iletim sisteminde yer alan iletken, iletken sargılar, transformatörler, izolatörler ve benzeri ekipmanlarda meydana gelen korona, kısmideşarj, izolasyon kayıplarını içerir. İletim sistemindeki kayıpların büyük bölümü bu kısımda gerçekleşir. Teknik kayıplar genel anlamda üç kısımda incelenebilir. İletim hattında meydana gelen kayıplar, Güç transformatörlerindeki kayıplar, iletim sistemi diğer elemanlarında meydana gelen kayıplar.

İletim sisteminde meydana gelen kayıpları etkileyen ana faktörler şu şekilde sıralanabilir; Hat ve transformatörlerde meydana gelen ısı kayıpları, iletim hattında meydana gelen faz dengesizlikleri, iletim hattı yüklemesi, tüketim miktarı, sıcaklık, nem

Teknik kayıplar kendi içinde yükten bağımsız kayıplar ve yüke bağımlı kayıplar olarak incelenebilir.

#### 2.2.2.1 Yükten bağımsız kayıplar

İletim hattı üzerinde gerilim altında bulunan fakat yüklenmemiş olan hat elemanları tarafından çekilen enerji miktarı olarak adlandırılır. Bu tür kayıplar, şebeke elemanları gerilim altında bulunduğu süre zarfında meydana gelir. Oluşan kayıp miktarı, iletim hattı elemanlarının gerilim altında kalma süreleri ve izolasyon malzemelerinin durumuna göre değişir. Bu tür kayıplar; demir kayıpları, kablo ve kondansatörlerin dielektrik kayıpları, korona kayıpları, kaçak akım kayıpları ile sayaç, röle, ölçü aletleri vb. gerilim bobinlerindeki kayıpları içerir.

Bu kayıpların önemli bir kısmını oluşturan korona ve kaçak akım kayıpları, atmosferik şartlar ile değişkenlik gösterirken diğer kayıplar genelde iletim sisteminin sabit kayıpları olarak adlandırılır.

#### 2.2.2.2. Yüke bağlı kayıplar

İletim sistemi üzerinde tamamen yük akımları tarafından meydana getirilen ve aslında o anda üzerinde bulunan akım ve gerilimlere göre değişen kayıplardır. Bunların genelde akım şiddetinin karesi ile orantılı olarak değiştiği varsayılır.

#### 2.2.2. İletim sistemi kayıp miktar ve ödemeleri

Ocak-2012 ile Mayıs-2019 tarihleri arasında aylık olarak gerçekleşen Türkiye enterkonnekte iletim sistemi ortalama kayıp miktarları MW olarak Çizelge 2’de yer almaktadır.

**Çizelge Error! No text of specified style in document.. Ocak-2012 ile Mayıs-2019 arasında gerçekleşen iletim sistemi kayıpları**

AY	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Ocak	560.000	483.000	559.000	433.000	439.000	482.000	452.000	433.000
Şubat	484.000	329.000	438.000	381.000	389.000	436.000	374.000	428.000
Mart	457.000	369.000	420.000	380.000	396.000	380.000	398.000	396.000
Nisan	343.000	342.000	442.000	241.000	520.000	415.000	358.000	532.000
Mayıs	294.000	382.000	443.000	377.000	521.000	501.000	460.000	768.000
Haziran	325.000	463.000	444.000	447.000	553.000	401.000	451.000	
Temmuz	446.000	449.000	566.000	545.000	554.000	620.000	517.000	
Ağustos	351.000	487.000	590.000	568.000	547.000	621.000	519.000	
Eylül	286.000	463.000	518.000	457.000	397.000	487.000	455.000	
Ekim	408.000	422.000	441.000	361.000	394.000	411.000	414.000	
Kasım	390.000	473.000	464.000	392.000	414.000	458.000	407.000	
Aralık	484.000	533.000	465.000	400.000	483.000	426.000	414.000	
Genel Toplam	4.828.000	5.195.000	5.790.000	4.982.000	5.607.000	5.638.000	5.219.000	2.557.000

Ocak-2012 ile Mayıs-2019 tarihleri arasında aylık olarak Türkiye enterkonnekte iletim sistemi kayıplarına ödenen (KDV hariç) ortalama tutarlar TL olarak Çizelge 3’de yer almaktadır.

**Çizelge 2. Ocak-2016 ile Mayıs-2019 arasında gerçekleşen iletim sistemi kayıp tutarları**

Aylar	2016	2017	2018	2019
Ocak	90.700.000	89.100.000	92.200.000	104.000.000
Şubat	66.600.000	76.900.000	78.500.000	111.000.000
Mart	48.000.000	73.100.000	81.800.000	105.000.000
Nisan	68.000.000	64.200.000	88.800.000	105.000.000
Mayıs	67.300.000	80.100.000	117.000.000	181.000.000
Haziran	88.100.000	63.100.000	108.000.000	
Temmuz	84.300.000	113.000.000	128.000.000	
Ağustos	95.100.000	112.000.000	125.000.000	
Eylül	58.600.000	89.900.000	109.000.000	
Ekim	60.000.000	78.200.000	133.000.000	
Kasım	67.300.000	81.900.000	119.000.000	
Aralık	11.900.000	82.900.000	105.000.000	
Genel Toplam	805.900.000	1.004.400.000	1.285.300.000	606.000.000

### 3.Elektrik Piyasaları

Elektrik enerjisini diğer ürünlerden farklı olmasını sağlayan en önemli özelliği, elektrik enerjisinin üretildiği anda tüketilmesi gerekliliğidir. Elektrik, üretildiği andan itibaren çok kısa bir zamanda tüketilir. Bu süre, otoriteler tarafından milisaniyeler olarak ifade edilir. Hiçbir ürün üretildikten sonra bu kadar kısa süre içinde tüketilmediği için bu durum, elektriği tek başına ve kendine özgü bir ürün haline getirir. Bu durum, elektrik piyasasını farklı bir piyasa yapmaya yeterlidir.

Elektrik Piyasası kanununa göre organize piyasalar, bir aracı (EPIAŞ) tarafından işletilen gün içi piyasası, gün öncesi piyasası gibi piyasalardır (dunyaenerji.com). Serbest organize bir piyasada satıcı ile alıcı birbirini görmez, hatta bilmez buna gereksinimde yoktur. Aracı kurum enerji piyasaları için EPIAŞ, satıcı karşısında alıcı gibi, alıcı karşısında da satıcı gibi davranır. Bir bakıma enerji piyasaları için aracı kurum olan EPIAŞ’ın yaptığı, elektriği, satmak isteyen tüccardan alıp, satın almak isteyen tüketiciye satmaktır. Ülkemizde enerji piyasaları fiziki elektrik ticaretinin yapıldığı piyasalar ve fiziki olmayan elektrik ticaretinin yapıldığı türev piyasalar olarak iki kısımdan oluşmaktadır. Fiziki elektrik ticaretinin yapıldığı piyasalar ikili anlaşmalar, spot piyasalar ve gerçek zamanlı piyasalar olarak ayrılmaktadır (dunyaenerji.com). TEİAŞ Dengeleme ve uzlaştırma yönetmeliği gereği sorumlu olduğu İletim sistemi kayıplarının alınmasını da ikili anlaşmalar, Gün öncesi piyasası ve Gün içi piyasasında işlem yapmak için yetki almıştır. Genel olarak kullanılan Gün öncesi piyasası ve İkili anlaşma yöntemleridir.

#### 3.1. Gün Öncesi Piyasası

Elektriğin en temel iki özelliği; depolanmasının günümüz şartlarında zor ve maliyetli olması, elektrik enerjisinin her an üretim tüketim dengesinin sağlanmasının zorunlu olduğu söylenebilir. Bu nedenle, talep ve arz dengesinin oluşturulabilmesi için iletim

sistem kısıtlarını gözetererek, serbest bir piyasa aracılığı ile enerji bazında dengenin ve referans fiyatın oluştuğu bir yapıya ihtiyaç vardır. Gün öncesi piyasası, bulunulan günün ertesi günü için her saat elektrik arz ve talebi toplanıp basit anlamda toplanan bu arz ve talep eğrilerinin keşitirilerek saatlik piyasa takas fiyatlarının(PTF) belirlendiği yerdir (dünyaenerji.com). Gün öncesi piyasası portföy bazlı olarak işletilmekte olup katılımı zorunlu olan bir piyasa değildir. Gün öncesi piyasalarında işlemlerin yapıldığı açılış ve kapanış saatleri, teklif yapıları farklılık gösterebilir. Ülkemizde Gün Öncesi Piyasasında teklif yapıları esnek teklifler, blok teklifler ve saatlik teklifler olarak ayrılmaktadır (dünyaenerji.com).

### 3.1.2. Gün öncesi piyasasındaki saatlik teklif tipleri

Elektrik piyasa katılımcıları enerjiyi düşük fiyatlarda almak, yüksek fiyatlarda ise satmak isterler. Saatlik teklif, fiyat ve miktar olmak üzere iki unsurdan oluşur. Saatlik piyasa teklif yapısında alış yönünde 32 ve satış yönünde 32 olmak üzere toplam 64 seviye teklif girişi yapılabilir. Sonuç olarak; elektrik piyasalarında alt limit olan 0 TL/MWh ile fiyat üst limiti olan 2000 TL/MWh arasında 64 adet teklif girişi piyasa katılımcısı tarafından yapılabilir. Ayrıca, aynı fiyat düzeyi için geçerli saatlik alış teklifi ve saatlik satış teklifleri bir arada bulunamaz (dünyaenerji.com).

### 3.1.3. Gün öncesi piyasasındaki blok teklif tipleri

Blok teklifler ardışık tam saatleri kapsayan tekliflerden oluşur. Bu ardışık saatler en az 3 saatten oluşmak zorunda olup verilen teklifler ya tamamen kabul görür ya da tamamen reddedilir. Yine blok tekliflerde de piyasa katılımcısı hem alış yönlü olarak işlem yapabilir hem de satış yönlü olarak işlemlerini gerçekleştirebilir. Bir piyasa katılımcısı gün öncesi piyasasında en fazla 50 blok teklif verebilir (dünyaenerji.com).

### 3.1.4. Gün öncesi piyasasındaki esnek teklif tipleri

Gün Öncesi Piyasasında esnek teklifler yalnızca satış yönünde verilebilmektedir. Ancak, alış yönlü verilebilmesi için de çalışmalar yapılmaktadır. EPIAŞ bildirilen esnek teklif yapılarında sadece miktar ve fiyat bilgisi içerir ve herhangi bir saat ile ilişkili değildirler. Esnek tekliflerin sınırı 10 adettir (dünyaenerji.com).

### 3.1.5. Piyasa takas fiyatı oluşumu

Piyasa katılımcıları tarafından sunulan arz ve talep eğrilerinin keşitimi sonucu bulunur.

## 3.2. Dengeleme Güç Piyasası

EPIAŞ tarafından işletilen piyasalar aracılığı ile elektrik piyasaları bir gün öncesinden dengeye getirilmişse de gerçek zamana yaklaşıldıkça talep ve arz dengesi değişebilir ve bu değişimler neticesinde bir gün öncesinde dengeli olan sistemde bozulmalar meydana gelebilir. Bozulan denge üretim planında yapılan değişikliklerle dengelenir.

Ülkemizde gerçek zamanlı piyasalar, aktif elektrik enerjisi dengelemesinin yapıldığı piyasadır. Çeşitli sebepler nedeniyle, bozulan elektrik sistem dengesi, sistem işletmecisi (TEİAŞ) tarafından santrallere verilen yük alma talimatı(YAL) ve yük atma talimatı(YAT) verilerek düzeltilir (resmigazete.com). Gerçek zamanlı piyasa katılımcıları dengeleme birimleri olarak adlandırılır. Eğer, üretim santrali ve tesisler 15 dakika içinde 10 MW yük alabilme ve yük atabilme özelliğine sahip ise dengeleme birimleri olabilirler. Rüzgâr, gel-git, güneş, kojenerasyon, biokütle, kanal tipi hidrolik santraller gibi yenilenebilir kaynaklara dayalı kesintili üretim tesisleri dengeleme birimi olmaktan muaftır (resmigazete.com). Sistem işletmecisi olan TEİAŞ, elektrik sisteminden enerji alırken tek alıcı, elektrik sistemden enerji çıkarırken tek satıcı gibidir. TEİAŞ sistem işletmecisi olarak elektrik piyasası üzerinde mutlak hâkimiyete sahiptir.

Elektrik piyasalarında Yük alma ve yük atma talimatları, elektrik piyasasının doğası gereğidir. Elektriğin frekansı her an nominal değeri olan 50 Hertz (Hz) baz alınarak %0.4 tolerans ile 49.8 Hz - 50.2 Hz aralığında tutulmalıdır. Talep edilen aktif elektrik enerjisinin miktarı, elektrik sisteminde var olan yük miktarını geçerse frekans düşer, tersi durumda ise frekans yükselir. Bahsedilen durumlar elektrik kullanıcılarının istemediği durumlardır. Bu sebeplerden dolayı, sistem işletmecisinin yük değişimlerine karşı bazı üreticilerin üretimlerini artırmalarını veya azaltmalarını isteyerek elektrik sisteminin dengelenmesini sağlar.

### 3.2.3. Yük alma teklif fiyatı (YALTF)

Dengeleme güç piyasasına katılan piyasa katılımcılarının Yük Alma için talep ettikleri birim fiyatları ifade eder (resmigazete.com). Yani, bir dengeleme birimi olan santral ilgili günün, ilgili saati için 1 MWh üretim artışı veya tüketim azalışı için en az ne kadar tutar talep ettiğini belirtir.

### 3.2.4. Yük atma teklif fiyatı (YATTF)

Dengeleme güç piyasasına katılan piyasa katılımcılarının yük atma için talep ettikleri birim fiyatları, ifade eder (resmigazete.com). Yani bir dengeleme birimi olan santral ilgili günün, ilgili saati için 1 MWh üretim azalışı veya tüketim azalışı için en az ne kadar tutar talep ettiğini belirtir.

### 3.2.5. Sistem Marjinal Fiyatı (SMF)

Sistem yönünün enerji açığı göstermesi halinde yük alma teklif fiyatlarının en düşüğünden, sistem yönünün enerji fazlasını göstermesi halinde yük atma teklif fiyatlarının en yüksekinden başlanılmak üzere, dengeleme güç piyasası kapsamında verilen tüm talimatlar dikkate alınarak belirlenen net talimat hacmine tekabül eden teklif fiyatını ifade eder (resmigazete.com).

Sistem marjinal fiyatı, net talimat hacmine göre belirlenir. Net talimat hacmi ise, sistem işletmecisi tarafından ilgili saat için verilen toplam yük alma talimat miktarı ile toplam yük atma talimat miktarı arasındaki farktır Eş. 1'de formül olarak gösterilmiştir.

$$\text{Net Talimat Hacmi} = \Sigma \text{YALM} - \Sigma \text{YATM} \quad (1)$$

Verilen YAL talimatları toplamı, YAT talimatları toplamından büyükse ilgili saatte enerji açığı oluşmuştur. Buna, sistem YAL yönünde denir. Verilen YAT talimatları toplamı, YAL talimatları toplamından büyükse ilgili saatte enerji fazlası oluşmuştur. Buna, sistem YAT yönünde denir. Eğer verilen YAL talimatları toplamı, YAT talimatları toplamına eşitse o saatte enerji dengesi oluşmuştur ve sistem dengededir denir.

Dengeleme güç piyasasında verilen talimatların net hacminin denk geldiği teklifin fiyatı, Sistem marjinal fiyatını(SMF) belirler.

Bir dengeleme biriminin yük aldığı veya yük attığı miktar için geçerli olacak Yük Alma Fiyatı (YALF) veya Yük Atma Fiyatı (YATF), marjinal fiyatlandırma ve teklif etmiş olduğu miktar üzerinden verilen talimat kadarının fiyatlandırıldığı bir yapı söz konusudur. Bu fiyatlandırma yapısı üç durumda incelenebilir.

- İletim sistemde enerji açığı varsa, yani sistem yönü YAL ve net hacimlerin toplamı pozitif ise, YALF belirlenirken teklif fiyatı SMF'ye kadar olanlara SMF, teklif fiyatı SMF'nin üzerinde olanlara ise kendi fiyatlarından ödemeler yapılır. Ters yönlü verilen teklifler yani YAT teklifleri ise yine kendi fiyatları üzerinden ödeme yapılır.

$$\text{Net Talimat Hacmi} > 0 \text{ ise } \text{YALF} = \max(\text{YALTF}, \text{SMF}) \text{ ve } \text{YATF} = \text{YATTF} \quad (2)$$

- İletim sistemde enerji fazlası varsa, yani sistem yönü YAT ve net talimat hacimlerin toplamı negatif ise, YATF belirlenirken teklif fiyatı SMF'ye kadar olan talimatlara SMF, teklif fiyatı SMF'nin altındaki talimatlara ise kendi teklif fiyatları uygulanır. Sistem yönünün tersindeki talimatlara, yani bu durumda yük alma talimatlarına ise yine kendi teklif fiyatları uygulanır. Bu durum Eş. 3'deki formül ile gösterilmiştir.

$$\text{NTM} < 0 \text{ ise } \text{YATF} = \min(\text{YATTF}, \text{SMF}) \text{ ve } \text{YALF} = \text{YALTF} \quad (3)$$

- Sistemde enerji dengesi varsa, yani net talimat hacmi= 0 ise, verilmiş olan tüm talimatlara kendi teklif fiyatları uygulanır. Bu durum Eş. 4'deki formül ile gösterilmiştir.

$$\text{NTM} = 0 \text{ ise } \text{YATF} = \text{YATTF} \text{ ve } \text{YALF} = \text{YALTF} \quad (4)$$

### 3.3. Uzlaştırma ve Enerji Dengesizlik Fiyatlandırması

Dengeleme mekanizmasından ve/veya enerji dengesizliğinden doğan alacak ve borç miktarlarının hesaplanması ve ilgili alacak-borç bildirimlerinin hazırlanması işlemlerine uzlaştırma denir (resmigazete.com). Uzlaştırma işlemi, gün öncesi planlama, gün öncesi piyasa, gün içi piyasa ve dengeleme güç piyasasından ve/veya enerji dengesizliğinden doğan alacak ve borç miktarlarının hesaplanması. İlgili alacak-borç bildirimlerinin hızlı, güvenilir ve şeffaf bir şekilde gerçekleşmesini sağlayacak şekilde aşağıdaki genel esaslar çerçevesinde Piyasa İşletmecisi tarafından yürütülür (resmigazete.com).

Bir piyasa katılımcısının Enerji Dengesizlik Miktarı (EDM), katılımcının söz konusu süre içinde sisteme vermiş olduğu uzlaştırmaya esas verişi miktarı ile bu sistemden çektiği uzlaştırmaya esas çekiş miktarı arasındaki farktır.

Gerçek anlamda enerji dengesizliğinin yok edilmesi mümkün değildir, ancak azaltılabilir. En son teknoloji ile kurulmuş santrallerin, üst düzey talep, hava tahminleri bile dengesizliği önlemeye yetmez. Herhangi bir piyasa katılımcısı tarafından yerine getirilemeyen yük atma talimatı, sıcaklığın 1 derece daha yüksek veya düşük olması, rüzgârın beklenenden 1 m/s daha yavaş veya hızlı esmesi vs. piyasa katılımcısını istemeden de olsa dengesizliğe düşmesine sebep olabilir.

Ülkemizde Negatif dengesizlik yönünde Enerji Dengesizlik Tutarı (EDT) Eş. 5'deki formül ile hesaplanır.

$$\text{Enerji Dengesizlik Tutarı (EDT)} = \text{Enerji Dengesizlik Miktarı (EDM)} \times \max(\text{PTF}, \text{SMF}) \times (1 + k) \quad (5)$$

Ülkemizde Pozitif dengesizlik yönünde ise Enerji Dengesizlik Tutarı (EDT) Eş. 6'deki formül ile hesaplanır:

$$\text{Enerji Dengesizlik Tutarı (EDT)} = \text{Enerji Dengesizlik Miktarı (EDM)} \times \min(\text{PTF}, \text{SMF}) \times (1 - \ell) \quad (6)$$

01.05.2015 tarihli Enerji Piyasaları Düzenleme Kurumu (EPDK) kararıyla enerji dengesizliklerinde k ve  $\ell$  kat sayıları 0,03 olarak alınmaktadır. Bu k ve  $\ell$  katsayıları kurul kararıyla 1'e kadar artırılabilir. Böylece  $\ell=1$  alınarak pozitif dengesizlik yapana ödeme yapılmamaya kadar,  $k=1$  alınarak da negatif dengesizlik yapandan büyük fiyatın iki katı istenene kadar gidilebilir.

Çift fiyatlandırmada dengesizlik yapan bir piyasa katılımcısının karlı çıkma olasılığı yoktur. Çünkü dengesizlik yapması sebebiyle en iyi ihtimal ile k ve  $\ell$  katsayılarından dolayı %3 zarara uğramaktadır.

### 4.Yapay Sinir Ağları

İlk yapay sinir ağı modelleri bir beyin cerrahı olan Warren McCulloch ile matematikçi Walter Pitts çalışmaları sonucu insan beyninin hesaplanma yeteneğinden çıkarımlar yapılarak basit bir elektrik devresiyle sinir ağı modellenmiştir (Hamzaçelebi, 2011).

#### 4.1. Çok Katmanlı Algılayıcı

Çok katmanlı algılayıcılar (ÇKA); ileri beslemeli ağlardan olup, öğrenme yöntemlerinden öğretmenli öğrenmeyi kullanan ağlardır. Heteroasosyatif YSA yapısına sahip olan ÇKA birden fazla katmana sahiptir.

ÇKA, doğrusal olmayan problemleri çözebilmeleri nedeniyle günümüzde geniş kullanım alanları bulan en popüler yapay sinir ağıdır (Bassani & Araujo, 2019; Ban & Chang, 2015; Yıldız vd., 2019). Ayrıca kullandığı öğrenme algoritması nedeniyle geri yayılım ağı olarak da anılmaktadır (Sarigül vd., 2019).

Yapay sinir ağlarına olan ilginin tekrar artmasına neden olan çok katmanlı algılayıcılar, başlangıçta akademik çevrelerin ilgisini çekerek üzerinde yapılan çalışmaları yoğunlaştırmış, daha sonra mühendislik problemlerinin hemen hepsine çözüm üretebilecek bir güce sahip olması nedeniyle endüstriyel alanda yoğun bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır.

#### Veri Normalleştirme

Lojistik ya da hiperbolik tanjant gibi doğrusal olmayan aktivasyon fonksiyonları, bir nöronun çıktısını (0,1) veya (-1,1) aralığına sıkıştırırlar. Bu sebeple, hesaplama hatalarından kaçınmak için hem çıktıları hem de girdileri normalleştirme avantajlı olacaktır. Veri normalleştirme (data normalization), eğitim süreci başlamadan uygulanır (Es, 2013).

[0,1] aralığına doğrusal dönüşüm Eş. 7'deki formül ile hesaplanır.

$$x_n = \frac{x_0 - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (7)$$

#### 5. Uygulamalar

Bu çalışmanın ana konusu, TEİAŞ tarafından bir önceki gün ertesi günün her saati için tahmin yöntemi ile gün öncesi piyasası aracılığıyla satın alınan iletim sistemi kayıplarına ödenen dengesizlik tutarlarını azaltmaktır. Enterkonnekte iletim sistemi kayıp tahminleri sonucu ödenen ortalama tutarlar Çizelge 4'de gösterilmiştir. Bu çalışma ile enterkonnekte iletim sistemi kayıp tahminlerinin gerçek değerlere yaklaştırılarak en az dengesizliğe düşülmesi ve maksimum kar elde edilmesi amaçlanmıştır.

**Çizelge 4.** Enerji dengesizlik tutarları

Aylar	2016 Dengesizlik Tutarı (TL)	2017 Dengesizlik Tutar (TL)	2018 Dengesizlik Tutar (TL)	2019 Dengesizlik Tutar (TL)
Ocak	15.000.000	10.000.000	11.000.000	5.000.000
Şubat	2.000.000	9.000.000	9.000.000	15.000.000
Mart	12.000.000	9.000.000	12.000.000	5.000.000
Nisan	18.000.000	11.000.000	9.000.000	14.000.000
Mayıs	12.000.000	12.000.000	14.000.000	27.000.000
Haziran	13.000.000	12.000.000	13.000.000	14.000.000
Temmuz	13.000.000	21.000.000	15.000.000	
Ağustos	11.000.000	14.000.000	25.000.000	
Eylül	13.000.000	11.000.000	20.000.000	
Ekim	9.000.000	10.000.000	14.000.000	
Kasım	10.000.000	9.000.000	13.000.000	
Aralık	24.000.000	14.000.000	14.000.000	
Toplam	152.000.000	142.000.000	169.000.000	80.000.000

#### 5.1. Türkiye Enterkonnekte İletim Sistemi Kayıp Programı

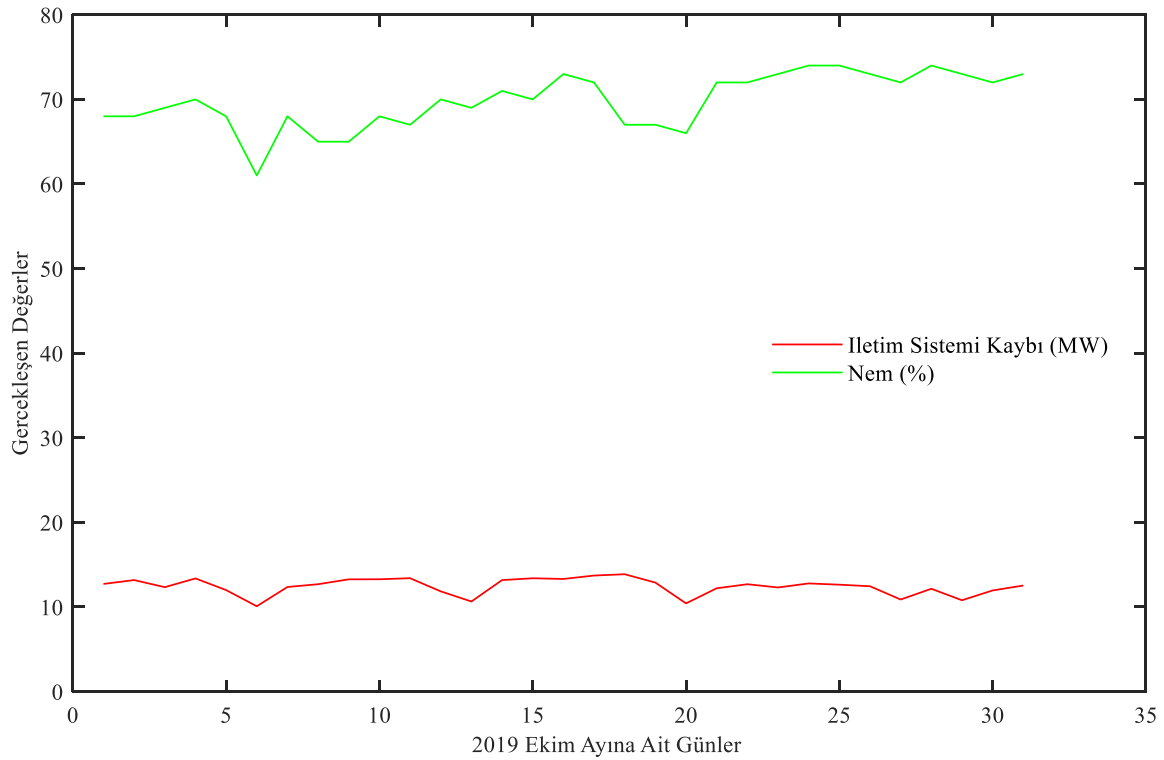
İletim sistemi kayıpların gün öncesi piyasası için tahmininde kullanılmak üzere, 2012-2019 yılları arasında elde edilen veriler, bağımlı ve bağımsız değişken olarak kullanıldı ve MATLAB .m dosyasını oluşturmak için özgün Türkiye iletim sistemi kayıp programı yazılımı yapıldı.

Programın amacı Matlab tarafında eğitilecek olan verileri hazırlamaktır. Masaüstü uygulaması olarak tasarlanan program C sharp (C#) programlama dili kullanılarak Visual Studio editörü üzerinde yazıldı. Uygulamanın UI (User Interface / Kullanıcı arayüzü) tarafını zenginleştirmek için Bunifu Framework'ü kullanılmıştır. Bağımsız değişkenlerin hesaplaması da ihtiyaç duyulan nem ve sıcaklık değerleri Dark Sky API üzerinden alındı. Verilerin saklanması için ise MSSql veri tabanının Express sürümü kullanıldı. Oluşturulan, Türkiye enterkonnekte iletim kayıp yazılımı ara yüzü, Şekil 1'de gösterilmiştir.

Türkiye Enterkonnekte İletim Kaybı Tahmini							
Gerçekleşen Veriler		Gerçekleşen Veriler(0-1)		Tahmini Veriler		Tahmini Veriler(0-1)	
Tarih	Saat	Gün	Şehir	Sıcaklık	Nem	Kayıp Miktarı	Tüketim Miktarı
25.12.2017	00:00	Pazartesi	ADANA	8,8	91,00	371,0133	30158,75
25.12.2017	01:00	Pazartesi	ADANA	9,8	86,00	343,4485	28480,68
25.12.2017	02:00	Pazartesi	ADANA	9,3	88,00	342,9297	27478,88
25.12.2017	03:00	Pazartesi	ADANA	9,3	88,00	348,3194	26623,11
25.12.2017	04:00	Pazartesi	ADANA	8,9	91,00	350,5945	26789,84
25.12.2017	05:00	Pazartesi	ADANA	7,3	91,00	346,5668	27039,91
25.12.2017	06:00	Pazartesi	ADANA	7,8	98,00	405,5833	28359,26
25.12.2017	07:00	Pazartesi	ADANA	10,9	88,00	439,9151	31230,31
25.12.2017	08:00	Pazartesi	ADANA	13,3	63,00	588,9345	36707,48
25.12.2017	09:00	Pazartesi	ADANA	14,8	56,00	650,4842	39978,29
25.12.2017	10:00	Pazartesi	ADANA	15,8	50,00	730,4896	40465,39
25.12.2017	11:00	Pazartesi	ADANA	16,8	46,00	806,8088	40556,33
25.12.2017	12:00	Pazartesi	ADANA	17,8	43,00	638,5193	38565,87
25.12.2017	13:00	Pazartesi	ADANA	17,3	47,00	628,0717	38321,41
25.12.2017	14:00	Pazartesi	ADANA	15,8	56,00	659,4665	38576,1
25.12.2017	15:00	Pazartesi	ADANA	13,3	68,00	618,623	38425,12
25.12.2017	16:00	Pazartesi	ADANA	12,3	73,00	688,548	39222,41
25.12.2017	17:00	Pazartesi	ADANA	10,3	80,00	754,7145	40859,83
25.12.2017	18:00	Pazartesi	ADANA	10,4	80,00	701,23	40783,4
25.12.2017	19:00	Pazartesi	ADANA	7,9	91,00	636,9033	39524,22
25.12.2017	20:00	Pazartesi	ADANA	7,9	94,00	613,5694	38585,47
25.12.2017	21:00	Pazartesi	ADANA	7,9	91,00	576,2017	37619,15
25.12.2017	22:00	Pazartesi	ADANA	7,3	94,00	552,0644	36812,81
25.12.2017	23:00	Pazartesi	ADANA	7,3	88,00	480,0368	35044,36
26.12.2017	00:00	Salı	ADANA	6,8	82,00	436,4357	32954,62

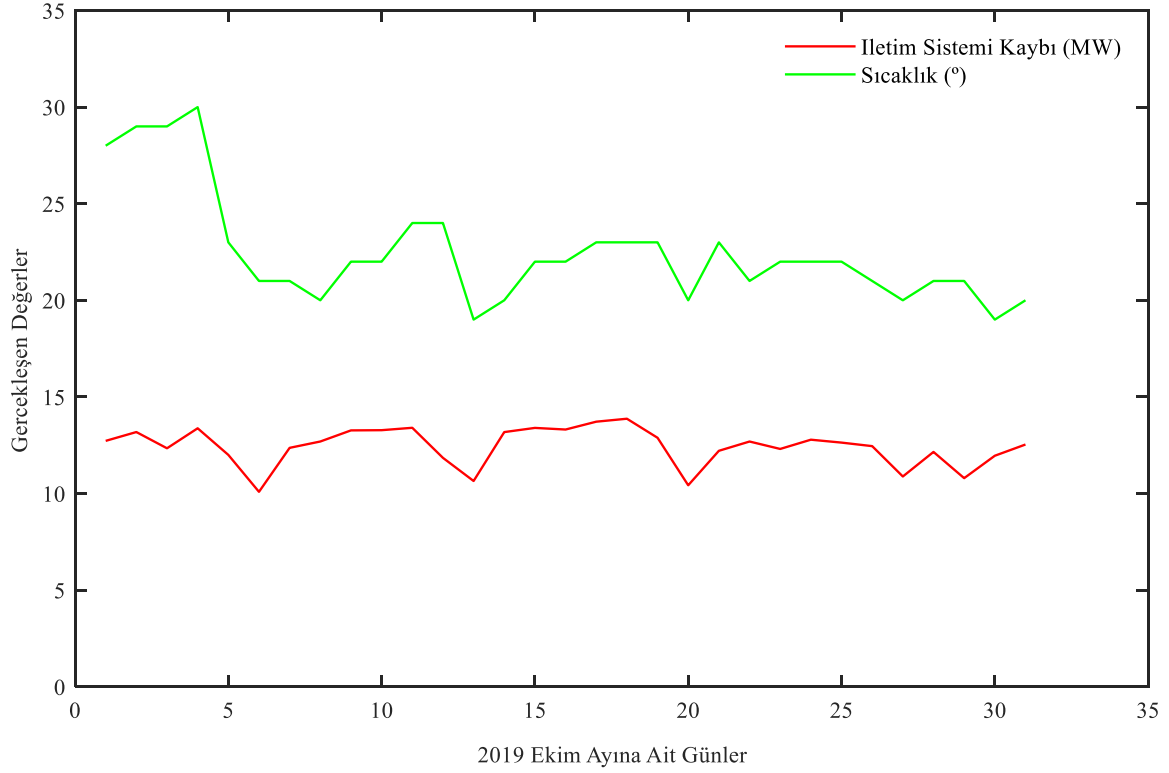
Şekil 1. Türkiye enterkonnekte iletim kaybı yazılımı ara yüzü

2019 yılında gerçekleşen değerlerden; sıcaklık, nem ve tüketim artışlarına karşılık, iletim sistemi kayıpları lineer şekilde arttı Şekil 2,3 ve 4’de gözlenmiştir. Bu nedenle; sıcaklık, nem ve tüketim değerleri, iletim kayıplarını en fazla etkileyen sebeplerdir.

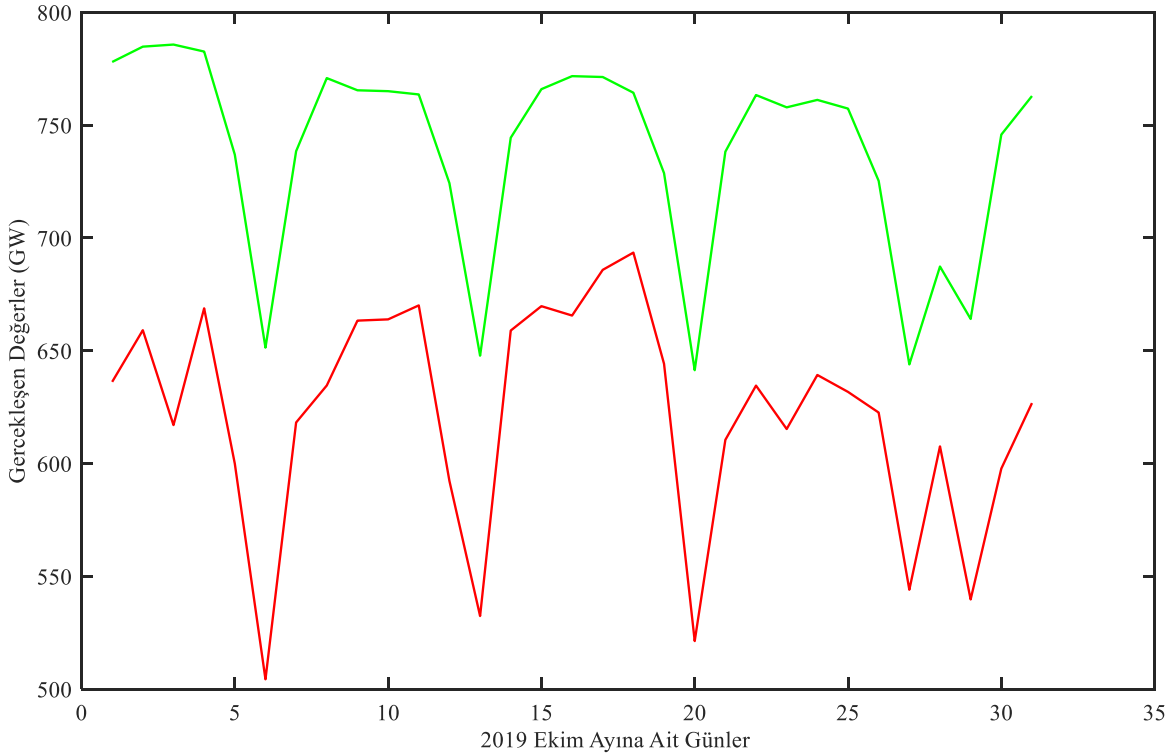


Şekil 2. 2019 yılının Ekim ayına ait, Nem ve İletim sistemi kayıplarının değişimleri





Şekil 3. 2019 yılının Ekim ayına ait, Sıcaklık ve İletim sistemi kayıplarının değişimleri



Şekil 4. 2019 yılının Ekim ayına ait, Toplam Tüketim ve İletim sistemi kayıplarının değişimleri. Yeşil renkli çizgi: Toplam Tüketim, Kırmızı renkli çizgi: İletim Sistemi Kaybının 50000 katı (İletim sistemi kaybı, Toplam Tüketim yanında çok küçük olduğundan, ikisini de bir şekilde gösterip değişimlerinin lineer olduğunu göstermek için, kayıplar 50000 ile çarpıldı)

Türkiye enterkonnekte iletim sisteminde meydana gelen kayıpların tahmini için yapay sinir ağlarında kullanılan bağımsız değişkenler aşağıdaki Çizelge 5'deki gibidir.

**Çizelge 5.** Yapay sinir ağlarında kullanılan bağımsız değişkenler

Değişken Adı	Kaynağı	Değişken kullanılma sebebi
Tarih verisi	veri tabanı	Tarihler arasında meydana gelen değişimle birlikte enerji tüketimi ve kaybın değişmesi beklenmektedir. Bu nedenle tarih verileri bağımsız değişken olarak kullanılmıştır.
Saat verisi	veri tabanı	Saatler arasında meydana gelen değişimle birlikte enerji tüketimi ve kaybın değişmesi beklenmektedir. Bu nedenle saat verileri bağımsız değişken olarak kullanılmıştır.
Gün verisi	veri tabanı	Günler arasında meydana gelen değişimle birlikte enerji tüketimi ve kaybın değişmesi beklenmektedir. Bu nedenle gün verileri bağımsız değişken olarak kullanılmıştır.
Şehir verisi	veri tabanı	Örnekleme yapılarak elektrik tüketiminin ve kaybın fazla olduğu 7 şehir (Ankara, İstanbul, İzmir, Samsun, Adana, Erzurum, Diyarbakır) seçilmiş, bu şehirler bağımsız değişken olarak kullanılmıştır.
Sıcaklık verisi	Dark Sky API	Örnekleme yapılarak elektrik tüketiminin ve kaybın fazla olduğu 7 şehir ait sıcaklık verileri seçilmiş ve bağımsız değişken olarak kullanılmıştır.
Nem verisi	Dark Sky API	Örnekleme yapılarak elektrik tüketiminin ve kaybın fazla olduğu 7 şehir ait nem verileri seçilmiş ve bağımsız değişken olarak kullanılmıştır.
Türkiye tüketim verisi	TEİAŞ	Türkiye tüketim verisinde meydana gelen değişimle birlikte enerji kaybının değişmesi beklenmektedir. Bu nedenle Türkiye kayıp verileri bağımsız değişken olarak kullanılmıştır.
Türkiye iletim kaybı verisi	TEİAŞ	Türkiye kayıp verisinde meydana gelen değişimle birlikte enerji kaybının değişmesi beklenmektedir. Bu nedenle Türkiye kayıp verileri bağımsız değişken olarak kullanılmıştır.

İletim sistemi kayıplarının tahmini yapılırken, her günün her saati için geçerli bir kayıp tahmini yapıldı. Bağımsız değişken olarak tarih, saat ve gün verileri alınmış, örnekleme yapılarak tüketim ve kaybın fazla olduğu 7 büyük şehir seçilmiş ve bu şehirlerin sıcaklık, nem verileri ile Türkiye iletim kayıp miktarları ve tüketim verisi bağımsız değişken olarak kullanılmıştır.

MATLAB .m dosyası için oluşturulan veri kümelerinin anlamlı olması için 2012-2019 yılları arasında elde edilen veriler bağımlı ve bağımsız değişken olarak 0 ve 1 Aralığında olması gerekmektedir. Örnek şehirlere ait seçilen tarihten bir hafta öncesi ve bir hafta sonrası, 2012 yılına kadar gidilerek veri kümesi oluşturuldu. Söz konusu tarihler için geçerli olan saatlik Türkiye tüketimleri, iletim kaybı değerleri, illere ait sıcaklık ve nem değerleri ile Türkiye Enterkonekte İletim Kaybı Tahmin programına işlendi.

Hazırlanan Türkiye Enterkonekte İletim Kaybı Tahmin programı MATLAB verileri için kolaylıkla 0 ve 1 Aralığın da değer üretebilmesi için tasarlandı. Örneğin 10 Ocak 2019 tarihinin her saati için 09 Ocak 2019 tarihinde gün öncesi piyasasından alınacak iletim sistemi kayıp tahmini yapılacak olsun. 2012-2018 yılları arasında 03 Ocak-17 Ocak tarihlerindeki her saati için;  $15 \times 8 \times 24 = 2.880$  adet veri oluşacak tüm verilerin âdeti ise  $2.880 \times 7 = 20.160$  adet olacaktır. Özgün program ile binlerce verinin dönüşümünün kolaylaştırılması, elde edilen verilerin karşılaştırılması ve hataların azaltılması için kullanılmıştır.

## 5.2. YSA Uygulaması

Yazılımı yapılan Türkiye Enterkonekte İletim Kaybı Tahmin programının ürettiği bağımsız değişkenler girdi Türkiye Enterkonekte İletim Kaybı ise çıktı olmak üzere ağ yapısı oluşturuldu. Türkiye enterkonekte iletim sistemi kayıplarının tahmini için kullanılan YSA simülatörü MATLAB R2016a Neural Network Tool Box kullanılmıştır. Eğitilme sırasında daha verimli olması için geriye yayılma algoritması kullanılmış, YSA'nın eğitilmesi aşamasında performans kriteri olarak MSE tercih edilmiştir. YSA modelinde transfer fonksiyonu olarak ise TANSIG fonksiyonu kullanılmıştır.

YSA modeli yapılan çalışmalar sonucunda en iyi sonucu 3 gizli katmanlı yapıda verdiği görülmüş ve 3 Hidden Layer olacak şekilde tahminler yapılmıştır. Gizli katmanlarda bulunan nöron sayıları kayıp tahminini etkileyeceğinden birçok deneme yapılarak doğru nöron sayısı bulunmaya çalışılmıştır. Sonuç olarak ve hafta sonu (Cumartesi, Pazar) için gizli katmanlardaki nöron sayısının sırasıyla 15, 10, 4 olması durumunda en iyi sonucu verdiği görülmüş ve 06 Ocak 2019 için örnek verilmiştir. Hafta içi günler için ise gizli katmanlardaki nöron sayısının sırasıyla 30, 20, 10 olması durumunda en iyi sonucu verdiği görülmüş ve 08 Ocak 2019 için örnek verilmiştir. Yapılan tahmini performansı ortalama mutlak hata değerlerinin ortalaması alınarak değerlendirmeler yapılacak ve %10 altı sonuçlar başarılı sayılacaktır.

## 5.3. Hafta Sonu Örneği 06 Ocak 2019 Pazar

06 Ocak 2019 tarihine ait iletim kaybı tahmini yapılması için Türkiye Enterkonekte İletim Kaybı Tahmin programından 06 Ocak 2019 tarihi seçilir ve hesapla butonu aracılığıyla hesaplanır. Gerçekleşen veriler ve tahmin için oluşturulan veri setleri Çizelge 6'da gösterilmiştir.

**Çizelge 6.** 06 Ocak 2019 tahmini için kullanılan veriler

Değişken Adı	Gerçekleşen veriler	Tahmin veriler
Tarih verisi	01-13 Ocak 2012;2013;2014;2015;2016;2017;2018	06.Ocak.2019
Saat verisi	01-13 Ocak 2012;2013;2014;2015;2016;2017;2018 tarihlerine ait 00:00 ile 23:00 saatleri	06 Ocak 2019 tarihine ait 00:00 ile 23:00 saatleri
Gün verisi	01-13 Ocak 2012;2013;2014;2015;2016;2017;2018 tarihlerine ait gün verileri	06 Ocak 2019 tarihine ait Pazar günü
Şehir verisi	7 bölgeye ait seçilen 7 şehir (Ankara, İstanbul, İzmir, Samsun, Adana, Erzurum, Diyarbakır),	7 bölgeye ait seçilen 7 şehir (Ankara, İstanbul, İzmir, Samsun, Adana, Erzurum, Diyarbakır),
Sıcaklık verisi	01-13 Ocak 2012;2013;2014;2015;2016;2017;2018 tarihlerinde örnek şehirlerin sıcaklık verisi	06 Ocak 2019 tarihine ait örnek şehirlerin sıcaklık tahmin verisi
Nem verisi	01-13 Ocak 2012;2013;2014;2015;2016;2017;2018 tarihlerinde örnek şehirlerin nem verisi	06 Ocak 2019 tarihine ait örnek şehirlerin nem tahmin verisi
Türkiye tüketim verisi	01-13 Ocak 2012;2013;2014;2015;2016;2017;2018 tarihlerinde Türkiye tüketim miktarı	01-13 Ocak 2012;2013;2014;2015;2016;2017;2018 tarihlerinde Türkiye tüketim tahmin miktarı
Türkiye iletim kaybı verisi	01-13 Ocak 2012;2013;2014;2015;2016;2017;2018 tarihlerinde Türkiye tüketim miktarı	-

Tarih	Saat	Gün	Şehir	Sıcaklık	Nem	Kayıp Miktar	Tüketim Miktar
13.01.2012	23:00	Cuma	SAMSUN	2,0	87,00	808,517500000002	29332,1666666667
13.01.2012	22:00	Cuma	SAMSUN	1,0	100,00	654,5985	30291,9666666667
13.01.2012	21:00	Cuma	SAMSUN	2,0	100,00	773,4637	30315,2666666667
13.01.2012	20:00	Cuma	SAMSUN	1,0	100,00	817,1898	31203,1666666667
13.01.2012	19:00	Cuma	SAMSUN	1,0	100,00	857,670699999999	32165,1666666667
13.01.2012	18:00	Cuma	SAMSUN	2,0	93,00	897,995200000001	33270,3666666667
13.01.2012	17:00	Cuma	SAMSUN	5,0	87,00	862,816200000001	34258,6666666667
13.01.2012	16:00	Cuma	SAMSUN	6,0	87,00	788,144199999999	32911,8666666667
13.01.2012	15:00	Cuma	SAMSUN	6,0	81,00	866,928200000002	32056,6666666667
13.01.2012	14:00	Cuma	SAMSUN	7,1	75,00	840,657599999999	32470,0666666667
13.01.2012	13:00	Cuma	SAMSUN	7,9	71,00	661,988499999999	32421,5666666667
13.01.2012	12:00	Cuma	SAMSUN	8,0	71,00	811,719300000001	31291,8666666667
13.01.2012	11:00	Cuma	SAMSUN	7,9	70,00	884,125899999999	33585,8666666667
13.01.2012	10:00	Cuma	SAMSUN	7,4	74,00	834,170000000002	33492,3666666667
13.01.2012	09:00	Cuma	SAMSUN	7,0	81,00	820,824799999999	32540,9666666667
13.01.2012	08:00	Cuma	SAMSUN	6,5	82,00	843,622199999998	29734,8666666667
13.01.2012	07:00	Cuma	SAMSUN	5,5	86,00	831,694800000001	25972,2666666667
13.01.2012	06:00	Cuma	SAMSUN	4,0	100,00	562,863499999999	24596,0666666667
13.01.2012	05:00	Cuma	SAMSUN	4,0	93,00	673,848999999998	23582,8666666667
13.01.2012	04:00	Cuma	SAMSUN	4,0	93,00	579,4951	23390,7666666667
13.01.2012	03:00	Cuma	SAMSUN	4,0	93,00	591,620300000002	23463,5666666667
13.01.2012	02:00	Cuma	SAMSUN	4,0	93,00	649,012900000002	24020,6666666667
13.01.2012	01:00	Cuma	SAMSUN	4,0	100,00	447,600900000001	25091,0666666667
13.01.2012	00:00	Cuma	SAMSUN	5,0	93,00	727,822700000001	26721,8666666667

Şekil 5. 06 Ocak 2019 tarihine ait gerçekleşen veriler ara yüzü.

Tarih	Saat	Gün	Şehir	Tahmini Sıcaklık	Tahmini Nem	Tahmini Tüketim Miktarı
06.01.2019	23:00	Pazar	Adana	6,12	89,00	31300
06.01.2019	22:00	Pazar	Adana	6,13	90,0	32500
06.01.2019	21:00	Pazar	Adana	6,13	91,00	33500
06.01.2019	20:00	Pazar	Adana	7,6	88,00	34200
06.01.2019	19:00	Pazar	Adana	8,54	83,00	34800
06.01.2019	18:00	Pazar	Adana	8,54	86,00	35200
06.01.2019	17:00	Pazar	Adana	9,55	80,0	33700
06.01.2019	16:00	Pazar	Adana	10,07	77,00	32000
06.01.2019	15:00	Pazar	Adana	8,59	85,00	31200
06.01.2019	14:00	Pazar	Adana	9,61	84,00	31500
06.01.2019	13:00	Pazar	Adana	9,02	85,00	31600
06.01.2019	12:00	Pazar	Adana	8,96	82,00	31400
06.01.2019	11:00	Pazar	Adana	8,99	85,00	31200
06.01.2019	10:00	Pazar	Adana	8,61	94,00	30000
06.01.2019	09:00	Pazar	Adana	8,62	91,00	29000
06.01.2019	08:00	Pazar	Adana	8,6	91,00	26300
06.01.2019	07:00	Pazar	Adana	8,1	91,00	26200
06.01.2019	06:00	Pazar	Adana	8,1	88,00	25800
06.01.2019	05:00	Pazar	Adana	8,05	88,00	25600
06.01.2019	04:00	Pazar	Adana	8,59	88,00	25700
06.01.2019	03:00	Pazar	Adana	8,63	91,00	26100
06.01.2019	02:00	Pazar	Adana	9,16	91,00	27000
06.01.2019	01:00	Pazar	Adana	9,59	88,00	26500
06.01.2019	00:00	Pazar	Adana	9,56	91,00	30500

Şekil 6. 06 Ocak 2019 tarihine ait tahmin veriler ara yüzü

Şekil 5 ve 6'da gösterildiği gibi, Geçekleşen Veriler(0,1) ve Tahmin Verileri(0,1) Output ve İntput butonları kullanılarak MATLAB .m dosyalarına aktarılır.

Elde edilen tahmin verileri Türkiye Enterkonnekte İletim Kaybı Tahmin programına yüklenerek otomatik olarak ters transpoze işlemi yapılır. Tahmin değerleri hesapla butonuna basılarak oluşturulur.

Çizelge 7. 06 Ocak 2019 karşılaştırma

Saat	Tahmin Edilen	Gerçekleşen	Yüzde	Mutlak Hata
0	558,41	562,55	0,74	0,74
1	650,52	554,37	-17,34	17,34
2	604,70	546,76	-10,60	10,60
3	562,89	560,30	-0,46	0,46
4	544,37	559,28	2,67	2,67
5	550,42	585,92	6,06	6,06
6	559,40	582,81	4,02	4,02
7	563,89	596,34	5,44	5,44
8	568,80	620,29	8,30	8,30
9	562,97	627,23	10,25	10,25
10	570,71	640,82	10,94	10,94
11	523,35	675,39	22,51	22,51
12	567,92	695,63	18,36	18,36
13	602,18	705,70	14,67	14,67
14	620,56	696,27	10,87	10,87
15	626,96	688,23	8,90	8,90
16	635,98	704,95	9,78	9,78
17	647,70	739,96	12,47	12,47
18	658,20	800,33	17,76	17,76
19	664,56	780,33	14,84	14,84
20	668,88	728,56	8,19	8,19
21	671,16	675,10	0,58	0,58
22	669,95	628,96	-6,52	6,52
23	664,96	580,46	-14,56	14,56
Ortalama				9,87

Çizelge 7’de, 06 Ocak 2019 için gerçekleşen tahmin ile gerçekleşen verilerin mutlak hata oranı %9,87 olarak gerçekleştiği gösterilmiştir.

#### 5.4. Hafta İçi Örneği 08 Ocak 2019 Salı

08 Ocak 2019 tarihine ait İletim kaybı tahmini yapılması için Türkiye Enterkonnekte İletim Kaybı Tahmin programından 08 Ocak 2019 tarihi seçilir ve hesapla butonu aracılığıyla hesaplanır. Gerçekleşen veriler ve tahmin için oluşturulan veri setleri Çizelge 8’de gösterilmiştir.

**Çizelge 8.** 08 Ocak 2019 tahmini için kullanılan veriler

Değişken Adı	Gerçekleşen veriler	Tahmin veriler
Tarih verisi	01-15 Ocak 2012;2013;2014;2015;2016;2017;2018	08.Ocak.2019
Saat verisi	01-15 Ocak 2012;2013;2014;2015;2016;2017;2018 tarihlerine ait 00:00 ile 23:00 saatleri	08 Ocak 2019 tarihine ait 00:00 ile 23:00 saatleri
Gün verisi	01-15 Ocak 2012;2013;2014;2015;2016;2017;2018 tarihlerine ait gün verileri	08 Ocak 2019 tarihine ait Pazar günü
Şehir verisi	7 bölgeye ait seçilen 7 şehir (Ankara, İstanbul, İzmir, Samsun, Adana, Erzurum, Diyarbakır),	7 bölgeye ait seçilen 7 şehir (Ankara, İstanbul, İzmir, Samsun, Adana, Erzurum, Diyarbakır),
Sıcaklık verisi	01-15 Ocak 2012;2013;2014;2015;2016;2017;2018 tarihlerinde örnek şehirlerin sıcaklık verisi	08 Ocak 2019 tarihine ait örnek şehirlerin sıcaklık tahmin verisi
Nem verisi	01-15 Ocak 2012;2013;2014;2015;2016;2017;2018 tarihlerinde örnek şehirlerin nem verisi	08 Ocak 2019 tarihine ait örnek şehirlerin nem tahmin verisi
Türkiye tüketim verisi	01-15 Ocak 2012;2013;2014;2015;2016;2017;2018 tarihlerinde Türkiye tüketim miktarı	01-15 Ocak 2012;2013;2014;2015;2016;2017;2018 tarihlerinde Türkiye tüketim tahmin miktarı
Türkiye iletim kaybı verisi	01-15 Ocak 2012;2013;2014;2015;2016;2017;2018 tarihlerinde Türkiye tüketim miktarı	-

Tarih	Saat	Gün	Şehir	Sıcaklık	Nem	Kayıp Miktarı	Tüketim Miktarı
01.01.2018	00:00	Pazartesi	ADANA	8,8	95,00	421,8857	27406
01.01.2018	01:00	Pazartesi	ADANA	7,8	94,00	415,3258	26319
01.01.2018	02:00	Pazartesi	ADANA	7,9	95,00	409,6123	24630
01.01.2018	03:00	Pazartesi	ADANA	8,3	95,00	334,178	23865
01.01.2018	04:00	Pazartesi	ADANA	7,3	98,00	391,057	23199
01.01.2018	05:00	Pazartesi	ADANA	5,8	98,00	414,9622	23067
01.01.2018	06:00	Pazartesi	ADANA	8,3	95,00	380,6521	23258
01.01.2018	07:00	Pazartesi	ADANA	10,8	86,00	371,3527	23867
01.01.2018	08:00	Pazartesi	ADANA	12,9	77,00	333,6536	24339
01.01.2018	09:00	Pazartesi	ADANA	14,3	61,00	452,4589	25794
01.01.2018	10:00	Pazartesi	ADANA	15,3	58,00	454,4911	27355
01.01.2018	11:00	Pazartesi	ADANA	15,8	56,00	436,3258	28483
01.01.2018	12:00	Pazartesi	ADANA	16,3	54,00	433,8414	28869
01.01.2018	13:00	Pazartesi	ADANA	16,3	54,00	452,026	29101
01.01.2018	14:00	Pazartesi	ADANA	15,3	62,00	452,6366	29220
01.01.2018	15:00	Pazartesi	ADANA	12,8	73,00	480,6479	29216
01.01.2018	16:00	Pazartesi	ADANA	12,3	75,00	522,6956	29812
01.01.2018	17:00	Pazartesi	ADANA	11,8	78,00	502,6331	31629
01.01.2018	18:00	Pazartesi	ADANA	10,8	77,00	487,7832	33146
01.01.2018	19:00	Pazartesi	ADANA	9,3	62,00	499,892	33052
01.01.2018	20:00	Pazartesi	ADANA	9,8	58,00	483,6859	32439
01.01.2018	21:00	Pazartesi	ADANA	7,8	69,00	515,149	31789
01.01.2018	22:00	Pazartesi	ADANA	8,3	65,00	510,5281	31517

**Şekil 7.** 08 Ocak 2019 tarihine ait gerçekleşen veriler ara yüzü.

Türkiye Enterkonnekte İletim Kaybı Tahmini							
Hesapla		Gerçekleşen Veriler	Gerçekleşen Veriler(0-1)	Tahmini Veriler	Tahmini Veriler(0-1)	Excel'e Aktar	
Tarih	Saat	Gün	Şehir	Tahmini Sıcaklık	Tahmini Nem	Tahmini Tüketim Miktarı	
08.01.2019	00:00	Salı	Samsun	1,14	80,0	32000	
08.01.2019	01:00	Salı	Samsun	0,28	79,00	30100	
08.01.2019	02:00	Salı	Samsun	1,29	74,00	28900	
08.01.2019	03:00	Salı	Samsun	1,42	77,00	28100	
08.01.2019	04:00	Salı	Samsun	2,36	72,00	27900	
08.01.2019	05:00	Salı	Samsun	4,32	72,00	28200	
08.01.2019	06:00	Salı	Samsun	4,35	77,00	29400	
08.01.2019	07:00	Salı	Samsun	4,34	77,00	32000	
08.01.2019	08:00	Salı	Samsun	4,39	77,00	36600	
08.01.2019	09:00	Salı	Samsun	3,42	83,00	39500	
08.01.2019	10:00	Salı	Samsun	4,71	76,00	40200	
08.01.2019	11:00	Salı	Samsun	4,86	76,00	40700	
08.01.2019	12:00	Salı	Samsun	4,02	81,00	39400	
08.01.2019	13:00	Salı	Samsun	3,87	82,00	39500	
08.01.2019	14:00	Salı	Samsun	3,89	82,00	39800	
08.01.2019	15:00	Salı	Samsun	4,03	79,00	39400	
08.01.2019	16:00	Salı	Samsun	3,14	85,00	40100	
08.01.2019	17:00	Salı	Samsun	3,29	84,00	40800	
08.01.2019	18:00	Salı	Samsun	3,36	84,00	40200	
08.01.2019	19:00	Salı	Samsun	3,37	79,00	38900	
08.01.2019	20:00	Salı	Samsun	3,52	78,00	38000	
08.01.2019	21:00	Salı	Samsun	3,31	79,00	36900	

Şekil 8. 08 Ocak 2019 tarihine ait tahmin veriler ara yüzü.

Şekil 7 ve 8'de ara yüzler gösterilmiştir, Gerçekleşen Veriler(0,1) ve Tahmin Verileri(0,1) Output ve İntput butonları kullanılarak MATLAB .m dosyalarına aktarılır. Elde edilen tahmin verileri Türkiye Enterkonnekte İletim Kaybı Tahmin programına yüklenerek otomatik olarak ters transpoze işlemi yapılır. Tahmin değerleri hesapla butonuna basılarak oluşturulur.

Çizelge 9. 08 Ocak 2019 karşılaştırma

Saat	Tahmin Edilen	Gerçekleşen	Yüzde	Mutlak Hata
0	612,24	611,00	-0,20	0,20
1	605,26	638,42	5,19	5,19
2	588,43	636,36	7,53	7,53
3	582,92	610,68	4,55	4,55
4	576,09	609,33	5,45	5,45
5	573,08	603,61	5,06	5,06
6	574,29	615,36	6,68	6,68
7	590,47	640,49	7,81	7,81
8	620,18	687,34	9,77	9,77
9	645,98	741,63	12,90	12,90
10	680,44	770,81	11,72	11,72
11	713,44	773,93	7,82	7,82
12	731,40	731,82	0,06	0,06
13	743,77	755,99	1,62	1,62
14	760,69	788,81	3,56	3,56
15	772,37	781,76	1,20	1,20
16	786,84	773,11	-1,78	1,78
17	800,09	802,07	0,25	0,25
18	805,64	780,96	-3,16	3,16
19	802,81	725,96	-10,59	10,59
20	797,49	666,12	-19,72	19,72
21	790,36	628,00	-25,85	25,85
22	780,24	615,55	-26,75	26,75
23	766,04	584,09	-31,15	31,15
Ortalama				8,77

Çizelge 9'da, 08 Ocak 2019 için gerçekleşen tahmin ile gerçekleşen verilerin mutlak hata oranı %8,77 olarak gerçekleştiği gösterilmiştir.

## 6. Sonuç ve Öneriler

Elektrik enerjisinin kullanılmaya başlanmasından itibaren, enterkonnekte iletim şebekeleri büyüyerek günümüze kadar gelmiştir. Gelişen iletim sistemi şebekelerinde birçok sorun ile karşılaşmış ve bu sorunlara çözümler aranmıştır. Çözüm aranan konuların başında ise iletim sistemi kayıpları ve bunların maliyetleri gelmektedir. İletim sisteminin işletilmesinde; üretilen enerjinin ve enerji iletim hatlarının verimli kullanılması ile enerji maliyetlerinin ülke ekonomisi üzerinde olumsuz etkisinin azaltılması ve refah düzeyinin artırılması temel alınır. Bu kapsamda, iletim sistemi kayıplarının hesaplanması ile miktarlarının ve maliyetinin azaltılması için teknik çalışmaların yapılması özel bir öneme sahiptir.

Çalışma dört aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada; Türkiye enterkonnekte iletim hatları hakkında bilgiler verilmiş sonrasında ise 2012 ile 2018 yılları arasında %2 ile % 3 arasında gerçekleşen ve TEİAŞ gelir tavanından yıllık ortalama 1.500.000.000 TL ayrılan enterkonnekte iletim sistemi kayıplarının oluşma sebepleri incelenmiştir.

İkinci aşamada; enterkonnekte iletim sisteminde oluşan kayıpların satın alındığı Türkiye elektrik piyasasının gelişim süreçleri, spot piyasalar ve gerçek zamanlı piyasalar anlatıldı. Özellikle, piyasa katılımcılarının tahmin hataları sebebiyle dengesizliğe düşmesi durumunda uygulanan çift fiyat mekanizması (PTF, SMF) ve bu fiyatların belirlendiği gün öncesi piyasası, dengeleme güç piyasasında fiyat oluşumları ve dengesizlik durumlarında karşılaşılan mali durumlar örneklendirilerek yapılan tahminlerin doğruluklarının önemi gösterildi.

Üçüncü aşamada; Türkiye enterkonnekte iletim sistemi kayıplarının tahmini için kullanılacak olan yapay sinir ağları anlatılarak en doğru ağ yöntemi seçilmeye çalışıldı. Çalışma esnasında seçilen ağ türünün yanı sıra iletim sistemi kayıplarının doğruluğunu etkileyen birçok faktör olduğu görülmüştür. Bunların en önemlilerinin ara katman sayısı, ara katmanlarda yer alan nöron sayısı, giriş sayısıdır. Sonuç olarak en uygun enterkonnekte iletim sistemi kayıplarının tahmini için bu faktörlerin değerleri belirlenmiş ve uygulanmıştır.

Son aşamada ise yapay sinir ağları için veri oluşturulması aşamasına geçilerek iletim sistemi kayıpları üzerinde etkisi olan tarih, saat, gün, ülke tüketim verisi, ülke kayıp verisi kullanılarak veri tabanı oluşturulmuştur. Sıcaklık ve nem verisi için ise API yöntemi ile istenilen veriler otomatik oluşturulmuştur. Hazırlanan bu verilerin, MATLAB .m dosyalarında kullanılabilir hale getirmek amacıyla C (sharp) # tabanlı Türkiye Enterkonnekte İletim Kaybı Tahmini özgün yazılımı hazırlanmış ve üretilen veriler ışığında MATLAB programı ile iletim sistemi kayıpları tahmini yapılarak çıkan sonuçlar tahmin yapılan günün her saati için gerçekleşen verileri ile karşılaştırılıp hata oranları belirlenmiştir. Ayrıca oluşturulan C# tabanlı Türkiye Enterkonnekte İletim Kaybı Tahmini özgün yazılımı, 01.07.2019 tarihinden itibaren TEİAŞ iletim sistemi kayıplarının satın alınması sürecinde aktif olarak kullanılmıştır. Bu özgün yazılımın başarısını ortaya koymak için; 2018 senesi aynı dönemlerinde bu özgün yazılım olmadan bulunan sonuçlar ile 2019 senesinde aynı dönemde bu özgün yazılım kullanılarak bulunan sonuçlar, çizelge 10'da kıyaslanmıştır.

**Çizelge 10.** Temmuz-Aralık 2018 ve Temmuz- Aralık 2019 karşılaştırması

Aylar	2018-Enerji Dengesizlik Hacimleri (MWh)	2019-Enerji Dengesizlik Hacimleri (MWh)	2018-Enerji Dengesizlik Tutar Hacimleri (TL)	2019-Enerji Dengesizlik Tutar Hacimleri (TL)
Temmuz	76.000	56.000	16.000.000	15.000.000
Ağustos	88.000	47.000	26.000.000	14.000.000
Eylül	65.000	38.000	21.000.000	11.000.000
Ekim	48.000	44.000	15.000.000	13.000.000
Kasım	49.000	34.000	14.000.000	10.000.000
Aralık	58.000	47.000	14.000.000	13.000.000

Yapılan bu çalışma sonucunda, Türkiye Enterkonnekte İletim Kaybı Tahmini özgün yazılımı çizelge 10'da görüleceği üzere, bir önceki yılın aynı dönemine göre iletim sistemi kayıp tahmin hacimleri ve enerji dengesizlik tutar hacimlerinde yaklaşık olarak %28 oranında iyileşme sağlamıştır. Bu da, bu özgün yazılımın başarısını ortaya koymaktadır. İletim kayıplarını en fazla etkileyen sebeplerin sıcaklık, nem ve tüketim miktarı olduğu ortaya konulmuş ve yapay sinir ağları kullanılarak iletim sistemi kayıplarının tahminin doğruluk oranının artırılacağı örneklerle ispatlanmıştır.

## Referanslar

Ban J.C., Chang C.H., (2015), Realization problem of multi-layer cellular neural networks, Neural Networks, 70, 9-17, doi: 10.1016/j.neunet.2015.06.003

Bassani H.F., Araujo A.F.R., (2019), A neural network architecture for learning word-referent associations in multiple contexts, Neural Networks, 117, 249-267, doi: 10.1016/j.neunet.2019.05.017

Es H. , (2013). Yapay Sinir Ağları ile Türkiye Net Enerji Talebi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Fen Bilimleri Enstitüsü

Hamzaçelebi C., (2011). Yapay Sinir Ağları Tahmin Amaçlı Kullanımı Matlab ve Neurosolutions Uygulamalı. Bursa: Ekin Kitabevi Yayınları,

Sarıgöl M., Ozyildirim B.M., Avcı M., (2019), Differential convolutional neural network, 116, 279-287, doi: 10.1016/j.neunet.2019.04.025

Şen Z., (2004) Yapay sinir ağları ilkeleri. İstanbul: Su Vakfı

Yıldız İ., Tiana P., Dy J., Erdoğan D., Brown J., Kalpathy-Cramer J., Ostmo S., Campbell P., Chiang M.F., Ioannidis S., (2019), Classification and comparison via neural networks, Neural Networks, 118, 65-80, doi: 10.1016/j.neunet.2019.06.004

Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi.(2018). *2017 Yılı Faaliyet Raporu*. ANKARA: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi.

<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2009/04/20090414-48.htm>

<https://seffaflik.epias.com.tr/transparency/iletim/kisitlar/iletim-sistemi-kayip-katsayisi.xhtml>

<https://www.dunyaenerji.org.tr/wp-content/uploads/2018/07/MustafaYARICIGOP.pdf>