

**BİR GIDA İŞLETMESİNDE ENERJİ TALEP TAHMİNİ**

**Sara UYGUR**



T.C.  
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİR GIDA İŞLETMESİNDE ENERJİ TALEP TAHMİNİ**  
**Sara UYGUR**

**0000-0002-7460-7767**

Doç.Dr. Aslı AKSOY

0000-0002-2971-2701

(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2019

## TEZ ONAYI

Sara UYGUR tarafından hazırlanan “BİR GIDA İŞLETMESİNDE ENERJİ TALEP TAHMİNİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman** : Doç.Dr. Aslı AKSOY  
0000-0002-2971-2701

**Başkan** : Doç.Dr. Aslı AKSOY  
0000-0002-2971-2701  
Bursa Uludağ Üniversitesi,  
Mühendislik Fakültesi,  
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı İmza

**Üye** : Prof. Dr. Nursel ÖZTÜRK  
0000-0002-9835-0783  
Bursa Uludağ Üniversitesi,  
Mühendislik Fakültesi,  
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı İmza

**Üye** : Doç Dr. Aytaç YILDIZ  
0000-0002-0729-633X  
Bursa Teknik Üniversitesi,  
Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi,  
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı İmza

**Yukarıdaki sonucu onaylarım**

**Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN**  
**Enstitü Müdürü**

.././.....

**U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;**

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

**beyan ederim.**

.../.../.....

**Sara UYGUR**

## ÖZET

Yüksek Lisans

### BİR GIDA İŞLETMESİNDE ENERJİ TALEP TAHMİNİ

**Sara UYGUR**

Bursa Uludağ Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

**Danışman:** Doç. Dr. Aslı AKSOY

Mevsimsel ürün üretimi gerçekleştiren gıda işletmelerinde, mevsim normallerinde meydana gelen değişkenliklere bağlı olarak ürüne olan talebin değişkenlik göstermesi, devlet tarafından yayınlanan üretim kotalarının kestirilememesi gibi birden fazla değişkene bağlı olarak üretim planlaması yapılmaktadır. Tesislerde verimli olarak üretim yapılabilmesi için etkin bir enerji talep tahminine ihtiyaç vardır. Yapılan bu tez çalışmasında ele alınan işletmede, ihtiyaç duyulan elektrik enerjisinin bir kısmı kojenerasyon yöntemiyle işletme bünyesinde üretilmektedir. Bu yetkinlik üretim planlamanın yanı sıra ihtiyaç duyulacak olan enerjinin de tahmin edilmesini gerektirir. Enerji talep tahmininin etkin olarak yapılabilmesi durumunda işletme enerji ihtiyacını dağıtım şirketlerinden temin etmek yerine kendi bünyesinde üreterek tasarruf yapabilecekken, enerji talep tahmininin yapılamaması durumunda ise düzensiz olarak işletme dışarısından enerji temin etme ihtiyacı doğmakta ya da işletmede üretilecek olan fazla enerji israfa neden olmaktadır. Doğru enerji talep tahmini işletme kazançlarını arttıracakken, talep tahmininin etkin olmaması işletmeye kayıplar yaşatmaktadır. Bu durum enerji talep tahmininin önemini göstermektedir. Yapılan bu çalışmada mevsimsel ürün üretimi gerçekleştiren gıda işletmesinde günlük verilerle enerji talep tahmini yapılmıştır. Çalışmada önce, enerji tüketim miktarını etkileyen parametreler belirlenmiş ve bu parametrelerin enerji tüketim miktarı ile ilişkisini ortaya çıkarmak için istatistiksel bir yöntem olan kantil regresyon kullanılarak tahmin yapılmıştır. Kantil regresyon modeli yapılan tahminlerde tüm veri setinde iyi bir tahmin edici olmadığı gözlemlenmiştir. Bu nedenle yüksek değişkenliğe sahip verilerin tahmininde sıkça kullanılan yöntemlerden biri olan yapay sinir ağları kullanılarak tahmin modeli geliştirilmiş ve sonuçlar test edilmiştir. Geliştirilen yapay sinir ağları tabanlı enerji tahmin modelinin düşük hatalı sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Günlük Enerji Tüketimi, Kantil Regresyon, Yapay Sinir Ağları

## **ABSTRACT**

MSc Thesis

### **ENERGY DEMAND FORECASTING IN A FOOD PROCESSING INDUSTRY**

**Sara UYGUR**

Bursa Uludağ University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Industrial Engineering

**Supervisor:** Assoc. Dr. Aslı AKSOY

In food processing companies that produce seasonal products, production planning is carried out depending on more than one variable, such as the variation in demand for the product due to the variations occurring in seasonal normals, and the inability to estimate production quotas issued by the government. A successful energy demand forecasting is needed in order to optimize the production of energy in the plants. In this study, a part of the required electrical energy is produced by the cogeneration method in the company. This competence requires production planning as well as estimating the energy that will be needed. If the energy demand forecasting can be made more effective, the enterprise will be able to make savings by producing it within its own generators instead of supplying the energy need from the distributor companies. While the more effective and successful energy demand forecasting can increase operating gains, inefficient demand forecasting leads to additional costs for the enterprise. These incomes and expenses balance shows how much the energy demand forecasting is important on the plant. Also, energy demand forecasting is made with daily production and energy consumption data in the mentioned food establishment which produces different foods according to seasons. The parameters that affecting the amount of energy consumption were determined and estimated by quantile regression, which is a statistical method, to determine the relationship between these parameters and the amount of energy consumption. It is observed that the quantile regression model is not a good predictor on the entire data set. Therefore, the new prediction model was developed and tested using artificial neural networks, which is one of the most popular methods that frequently used in the estimator algorithms of data with high variability. It is observed and reported that the developed artificial neural networks-based energy demand prediction model works with quite low error compared to quantile regression model.

**Key words:** Daily Energy Consumption, Quantile Regression, Artificial Neural Networks

## **TEŐEKKÖR**

Tezin hazırlanması sırasında bana destek olan danıŐmanım Doç. Dr. Aslı AKSOY'a;  
hep yanımda olan aileme sonsuz teŐekkÖrlerimi sunarım.

Sara UYGUR

## İÇİNDEKİLER

|   | <b>Sayfa</b> |
|---|--------------|
| ÖZET .....  | i            |
| ABSTRACT .....  | ii           |
| TEŞEKKÜR .....  | iii          |
| SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ .....                            | v            |
| ŞEKİLLER DİZİNİ .....   | vi           |
| ÇİZELGELER DİZİNİ .....   | vii          |
| 1. GİRİŞ .....  | 1            |
| 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....                                      | 3            |
| 2.1.Talep Tahmini.....  | 3            |
| 2.2. Tahmin Yöntemlerinin Doğruluğunun Ölçülmesi .....          | 9            |
| 3. MATERYAL VE YÖNTEM.....                                      | 11           |
| 3.1 Doğrusal Regresyon Modeli ve Kantil Regresyon .....         | 11           |
| 3.2.Yapay Sinir Ağları .....                                    | 15           |
| 3.2.1.Yapay Sinir Ağlarının Temel Elemanları ve Yapısı .....    | 18           |
| 3.2.2. Yapay Sinir Ağlarında Eğitim, Test Etme ve Öğrenme ..... | 21           |
| 3.2.3.Yapay Sinir Ağları Modelleme Adımları .....               | 25           |
| 4. BULGULAR .....   | 27           |
| 4.1. Enerji Talep Tahmini Probleminin Tanımlanması .....        | 27           |
| 4.2. Kantil Regresyon Uygulaması .....                          | 27           |
| 4.3.Yapay Sinir Ağları Uygulanması.....                         | 33           |
| 4.3.1. Yapay Sinir Ağları Modelleri Denemeler .....             | 35           |
| 4.3.2. Momentum Katsayısının Belirlenmesi .....                 | 35           |
| 4.3.3. Öğrenme Katsayısının Belirlenmesi.....                   | 36           |
| 4.3.4. Nöron Sayısının Belirlenmesi .....                       | 36           |
| 4.3.5.Gizli Katman Sayısının Belirlenmesi .....                 | 37           |
| 4.3.6.Ağın Test Edilmesi.....                                   | 39           |
| 5. SONUÇ .....  | 42           |
| KAYNAKLAR.....  | 45           |
| EKLER .....   | 48           |
| EK-1 .....  | 49           |
| EK-2 .....  | 63           |
| EK-3 .....  | 67           |
| EK-4 .....  | 72           |
| ÖZGEÇMİŞ .....  | 73           |



## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

| <b>Simgeler</b> | <b>Açıklama</b>                                |
|-----------------|--|
| $\varepsilon$   | Tahmin hatası                                  |
| $\phi$          | Aktivasyon fonksiyonu                          |
| $Y_i$           | $i$ . birime ait gözlenen gerçek değer         |
| $\hat{Y}$       | Modelin ürettiği değer                         |
| $t$             | Durağan hale getirilen serinin gözlem sayısı   |
| $i$             | Modelde tahmin edilen parametre sayısı         |
| $n$             | Değişken sayısı                                |
| $Y$             | Bağımlı veya açıklanan değişken                |
| $X$             | Bağımsız veya açıklayıcı değişken              |
| $X_i$           | $i$ . birime ait bağımsız değişkenin değeri    |
| $\beta_0$       | Regresyon modelinin sabit terimi               |
| $\beta_1$       | Bağımsız değişkenin parametre değeri           |
| $e$             | Kantil değeri                                  |
| $X'$            | Normalize edilmiş veri                         |
| $X_{min}$       | Girdi seti içerisinde yer alan en küçük sayıyı |
| $X_{max}$       | Girdi seti içerisinde yer alan en büyük sayıyı |
| $S$             | Standart sapma                                 |

| <b>Kısaltmalar</b> | <b>Açıklama</b>   |
|--------------------|---|
| MSE                | Ortalama hata kareleri (Mean Squared Error)             |
| RMSE               | Ortalama hata kareleri kökü - (Root Mean Squared Error) |
| MAE                | Ortalama mutlak hata- (Mean Absolute Error)             |
| LR                 | Öğrenme oranı   |
| M                  | Momentum  |
| YSA                | Yapay sinir ağı   |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|  | <b>Sayfa</b> |
|--|--------------|
| Şekil 3.1.Yapay sinir hücresi.....   | 19           |
| Şekil 3.2. Yapay sinir ağlarının yapısı .....  | 21           |
| Şekil 4.1. Tahmin Hatalarının dağılım grafiği .....  | 28           |
| Şekil 4.2. Enerji tüketim verileri(açıklanan değişken) dağılım grafiği.....                    | 29           |
| Şekil 4.3. Enerji tüketim verileri(açıklanan değişken) dönüşüm grafikleri .....                | 30           |
| Şekil 4.4.Tahmin ve gerçek değerler arasındaki ilişki.....                                     | 31           |
| Şekil 4.5.Gerçek değerler ve $\tau =0.5$ tahmin modeli değerleri arasındaki ilişki.....        | 32           |
| Şekil 4.6.Gerçek test değerleri ve $\tau =0.5$ tahmin modeli değerleri arasındaki ilişki ..... | 32           |
| Şekil 4.7.Matlab' ta ağın oluşturulması .....  | 33           |
| Şekil 4.8. Matlab' ta ağın parametrelerinin oluşturulması .....                                | 34           |
| Şekil 4.9.Ortalama hata ve parametreler arasındaki ilişki .....                                | 38           |
| Şekil 4.10. Enerji talep tahmini için oluşturulan YSA yapısı .....                             | 39           |
| Şekil 4.11. Matlab YSA sonuç grafikleri.....   | 40           |
| Şekil 4.12. Eğitilen gerçek ve tahmin değerleri arasındaki ilişki .....                        | 40           |
| Şekil 4.13.Test edilen değerler arasındaki ilişki.....   | 41           |
| Şekil 4.14.Test edilen değerler arasındaki ilişki.....   | 41           |

## ÇİZELGELER DİZİNİ

|  | <b>Sayfa</b> |
|--|--------------|
| Çizelge 4.1. Otokorelasyon tablosu .....               | 28           |
| Çizelge 4.2. Çoklu bağlantı tablosu .....              | 29           |
| Çizelge 4.3. Model özet tablosu .....                  | 31           |
| Çizelge 4.4. Momentum katsayısının belirlenmesi.....   | 35           |
| Çizelge 4.5. Öğrenme katsayısının belirlenmesi .....   | 36           |
| Çizelge 4.6. Nöron sayısının belirlenmesi .....        | 37           |
| Çizelge 4.7. Gizli katman sayısının belirlenmesi ..... | 37           |

## 1. GİRİŞ

Elektrik enerjisi, üretim yerinden çok uzaklara dağıtım şebekeleri ile kolayca taşınabilen, dağıtımı kontrol altında tutulabilen, temiz bir enerji kaynağıdır. İşletmelerin rekabet politikalarını belirleyebilmeleri için önemli bir etkiye de sahiptir. Sanayi ve teknolojinin gelişmesiyle elektrik enerjisine olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Artan bu ihtiyacı karşılayabilecek kaynaklar gün geçtikçe azalmaktadır. Kaynakların azalması birçok işletmenin de enerji tedarik yönetimini değiştirmiştir.

Elektrik enerjisinin depolanamaması ve üretildiği anda tüketilmesi gerekliliği, talep değişiminin takip edilip, talebe karşı gelecek arzın oluşturulması ve enerji darboğazlarının yaşanmaması için üretim, iletim ve dağıtım sistemlerinin planlamalarının doğru şekilde yapılması gereklidir. Bu planlama stratejilerinin belirlenebilmesi için en önemli safhalardan birini enerji talep tahmini oluşturmaktadır. Talep tahmini, şirket yönetiminin stratejik kararlar almasında, kısa dönemli ve uzun dönemli hedeflere ulaşmada kullanılacak en temel araçların başında gelir. Enerji talep tahmininin doğru yapılması, kaynakların verimli ve etkin kullanılmasını sağlayacaktır. Talep tahmininin hatalı yapılması tedarik edilen ihtiyaç fazlası enerjinin israfına ya da ihtiyacı karşılamaması kaynaklı üretim duruşlarına sebep olacaktır. Yapılacak tahminlerin doğruluğu tesis verimliliğini arttıracaktır.

Bu tez kapsamında, mısır işleyen bir gıda işletmesi ele alınmıştır. Bu işletmede mısırdan elde edilen birincil ürünlerden nişastalar, birçok gıda uygulamasında kıvam verme, jel oluşturma, su tutma veya viskozite ayarlamalarında, nişasta bazlı şekerler ise şekerleme, bisküvi, fırıncılık ürünleri, işlenmiş hazır gıdalar, reçel, helva, dondurma ve birçok Türk tatlısında kullanılmaktadır. İkincil ürün grubu ise yem sektörüne tedarik edilen; kepek, protein, öz ve mısır kırığından oluşur. Mısır özü aynı zamanda yağ sektörünün de en önemli ham maddeleri arasında yer almaktadır.

Bunun yanı sıra işletme, enerji tasarrufu için kendi elektrik ihtiyacını karşılamak üzere 4,3 MW'lık iki adet kazana sahip kojenerasyon tesisini kurmuştur. Devreye alınan kojenerasyon tesisi sayesinde ihtiyacı olan elektrik enerjisini üretebilmektedir. İşletmenin gıda firması olması sebebiyle işletmede mevsimsel talep değişikliği

oluşmaktadır. Örneğin ürüne yazın talep artmakta, kışın ise talep azalmaktadır. Bu sebeple kışın üretilen enerji fazla gelmekte ve boşa gitmektedir. Yazın ise üretilen enerji yetmemekte ve dışarıdan alım geręekleřtirilmektedir. Değişkenliği yüksek olan bu gıda işletmesi etkin bir enerji talep tahmin modeline ihtiyaç duymaktadır.

Çalışmanın, ikinci bölümünde talep tahmin yöntemlerine ve bunların kullanım alanlarına değinilmiş, tahminleme ile ilgili yapılan çalışmalar incelenmiştir. Üçüncü bölümde çalışmada önerilen yöntemler hakkında ayrıntılı bilgiler verilmiştir ve model seçiminin hangi yöntemle yapılacağı belirtilmiştir. Dördüncü bölümde, uygulama kapsamında yapılan çalışmalar ayrıntılı bir şekilde anlatılmış ve sonuçları incelenmiştir.

Beşinci ve son bölümde ise uygulama aşamasında elde edilen sonuçlara yer verilmiş ve ileriki çalışmalara yön verecek geliştirme önerilerinde bulunulmuştur.

## **2. KAYNAK ARAŞTIRMASI**

Bu bölümde talep tahmini ve enerji talep tahmininde kullanılan farklı tahmin teknikleri çalışmalarından örnekler sunulmuştur.

### **2.1.Talep Tahmini**

Tüketicilerin bir hizmet ya da ürün için belirlenmiş bir fiyat seviyesinden almaya hazır oldukları miktara talep denir (Tekin, 1996).

Alınan hizmet ya da ürüne gelecekte oluşacak olan ihtiyacın, en doğru ve hatasız şekilde hesaplanması işlemine talep tahmini denir. Talep tahmini belirlenen girdilere göre ihtiyacın hesaplanması ilkesine dayanarak yapılmaktadır. Talep tahmininde farklı yöntemler kullanılarak tahmin doğruluğu iyileştirilebilse de %100'lük bir doğruluk derecesine sahip olması beklenemez (Yazıcıoğlu, 2010).

Tahmine yönelik çalışmalar zaman aralığına bağlı olarak üç sınıfta değerlendirilebilir (Masaebi, 2006):

- Kısa dönemli tahmin: Dakikalık, saatlik ve günlük tahminler
- Orta dönemli tahmin: Haftalık ve aylık tahminler
- Uzun dönemli tahmin: Yıllık veya daha uzun dönemli tahminlerdir.

Tahmine yönelik yapılan çalışmalarda kullanılacak olan dönem ile çalışmanın amacı arasında yakın bir ilişki vardır. Yapılan çalışmalar, kısa süreli tahminlerin kısa dönemlerde, uzun süreli tahminlerin ise uzun dönemlerde daha iyi sonuçlar verdiğini göstermektedir. Örneğin, günlük iş emirlerinin hazırlanmasında yararlanılacak tahmin yöntemlerinin aylık dönemler için uygulanması son derece yanıltıcı sonuçlar verebilir. Çünkü günlük değerlerdeki oynamalar aylık dönemlerde tümüyle kaybolabilir. Dolayısıyla tahmin periyodu tespit edilirken tahmini temsil edecek periyodun seçilmesi gerekmektedir (Tekin, 1996).

Tahmin yöntemleri temel olarak iki grupta ele alınmaktadır. Bunlar nitel yöntemler ve nicel yöntemlerdir (Bulut, 2006).

Nitel tahmin yöntemi, çalışılan konu üzerinde uzman bir kişinin görüş ve deneyimlerini dikkate almaktadır. Aynı veriler için farklı kişiler farklı tahminlerde bulunabilir.

Uygulamalarda en çok kullanılan nitel tahmin yöntemlerinden bazıları aşağıda belirtilmiştir:

- Delphi Yöntemi: Birden fazla anket formunun gönderilmesi sonucunda “geri besleme” yoluyla grup üyelerinin ortak bir görüş birliğine varmalarını sağlar. Mevcut verilerin bir istatistiksel analizi gerçekleştiremeyecek kadar az olduğu durumda kullanılan yöntemlerdendir (Şengür, 2002).
- Senaryo analizi: Organizasyonun amaçlarına ulaşmasında büyük etkisi olan dış çevredeki değişimlere hazırlıklı olunmasına yardımcı olur (Weinstein, 1995). Gelecekle ilgili birbirinden farklı birçok değişik görüntü sunabildiği için çevresel belirsizlikler karşısında daha donanımlı olunmasını sağlar ve bir dizi olası gelişme dikkate alınmış olur (Şahin, 2001).
- Uzman panelleri: Bu yöntem, oluşturulan bir panel aracılığı ile üyelerin çoğunluğu tarafından onaylanan bir sonuca ulaşmayı hedeflemektedir.

Nicel yöntemler, matematiksel ve istatistiksel yöntemleri dikkate almaktadır. Talebin oluşmasına etki eden faktörler ile talep miktarı arasındaki ilişkinin gelecek dönemler için de aynı şekilde eğilim göstereceği varsayımına dayanmaktadır (Bulut, 2006). Nicel tahmin yöntemlerinin kullanılabilmesi için geçmişe ait bilginin var olması, bu bilginin sayısal bir biçimde ifade edilebiliyor olması ve değişkenin geçmişte gösterdiği yapının gelecekte de devam edeceği düşüncesinin geçerli olması gereklidir. Geçmiş gözlem değerleri kullanılarak sürecin oluşmasına katkıda bulunan ilişkiler belirlenir ve bu ilişkilerin geleceği nasıl şekillendireceği tespit edilmeye çalışılır. Nicel tahminde bulunabilmek için iki temel yaklaşım kullanılmaktadır: sebep-sonuç ilişkisine ve zaman serileri analizine dayalı modeller (Hamzaçebi, 2011).

Uygulamalarda en çok kullanılan nicel tahmin yöntemleri aşağıda belirtilmiştir:

- Regresyon analizi: Aralarında sebep-sonuç ilişkisi bulunan iki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkiyi belirlemek ve bu ilişkiyi kullanarak tahminler yapabilmek amacıyla başvurulan bir yöntemdir (Hamzaçebi ve Kutay, 2004). Regresyonla ilgili daha ayrıntılı açıklamalar Bölüm 3’de yapılmıştır.
- En küçük kareler yöntemi: İki değişken arasındaki ilişkinin belirlenmesi için en uygun doğrunun çizilmesi esasına dayanır. Doğrunun tanımlanması için doğrunun bağımlı değişken eksenini kestiği noktanın ve doğrunun eğiminin bilinmesi gerekir. Çizilen doğru üzerindeki bağımlı değişken değerleriyle, gerçek değerler arasındaki farkın karelerinin toplamını minimum yapacak doğru bulunmaya çalışılır (Yazıcıoğlu, 2010).
- Korelasyon katsayısı: Matematiksel olarak değişkenler arası ilişkinin derecesini ortaya koyar (Balcı, 2004).
- Basit ortalama ve ağırlıklı ortalama yöntemi: Tüm geçmiş verilerin aritmetik ortalaması hesaplanır. Bu yöntem mevsimsellik ve trend içeren veriyi çok iyi ele alamamaktadır. Geçmiş veriler artma ve azalma yönünde bir eğilim göstermiyorsa bu yöntem kullanılabilir ( Yazıcıoğlu, 2010 ).
- Hareketli ortalamalar yöntemi: Talepteki mevsimlik dalgalanmalar da incelenerek mevsimlik dalgalanmaların talep üzerindeki etkisi bilinmek istenirse hareketli ortalama yöntemi kullanılabilir (Yazıcıoğlu, 2010).
- Zaman serileri yöntemi: Geçmiş veriler incelenerek belirli bir eğilim olup olmadığı belirlenerek, gelecekle ilgili talep tahmin işlemi yapılmaya çalışılır. Geçmişe ilişkin verilerin zaman içindeki değişimini gösteren bir dizi değer, bir zaman serisi oluşturur. Zaman serisi analizi ile bu değerlerin değişim biçimi araştırılır ve sürecin davranışını temsil eden bir model kurulur. Bu model kullanılarak, geleceğe yönelik talep tahmin edilir (Yazıcıoğlu, 2010).



- Yapay Sinir Ağları: İnsan beyninin özelliklerinden olan öğrenme yolu ile yeni bilgiler türetebilme, yeni bilgiler oluşturabilme ve keşfedebilme gibi yetenekleri herhangi bir yardım almadan otomatik olarak gerçekleştirmek amacı ile geliştirilen bilgisayar sistemleridir (Yavuz ve Deveci, 2012).Bölüm 3’de daha ayrıntılı bilgi verilmiştir.

Enerji talep tahmininde kullanılan yöntemlerle ilgili literatürde birçok örnek bulunmaktadır. Bunlardan konu ile ilgili olanlardan bazıları aşağıda verilmiştir.

Fumon ve Rafe-Biswas (2015) çalışmalarında, çekirdek ailelerde konut enerji tüketimi tahmini için regresyon analizi kullanmışlardır. Sonuç olarak verilerin zaman aralığı artıkça ve uzun zaman periyotlarına bakıldığında daha iyi sonuçların elde edildiğini ortaya koymuşlardır.

Niu ve ark. (2016) çalışmalarında, elektrik tüketiminin konutların yaşam durumuna etkisinin kantil regresyon yaklaşımıyla analiz etmeye çalışmışlardır. 1128 anket formunun verilerine dayanarak yaptıkları çalışmada, kişi başına düşen tüketim miktarı, elektrikli ev aletlerinin çeşitliliği, kişi başına düşen gelir, elektrikli ev aletleri satın alma fiyatları, evin büyüklüğü gibi faktörlerin konut elektrik tüketimine etkileri incelemişlerdir. Verilerin normal dağılmaması sebebiyle kantil regresyon yaklaşımı kullanmışlardır. Elektrik tüketimine etki eden ana faktörleri ortaya koyarak öneriler sunmuşlardır. Sonuç olarak elektrik için uygun kullanım politikası geliştirmişlerdir.

Uyar ve Gökçe (2016) çalışmalarında enerji tüketimi ve büyüme arasındaki ilişkiyi kantil regresyon yöntemini kullanarak incelemişlerdir. Sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Hagfors ve ark. (2016) çalışmalarında, her ticaret dönemine ait İngiltere elektrik fiyatına ilişkin temel kantil regresyon modeli geliştirmişlerdir. 2005-2012 yılları arasındaki yarım saatlik verileri kullanmışlardır. Çalışmada, elektrik tedariki büyük ölçüde gaz ve kömür tesislerinden sağlandığı için gaz, kömür, karbon emisyonu fiyatını ana faktör

olarak belirleyip, kantil regresyon yaklaşımıyla incelemiş ve tahminleri ortaya koymuşlardır.

Li ve ark. (2017) çalışmalarında, gün öncesi elektrik yük miktarını tahmin etmeye çalışmışlardır. Gelecekteki yükün belirsizliğini hesaba katmak ve yük koşullarına daha kapsamlı bir çerçeveden bakmak için kantitatif tahmin yöntemlerini kullanmanın daha etkili sonuçlar doğuracağını öne sürerek, kantil regresyon yaklaşımıyla bir model kurmuşlardır. Yük tahminine etki eden faktörleri sıcaklık, haftanın günlerinin etkisi ve mevsimselliğin etkisi olarak belirlemişlerdir. Sonuç olarak iki Bayesian kantil regresyon modeli önermişlerdir.

Yu ve ark. (2019) çalışmasında, biyokimyasal atık su arıtımında enerji tüketimi modellenmesi için regresyon modelini kullanmış ve enerji tüketimini etkileyen parametrelerin etkisini belirlemiştir. Çalışma, atık su arıtımının enerji tüketimini kontrol etmek için etkin bir yaklaşım sağlamış ve gelecekteki enerji tasarrufu için değerli öneriler sunmuştur.

Geem Zong (2011) çalışmasında, Güney Kore' nin ulaştırma enerji talebi tahminini farklı değişkenlerle belirlemek için üç farklı model oluşturarak çoklu regresyon yöntemini kullanmıştır. Çoklu regresyon modelinin  $R^2$ -kare değerinin iyi olmasına rağmen yapısal zayıflıklar bulunmuştur. Yapay sinir ağları ile daha etkin sonuçlar elde etmiş ve gelecek yıl talep tahmini için öngöründe bulunmuştur.

Es ve ark. (2013) çalışmalarında, Türkiye'nin net enerji talep tahminini çoklu regresyon ve yapay sinir ağları yöntemiyle yaparak sonuçları karşılaştırmışlardır. Yapay sinir ağları metodu daha üstün performans göstermiştir.

Pino-Mejias ve ark. (2017) çalışmalarında, Şili'deki ofis binalarının ısıtma ve soğutma enerji taleplerini, enerji tüketimini ve CO<sub>2</sub> emisyonlarını tahmin etmek için doğrusal regresyon modelleri ve Yapay Sinir Ağları (YSA) yöntemlerini kullanmışlardır. Geliştirilen modellerin, sistemlerin enerji tasarrufunu tahmin etmek için

kullanılabileceğini öngörmüşlerdir. Çoklu regresyon iyi sonuçlar vermiş, ancak bazı noktalarda yapay sinir ağları daha etkin sonuçlar ortaya koymuştur.

Yetiş ve Ceylan (2006) çalışmalarında, sosyoekonomik göstergelerin ulaştırma enerjisi talebine etkisini araştırmak için YSA yöntemini kullanmışlardır. Yaptıkları çalışmada GSMH, nüfus ve toplam yıllık ortalama araç miktarı, 1970 ile 2001 yılları arasında mevcut olan enerji verileriyle analiz edilmiştir. YSA'nın hem bağımlı hem de bağımsız değişkenler için günlük verilerdeki dalgalanmayı yansıttığı görülmektedir. Elde edilen sonuçlar, kabul edilen metodolojinin ulaştırma enerji tahmini problemine uygunluğunu ortaya koymaktadır.

Badri ve ark. (2012) çalışmalarında, kısa ve orta dönem elektrik yükü tahminleri için YSA ve bulanık mantık (BM) yöntemlerini incelemişlerdir. Çalışmada 24 saatlik yük verileri toplanmış, her saat için yük miktarı ve ona ilişkin sıcaklık değeri verilmiştir. YSA karmaşık ve doğrusal olmayan ilişkileri modelleyebilmesinden dolayı daha iyi performans gösterdiği savunulmuştur.

Kialashaki ve ark. (a) (2014) çalışmalarında, ABD'nin endüstriyel alanda kullandıkları enerji tüketim miktarını incelemişlerdir. Yıllık veriler üzerinden analiz yapılmış, girdi değişkenleri korelasyon katsayılarına göre belirlenmiştir (sanayi sektörü, enerji maliyeti ve GSYİH). Talep tahmini için çoklu lineer regresyon modeli ve YSA modeli tasarlanmıştır. YSA'nın performansı önemli ölçüde üstünlük göstermiştir.

Literatürde yer alan çalışmalardan da görülebildiği gibi tahmin yöntemleri kullanılarak birçok alanda ileriye dönük kestirimler ile verimlilik ve kaynak tüketimlerini azaltma yönünde araştırmalar yapılmıştır. Bu çalışmada mevsimsel ürün üretimi gerçekleştiren bir gıda işletmesinde yeterli bir enerji talep tahmin sistematığı olmaması kaynaklı yaşanan maliyet kayıplarını ve kaynak israflarını önlemek için etkin bir enerji talep tahmin modeli kurulması hedeflenmiştir. Diğer çalışmalara ek olarak üretilen ürünlerin miktarlarının enerji tüketimine etkisi, üretim miktarı, hava koşulları gibi farklı enerji tüketim parametreleri dikkate alınmıştır. Çalışmada hem istatistiksel yöntemlerle hem

de YSA yöntemi ile enerji talebi günlük olarak analiz edilerek modelin duyarlılığı incelenmiştir.

## 2.2. Tahmin Yöntemlerinin Doğruluğunun Ölçülmesi

Tahmin yöntemlerinin hangisi kullanılırsa kullanılsın kesin doğru değeri vermez.

Her tahminde belirli bir hata oranı mevcuttur. Çeşitli tahmin modelleri arasında birini seçme sürecinde en yaygın kabul gören kriterlerden biri de modelin verilere uyum göstermesi, modelin öngörü başarısının yüksek olmasıdır. Tahmin yönteminin doğruluğu, tahmin edilen hataların analiz edilmesiyle ölçülür (Ergün ve Şahin, 2017).

Tahmin hatası, gözlenen gerçek değerler ile tahmin edilen değerler arasındaki farktır.

$$\varepsilon = Y_i - \hat{Y} \quad (2.1)$$

şeklinde ifade edilir. Eşitlik 2.1' de,  $\hat{Y}$  modelin tahmin değerini,  $Y_i$  serinin gerçek değerini,  $\varepsilon$  tahmin hatasını ifade etmektedir.

Tahmin hatası ile tahmin doğruluğu ters orantılıdır. Yani tahmin hatası küçüldükçe modelin doğruluk derecesi artmaktadır. Bu nedenle, farklı tahmin modellerini karşılaştırırken en küçük hata değerine sahip model en iyi model olarak seçilmektedir (Asilkan ve Irmak, 2009).

En çok kullanılan tahmin doğruluğu ölçüm kriterleri aşağıdaki belirtilmiştir:

1. Ortalama hata kareleri ( Mean Squared Error- MSE): Hata kareleri ortalaması, talep tahminlerinin doğruluk hesaplanmasında sıklıkla kullanılır (Asilkan ve Irmak, 2009).

$$MSE = \sum_1^n \frac{(Y_i - \hat{Y})^2}{n} \quad (2.2)$$

Eşitlik 2.2' de,  $n$  değişken sayısını temsil eder.

2. Ortalama hata kareleri kökü ( Root Mean Squared Error – RMSE): Ortalama hata kareleri yöntemiyle bulunan hatanın karekökünün alınmasıyla bulunmaktadır. Tahminleyicinin tahmin ettiği değerler ile gerçek değerleri arasındaki uzaklığın bulunmasında sıklıkla kullanılır. Negatif yönelimli puanlar yani daha düşük değerlere sahip tahminleyiciler daha iyi performans gösterir. RMSE değerinin sıfır olması modelin hiç hata yapmadığı anlamına gelir.

$$RMSE = \sqrt{\sum \frac{(Y_i - \hat{Y})^2}{n}} \quad (2.3)$$

3. Ortalama mutlak hata ( Mean Absolute Error – MAE): Bu yöntem, hata değerlerinin mutlak değerleri alınarak işaretlerden arındırılır. Böylelikle hata değerleri talep değerlerine uzaklıkları ile hesaplanmış olur.

$$MAE = \sum \frac{|(Y_i - \hat{Y})|}{n} \quad (2.4)$$

4. Ortalama mutlak yüzde hata (Mean Percentage Absolute Error- MAPE): Bu yöntem, oluşan hataları yüzdesel olarak ifade eder. Böylelikle hataların birbirleri ile kıyaslanmasını sağlar.

$$MAPE = \sum \frac{|Y_i - \hat{Y}|}{\hat{Y}} * \frac{100}{t} \quad (2.5)$$

Eşitlik 2.5' de, t= Durağan hale getirilen serinin gözlem sayısını ifade eder.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada yöntem olarak regresyon analizi ve yapay sinir ağları yöntemleri kullanılmıştır. Regresyon analizi için R paket programı kullanılmıştır. Yapay sinir ağları Uygulamasında ise Matlab paket programı kullanılmıştır. Kullanılan yöntemler bu bölümde ayrıntılı olarak belirtilmiştir.

#### 3.1 Doğrusal Regresyon Modeli ve Kantil Regresyon

Bir değişkeni etkileyen iki ve daha fazla bağımsız değişken arasındaki neden- sonuç ilişkilerini doğrusal bir modelle açıklamak ve bu bağımsız değişkenlerin etki düzeylerini belirlemek için yararlanılan yöntemle çoklu doğrusal regresyon analizi denir (Hamzaçebi ve Kutay, 2004).

İlişkiler fonksiyonel olarak,  $Y = f(X)$  şeklinde yazılabilir. Burada  $Y$  bağımlı veya açıklanan değişken,  $X$  ise bağımsız veya açıklayıcı değişken olarak adlandırılır. Bağımsız veya açıklayıcı değişken birden fazla ise bağıntı

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_p) \quad (3.1)$$

şeklinde ifade edilir.

Bağımlı ve bağımsız değişkenin birer tane olduğu regresyon modeline tek değişkenli veya basit regresyon modeli, bağımlı değişkenin tek, bağımsız değişkenin birden fazla olduğu regresyon modeline de çoklu regresyon modeli denilmektedir.

Basit regresyon modeli Eşitlik (3.2)'deki gibi kurulabilir (Rawling ve ark. , 1998).

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i, \quad i=1,2,\dots,n \quad (3.2)$$

Eşitlik 3.2' de,  $Y_i$   $i$ . birime ait bağımlı değişkenin değerini,  $\beta_0$  regresyon modelinin sabit terimini,  $X_i$   $i$ . birime ait bağımsız değişkenin değerini,  $\beta_1$  bağımsız değişkenin parametre değerini,  $\varepsilon_i$  ise  $i$ . birime ait hatayı göstermektedir.

Çoklu regresyon modeli Eşitlik (3.3)'deki gibi kurulabilir

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \beta_t X_{ij} + \dots + \beta_m X_{ik} + \varepsilon_i ,$$
$$i=1,2,\dots,n, j=1,2,\dots,k, t=0,1,\dots,m \quad (3.3)$$

Eşitlik 3.3' de,  $Y_i$   $i$ . birime ait bağımlı değişkenin değerini,  $\beta_0$  regresyon modelinin sabit terimini,  $X_{ij}$   $j$ . değişkene ait  $i$ . birimin değerini,  $\beta_t$  parametre değerini ve  $\varepsilon_i$   $i$ . birime ait hatayı göstermektedir.

Regresyon modelinin varsayımları aşağıda belirtilmiştir (Rawling ve ark. , 1998):

- $Y_i$ ' ler rastgele değişkenler,  $X_i$  'ler ise sabit bağımsız değişkenlerdir.  $X_i$  'lerin hatalardan bağımsız olarak ölçüldüğü varsayılır.
- Rastgele hataların ( $\varepsilon_i$ ) sıfır ortalamaya ve ortak varyansa sahip oldukları varsayılır.
- Hataların dağılımı normaldir.
- Bağımsız değişkenler arasında ilişki yoktur.
- Modelde belirleme hatası yoktur.
- $\varepsilon_i$  rastgele hataları birbirleriyle ilişkili değildirler.

Doğrusal regresyon yöntemini uygulayabilmek için hataların normal dağılması ve sabit varyans varsayımlarına uyması gerekmektedir. Bu varsayımlar sağlanmadığı durumlarda modeller anlamlı sonuçlar vermemektedir (Altındağ, 2010). Kantil regresyon, daha kapsamlı regresyon görüntüsü sunmak amacıyla Koenker ve Bassett (1978) tarafından ortaya atılan alternatif bir regresyon modelidir.

Kantil regresyon modeli son yıllarda tıpta referans çizelgeleri oluşturmada, hayatta kalma analizlerinde, ekonomi alanında ücret ve gelir dağılımı hesaplamalarında, çevresel faktörlerin modellenmesinde hava koşulları açısından zamana bağlı günlük elektrik talebinin modellenmesinde uygulanmaktadır (Altındağ, 2010).

Kantil regresyon, doğrusal modelde bağımlı değişkenin dağılımının koşullu miktarlarını tahmin etmenin bir yoludur. Kantil regresyonlar, veri kümelerinin koşullu dağılımındaki değişiklikleri görselleştirmek için kullanışlıdır. Özellikle uç değerlerin olduğu durumlarda kullanışlı bir yöntemdir (Çınar, 2019).

Çoklu doğrusal regresyon modelinde hata teriminin değişkenlerin değerinden bağımsız olduğu (varyanslar homojen) varsayılır. Tam tersine kantil regresyon modelinde hata terimlerinin değişkenliğine izin verilir ve varyans yapısına ilişkin herhangi bir varsayımı bulunmamaktadır (Baur ve ark., 2004).

Klasik regresyon bağımlı değişkenin koşullu beklenen değeri için bir model ararken, Kantil regresyon bağımlı değişkenin koşullu dağılımında seçilen kantiller için model belirler. Klasik regresyon bağımlı değişkeninin koşullu ortalaması ile artık kareler toplamını minimizasyonuna dayanırken, Kantil Regresyon fonksiyonları mutlak artıkların ağırlıklandırılmış toplamının minimizasyonuna dayanmaktadır. (Altın Yavuz ve Gündoğan Aşık, 2017). Kantil regresyon modeli Eşitlik (3.4) 'de gösterildiği şekilde ifade edilir:

$$y_i = x_i \beta_Q + u_{Q_i} \quad (3.4)$$

Burada,  $x_i$  ( $k \times 1$ ) boyutlu bağımsız değişkenler vektörüdür ve bağımlı değişken  $y_i$  'nin koşullu dağılımının  $\theta$ 'nci kantili ile bağımsız değişkenler arasındaki doğrusal regresyonu göstermektedir.  $\beta_\theta$ ,  $\theta$  'nci kantil regresyona ile ilgili parametreler vektörüdür.  $u_{\theta i}$  hata vektörüdür.  $y_i$ 'nin  $\theta$  'nci koşullu kantili,

$$Q(y_i / x_i) = x_i \beta_Q \quad (3.5)$$

ile gösterilir.



Kantil regresyonunun amaç fonksiyonu, mutlak sapmaların ağırlıklandırılmış toplamlarıdır.  $\theta$ 'inci kantil regresyon için amaç fonksiyonu,

$$\min \beta \frac{1}{n} \left\{ \sum_{i, Y_i \geq \beta} \theta |Y_i - \beta| \right\} + \left\{ \sum_{i, Y_i < \beta} (1 - \theta) |Y_i - \beta| \right\} \quad (3.6)$$

ve

$$\hat{\beta}_Q = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n p_Q(y_i - x_i \beta) = \sum_{i=1}^n p_Q(u_{Q_i}) \quad (3.7)$$

minimizasyonu ile tahmin edilir. Burada  $p_Q$  bir fonksiyondur.

Kantil regresyonda farklı kantillerde farklı sonuçlar elde edilmektedir. Bu durum bağımlı değişkenin koşullu dağılımının farklı noktalarındaki açıklayıcı değişkenlerdeki değişikliklere farklı tepki vermesi olarak yorumlanabilir (Altın Yavuz ve Gündoğan Aşık, 2017).

Kantil regresyon modelinin özellikleri aşağıda belirtilmiştir (Elmalı, 2014):

- Hata terimi normal dağılmadığında, kantil regresyon etkin bir modeldir.
- Kantil regresyon, regresyon analizi için kantil ve yüzde kavramlarını kullanmaktadır.
- Bağımsız değişken veya değişkenler tarafından açıklanan bağımlı değişkenin belirli bir yüzdesindeki ilişkiyi tahmin etmektedir. Dolayısıyla regresyon ilişkisini daha ayrıntılı bir şekilde ele almaktadır.
- Sapan değerlere karşı da duyarlıdır. Bu durum, koşullu dağılımın farklı noktalarında değişkenler arasındaki farklılıkları araştırma imkânı vermektedir.

### 3.2.Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağları (YSA), insan beyninin özelliklerinden olan öğrenme yolu ile yeni bilgiler türetebilme, yeni bilgiler oluşturabilme ve keşfedebilme gibi yetenekleri herhangi bir yardım almadan otomatik olarak gerçekleştirmek amacı ile geliştirilen bilgisayar sistemleridir (Yavuz, 2012).

Doğrusal ve doğrusal olmayan yapıların modellenmesinde kullanılmaktadır. YSA, çözümü güç ve karmaşık olan ya da ekonomik olmayan çok farklı alanlarda kullanılmakta ve genellikle başarılı sonuçlar alınmaktadır. Birkaç örnek vermek gerekirse; arıza analizi ve tespiti, tıp alanında (kanseri tanı koyma, kan analizlerinin sınıflandırılması, kronik hastalıkların tanısını koyduracak risk faktörlerini belirleme vb.), savunma sanayi, haberleşme (iletişim kanallarındaki trafiği kontrol etme), üretim, otomasyon ve kontrol, finans (borsa, hisse senedi fiyatlarının tahmini) gibi alanlarda kullanılmaktadır (Ağyar, 2015).

Yapılan uygulamalar incelendiğinde, YSA' nın genel olarak tahmin, sınıflandırma, veri ilişkilendirme, veri filtreleme, tanıma ve eşleştirme, teşhis ve yorumlama, modelleme gibi işlemlerde kullanıldığı görülmektedir (Ağyar, 2015).

Yapay sinir ağlarının özellikleri kullanılan ağ modeline ve algoritmalarına göre değişir, genel olarak özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir (Karakaya, 2012):

- Yapay sinir ağları makine öğrenimi ile olayları öğrenerek benzer olaylar karşısında benzer kararlar vermeye çalışırlar.
- Yapay sinir ağlarının güvenle çalıştırılabilmesi için önce eğitilmeleri ve performanslarının test edilmesi gerekmektedir.
- Yapay sinir ağlarında bilgi ağın bağlantılarının değerleriyle ölçülmekte ve bağlantılarda saklanmaktadır.

- Ağ, kendisine gösterilen örneklerden genellemeler yaparak görmediği örnekler hakkında bilgi üretebilir.
- Şekil ilişkilendirme ve sınıflandırma yapabilirler.
- Kendi kendini organize etme ve öğrenebilme yetenekleri vardır.
- Sadece nümerik bilgiler ile çalışabilmektedir; sembolik ifadeler ile gösterilen bilgilerin sayısal değerlere çevrilmesi gerekmektedir.
- Belirsiz, tam olmayan bilgileri işleyebilmektedirler.

Yapay sinir ağlarının günümüzde kullanılan diğer bilgi işlem yöntemlerinden farkları aşağıda belirtilmiştir (Tolon ve Tosunoğlu, 2008):

- Paralellik: YSA' da işlemler doğrusal değildir, bu sayede doğrusal olmayan karmaşık problemlerin de çözümlenmesi mümkündür.
- Öğrenebilirlik: Olayları öğrenerek benzer olaylar karşısında benzer karar vermeye çalışırlar.
- Hata Toleransı: YSA' da paralel yapı, ağın sahip olduğu bilginin tüm bağlantılara yayılmasını sağlar. Bilgi, ağdaki bütün bağlantılar üzerine dağılmış durumdadır. Bu nedenle, geleneksel yöntemlere göre hata ayıklama yetenekleri son derece yüksektir.
- Genelleme: YSA kendisine gösterilen örneklerden yola çıkarak görmediği örnekler hakkında da bilgiler üretebilirler.
- Dereceli Bozulma: Ağlar bir eksik ve problem ile karşılaştıklarında hemen bozulmazlar. Hata toleransına sahip oldukları için dereceli bir şekilde bozulurlar.

- Uyarlanabilirlik: Belirli bir problemi çözmek amacıyla eğitilen yapay sinir ağları, problemdeki değişimlere göre tekrar eğitilebilir ve değişimler devamlı ise gerçek zamanda da eğitime devam edilebilir.

YSA' nın avantajlarının yanı sıra bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Bunları kısaca aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür (Tolon ve Tosunoğlu, 2008):

- YSA önceki deneyimlerden öğrenebilir, bir kez eğitildiklerinde yeni bir veri kümesine hemen cevap verebilir.
- YSA verilerden hareketle bilinmeyen ilişkileri akıllıca hemen ortaya çıkarabilir.
- Ağlar doğrusal değildir. Bu nedenle karmaşık problemleri doğrusal tekniklerden daha doğru çözebilirler.
- Bu sistemlerin en önemli sorunu donanım gereksinimidir. YSA' lar paralel işlem yapabilme yeteneğine sahiptir ve bu yüzden paralel çalışan işlemciler ile performans gösterirler.
- YSA' larda uygun veri setinin belirlenebilmesi için herhangi bir kural yoktur. Uygun olan ağ yapısının bulunması deneyim ve deneme yanılma yolları ile belirlenebilmektedir. YSA, kabul edilebilir çözümler üretir fakat en iyi çözümü garanti etmez.
- YSA' ların öğrenme katsayısı, hücre sayısı ve katman sayısı gibi parametrelerin belirlenmesinde belirli kuralları yoktur. Belirli kuralların olmaması ile birlikte her bir veri seti için farklı yaklaşımlar söz konusu olabilir.
- Ağın öğreneceği problemin ağa gösterimi de çok önemli bir problemdir.
- YSA sadece nümerik bilgiler ile çalışmaktadırlar. Modele veriler sunulmadan önce nümerik biçime dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu ise kullanıcının

becerisine bağlıdır. Bu esnada oluşabilecek aksilikler sistemin verimini etkilemekte, bu da doğrudan kullanıcının kabiliyetine bağlı olmaktadır.

- Ağın eğitiminin ne zaman bitirileceğine karar vermek için de geliştirilmiş bir yöntem yoktur. Ağın örnekler üzerindeki hatasının belirli bir değerin altına indirilmesi eğitimin tamamlanması için yeterli görülmektedir.
- Eğitilmek için uzun bir zamana ihtiyaç duyarlar ve bundan dolayı zaman ve para maliyeti yüksektir.
- Farklı sistemlere uyarlanması zor olabilir.
- YSA' lar da problemlerin çözümü sonrasında gerçekleşen olayların nasıl ve neden olduğu ile ilgili bilgi edinilemediğinden, sistemin davranışlarının açıklanması konusunda sıkıntılar yaşanmaktadır.
- Problemlere optimum sonuçları garanti etmez.
- Bir yapay sinir ağını eğitebilmek için çok fazla denemeye ihtiyaç vardır. Eğitme zamanının kısaltılması ise kritik bir durumdur, çünkü yapay sinir ağları ile tahmin yapma bir deneme yanılma sürecidir.

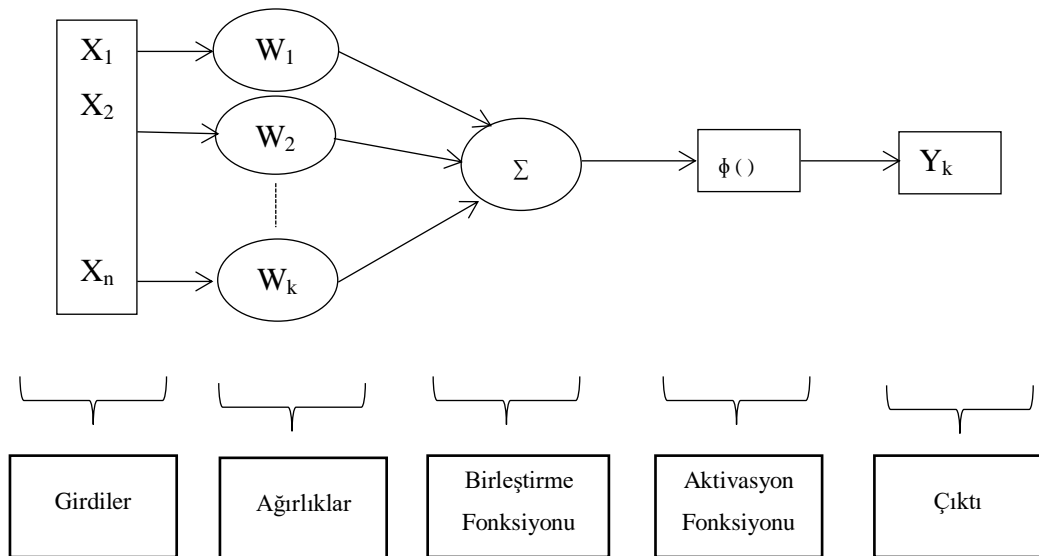
### **3.2.1.Yapay Sinir Ağlarının Temel Elemanları ve Yapısı**

YSA' nın çalışmasına esas teşkil eden en küçük birime, yapay sinir hücresi ya da işlem elemanı denir. Bir yapay sinir hücresi aşağıdaki beş bölümden oluşmaktadır (Masaebi, 2016):

- Girdiler: Yapay sinir hücresine kendinden önceki sinir hücrelerinden veya çevreden gelen bilgilerdir. Bunlar ağın öğrenmesi istenen örnekler tarafından belirlenir.

- Ağırlıklar: Bir yapay sinir hücresine gelen verinin o hücre üzerindeki etkisini gösterir. Her bir bağlantı kendisine ait bir ağırlıkla tanımlanır. Ağırlığı tanımlamak için kullanılan  $W_{jk}$  gösteriminde  $j$  indisi bağlantının geldiği,  $k$  indisi bağlantının ulaştığı nöronu gösterir. Ağırlıkların büyük ya da küçük olması, önemli ya da önemsiz olduğu anlamına gelmez. Bir ağırlığın değerinin sıfır olması o ağ için en önemli olay olabilir. Değerlerin artı veya eksi olması etkisinin pozitif (arttırıcı) veya negatif (azaltıcı) olduğunu, sıfır olması ise herhangi bir etkinin olmadığını gösterir (Öztemel, 2006).
- Birleştirme Fonksiyonu: Bağlantılardan aldığı girişlerin ağırlıklı toplamını bulan fonksiyondur.
- Aktivasyon Fonksiyonu: Nöron çıktısının belli değerler arasında kalmasını sağlar. Aktivasyon fonksiyonu girdi değerlerinin seviyesine bağlı olarak bir nöronun çıktısını belirler.
- Çıktı: Aktivasyon fonksiyonu tarafından belirlenen çıktı değeridir. Bir YSA hücresinin birden fazla girdisi olmasına rağmen tek bir çıktısı vardır (Elmas, 2003).

Yapay sinir hücresinin yapısı Şekil 3.1.'de görüldüğü gibidir.

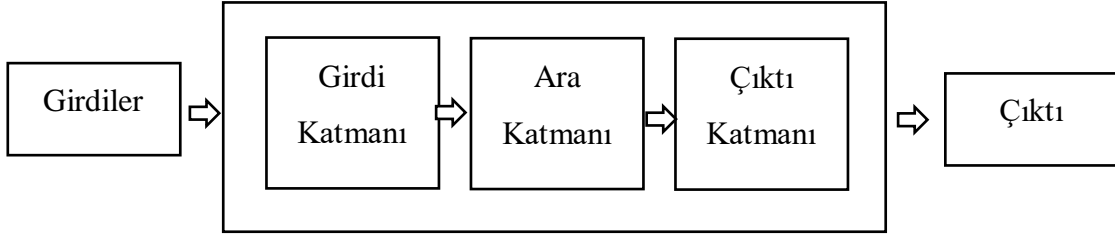


**Şekil 3.1.**Yapay sinir hücresi

YSA, yapay sinir hücrelerinin birbirine bağlanması ile oluşum gösteren yapılardır. Bu sistemde nöronların birbiri ile etkileşime geçtiği ve bağlantı kurduğu üç ana katman bulunmaktadır. Bunlar girdi, gizli ve çıkış katmanlarıdır (Öztemel, 2012).

- Girdi Katmanı: YSA' da tüm işlemlerin başlatılabilmesi için giriş tabakasında kullanılmak istenen veri setinin sisteme girişinin yapıldığı, tanıtıldığı katmandır. Bu katmanda dış dünyadan gelecek giriş sayısı kadar hücrenin bulunmasına rağmen genelde girdiler herhangi bir işleme uğramadan alt katmanlara iletilmektedir.
- Gizli Katmanlar (Ara Katmanlar): Girdi Katmanından çıkan bilgiler bu katmana gelir. Ara katman sayısı ağdan ağa değişebilir. Bazı yapay sinir ağlarında ara katman bulunmadığı gibi bazı yapay sinir ağlarında ise birden fazla ara katman bulunmaktadır. Ara katmanda bulunan nöron sayıları sisteme girişi yapılan verilerin sayısı ya da sistemden elde edilmek istenen çıkış verisi sayısından bağımsızdır. Birden fazla ara katmana sahip olan YSA' da bu katmanların sahip oldukları nöron sayıları da değişkenlik gösterebilir. Ara katmanların ve ara katmanlardaki nöronların sayısının artması hesaplama karmaşıklığına ve işlem süresini arttırmasına rağmen YSA' nın daha karmaşık problemlerin çözümünde de kullanılabilmesini sağlar.
- Çıktı Katmanı: Ara katmandan gelen bilgileri işleyerek ağın çıktılarını üreten katmandır. Bu katmanda üretilen çıkış verileri direk olarak kullanılabilir ya da geri beslemeli ağlarda çıktı tabakasından elde edilen veriler kullanılarak ağ için yeni ağırlık değerleri hesaplanabilir.

YSA' nın yapısı Şekil 3.2' de gösterildiği gibidir.



**Şekil 3.2.** Yapay sinir ağlarının yapısı

Basit bir YSA 'da sadece girdi ve çıktı katmanları bulunmaktadır, tek katmanlı olarak da adlandırılmaktadır. Girdilerin ağırlıklarıyla çarpılıp eşik değeri ile toplanması sonucunda elde edilen değerlerin aktivasyon fonksiyonundan geçirilmesiyle hesaplanır. Tek katmanlı algılayıcıların en önemli problemi doğrusal olmayan olayları öğrenememeleridir. O nedenle bunlar geliştirilmiş ve yeni modeller oluşturulmuştur (Öztemel, 2012) .

Çok katmanlı YSA, doğrusal olmayan ilişkilerin tanımlanmasında kullanılmaktadır. Çok katmanlı ağların çalışma prensibi, tek katmanlı ağlarla aynı şekildedir. Farklı olarak çok katmanlı yapay sinir ağlarında girdi ve çıktı katmanları arasında gizli katmanların bulunmasıdır (Güngör, 2007). Girdi ve çıktı katmanlarında kaç tane proses elemanının olması gerektiğine probleme bakılarak karar verilir. Ara katman sayısı ve her ara katmandaki proses elemanı sayısının kaç olması gerektiğini gösteren bir yöntem yoktur. Bu deneme yanılma yolu ile belirlenmektedir. Girdi katmanındaki proses elemanlarının her birisi ara katmandaki proses elemanlarının hepsine bağlıdır. Onlarda çıktı katmanındaki proses elemanlarının hepsine bağlıdır. Bilgi akışı girdi katmanından ara katmana oradan da çıktı katmanına ileri doğrudur (Öztemel, 2012).

### **3.2.2. Yapay Sinir Ağlarında Eğitim, Test Etme ve Öğrenme**

Yapay sinir ağlarında bağlantıların ağırlık değerlerinin değiştirilmesi işlemine “ağın eğitilmesi” denir. Başlangıçta rasgele atanan bu ağırlık değerleri, ağa gösterilen örneklerle değiştirilmektedir. Eğitimde amaç ağa gösterilen örnekler için doğru çıktıları üretecek ağırlık değerlerinin belirlenmesidir (Öztemel, 2003).



Yapay sinir ağlarında, ağ giriş ve çıkışlarına belirli ön işlem adımları uygulayarak yapay sinir ağına sunulan verilerin eğitimi daha verimli hale getirilebilir. Ağ giriş işlem fonksiyonları, ağ kullanımını daha iyi bir forma dönüştürür. Normalleştirme işlemi ham verilere uygulanarak ve bu verilerin eğitim için uygun veri setinin hazırlanmasına etkisi vardır. Yapay sinir ağların eğitimi, ham veri setine normalizasyon yöntemi uygulanmadan çok yavaş olabilir. Verilerin normalizasyonu için seçilen yöntem YSA performansını doğrudan etkilemektedir; çünkü normalizasyon, veri setindeki değerlerin dağılımını düzenli hale getirmektedir. YSA girdileri arasında aşırı büyük veya küçük değerler görülebilir. Bunlar yanlışlıkla girdi setine girmiş olabilir. Net girdiler hesaplanırken bu değerler aşırı büyük veya küçük değerlerin doğmasına neden olarak ağı yanlış yönlendirebilirler. Bütün girdilerin belirli aralıkta (çoğunlukla 0-1 aralığında) ölçeklendirilmesi hem farklı ortamlardan gelen bilgilerin aynı ölçek üzerine indirgenmesine hem de yanlış girilen çok büyük ve küçük şekildeki değerlerin etkisinin ortadan kalkmasına neden olur (Yavuz ve Deveci, 2012).

Normalleştirme işlemlerinde farklı teknikler kullanılabilir. En sık kullanılan normalizasyon formülleri aşağıdaki belirtilmiştir (Hamzaçebi, 2011):

- [0,1] aralığına doğrusal dönüşüm:

$$X' = \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (3.8)$$

$X_i$  'ler sabit bağımsız değişkeni,  $X_{\min}$  bağımsız değişkenin minimum değerini,  $X_{\max}$  bağımsız değişkenin maksimum değerini ifade etmektedir.

- [a,b] aralığına doğrusal dönüşüm:

$$X' = (b-a) \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} + a \quad (3.9)$$

- Basit normalizasyon:

$$X' = \frac{X_i}{X_{\max}} \quad (3.10)$$

- İstatistiksel normalizasyon:

$$X' = \frac{X_i - \bar{X}}{s} \quad (3.11)$$

Burada s Girdi setinin standart sapmasını ifade etmektedir.

Normalleştirme işlemi ham verilere uygulanarak verilerin eğitim için uygun veri setine dönüştürülmesi sağlanır.

Ağın eğitilmesi için algoritma hızını etkileyen parametrelerin doğru belirlenmesi gereklidir. Bu parametreler; öğrenme oranı (LR), momentum (M) , nöron sayısı ve gizli katman sayısıdır (Güç, 2016):

- Öğrenme Oranı ( $\eta$ ): Ağırlıkların zamanla değişimindeki hızı kontrol eder. Ağ performansı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir.
- Momentum ( $\mu$ ): Bir önceki iterasyondaki değişimin belirli bir oranının yeni değişim miktarına eklenmesine momentum katsayısı denir. Her bir hatanın ayarlanması için gerekli iterasyon sayısını kontrol eder Momentumu ifade eden belirli bir kural yoktur, hatayı en küçükleyecek şekilde ayarlanır.
- Nöron Sayısı: YSA' nın her katmanında bulunur. Bir ara katmanda kullanılacak nöron sayısının olabildiğince az olması makbuldür. Nöron sayısının az olması YSA' nın genelleme yeteneğini arttırmaktadır. Gereğinden fazla olması ağın verileri ezberlemesine yol açabilmektedir.

- Gizli Katman Sayısı: Çok katmanlı bir YSA modelinde; giriş katmanı, gizli katman ve çıkış katmanı olmak üzere en az üç katman bulunmaktadır. Gizli katmanın yapısını belirlemede analitik bir yöntem bulunmamaktadır. Kişisel tecrübe ve deneme yanılma yöntemi ile uygun çözüm bulunmaya çalışılır.

Ağın doğru ağırlık değerlerine ulaşması örneklerin temsil ettiği olay hakkında genellemeler yapabilme yeteneğine kavuşması işlemine ağın öğrenmesi denir. En yaygın kullanılan öğrenme algoritması, geri yayılma (Backpropagation) algoritmasıdır. Geri yayılma öğrenme kuralı, ağ çıkışındaki mevcut hata düzeyine göre, her bir katmandaki (giriş, gizli, çıkış) ağırlıkları yeniden hesaplamak için kullanılmaktadır. Geri yayılmalı ağ modelinde, giriş, gizli ve çıkış olmak üzere üç tip katman bulunmakla birlikte, gizli katman sayısı problemin yapısına bağlı olarak arttırılabilir (Aksoy, 2005).

Bir girdi verisi, ağın ilk katmanında yer alan nöronlara uygulandığında, en üst katman olan çıkış katmanına erişinceye kadar, bu veri üzerinde çeşitli işlemler gerçekleştirilir. Bu işlemlerin sonucunda elde edilen çıktı, olması gereken çıktı ile karşılaştırılır ve aradaki fark her çıktı nöronu için hata sinyali olarak hesaplanır. Hesaplanan hata sinyalleri, her çıktı nöronuna karşı gelen ara katmandaki nöronlara aktarılır. Böylece ara katmandaki nöronların her biri toplam hatanın sadece hesaplanan bir kısmını içerir. Bu süreç, her katmandaki düğümler toplam hatanın belirli bir kısmını içerecek şekilde, giriş katmanına kadar tekrarlanır. Elde edilen hata sinyalleri temel alınarak, bağlantı ağırlıkları her nöronda yeniden düzenlenir. Bu düzenleme ile tüm verilerin genellemesinin yapıldığı bir duruma ağ yakınsamış olur (Aksoy, 2005).

İleri besleme aşamasında, girdi katmanındaki nöronlar, girdi verisini doğrudan gizli katmana iletirler. Gizli katmandaki her bir nöron, kendi girdi değerini ağırlıklandırarak, toplam değer hesaplar ve bunu transfer fonksiyonundan geçirerek bir sonraki katmana iletir. Katmanlar arasındaki ağırlıklar başlangıçta rastgele seçilir (Aksoy, 2005).

Çıktı katmanındaki her bir nöron, ağırlıklandırılmış değeri hesaplandıktan sonra, hesaplanan değer transfer fonksiyonu ile karşılaştırılarak mevcut hata en küçüklenmeye

çalışılır. Hata değeri istenen seviyeye ininceye kadar, iterasyonlara devam edilir ve böylece ağı eğitimi tamamlanmış olur (Aksoy 2005).

YSA'nın eğitimi tamamlandıktan sonra, ağı öğrenip öğrenmediği test edilir. Test aşamasında, ağı eğitim esnasında görmediği örnekler kullanılır. Test işlemi sırasında ağırlıklar değiştirilmez, eğitim sırasında belirlenen ağırlıklar kullanılarak, ağı daha önce görmediği girdiler için çıktılar üretir. Ağı ürettiği çıktılar doğruluk değeri ağı performansı ile ilgili bilgi verir. Sonuç ne kadar iyi olursa eğitimin performansı da o kadar iyi demektir (Öztemel, 2003).

Eğitim ve test verilerinin belirlenmesine yönelik az da olsa öneriler vardır. Birçok araştırmacı % 90, % 10 veya % 80, % 20 ya da % 70, % 30 kuralını temel alan bir yöntem izlemiştir (Zhang ve Patuwo, 1998).

### **3.2.3.Yapay Sinir Ağları Modelleme Adımları**

Bir YSA'nın başarılı olabilmesi için ağı iyi tasarlanması gerekmektedir. Bir sinir ağı modeli oluşturmak için nöronların bağlantı şekli, işlemci elemanlarının kullandıkları birleştirme ve aktivasyon fonksiyonları, öğrenme metodu, öğrenme kuralı ve algoritması belirlenmelidir. Kurulan modelin başarısı, modelin tasarımına bağlıdır.

YSA'nın geliştirilmesi sürecinde ağı yapısına ve işleyişine ilişkin aşağıdaki kararların verilmesi gerekir (Masaebi, 2016):

- YSA ağı yapısının seçimi,
- Öğrenme algoritmasının seçimi,
- Gizli katman sayısının belirlenmesi,
- Nöron sayısının belirlenmesi,
- Normalizasyon,
- Performans fonksiyonunun seçimi

YSA'nın tasarım sürecinde ađ yapısının sečilmesi, uygulama problemine bağlı olarak sečilmelidir. Uygun YSA yapısının seçimi, büyük ölçüde ađda kullanılması düşünölen öğrenme algoritmasına da bağlıdır (Masaebi 2016).

Katman ve nöron sayısının belirlemenin en iyi yolu, denemeler yaparak en uygun yapının ne olduğuna karar vermektir (Ballı, 2014).

## **4. BULGULAR**

Sanayi ve teknolojinin gelişmesiyle elektrik enerjisine olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Artan bu ihtiyacı karşılayabilecek kaynaklar ise gün geçtikçe azalmaktadır. Enerji talep tahmini, işletmelerin enerji israflarını azaltarak, kazançlarını arttırabilecek ve işletmelere rekabet imkanı oluşturacak bir uygulamadır.

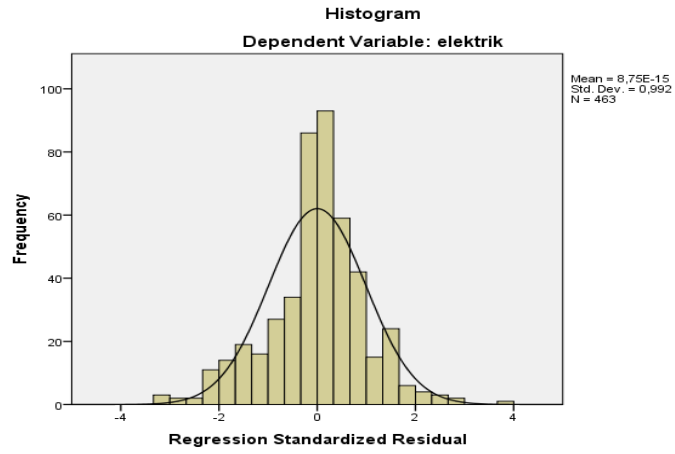
### **4.1. Enerji Talep Tahmini Probleminin Tanımlanması**

Çalışmada mevsimsel ürün üretimi gerçekleştiren bir gıda işletmesi ele alınarak geçmişe dönük on sekiz aylık günlük veriler kullanılarak enerji talep tahmini yapılmıştır. Enerji tüketimini etkileyen parametreleri belirlemek için ürün çeşitleri ve takip edilebilen değişkenler incelenmiştir. Ürün çeşitliliğinin fazla olması yapılacak olan tahmin modelini karmaşıklaştıracağı için aynı bantta üretilen, üretim prosesi ve enerji tüketimleri aynı olan ürünler uzman görüşleri ve geçmiş çalışmalar dikkate alınarak gruplandırılmıştır. Bu gruplandırma sonucunda enerji talep tahmin modeli için kullanılan parametreler; tesiste üretilen kırma miktarı (mısırın ham hali), kuru früktoz miktarı, früktoz miktarı, glikoz miktarı, doğal nişasta miktarı, modifiye nişasta miktarı ve hava sıcaklığı olarak belirlenmiştir. Enerji tüketim miktarını etkileyen parametreler belirlenmiş ve bu parametrelerin enerji tüketim miktarı ile ilişkisini ortaya çıkaracak model geliştirilmeye çalışılmıştır.

### **4.2. Kantil Regresyon Uygulaması**

Regresyon modeli uygulaması için varsayımlar SPSS paket programı kullanılarak kontrol edilmiştir.

- 1.Varsayım: Tahmin hataları tesadüfidir ve normal dağılım gösterirler.



**Şekil 4.1.** Tahmin Hatalarının dağılım grafiği

Şekil 4.1.'deki tahmin hatalarının grafiği incelendiğinde 1.varsayımın sağlandığı görünmektedir.

- 2.Varsayım: Hata terimleri arasında otokorelasyon yoktur.

**Çizelge 4.1.** Otokorelasyon tablosu

| Model | R                 | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate | Durbin-Watson |
|-------|-------------------|----------|-------------------|----------------------------|---------------|
| 1     | ,935 <sup>a</sup> | ,874     | ,872              | ,094256                    | 2,322         |

Regresyon analizinde hata terimlerinin (residual) birbirinden bağımsız olduğu varsayımı, Durbin-Watson katsayısı ile test edilir. Hata terimlerinin birbirlerini etkileyip etkilemedikleri yani otokorelasyon sonuçları elde edilmeye çalışılır. Durbin-Watson değeri 0 ile 4 arasında değişmektedir. Yani otokorelasyon yoktur. Çizelge 4.1. incelendiğinde 2.varsayımın sağlandığı görünmektedir.

- 3.Varsayım: Değişkenler arasında çoklu bağlantı problemi yoktur.

**Çizelge 4.2.** Çoklu bağlantı tablosu

| Model |            | Sum of Squares | df  | Mean Square | F       | Sig.              |
|-------|------------|----------------|-----|-------------|---------|-------------------|
| 1     | Regression | 27,965         | 7   | 3,995       | 449,672 | ,000 <sup>b</sup> |
|       | Residual   | 4,042          | 455 | ,009        |         |                   |
|       | Total      | 32,007         | 462 |             |         |                   |

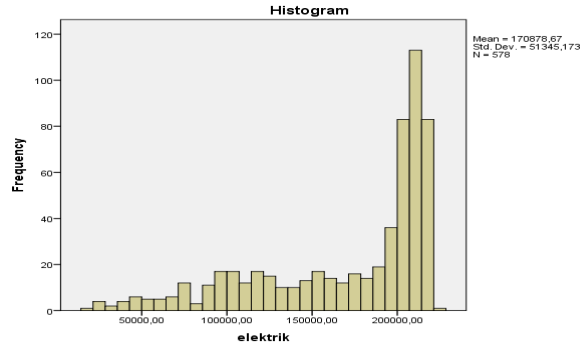
Ho: Değişkenlerin ortalamaları arasında önemli bir fark yoktur.

H<sub>1</sub>:Değişkenlerin ortalamaları arasında önemli bir fark vardır.

Buna göre Ho hipotezi red edilir, yani değişkenlerin ortalamaları arasında önemli bir fark vardır denilebilir. Ho hipotezinin red edilmesi modelin bir bütün olarak her düzeyde anlamlı olduğunu gösterir. Çizelge 4.2.'deki tablo incelendiğinde 3.varsayımın da sağlandığı görünmektedir.

- 4.Varsayım: Bağımlı değişken normal dağılım göstermelidir.

Günlük enerji tüketim verilerinin histogramı çizilerek Şekil 4.2. de belirtilmiştir. Şekil 4.2' de yer alan histogram incelendiğinde, verilerin sağa çarpık dağılım gösterdiği, normallik varsayımını sağlamadığı belirlenmiştir.

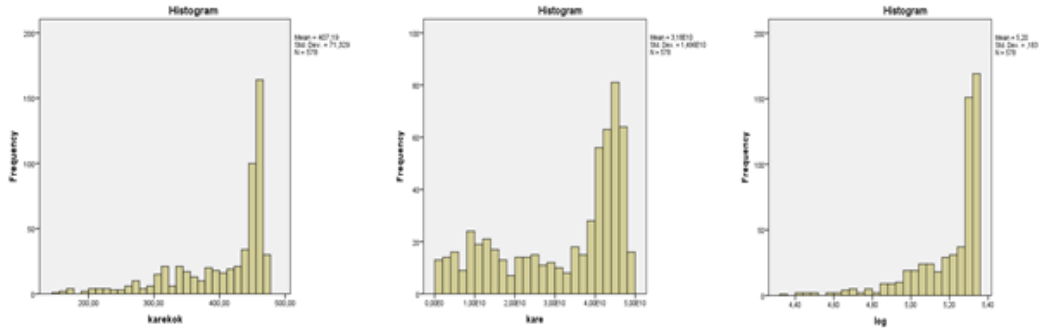


**Şekil 4.2.** Enerji tüketim verileri(açıklanan değişken) dağılım grafiği

Normal dağılım göstermeyen verileri, normal dağılım gösterecek şekilde dönüştürmek gerekir. Çünkü yapılan birçok testin uygulanabilmesi için, dağılımın normal ya da normale yakın olması gerekir. Dönüşüm için logaritmik, karekök, 1/y vb. şeklinde uygulamalar bulunmaktadır (Koğar, 2010).



Çalışmada  $Y$  açıklanan değişkenine, tüm bu dönüşüm uygulamaları yapılmasına rağmen normal dağılım göstermemiştir. Dönüşüm grafikleri Şekil.4.3.' de gösterilmiştir.



**Şekil 4.3.** Enerji tüketim verileri(açıklanan değişken) dönüşüm grafikleri

Çalışmada  $Y$  açıklanan değişkenine, dönüşüm uygulanmasına rağmen normal dağılım göstermemesi sebebiyle çoklu doğrusal regresyon metodu uygulanamamış, alternatif olarak sunulan regresyon yöntemlerinden olan “Kantil Regresyon” uygulanmıştır.

Kantil regresyon analizi için R paket programı kullanılmıştır. Enerji tüketimi bağımlı değişkenine; bağımsız değişkenlerin etkilerinin farklı kantillerde ( $\tau = 0,25; 0,50; 0,75$ ) incelemesi yapılmıştır. Oluşturulan her bir kantil regresyon modelinin parametrelerini test etmek için oluşturulan,

$$H_0: B_j=0$$

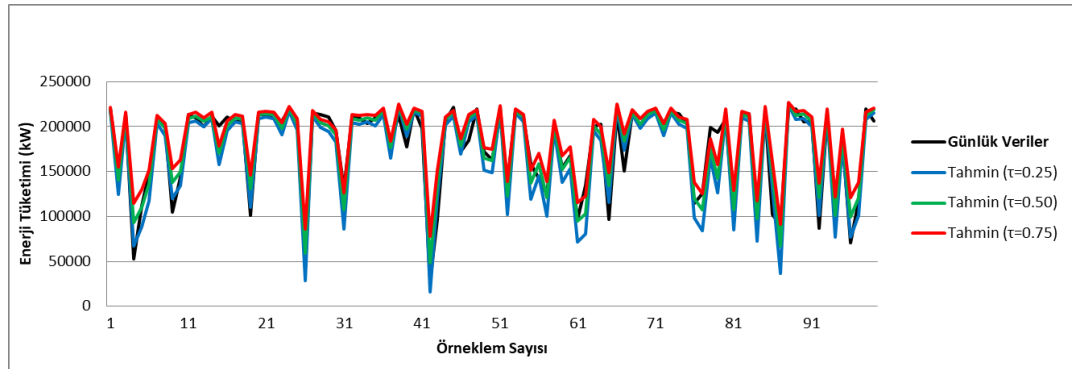
$$H_1: B_j \neq 0 \quad j=0,1,2,3$$

hipotezi için  $p$  değerleri incelendiğinde,  $p < \alpha$  (anlam düzeyi  $\alpha=0,05$ ) ise değişkenlerin katsayılarının modele katkısının anlamlı olduğu sonucuna varılır. Uygulamaya ilişkin farklı kantil değerlerine ilişkin model özet tablosu Çizelge 4.3' de verilmiş olup, veriler incelendiğinde, incelemesi yapılan tüm kantil değerlerinde, enerji tüketimi bağımlı değişkenine, kırma, kuru früktoz, früktoz, glikoz, doğal nişasta, modifiye nişasta üretim miktarları ve hava sıcaklığı bağımsız değişkeninin etkisi olduğu tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.3.** Model özet tablosu

| YÖNTEM                                 | $\tau = 0,25$       |            | $\tau = 0,50$       |            | $\tau = 0,75$       |            |
|--|---------------------|------------|---------------------|------------|---------------------|------------|
|  | Regresyon Katsayısı | $p$ değeri | Regresyon Katsayısı | $p$ değeri | Regresyon Katsayısı | $p$ değeri |
| <b>Intercept(<math>\beta_0</math>)</b> | 17724,81            | 0,00281    | 51395,89            | 0          | 8077,97             | 0          |
| <b>Kırma</b>                           | 90,69               | 0          | 77,27               | 0          | 64,69               | 0          |
| <b>Kuru Fruktoz</b>                    | 67,82               | 0          | 58,98               | 0          | 52,26               | 0          |
| <b>Fruktoz</b>                         | 51,86               | 0,00002    | 30,06               | 0,00013    | 32,22               | 0,00265    |
| <b>Glikoz</b>                          | 38,08               | 0,00137    | 33,48               | 0,00008    | 17,39               | 0,06496    |
| <b>Doğal Nişasta</b>                   | 87,75               | 0          | 73,03               | 0          | 60,57               | 0          |
| <b>Modifiye Nişasta</b>                | 103,96              | 0          | 86,13               | 0          | 68,95               | 0          |
| <b>Hava</b>                            | -162,21             | 0,07319    | -211,68             | 0,00003    | -175,13             | 0,00916    |
| <b>MSE</b>                             | 474 505 476,5       |            | 326 835 872,7       |            | 511 276 211         |            |

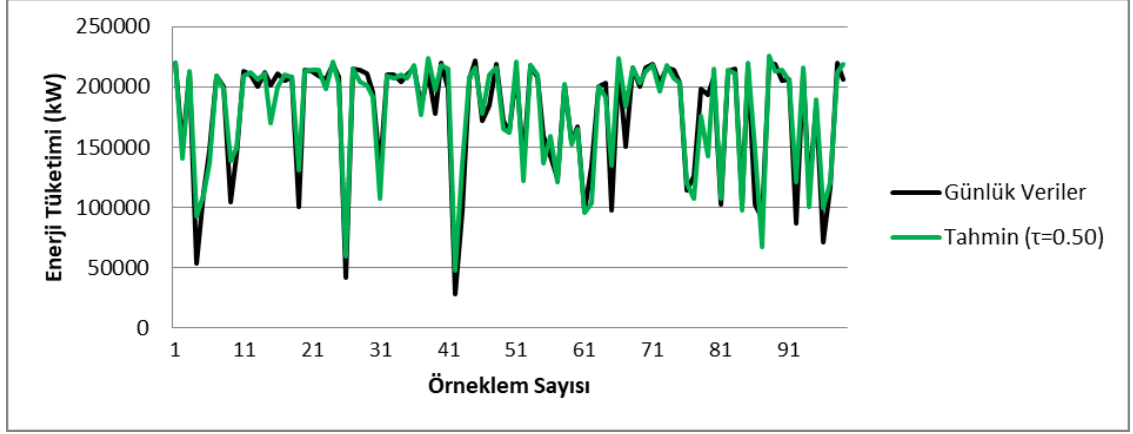
Modelin farklı kantillerde elde edilen tahmin değerleri ve gerçek değerler arasındaki ilişki grafiksel olarak Şekil 4.4’de gösterilmiştir.



**Şekil 4.4.** Tahmin ve gerçek değerler arasındaki ilişki

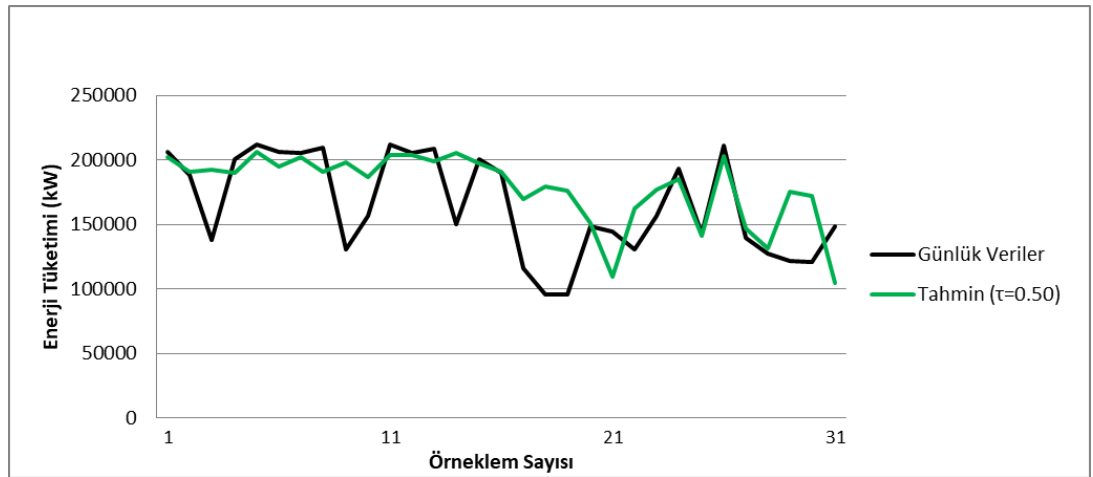
Modeller arasında en düşük MSE değerine sahip olan iyi bir modeldir. Farklı  $\tau$  değerleri için MSE hesaplandığında en uygun modelin  $\tau = 0,5$  modeli olduğu belirlenmiştir.

Gerçek değerler ile  $\tau = 0,5$  tahmin modeli arasındaki ilişki grafiği Şekil 4.5’de gösterilmiştir.



**Şekil 4.5.** Gerçek değerler ve  $\tau = 0.5$  tahmin modeli değerleri arasındaki ilişki

Oluşturulan regresyon modelinin doğruluğunu sınamak için, model oluşturmada kullanılmayan veriler için de enerji tüketim tahmini gerçekleştirilmiştir. Tahmin modelinin, farklı veri setleri için de bulunan hata değerine yakın sonuçlar üretmesi beklenir. İşletmeye ait farklı bir aya ait veri seti uygulanarak test edilmiştir. Test veri seti için tahmin değerleri ve gerçek değerler arasındaki ilişki Şekil 4.6.' de yer almaktadır.



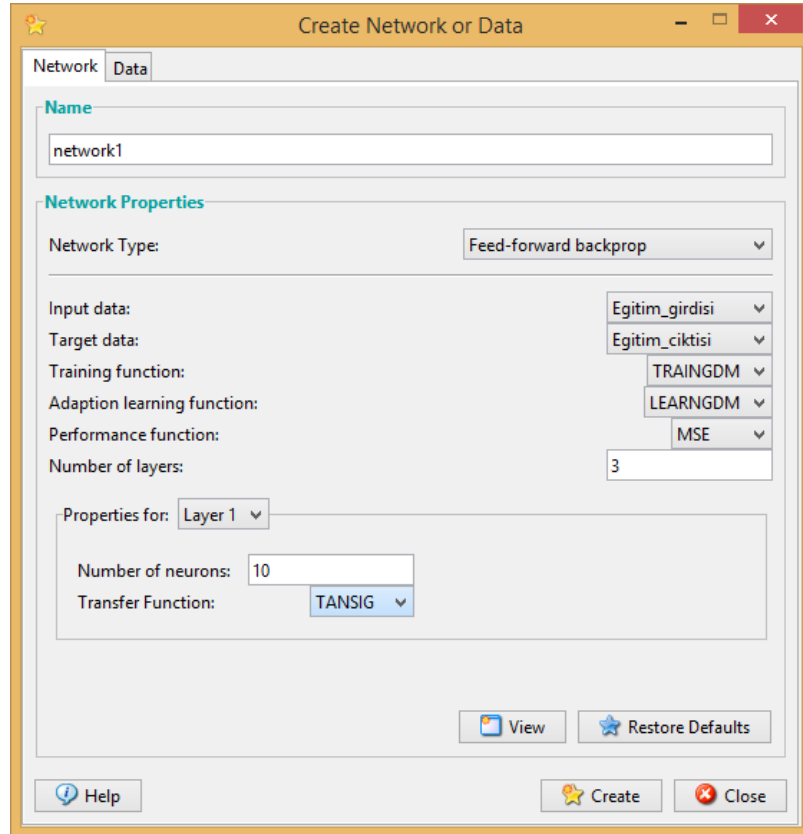
**Şekil 4.6.** Gerçek test değerleri ve  $\tau = 0.5$  tahmin modeli değerleri arasındaki ilişki

Test sonucunda MSE değerinin ve veri setindeki değişkenlik arttıkça oluşturulan modelin bu değişkenliği takip etmede yeterli olmadığı tespit edilmiştir. Bu sebeple kullanılan veri seti için istatistiksel yöntem yetersiz kaldığından YSA modeli oluşturulmuştur.

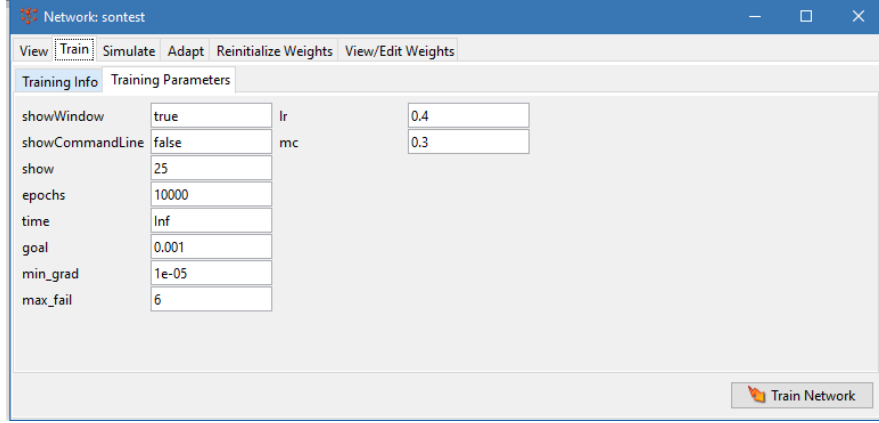
### 4.3.Yapay Sinir Ağları Uygulanması

Ağın tasarımı ve eğitimi için MATLAB programının “nntool” komutu kullanılarak işlemler yapılmıştır. Nntool içerisinde yer alan Backpropagation modülündeki fonksiyonlar kullanılmıştır. MATLAB programında ileri beslemeli ağın oluşturulması için “newff” fonksiyonu, ağın eğitimi için ise geri yayılma algoritmasında momentumu kullanarak gradyan azaltma tekniğini uygulayan “traingdm” fonksiyonu kullanılmıştır. Ayrıca “traingdm” fonksiyonu, öğrenme parametresi ve momentum değerlerinin değiştirilmesine de imkan vermektedir.

Matlab’ ta ağ oluşturma penceresi Şekil 4.7’ de ve parametre değerlerinin belirlenmesi ekranı Şekil 4.8’da gösterilmektedir.



Şekil 4.7.Matlab’ ta ağın oluşturulması



**Şekil 4.8.** Matlab' ta ağıın parametrelerinin oluşturulması

Eğitim ve doğrulama verileri: Eğitim ve doğrulama verileri için Ek-1 ve Ek2'de yer alan tablolardaki veriler kullanılmıştır.

Çalışmada çok katmanlı ileri beslemeli geri yayılım algoritması kullanılmış olup, iterasyon sayısı 10 000 ve hata oranı 0,001 olarak sabit tutulmuştur. Yapay sinir ağları çalışmalarının genelinde olduğu gibi bu çalışmada da verilerin %80 i eğitim, %20 si test amaçlı ayrılmıştır. Veri setinde bazı değerlerin çok küçük, bazılarının ise çok büyük değerlere sahip olması, veriler arasındaki uzaklıkların özellikle uç verilerin sonuçlar üzerinde daha etkin olacağını göstermektedir. Bu sebeple verilere normalizasyon işlemi uygulanmaktadır. Normalleştirme işlemiyle, eğitim giriş setindeki her bir parametrenin, modelin tahmin işlemine eşit ölçüde katkıda bulunması sağlanır. Normalize edilmeyen veri seti ile bir ağı eğitmek hem ağıın eğitim süresini uzatacak hem de ağıın verimini düşürecektir.

Normalizasyon tekniği kullanılarak, tüm veriler [0,1] arasında normalize edilmiş ve kullanıma hazır hale getirilmiştir. Verileri normalize etmek için Min-Max yöntemi kullanılmıştır ( Yavuz, 2012).

$$X' = \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (4.1)$$

Çalışma kapsamında oluşturulan tüm modeller giriş katmanı, çıktı katmanı ve gizli katmandan oluşmuştur. Girdi katmanı yedi hücreden, çıktı katmanı ise bir hücreden oluşmaktadır. YSA ağ yapısının belirlenmesinde önemli dört parametre vardır. Bunlar; öğrenme oranı (LR), momentum (M), Nöron Sayısı ve Gizli Katman Sayısıdır(GKS). YSA tasarımında önemli olan bu dört faktör için denemeler yapılarak en uygun modeli bulmaya çalışılmıştır.

#### 4.3.1. Yapay Sinir Ağları Modelleri Denemeler

YSA ağ yapısının belirlenmesi için önemli dört parametre vardır. Bunlar; öğrenme oranı (LR), momentum (M), nöron sayısı ve gizli katman sayısıdır (GKS). En uygun modeli bulmak için denemeler yapılarak parametrelerin hangi aralıkta uygun sonuç verdiği gözlemlenmiştir. Temel değerler momentum için 0,5; öğrenme oranı için 0,5; nöron sayısı için 10 ve gizli katman sayısı 2 olarak alınmıştır. Diğer parametreler sabit tutularak, ilgili parametre değiştirilmiş ve ağın ürettiği hata incelenmiştir. Hata oranı en düşük olan değerler dikkate alınmıştır. Hücre sayısı, momentum katsayısı ve öğrenme katsayısındaki değişimler tahmin sonuçlarını etkilemektedir. Bu yüzden çok fazla deneme yapıp sonuçları karşılaştırılmıştır.

#### 4.3.2. Momentum Katsayısının Belirlenmesi

YSA parametrelerinin belirlenmesinde, momentuma 0,1- 0,9 arasında değerler verilmiş ve bu değerlere göre ağın çıktı üretmesi istenmiş ve Çizelge 4.4' de gösterilmiştir.

**Çizelge 4.4.** Momentum katsayısının belirlenmesi

| Ağ Numarası | M   | LR  | NS | GKS | MSE    |
|-------------|-----|-----|----|-----|--------|
| network1    | 0,1 | 0,5 | 10 | 2   | 0,0146 |
| network2    | 0,2 | 0,5 | 10 | 2   | 0,0069 |
| network3    | 0,3 | 0,5 | 10 | 2   | 0,0079 |
| network4    | 0,4 | 0,5 | 10 | 2   | 0,0072 |
| network5    | 0,5 | 0,5 | 10 | 2   | 0,0084 |
| network6    | 0,6 | 0,5 | 10 | 2   | 0,0083 |
| network7    | 0,7 | 0,5 | 10 | 2   | 0,0088 |
| network8    | 0,8 | 0,5 | 10 | 2   | 0,0093 |
| network9    | 0,9 | 0,5 | 10 | 2   | 0,01   |

Yapılan denemeler sonucunda momentum katsayısının en uygun değeri 0,2 – 0,4 arasında olduğu bulunmuştur.

### 4.3.3. Öğrenme Katsayısının Belirlenmesi

YSA parametrelerinin belirlenmesinde, öğrenme oranı için 0,1-0,9 arasında değerler verilmiş ve bu değerlere göre ağıın çıktı üretmesi istenmiş Çizelge 4.5’ de gösterilmiştir.

Çizelge 4.5. Öğrenme katsayısının belirlenmesi

| Ağ Numarası | M   | LR  | NS | GKS | MSE    |
|-------------|-----|-----|----|-----|--------|
| network10   | 0,5 | 0,1 | 10 | 2   | 0,0078 |
| network11   | 0,5 | 0,2 | 10 | 2   | 0,0082 |
| network12   | 0,5 | 0,3 | 10 | 2   | 0,0082 |
| network13   | 0,5 | 0,4 | 10 | 2   | 0,0069 |
| network18   | 0,5 | 0,5 | 10 | 2   | 0,0068 |
| network14   | 0,5 | 0,6 | 10 | 2   | 0,0068 |
| network15   | 0,5 | 0,7 | 10 | 2   | 0,0083 |
| network16   | 0,5 | 0,8 | 10 | 2   | 0,0094 |
| network17   | 0,5 | 0,9 | 10 | 2   | 0,0075 |

Yapılan denemeler sonucunda öğrenme katsayısının en uygun değeri 0,4 – 0,6 arasında olduğu bulunmuştur.

### 4.3.4. Nöron Sayısının Belirlenmesi

Nöron sayısının kaç seviye ile temsil edeceği belirlenirken nöron sayısına 6’dan 14’e kadar farklı değerler verilmiş ve çıkan hata gözlenmiştir. İki gizli katmanda oluşabilecek tüm kombinasyonlar dikkate alınmış ve Çizelge 4.6’ de gösterilmiştir.

**Çizelge 4.6.** Nöron sayısının belirlenmesi

| Ağ Numarası | M   | LR  | NS | GKS | MSE    |
|-------------|-----|-----|----|-----|--------|
| network19   | 0,5 | 0,5 | 6  | 2   | 0,01   |
| network20   | 0,5 | 0,5 | 7  | 2   | 0,0079 |
| network21   | 0,5 | 0,5 | 8  | 2   | 0,0083 |
| network22   | 0,5 | 0,5 | 9  | 2   | 0,0088 |
| network23   | 0,5 | 0,5 | 10 | 2   | 0,0067 |
| network24   | 0,5 | 0,5 | 11 | 2   | 0,0072 |
| network25   | 0,5 | 0,5 | 12 | 2   | 0,0078 |
| network26   | 0,5 | 0,5 | 13 | 2   | 0,0079 |
| network27   | 0,5 | 0,5 | 14 | 2   | 0,008  |

Yapılan denemeler sonucunda 2 gizli katmanda bulunan toplam nöron sayısının en uygun değeri 10-12 arasında olduğu bulunmuştur.

#### 4.3.5. Gizli Katman Sayısının Belirlenmesi

Gizli katman sayısı için 1 ve 2 gizli katman için denemeler yapılmıştır.

Oluşturulan tablolar sonucunda momentum, öğrenme oranı, nöron sayısı ve gizli katman sayısının üç seviyede temsil edilebileceğine karar verilmiştir. Böylece momentum için 0,2 - 0,3 - 0,4 seviyeleri, öğrenme oranı için 0,4 - 0,5 - 0,6 seviyeleri, nöron sayısı için 10-11-12 değerleri ve gizli katman sayısı için de 1-2 seviyeleri seçilmiştir. Her faktörün üç seviyesinde ortalama çıktı gözlenmiş ve sonuçları Çizelge 4.7’ de gösterilmiş, çalışmanın ayrıntısı Ek-3’te gösterilmiştir.

**Çizelge 4.7.** Gizli katman sayısının belirlenmesi

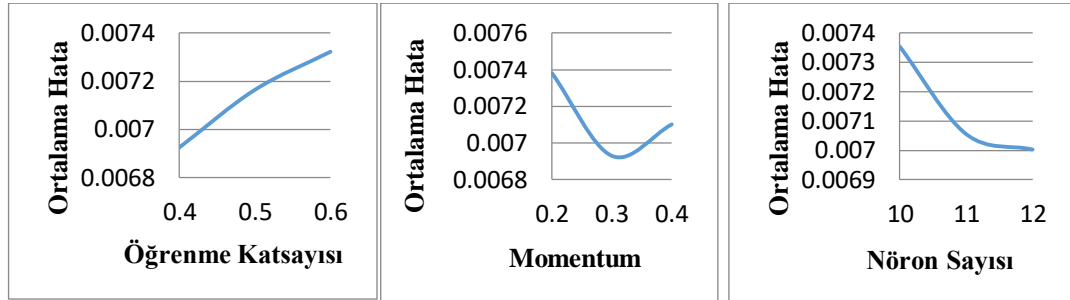
| GKS |   | 10  |         |         |         | 11 |         |         |         | 12 |         |         |         |
|-----|---|-----|---------|---------|---------|----|---------|---------|---------|----|---------|---------|---------|
|     |   | LR  | 0,4     | 0,5     | 0,6     | M  | 0,4     | 0,5     | 0,6     | M  | 0,4     | 0,5     | 0,6     |
| 1   | M | 0,2 | 0,00786 | 0,00911 | 0,011   |    | 0,00816 | 0,00756 | 0,00874 |    | 0,0077  | 0,00617 | 0,00741 |
|     |   | 0,3 | 0,00704 | 0,00687 | 0,0072  |    | 0,00776 | 0,00747 | 0,00687 |    | 0,00771 | 0,00861 | 0,00772 |
|     |   | 0,4 | 0,00732 | 0,00778 | 0,00803 |    | 0,00732 | 0,00697 | 0,007   |    | 0,00671 | 0,00856 | 0,0078  |
| 2   |   | 0,2 | 0,00694 | 0,00672 | 0,00661 |    | 0,0066  | 0,00618 | 0,00669 |    | 0,00602 | 0,0073  | 0,00608 |
|     |   | 0,3 | 0,00611 | 0,00688 | 0,0068  |    | 0,00648 | 0,00701 | 0,00564 |    | 0,00514 | 0,00648 | 0,00695 |
|     |   | 0,4 | 0,00636 | 0,00667 | 0,00707 |    | 0,00705 | 0,00619 | 0,00731 |    | 0,00638 | 0,00643 | 0,00688 |

Çizelge 4.7’ de belirtilen parametreler; öğrenme oranı (LR), momentum (M), nöron sayısı ve gizli katman sayısıdır (GKS).



Yapılan denemeler sonucunda tez çalışmasında kullanılan veriler için ağ tasarımı ile ilgili aşağıda belirtilen çıkarımlara ulaşılabilir ve Şekil 4.9.'de grafiksel olarak gösterilmektedir.

- Öğrenme katsayısı arttıkça hata değeri artar.
- Hata oranının en düşük olduğu değer momentumun 0,3 olduğu değerdir. 0 ile 0,3 momentum değerleri arasında hata değeri azalmaktadır. 0,3' ten büyük momentum değerleri için hata oranı artmaktadır.
- Nöron sayısı arttıkça hata değeri azalır.

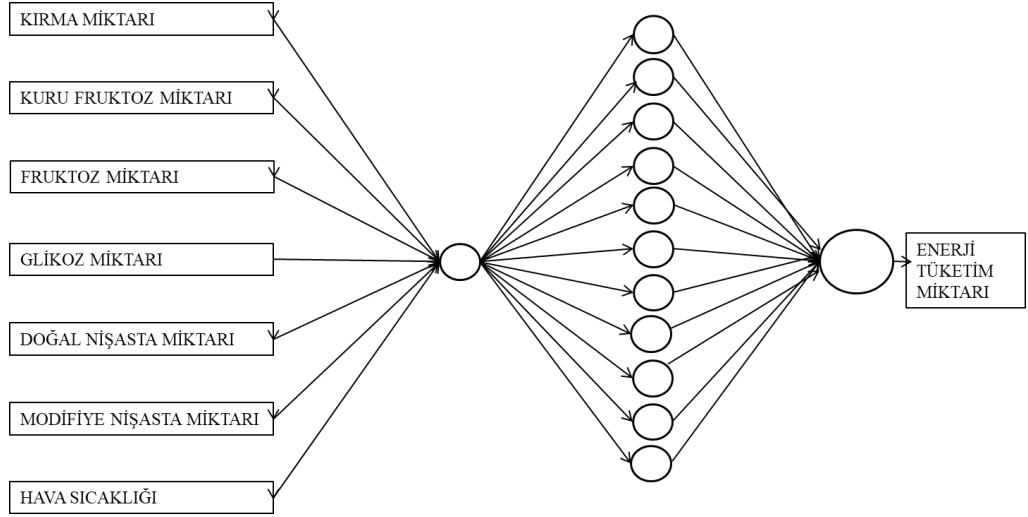


Şekil 4.9. Ortalama hata ve parametreler arasındaki ilişki

Gizli katman sayısı için öncül grafik çizilmemiştir. Bunun nedeni tez çalışmasında da gizli katman sayısı 1-3 arasında sınırlandırılmıştır. Literatürde üçten fazla gizli katman sayısının kullanılması pek önerilmemektedir ( Anonim, 2008).

Yapılan denemeler sonucunda en iyi sonucu iki gizli katmanlı, momentum katsayısının 0,4; öğrenme katsayısı 0,3; nöron sayısı 12 olan yapay sinir ağı vermektedir. Bu modelin MSE değeri 0,00514 tür.

Yapay sinir ağlarının uygulanmasında, enerji talep tahmini için YSA yapısı oluşturularak Şekil 4.10' de belirtilmiştir.

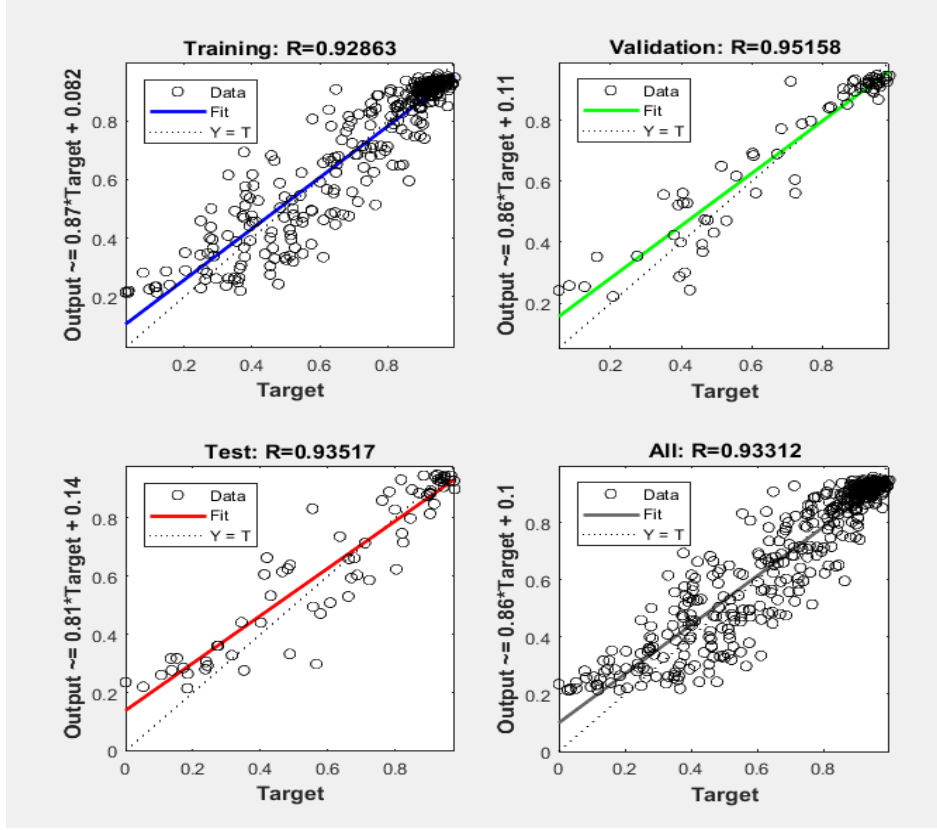


**Şekil 4.10.** Enerji talep tahmini için oluşturulan YSA yapısı

#### 4.3.6. Ağı Test Edilmesi

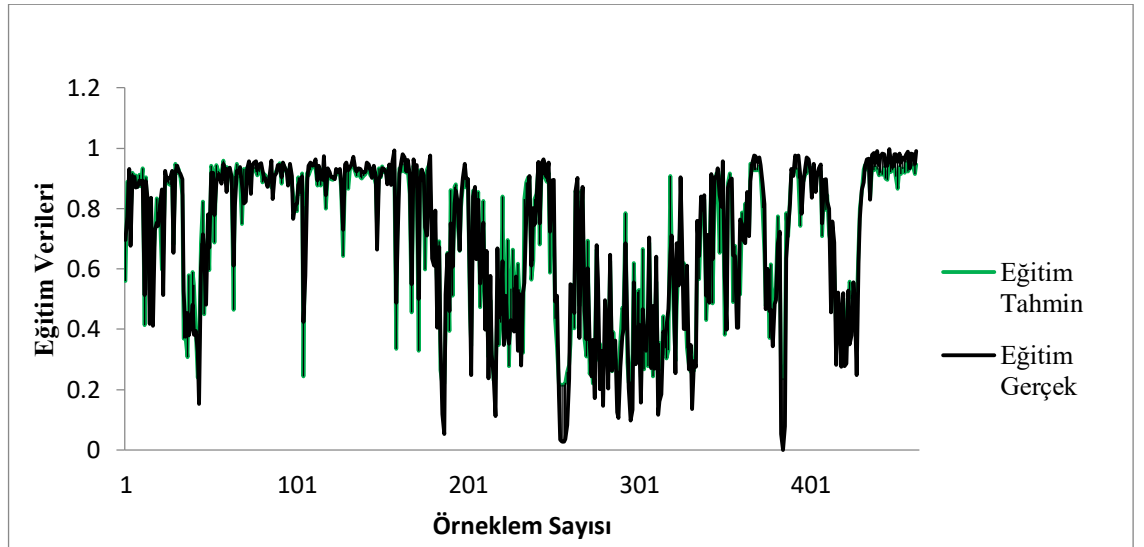
Bir ağı test etmek için ağı eğitimi sırasında görmediği, yani veri setinden test amaçlı olarak ayrılan örnekler kullanılır. Toplam 578 günlük verinin, YSA çalışmalarının genelinde olduğu gibi %80'i eğitim, %20'si test verisi olarak ayrılmıştır. Örnekler ağı gösterilmekte ve ağı eğitimi sırasında belirlenen ağırlık değerlerini kullanarak daha önce görmediği bu örnekler için çıktılar üretmektedir. Elde edilen çıktıların doğruluk dereceleri ağı öğrenmesi hakkında bilgi vermektedir.

Matlab programında öğrenmeden sonra elde edilen regresyon grafiği Şekil 4.11.' de gösterilmektedir. Bu grafiğe göre en düşük değer 0,92863 olan eğitim kümesine aittir. Buradan da anlaşılacağı üzere öğrenme işlemi büyük başarıyla gerçekleştirilmiştir.

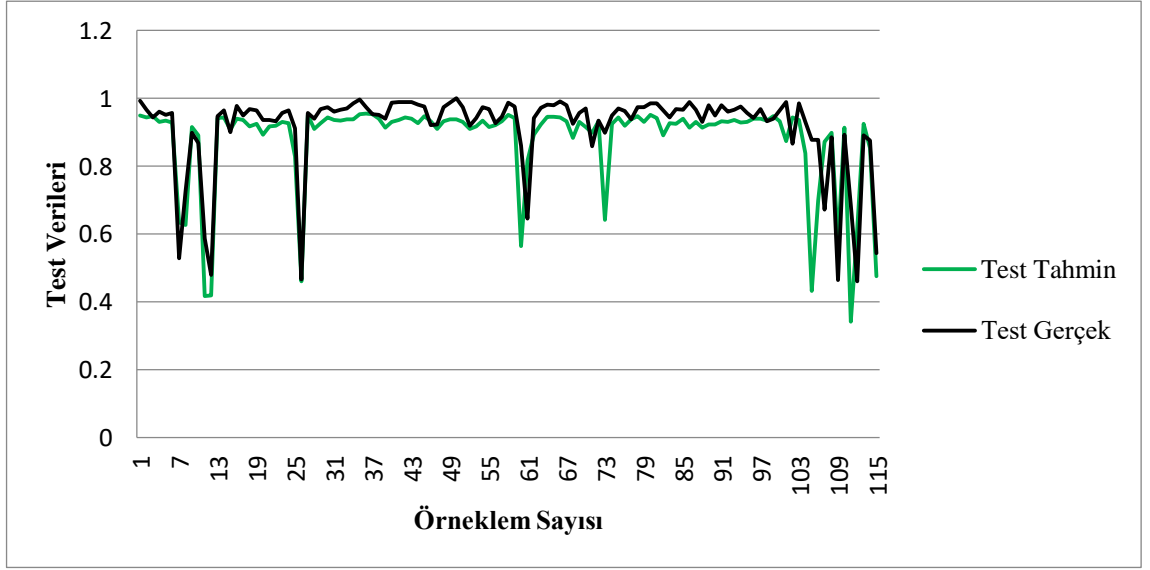


Şekil 4.11. Matlab YSA sonuç grafikleri

Ağın testi yapıldığında belirlilik katsayısı 0,95 ve MSE değeri 0,0025 bulunmuştur. Tahmin değerleri arasındaki ilişki Şekil 4.11 ve Şekil 4.12’ de gösterilmektedir.

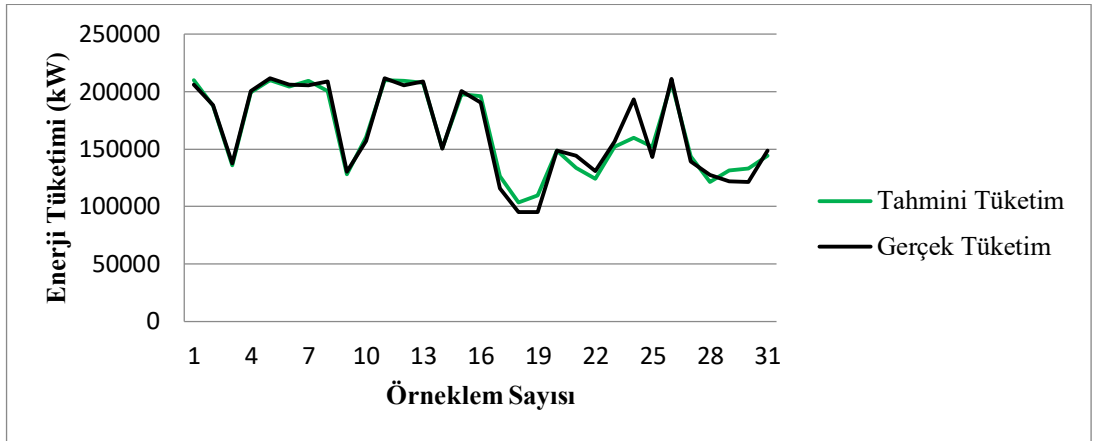


Şekil 4.12. Eğitilen gerçek ve tahmin değerleri arasındaki ilişki



Şekil 4.13. Test edilen değerler arasındaki ilişki

Firmadan bir aylık veri alınarak oluşturulan modelin doğruluğu test edilmiştir. Veriler Ek-4' te gösterilmiştir. Yapılan bu testte modelin öğrenme ve test süreçlerinde hiç karşılaşmadığı veriler ağı gösterilmiştir. Enerji tahmin verileri grafiksel olarak da Şekil 4.14' da gösterilmiştir.



Şekil 4.14. Test edilen değerler arasındaki ilişki

Test sonucunda modelin bir aylık toplam enerji tüketimine %99,91'lik oranla yaklaştığı görülmüştür.

## 5. SONUÇ

Sanayileşme ve teknolojik gelişmelerin etkisiyle elektrik enerjisinin kullanımı her geçen gün daha da artmaktadır. Sürdürülebilir kalkınmanın sağlanabilmesi için elektrik enerjisi talep tahminlerinin doğru yapılabilmesi gereklidir. Yapılan tahminin doğruluğu, belirlenen politikanın verimliliğini arttırmaktadır.

Bu çalışmada, mısır işlenen bir gıda işletmesi ele alınmıştır. Bu işletmede mısırdan elde edilen birincil ürünlerden nişasta, birçok gıda uygulamasında kıvam verme, jel oluşturma, su tutma veya viskozite ayarlamalarında, nişasta bazlı şekerler ise şekerleme, bisküvi, fırıncılık ürünleri, işlenmiş hazır gıdalar, reçel, helva, dondurma ve birçok Türk tatlısında kullanılmaktadır. İkincil ürün grubu ise yem sektörüne tedarik edilen kepek, protein, öz ve mısır kırığından oluşur. Mısır özü aynı zamanda yağ sektörünün de önemli ham maddeleri arasında yer almaktadır.

Bunun yanı sıra firma enerji tasarrufu için yeni araçlar geliştirmektedir. Kendi elektrik ihtiyacını karşılamak üzere 4,3 MW'lık iki adet kazana sahip kojenerasyon tesisini kurmuştur. Devreye alınan kojenerasyon tesisi sayesinde fabrikanın ihtiyacı olan elektrik enerjisini kendisi üretebilmektedir. İşletmede gıda firması olması sebebiyle mevsimsel talep değişikliği oluşmaktadır. Örneğin yazın talep artmakta, kışın ise talep azalmaktadır. Bu sebeple kışın üretilen enerji fazla gelmekte ve boşa gitmektedir. Yazın ise üretilen enerji yetmemekte ve dışarıdan alım gerçekleştirilmektedir. Sezonluk üretim yapan bu gıda işletmesinde enerji talep tahmini için etkin bir model geliştirmeye çalışılmıştır.

Çalışma için kullanılan parametreler; tesiste üretilen kırma miktarı, kuru früktoz miktarı, früktoz miktarı, glikoz miktarı, doğal nişasta miktarı, modifiye nişasta miktarı ve hava sıcaklığı değişkenleridir. Modelin geliştirilmesinde kısa dönemli tahmin uygulanmış, işletmeye ait on sekiz aylık veri seti kullanılmıştır.

Model tahmini için çoklu doğrusal regresyon yönteminin varsayımları sağlamaması sebebiyle uygulanamamış, alternatif olarak sunulan regresyon yöntemlerinden biri olan kantil regresyon modeli uygulanmıştır. Üç farklı kantil değeri için oluşturulan regresyon

modellerine ait MSE deęerleri karřılařtırılmıř,  $\tau = 0,5$  kantil regresyon modeli en dűřűk MSE deęerine sahip olduęundan en uygun model olduęuna karar verilmiřtir.

Kantil regresyon ile kurulan talep tahmin modeli test edildiğinde MSE değerinin yűkseldięi ve veri setindeki değişkenlik arttıka oluşturulan modelin bu değişkenliği takip etmede yeterli olmadığı tespit edilmiştir. Bu sebeple yapay sinir ağları yűntemi ile tahmin yapılmış ve sonuğlar test edilmiştir. Çalışma için bir tahmin aracı olarak yapay sinir ağlarına ait ileri beslemeli geri yayılım algoritması kullanılmıştır. Girdi katmanı yedi nűrondan, çıktı katmanı ise bir nűrondan oluşmaktadır. İterasyon sayısı 10 000 ve hata oranı 0,001 olarak sabit tutulmuştur. Verilerin %80'i eğitim, %20'si test amaçlı kullanılmıştır. Veriler normalleştirilerek eğitim ve test amacıyla aęa sunulmuştur. Őęrenme katsayısı, momentum sayısı, nűron sayısı, gizli katman sayısı değiştirilerek denemeler yapılmıştır. Yapılan denemeler sonucunda en iyi sonucu iki gizli katmanlı, momentum sayısı 0,4; Őęrenme katsayısı 0,3; nűron sayısı 12 olan yapay sinir ağı modeli olduğu gűzlemlenmiřtir. Bu modelin MSE değeri 0,00514 tűr. Aę test edildiğinde belirlilik katsayısı 0,95 ve MSE değeri 0,0025 sonucuna ulaşılmıştır.

Firmadan bir aylık veri alınarak modelin doęruluęu test edilmiřtir. Yapılan bu testte modelin Őęrenme ve test sűrelerinde hiç karřılařmadıęı veriler aęa gűsterilmiřtir. Test sonucunda modelin bir aylık toplam enerji tűketime %99,91'lik oranla yaklařtıęı gűrűlműřtir.

Geliřtirilen YSA modeli çalıřmanın yapıldıęı iřletmenin űretim planlamalarına gűre ihtiyaç duyacaęı elektrik enerjisini yűksek doęruluk ile tahmin edebileceęi belirlenmiřtir. Firma geliřtirilen YSA modeli ile ihtiyaç duyacaęı enerjiyi hesaplayarak enerji tedarik senaryolarını belirleme kabiliyeti kazanacaktır.

Yapılan bu çalıřmada mevsimsel űrűn űretimi gerçekleřtiren gıda iřletmesinde enerji talep tahmini için yapay sinir aęları ile etkin bir tahmin modeli kurulmuřtur. Elde edilen sonuçlar neticesinde, yapay sinir aęlarının gerçek sonuçlara yakın deęerler verdięi ortaya çıkmıřtır. Yapay sinir aęları, veriler arasındaki doęrusal olmayan iliřkileri Őęrenip genelleme yapabilmekte ve bu sayede daha űnce hiç karřılařmadıęı űrneklere

kabul edilebilir bir hatayla cevap bulabilmektedir. Bu özellikleri nedeniyle yapay sinir ağıları, tahmin etmede etkili bir yöntem olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmada oluşturulan YSA modeli ham madde, üretilen ürünler ve ortam sıcaklığı değişkenleri arasındaki doğrusal olmayan ilişkileri öğrenerek, daha önce hiç karşılaşmadığı sorulara kabul edilebilir cevap vermiştir.

Tesiste üretilen ürünlerin değişmesi durumunda modelin yeniden tasarlanması gerekecek ve kojenerasyon işletme maliyetleri ile yerel enerji dağıtım şirketlerinden temin edilen birim enerji maliyetlerinin değişkenliklerinin öngörülememesi modelin tahmin doğruluğunu olumsuz etkileyecektir.

## KAYNAKLAR

- Ağyar, Z. 2015.** Yapay sinir ağlarının kullanım alanları ve bir uygulama. *Teknoloji Dergisi*, 56(662): 22-23.
- Aksoy, A. 2005.** Tam zamanında üretim ortamında tedarikçi seçimi ve değerlendirmesi. Yüksek Lisans Tezi, UÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.
- Altın Yavuz, A., Gündoğan Aşık, E. 2017.** Kantil regresyon. *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 9(2): 137-146.
- Altındağ, İ. 2010.** Quantile regresyon ve bir uygulama. Yüksek Lisans Tezi, SÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstatistik Anabilim Dalı , Konya.
- Anonim, 2008.** Gizli katman sayısı (Number of hidden layer). <http://bilgisayarkavramlari.sadievrenseker.com/2008/11/03/gizli-katman-sayisi-number-of-hidden-layer/> (Erişim tarihi:2008).
- Asilkan, Ö., Irmak, S. 2009.** İkinci el otomobillerin gelecekteki fiyatlarının yapay sinir ağları ile tahmin edilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14 (2): 375-391.
- Badri, A., Ameli, Z., Birjandi, A., M. 2012.** Application of artificial neural networks and fuzzy logic methods for short term load forecasting. *Energy Procedia*, 14: 1883-1888.
- Balçı, A. 2004.** Sosyal bilimlerde araştırma yöntem, teknik ve ilkeler. Pegem Yayınları, Ankara.
- Ballı, M. 2014.** Yapay sinir ağları ile talep tahmini ve gıda sektöründe uygulanması. Yüksek Lisans Tezi, YTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı , İstanbul.
- Baur, D., Saisana, M., Niels, N. 2004.** Modelling the effects of meteorological variables on ozone concentration a quantile regression approach. *Atmospheric Environment*, 4689-4699.
- Bulut, Ş. 2006.** Orta ölçekli bir işletmede talep tahmin yöntemlerinin uygulanması. Yüksek Lisans Tezi, KÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale.
- Çınar, U. 2019.** En küçük kareler regresyonunun alternatif bir yöntem: kantil regresyon. *Avrasya Uluslararası Araştırmalar Dergisi*, 7(18): 51-71.
- Elmalı, K. 2014.** Kantil regresyon ve negatif binomial regresyon ile illerde kullanılan ilaç sayısına etki eden faktörlerin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, AÜ, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ekonometri Anabilim Dalı , Erzurum.
- Elmas, Ç. 2003.** Yapay sinir ağları (kuram, mimari, eğitim, uygulama). Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- Ergün, S., Şahin, S., 2017.** İşletme talep tahmini üzerine literatür araştırması. *Ulakbilge* 5 (10):469-487



- Es,H.,A. 2013.** Yapay sinir ağırları ile türkiye net enerji talep tahmini.Yüksek Lisans Tezi, GÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Fumon,N.,RafeBiswas,M.A. 2015.** Regression analysis for prediction of residential energy consumption. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 47: 332–343.
- Geem, Zong.,W. 2011.** Transport energy demand modeling of south korea using artificial neural network. *Energy Policy*, 39 (2011): 4644–4650.
- Güç, R. 2016.** Bilecik ili için güneş enerjisi analizi ve yapay sinir ağırları ile hava sıcaklığı tahmini. Yüksek Lisans Tezi, ŞEÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı, Bilecik.
- Güngör, E. 2007.** Yapay sinir ağırları yardımı ile makine arızalarının önceden tahmin edilmesi. Yüksek Lisans Tezi, KOÜ, Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- Hagfors, L.I.,Bunn,D., Kristoffersen, E., Staver, T.T.,Westgaard,S. 2016.** Modeling the UK electricity price distributions using quantile regression. *Energy*, 102:231-243.
- Hamzaçebi, C., Kutay, F. 2004.** Yapay sinir ağırları ile Türkiye elektrik enerjisi tüketiminin 2010 yılına kadar tahmini. *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 19 (3): 227-233.
- Hamzaçebi, C., 2011.** Yapay Sinir Ağları: Tahmin Amaçlı Kullanımı Matlab ve Neurosolutions Uygulamalı. Ekin Yayınevi, Trabzon.
- Karakaya,K. 2012.** Yapay zekâ modelleriyle tam ölçekli çamur çürütme reaktörlerinden elde edilen biyogaz üretiminin tahmini: yapay sinir ağırları ve fuzzy logic uygulamaları. Yüksek Lisans Tezi, YTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Kialashaki, A.,Reisel, J., R. 2014.(a)** Modeling of the energy demand of the residential sector in the United States using regression models and artificial neural networks. *Applied Energy*, 108: 271-280.
- Kialashaki, A., Reisel, J.R. 2014.(b)** Development and validation of artificial neural network models of the energy demand in the industrial sector of the United State. *Energy*, 76: 749-760.
- Koçar, H. 2010.** Farklı örneklem büyüklüklerinde uç değerlerle baş etmeyöntemlerinin puanların geçerlik ve güvenilirlik kanıtları üzerindeki etkisi. Yüksek Lisans Tezi, AÜ, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ölçme ve Değerlendirme Ana Bilim Dalı, Ankara.
- Li, G., G., Xu, S., Li, Z. 2010.** Short-term price forecasting for agro-products using artificial neural networks. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 1: 278-287.
- Li, Z., Hurn, A.S., Clements, A.E. 2017.** Forecasting quantiles of day-ahead electricity load. *Energy Economics*, 67: 60-7.
- Masaebi, P. 2016.** Yapay sinir ağırları ile İran elektrik tüketim tahmini. Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon.
- Niu, S., Jia, Y., Ye, L., Dai, R., Li, N. 2016.** Does electricity consumption improve residential living status in less developed regions? An empirical analysis using the quantile regression approach. *Energy*, 95: 550-560.
- Öztemel, E. 2012.** Yapay sinir ağırları.Papatya yayıncılık, İstanbul.

- Pino-Mejías, R. , Perez-Fargallo, A. , Rubio-Bellido, C. , Pulido-Arcas, C. 2017.** Comparison of linear regression and artificial neural networks models to predict heating and cooling energy demand, energy consumption and CO2 emissions. *Energy*, 118: 24-36.
- Rawling, J.O., Pantula, S.G. ve Dickey, D.A. 1998.** Applied regression analysis: a research tool. Springer, California, 658 pp.
- Şahin, Ö. 2001.** Yapay sinir ağları yardımı ile dinamik bir senaryo analizi. Doktora Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Şengür, İ. 2002.** Talep Tahmini. AÜ, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Ana Bilim Dalı, Eskişehir.
- Tekin, M. 1996.** Üretim yönetimi. Arı ofset matbaacılık, Konya.
- Tolon, M., Tosunoğlu, N.G. 2008.** Tüketici tatmini verilerinin analizi: yapay sinir ağları ve regresyon analizi karşılaştırması. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 10 (2): 247-259.
- Uyar,U., Gökçe, A. 2016.** Gelişmekte olan piyasalarda enerji tüketimi ve büyüme ilişkisinin panel kantil regresyon ile incelenmesi: vista ülkeleri örneği. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 27: 364-373.
- Weinstein, B. 1995.** The use of scenerio thinking: can a scenerio a day keep the business doctor away? İn developing strategic thought. Eds. Garratt B.,Mcgraw-Hil, Cambridge.
- Yavuz, S., Deveci, M. 2012.** İstatiksel normalizasyon tekniklerinin yapay sinir ağı performansına etkisi. EÜ, İşletme Anabilim Dalı. Erzincan.
- Yazıcıoğlu, N. 2010.** Yapay Zeka İle Talep Tahmini. UÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Bursa.
- Yetiş, S.,M., Ceylan,H. 2006.** Use of artificial neural networks for transport energy demand modeling. *Energy Policy*, 34 (17) : 3165-3172.
- Yu,Y., Zou,Z., Wang,S. 2019.** Statistical regression modeling for energy consumption in wastewater treatment. *Journal of Environmental Sciences*, 201-208.
- Zhang, G., Patuwo,B.E. 1998.** Forecasting with artificial neural networks:the state of the art. *International Journal of Forecasting*, 35-62.

## **EKLER**

- EK 1** Enerji tüketim tahmini çalışmasında YSA' nın eğitimi için kullanılan girdi ve çıktı verileri (normalize edilmiş)
- EK 2** Enerji tüketim tahmini çalışmasında YSA' nın doğrulanması için kullanılan girdi ve çıktı verileri (normalize edilmiş)
- EK 3** Enerji tüketim tahmini çalışması için yapılan denemelerin sonuçları
- EK 4** Yeni verilerle enerji tüketim tahmini

## EKLER

**EK-1** Enerji tüketim tahmini çalışmasında YSA' nın eğitimi için kullanılan girdi ve çıktı verileri (normalize edilmiş)

| GİRDİ |              |         |        |               |                  |                | ÇIKTI    |
|-------|--------------|---------|--------|---------------|------------------|----------------|----------|
| Kırma | Kuru fruktoz | Fruktoz | Glikoz | Doğal Nişasta | Modifiye Nişasta | Hava Sıcaklığı | Elektrik |
| 0,397 | 0,161        | 0,000   | 0,000  | 0,286         | 0,080            | 0,055          | 0,695    |
| 0,860 | 0,489        | 0,000   | 0,450  | 0,359         | 0,457            | 0,020          | 0,773    |
| 0,811 | 0,491        | 0,182   | 0,771  | 0,841         | 0,000            | 0,000          | 0,931    |
| 0,448 | 1,000        | 0,000   | 0,491  | 0,727         | 0,000            | 0,128          | 0,677    |
| 0,947 | 0,484        | 0,175   | 0,688  | 0,768         | 0,000            | 0,234          | 0,908    |
| 0,928 | 0,464        | 0,284   | 0,941  | 0,406         | 0,000            | 0,310          | 0,904    |
| 0,917 | 0,483        | 0,211   | 0,904  | 0,508         | 0,036            | 0,413          | 0,869    |
| 0,902 | 0,461        | 0,000   | 0,500  | 0,354         | 0,163            | 0,494          | 0,872    |
| 0,899 | 0,484        | 0,000   | 0,757  | 0,535         | 0,226            | 0,268          | 0,894    |
| 0,883 | 0,461        | 0,288   | 0,771  | 0,255         | 0,116            | 0,244          | 0,884    |
| 0,914 | 0,487        | 0,000   | 0,794  | 0,224         | 0,638            | 0,332          | 0,892    |
| 0,279 | 0,383        | 0,060   | 0,477  | 0,271         | 0,249            | 0,481          | 0,514    |
| 0,954 | 0,420        | 0,298   | 0,358  | 0,740         | 0,000            | 0,614          | 0,891    |
| 0,494 | 0,466        | 0,305   | 0,417  | 0,742         | 0,000            | 0,379          | 0,823    |
| 0,422 | 0,411        | 0,189   | 0,661  | 0,357         | 0,000            | 0,297          | 0,418    |
| 0,441 | 0,279        | 0,867   | 0,761  | 0,750         | 0,196            | 0,260          | 0,836    |
| 0,514 | 0,000        | 0,144   | 0,679  | 0,792         | 0,000            | 0,406          | 0,411    |
| 0,798 | 0,000        | 0,000   | 0,752  | 0,490         | 0,326            | 0,430          | 0,727    |
| 0,931 | 0,000        | 0,000   | 0,716  | 0,917         | 0,000            | 0,113          | 0,753    |
| 0,915 | 0,000        | 0,000   | 0,560  | 0,911         | 0,000            | 0,074          | 0,743    |
| 0,899 | 0,018        | 0,000   | 0,505  | 0,857         | 0,000            | 0,095          | 0,811    |
| 0,525 | 0,459        | 0,000   | 0,739  | 0,167         | 0,424            | 0,218          | 0,863    |
| 0,450 | 0,487        | 0,014   | 0,312  | 0,393         | 0,449            | 0,176          | 0,514    |
| 0,902 | 0,484        | 0,000   | 0,335  | 0,930         | 0,188            | 0,100          | 0,924    |
| 0,865 | 0,440        | 0,000   | 0,647  | 0,940         | 0,000            | 0,078          | 0,893    |
| 0,904 | 0,423        | 0,000   | 0,477  | 0,773         | 0,000            | 0,066          | 0,899    |
| 0,882 | 0,432        | 0,228   | 0,518  | 0,719         | 0,000            | 0,036          | 0,902    |

EK-1: Enerji tüketim tahmini çalışmasında YSA' nın eğitimi için kullanılan girdi ve çıktı verileri (normalize edilmiş) (devam)

| GİRİDİ |              |         |        |               |                  |                | ÇIKTI    |
|--------|--------------|---------|--------|---------------|------------------|----------------|----------|
| Kırma  | Kuru fruktoz | Fruktoz | Glikoz | Doğal Nişasta | Modifiye Nişasta | Hava Sıcaklığı | Elektrik |
| 0,881  | 0,439        | 0,221   | 0,564  | 0,667         | 0,000            | 0,149          | 0,924    |
| 0,534  | 0,462        | 0,000   | 0,000  | 0,427         | 0,243            | 0,270          | 0,654    |
| 0,907  | 0,450        | 0,284   | 0,188  | 0,443         | 0,717            | 0,283          | 0,919    |
| 0,915  | 0,447        | 0,309   | 0,720  | 0,750         | 0,065            | 0,292          | 0,942    |
| 0,966  | 0,432        | 0,035   | 0,867  | 0,568         | 0,177            | 0,334          | 0,925    |
| 0,953  | 0,442        | 0,182   | 0,679  | 0,324         | 0,068            | 0,365          | 0,914    |
| 0,771  | 0,454        | 0,319   | 0,417  | 0,541         | 0,240            | 0,412          | 0,898    |
| 0,000  | 0,438        | 0,319   | 0,711  | 0,553         | 0,136            | 0,406          | 0,527    |
| 0,330  | 0,058        | 1,000   | 0,445  | 0,112         | 0,645            | 0,485          | 0,376    |
| 0,061  | 0,000        | 0,000   | 0,000  | 0,534         | 0,554            | 0,315          | 0,454    |
| 0,601  | 0,000        | 0,000   | 0,452  | 0,367         | 0,240            | 0,181          | 0,380    |
| 0,136  | 0,000        | 0,000   | 0,739  | 0,826         | 0,159            | 0,222          | 0,410    |
| 0,413  | 0,000        | 0,000   | 0,821  | 0,708         | 0,000            | 0,198          | 0,481    |
| 0,508  | 0,000        | 0,000   | 0,606  | 0,470         | 0,118            | 0,247          | 0,382    |
| 0,381  | 0,000        | 0,000   | 0,587  | 0,419         | 0,645            | 0,337          | 0,394    |
| 0,000  | 0,000        | 0,000   | 0,000  | 0,271         | 0,670            | 0,424          | 0,324    |
| 0,151  | 0,000        | 0,000   | 0,000  | 0,490         | 0,109            | 0,433          | 0,152    |
| 0,817  | 0,000        | 0,000   | 0,248  | 0,750         | 0,000            | 0,510          | 0,605    |
| 0,944  | 0,000        | 0,000   | 0,890  | 0,510         | 0,000            | 0,609          | 0,714    |
| 0,469  | 0,000        | 0,000   | 0,858  | 0,456         | 0,435            | 0,596          | 0,645    |
| 0,746  | 0,000        | 0,000   | 0,385  | 0,674         | 0,402            | 0,595          | 0,481    |
| 0,886  | 0,000        | 0,000   | 0,294  | 0,586         | 0,464            | 0,534          | 0,780    |
| 0,517  | 0,316        | 0,172   | 0,711  | 0,427         | 0,297            | 0,407          | 0,669    |
| 0,920  | 0,399        | 0,323   | 0,683  | 0,469         | 0,612            | 0,356          | 0,918    |
| 0,943  | 0,427        | 0,000   | 0,619  | 0,664         | 0,283            | 0,330          | 0,918    |
| 0,514  | 0,420        | 0,140   | 0,619  | 0,570         | 0,366            | 0,341          | 0,778    |
| 0,952  | 0,443        | 0,218   | 0,927  | 0,648         | 0,344            | 0,300          | 0,884    |
| 0,934  | 0,430        | 0,246   | 0,697  | 0,719         | 0,210            | 0,293          | 0,911    |
| 0,932  | 0,442        | 0,000   | 0,619  | 0,760         | 0,203            | 0,423          | 0,910    |
| 0,931  | 0,423        | 0,011   | 0,495  | 0,245         | 0,558            | 0,438          | 0,883    |
| 0,931  | 0,421        | 0,375   | 0,468  | 0,316         | 0,851            | 0,387          | 0,948    |
| 0,853  | 0,391        | 0,372   | 0,583  | 0,439         | 0,573            | 0,433          | 0,932    |

EK-1: Enerji tüketim tahmini çalışmasında YSA' nın eğitimi için kullanılan girdi ve çıktı verileri (normalize edilmiş) (devam)

| GİRİDİ |              |         |        |               |                  |                | ÇIKTI    |
|--------|--------------|---------|--------|---------------|------------------|----------------|----------|
| Kırma  | Kuru fruktoz | Fruktoz | Glikoz | Doğal Nişasta | Modifiye Nişasta | Hava Sıcaklığı | Elektrik |
| 0,903  | 0,416        | 0,288   | 0,665  | 0,326         | 0,652            | 0,479          | 0,854    |
| 0,940  | 0,443        | 0,295   | 0,693  | 0,596         | 0,291            | 0,420          | 0,932    |
| 0,919  | 0,463        | 0,074   | 0,642  | 0,525         | 0,415            | 0,519          | 0,936    |
| 0,875  | 0,349        | 0,232   | 0,266  | 0,253         | 0,525            | 0,655          | 0,903    |
| 0,205  | 0,362        | 0,207   | 0,835  | 0,513         | 0,366            | 0,490          | 0,611    |
| 0,899  | 0,377        | 0,196   | 0,706  | 0,677         | 0,159            | 0,428          | 0,809    |
| 0,902  | 0,432        | 0,456   | 0,606  | 0,464         | 0,641            | 0,438          | 0,925    |
| 0,897  | 0,415        | 0,242   | 0,642  | 0,607         | 0,250            | 0,357          | 0,922    |
| 0,904  | 0,431        | 0,239   | 0,509  | 0,693         | 0,080            | 0,405          | 0,938    |
| 0,627  | 0,443        | 0,270   | 0,532  | 0,180         | 0,540            | 0,497          | 0,880    |
| 0,932  | 0,433        | 0,154   | 0,739  | 0,784         | 0,217            | 0,528          | 0,817    |
| 0,925  | 0,160        | 0,147   | 0,628  | 0,549         | 0,080            | 0,474          | 0,823    |
| 0,913  | 0,506        | 0,042   | 0,661  | 0,547         | 0,504            | 0,429          | 0,929    |
| 0,866  | 0,364        | 0,000   | 0,500  | 0,716         | 0,275            | 0,448          | 0,956    |
| 0,836  | 0,477        | 0,042   | 0,720  | 0,716         | 0,174            | 0,478          | 0,849    |
| 0,932  | 0,500        | 0,200   | 0,697  | 0,792         | 0,178            | 0,454          | 0,944    |
| 0,922  | 0,578        | 0,246   | 0,844  | 0,971         | 0,000            | 0,317          | 0,953    |
| 0,928  | 0,501        | 0,186   | 0,656  | 0,969         | 0,000            | 0,319          | 0,957    |
| 0,920  | 0,558        | 0,330   | 0,803  | 0,453         | 0,000            | 0,312          | 0,929    |
| 0,904  | 0,565        | 0,305   | 0,638  | 0,579         | 0,159            | 0,300          | 0,946    |
| 0,938  | 0,570        | 0,389   | 0,624  | 0,486         | 0,154            | 0,291          | 0,951    |
| 0,925  | 0,599        | 0,151   | 0,651  | 0,219         | 0,000            | 0,359          | 0,928    |
| 0,928  | 0,743        | 0,000   | 0,654  | 0,453         | 0,000            | 0,349          | 0,900    |
| 0,881  | 0,651        | 0,165   | 0,560  | 0,469         | 0,105            | 0,403          | 0,887    |
| 0,912  | 0,234        | 0,035   | 0,523  | 0,938         | 0,000            | 0,576          | 0,872    |
| 0,882  | 0,525        | 0,242   | 0,647  | 0,487         | 0,225            | 0,649          | 0,905    |
| 0,829  | 0,531        | 0,144   | 0,569  | 0,596         | 0,091            | 0,602          | 0,959    |
| 0,849  | 0,589        | 0,000   | 0,858  | 0,488         | 0,231            | 0,351          | 0,832    |
| 0,907  | 0,508        | 0,263   | 0,642  | 0,380         | 0,240            | 0,279          | 0,908    |
| 0,910  | 0,484        | 0,000   | 0,679  | 0,693         | 0,366            | 0,287          | 0,918    |
| 0,925  | 0,498        | 0,172   | 0,693  | 0,587         | 0,387            | 0,303          | 0,943    |
| 0,934  | 0,583        | 0,375   | 0,729  | 0,581         | 0,431            | 0,348          | 0,944    |
| 0,861  | 0,510        | 0,196   | 0,271  | 0,668         | 0,085            | 0,481          | 0,903    |
| 0,910  | 0,499        | 0,347   | 0,894  | 0,518         | 0,543            | 0,544          | 0,954    |

EK-1: Enerji tüketim tahmini çalışmasında YSA' nın eğitimi için kullanılan girdi ve çıktı verileri (normalize edilmiş) (devam)

| GİRDİ |              |         |        |               |                  |                | ÇIKTI    |
|-------|--------------|---------|--------|---------------|------------------|----------------|----------|
| Kırma | Kuru fruktoz | Fruktoz | Glikoz | Doğal Nişasta | Modifiye Nişasta | Hava Sıcaklığı | Elektrik |
| 0,928 | 0,523        | 0,035   | 0,844  | 0,729         | 0,236            | 0,577          | 0,935    |
| 0,926 | 0,487        | 0,000   | 0,716  | 0,547         | 0,236            | 0,531          | 0,921    |
| 0,934 | 0,487        | 0,000   | 0,734  | 0,393         | 0,245            | 0,537          | 0,875    |
| 0,923 | 0,475        | 0,179   | 0,789  | 0,489         | 0,486            | 0,490          | 0,949    |
| 0,829 | 0,510        | 0,218   | 0,183  | 0,658         | 0,259            | 0,533          | 0,907    |
| 0,614 | 0,528        | 0,384   | 0,225  | 0,000         | 0,464            | 0,578          | 0,765    |
| 0,743 | 0,488        | 0,326   | 0,890  | 0,193         | 0,341            | 0,638          | 0,810    |
| 0,777 | 0,507        | 0,074   | 0,674  | 0,453         | 0,000            | 0,687          | 0,817    |
| 0,897 | 0,519        | 0,449   | 0,665  | 0,622         | 0,000            | 0,684          | 0,878    |
| 0,844 | 0,536        | 0,105   | 0,711  | 0,409         | 0,000            | 0,571          | 0,895    |
| 0,893 | 0,563        | 0,000   | 0,606  | 0,655         | 0,248            | 0,532          | 0,907    |
| 0,000 | 0,000        | 0,000   | 0,477  | 0,245         | 0,000            | 0,543          | 0,424    |
| 0,875 | 0,446        | 0,165   | 0,073  | 0,279         | 0,000            | 0,586          | 0,578    |
| 0,906 | 0,568        | 0,326   | 0,032  | 0,446         | 0,155            | 0,640          | 0,892    |
| 0,909 | 0,573        | 0,084   | 0,784  | 0,466         | 0,168            | 0,647          | 0,942    |
| 0,917 | 0,569        | 0,228   | 0,725  | 0,734         | 0,087            | 0,634          | 0,953    |
| 0,917 | 0,513        | 0,263   | 0,532  | 0,441         | 0,556            | 0,681          | 0,941    |
| 0,941 | 0,529        | 0,253   | 0,807  | 0,617         | 0,275            | 0,718          | 0,946    |
| 0,930 | 0,526        | 0,000   | 0,647  | 0,651         | 0,391            | 0,770          | 0,964    |
| 0,944 | 0,563        | 0,000   | 0,000  | 0,354         | 0,000            | 0,684          | 0,893    |
| 0,927 | 0,575        | 0,032   | 0,330  | 0,688         | 0,275            | 0,495          | 0,941    |
| 0,840 | 0,479        | 0,218   | 0,647  | 0,482         | 0,235            | 0,526          | 0,900    |
| 0,957 | 0,551        | 0,277   | 0,656  | 0,482         | 0,163            | 0,597          | 0,895    |
| 0,920 | 0,567        | 0,256   | 0,702  | 0,820         | 0,149            | 0,625          | 0,974    |
| 0,672 | 0,586        | 0,000   | 0,702  | 0,310         | 0,499            | 0,596          | 0,844    |
| 0,924 | 0,599        | 0,000   | 0,807  | 0,563         | 0,000            | 0,483          | 0,934    |
| 0,908 | 0,594        | 0,354   | 0,757  | 0,443         | 0,000            | 0,497          | 0,921    |
| 0,905 | 0,632        | 0,330   | 0,596  | 0,306         | 0,027            | 0,536          | 0,907    |
| 0,917 | 0,777        | 0,067   | 0,628  | 0,180         | 0,050            | 0,529          | 0,905    |
| 0,933 | 0,527        | 0,186   | 0,894  | 0,417         | 0,000            | 0,586          | 0,896    |
| 0,937 | 0,591        | 0,309   | 0,789  | 0,401         | 0,000            | 0,566          | 0,931    |
| 0,918 | 0,774        | 0,235   | 0,248  | 0,440         | 0,000            | 0,570          | 0,921    |
| 0,895 | 0,708        | 0,000   | 0,638  | 0,148         | 0,428            | 0,548          | 0,931    |
| 0,862 | 0,503        | 0,137   | 0,404  | 0,313         | 0,177            | 0,504          | 0,882    |

EK-1: Enerji tüketim tahmini çalışmasında YSA' nın eğitimi için kullanılan girdi ve çıktı verileri (normalize edilmiş) (devam)

| GİRDİ |              |         |        |               |                  |                | ÇIKTI    |
|-------|--------------|---------|--------|---------------|------------------|----------------|----------|
| Kırma | Kuru fruktoz | Fruktoz | Glikoz | Doğal Nişasta | Modifiye Nişasta | Hava Sıcaklığı | Elektrik |
| 0,570 | 0,636        | 0,256   | 0,670  | 0,219         | 0,068            | 0,516          | 0,729    |
| 0,899 | 0,597        | 0,253   | 0,592  | 0,353         | 0,245            | 0,497          | 0,946    |
| 0,918 | 0,723        | 0,319   | 0,890  | 0,456         | 0,000            | 0,559          | 0,953    |
| 0,915 | 0,663        | 0,249   | 1,000  | 0,117         | 0,000            | 0,618          | 0,926    |
| 0,934 | 0,750        | 0,298   | 0,752  | 0,245         | 0,239            | 0,635          | 0,938    |
| 0,913 | 0,773        | 0,235   | 0,456  | 0,461         | 0,225            | 0,590          | 0,946    |
| 0,930 | 0,766        | 0,277   | 0,482  | 0,482         | 0,181            | 0,604          | 0,971    |
| 0,932 | 0,762        | 0,260   | 0,541  | 0,448         | 0,000            | 0,679          | 0,930    |
| 0,923 | 0,762        | 0,074   | 0,656  | 0,471         | 0,000            | 0,795          | 0,922    |
| 0,928 | 0,763        | 0,382   | 0,555  | 0,487         | 0,000            | 0,797          | 0,933    |
| 0,923 | 0,763        | 0,288   | 0,890  | 0,188         | 0,000            | 0,775          | 0,931    |
| 0,931 | 0,766        | 0,039   | 0,743  | 0,279         | 0,000            | 0,709          | 0,922    |
| 0,920 | 0,786        | 0,000   | 0,711  | 0,430         | 0,000            | 0,622          | 0,918    |
| 0,927 | 0,759        | 0,270   | 0,752  | 0,158         | 0,100            | 0,590          | 0,923    |
| 0,930 | 0,744        | 0,242   | 0,642  | 0,380         | 0,131            | 0,590          | 0,953    |
| 0,915 | 0,717        | 0,239   | 0,789  | 0,215         | 0,245            | 0,646          | 0,947    |
| 0,936 | 0,725        | 0,274   | 0,936  | 0,260         | 0,000            | 0,671          | 0,925    |
| 0,928 | 0,677        | 0,246   | 0,803  | 0,612         | 0,000            | 0,574          | 0,902    |
| 0,897 | 0,674        | 0,249   | 0,651  | 0,510         | 0,000            | 0,591          | 0,942    |
| 0,899 | 0,672        | 0,411   | 0,670  | 0,018         | 0,000            | 0,663          | 0,908    |
| 0,507 | 0,673        | 0,295   | 0,000  | 0,164         | 0,000            | 0,690          | 0,665    |
| 0,955 | 0,699        | 0,235   | 0,000  | 0,219         | 0,000            | 0,630          | 0,900    |
| 0,930 | 0,806        | 0,316   | 0,633  | 0,049         | 0,000            | 0,557          | 0,909    |
| 0,940 | 0,762        | 0,368   | 0,711  | 0,039         | 0,232            | 0,650          | 0,933    |
| 0,915 | 0,534        | 0,467   | 0,679  | 0,000         | 0,692            | 0,708          | 0,931    |
| 0,948 | 0,601        | 0,404   | 0,495  | 0,526         | 0,000            | 0,794          | 0,918    |
| 0,939 | 0,636        | 0,368   | 0,000  | 0,237         | 0,000            | 0,860          | 0,880    |
| 0,925 | 0,503        | 0,347   | 0,000  | 0,828         | 0,000            | 0,837          | 0,946    |
| 0,912 | 0,417        | 0,070   | 0,807  | 0,583         | 0,116            | 0,839          | 0,878    |
| 0,913 | 0,529        | 0,000   | 0,587  | 0,602         | 0,601            | 0,772          | 0,956    |
| 0,912 | 0,540        | 0,105   | 0,794  | 0,641         | 0,297            | 0,754          | 0,993    |
| 0,103 | 0,000        | 0,000   | 0,872  | 0,595         | 0,342            | 0,774          | 0,487    |
| 0,857 | 0,389        | 0,000   | 0,000  | 0,373         | 0,300            | 0,756          | 0,692    |



EK-1: Enerji tüketim tahmini çalışmasında YSA' nın eğitimi için kullanılan girdi ve çıktı verileri (normalize edilmiş) (devam)

| GİRDİ |              |         |        |               |                  |                | ÇIKTI    |
|-------|--------------|---------|--------|---------------|------------------|----------------|----------|
| Kırma | Kuru fruktoz | Fruktoz | Glikoz | Doğal Nişasta | Modifiye Nişasta | Hava Sıcaklığı | Elektrik |
| 0,955 | 0,398        | 0,000   | 0,587  | 0,747         | 0,403            | 0,669          | 0,917    |
| 0,922 | 0,595        | 0,000   | 0,606  | 0,616         | 0,234            | 0,638          | 0,956    |
| 0,930 | 0,551        | 0,000   | 0,408  | 0,642         | 0,600            | 0,631          | 0,980    |
| 0,921 | 0,562        | 0,000   | 0,849  | 0,737         | 0,051            | 0,678          | 0,969    |
| 0,939 | 0,488        | 0,063   | 0,757  | 0,488         | 0,249            | 0,725          | 0,923    |
| 0,921 | 0,447        | 0,000   | 0,683  | 0,409         | 0,575            | 0,790          | 0,961    |
| 0,854 | 0,456        | 0,032   | 0,060  | 0,875         | 0,145            | 0,845          | 0,915    |
| 0,324 | 0,451        | 0,102   | 0,000  | 0,471         | 0,431            | 0,725          | 0,548    |
| 0,955 | 0,525        | 0,361   | 0,110  | 0,758         | 0,319            | 0,790          | 0,962    |
| 0,932 | 0,527        | 0,084   | 0,651  | 0,297         | 0,000            | 0,840          | 0,935    |
| 0,907 | 0,535        | 0,000   | 0,817  | 0,628         | 0,000            | 0,889          | 0,945    |
| 0,253 | 0,318        | 0,000   | 0,000  | 0,630         | 0,000            | 0,905          | 0,501    |
| 0,928 | 0,581        | 0,000   | 0,165  | 0,401         | 0,384            | 0,935          | 0,887    |
| 0,965 | 0,500        | 0,000   | 0,761  | 0,633         | 0,149            | 0,978          | 0,930    |
| 0,943 | 0,471        | 0,000   | 0,810  | 0,314         | 0,226            | 0,989          | 0,911    |
| 0,297 | 0,580        | 0,000   | 0,394  | 0,316         | 0,238            | 0,961          | 0,738    |
| 0,864 | 0,579        | 0,000   | 0,000  | 0,539         | 0,493            | 0,977          | 0,711    |
| 0,901 | 0,567        | 0,396   | 0,454  | 0,656         | 0,493            | 0,960          | 0,946    |
| 0,703 | 0,525        | 0,056   | 0,798  | 0,617         | 0,514            | 0,967          | 0,977    |
| 0,559 | 0,545        | 0,000   | 0,798  | 0,799         | 0,293            | 0,882          | 0,635    |
| 0,370 | 0,561        | 0,000   | 0,459  | 0,432         | 0,504            | 0,863          | 0,610    |
| 0,503 | 0,575        | 0,000   | 0,000  | 0,339         | 0,330            | 0,879          | 0,793    |
| 0,000 | 0,571        | 0,000   | 0,000  | 0,000         | 1,000            | 0,804          | 0,405    |
| 0,518 | 0,423        | 0,418   | 0,000  | 0,107         | 0,859            | 0,798          | 0,672    |
| 0,000 | 0,000        | 0,330   | 0,000  | 0,469         | 0,688            | 0,881          | 0,362    |
| 0,000 | 0,000        | 0,000   | 0,000  | 0,000         | 0,000            | 0,896          | 0,119    |
| 0,139 | 0,000        | 0,000   | 0,000  | 0,000         | 0,000            | 0,913          | 0,052    |
| 0,886 | 0,000        | 0,000   | 0,000  | 0,000         | 0,000            | 0,925          | 0,516    |
| 0,915 | 0,000        | 0,000   | 0,844  | 0,000         | 0,000            | 0,855          | 0,650    |
| 0,157 | 0,275        | 0,000   | 0,849  | 0,000         | 0,098            | 0,842          | 0,459    |
| 0,931 | 0,548        | 0,000   | 0,225  | 0,000         | 0,051            | 0,850          | 0,751    |
| 0,310 | 0,533        | 0,000   | 0,459  | 0,201         | 0,000            | 0,863          | 0,607    |
| 0,944 | 0,528        | 0,218   | 0,546  | 0,073         | 0,007            | 0,815          | 0,817    |

EK-1: Enerji tüketim tahmini çalışmasında YSA' nın eğitimi için kullanılan girdi ve çıktı verileri (normalize edilmiş) (devam)

| GİRDİ |              |         |        |               |                  |                | ÇIKTI    |
|-------|--------------|---------|--------|---------------|------------------|----------------|----------|
| Kırma | Kuru fruktoz | Fruktoz | Glikoz | Doğal Nişasta | Modifiye Nişasta | Hava Sıcaklığı | Elektrik |
| 0,931 | 0,528        | 0,000   | 0,780  | 0,000         | 0,163            | 0,802          | 0,860    |
| 0,664 | 0,537        | 0,000   | 0,794  | 0,648         | 0,000            | 0,836          | 0,819    |
| 0,443 | 0,590        | 0,032   | 0,583  | 0,414         | 0,268            | 0,877          | 0,662    |
| 0,774 | 0,557        | 0,053   | 0,307  | 0,477         | 0,192            | 0,902          | 0,830    |
| 0,899 | 0,524        | 0,000   | 0,683  | 0,487         | 0,112            | 0,873          | 0,901    |
| 0,905 | 0,528        | 0,000   | 0,706  | 0,484         | 0,210            | 0,906          | 0,949    |
| 0,920 | 0,528        | 0,000   | 0,679  | 0,461         | 0,000            | 0,966          | 0,901    |
| 0,901 | 0,541        | 0,000   | 0,748  | 0,706         | 0,000            | 0,927          | 0,898    |
| 0,000 | 0,543        | 0,000   | 0,578  | 0,456         | 0,359            | 0,821          | 0,531    |
| 0,262 | 0,467        | 0,000   | 0,000  | 0,180         | 0,000            | 0,777          | 0,248    |
| 0,900 | 0,466        | 0,000   | 0,000  | 0,883         | 0,000            | 0,810          | 0,839    |
| 0,915 | 0,528        | 0,109   | 0,000  | 0,482         | 0,000            | 0,884          | 0,871    |
| 0,473 | 0,533        | 0,000   | 0,541  | 0,818         | 0,000            | 0,824          | 0,633    |
| 0,898 | 0,524        | 0,000   | 0,000  | 0,714         | 0,000            | 0,857          | 0,830    |
| 0,101 | 0,527        | 0,000   | 0,000  | 0,203         | 0,536            | 0,881          | 0,551    |
| 0,470 | 0,532        | 0,000   | 0,000  | 0,740         | 0,000            | 0,890          | 0,620    |
| 0,597 | 0,540        | 0,260   | 0,752  | 0,451         | 0,551            | 0,906          | 0,753    |
| 0,211 | 0,536        | 0,235   | 0,000  | 0,523         | 0,000            | 0,908          | 0,398    |
| 0,467 | 0,219        | 0,611   | 0,752  | 0,466         | 0,188            | 0,933          | 0,660    |
| 0,161 | 0,000        | 0,000   | 0,679  | 0,453         | 0,000            | 0,928          | 0,239    |
| 0,500 | 0,000        | 0,000   | 0,596  | 0,951         | 0,000            | 0,929          | 0,577    |
| 0,261 | 0,000        | 0,000   | 0,592  | 0,615         | 0,000            | 0,949          | 0,315    |
| 0,000 | 0,000        | 0,000   | 0,124  | 0,563         | 0,170            | 0,959          | 0,249    |
| 0,310 | 0,000        | 0,000   | 0,000  | 0,078         | 0,000            | 0,935          | 0,113    |
| 0,603 | 0,000        | 0,000   | 0,000  | 0,867         | 0,000            | 0,917          | 0,668    |
| 0,635 | 0,000        | 0,000   | 0,000  | 0,445         | 0,486            | 0,936          | 0,438    |
| 0,075 | 0,380        | 0,000   | 0,514  | 0,594         | 0,438            | 0,976          | 0,458    |
| 0,750 | 0,511        | 0,000   | 0,729  | 0,602         | 0,388            | 0,965          | 0,626    |
| 0,178 | 0,507        | 0,000   | 0,321  | 0,979         | 0,000            | 0,954          | 0,349    |
| 0,313 | 0,487        | 0,000   | 0,000  | 0,664         | 0,000            | 0,980          | 0,510    |
| 0,520 | 0,532        | 0,000   | 0,450  | 0,430         | 0,366            | 0,979          | 0,376    |
| 0,000 | 0,405        | 0,000   | 0,000  | 0,539         | 0,149            | 0,983          | 0,351    |
| 0,390 | 0,561        | 0,000   | 0,000  | 0,711         | 0,101            | 1,000          | 0,430    |
| 0,535 | 0,514        | 0,000   | 0,514  | 0,581         | 0,254            | 0,909          | 0,419    |

EK-1: Enerji tüketim tahmini çalışmasında YSA' nın eğitimi için kullanılan girdi ve çıktı verileri(normalize edilmiş) (devam)

| GİRDİ |              |         |        |               |                  |                | ÇIKTI    |
|-------|--------------|---------|--------|---------------|------------------|----------------|----------|
| Kırma | Kuru fruktoz | Fruktoz | Glikoz | Doğal Nişasta | Modifiye Nişasta | Hava Sıcaklığı | Elektrik |
| 0,340 | 0,533        | 0,000   | 0,000  | 0,214         | 0,409            | 0,742          | 0,393    |
| 0,321 | 0,411        | 0,000   | 0,000  | 0,284         | 0,706            | 0,796          | 0,575    |
| 0,507 | 0,342        | 0,000   | 0,761  | 0,505         | 0,344            | 0,821          | 0,330    |
| 0,242 | 0,508        | 0,000   | 0,573  | 0,594         | 0,122            | 0,852          | 0,518    |
| 0,433 | 0,484        | 0,000   | 0,000  | 0,426         | 0,223            | 0,855          | 0,279    |
| 0,329 | 0,281        | 0,000   | 0,000  | 0,445         | 0,285            | 0,878          | 0,521    |
| 0,810 | 0,429        | 0,000   | 0,628  | 0,219         | 0,370            | 0,910          | 0,554    |
| 0,938 | 0,297        | 0,000   | 0,610  | 0,404         | 0,420            | 0,910          | 0,769    |
| 0,943 | 0,318        | 0,000   | 0,564  | 0,607         | 0,428            | 0,903          | 0,860    |
| 0,849 | 0,515        | 0,186   | 0,000  | 0,422         | 0,344            | 0,901          | 0,907    |
| 0,279 | 0,578        | 0,000   | 0,000  | 0,659         | 0,507            | 0,866          | 0,612    |
| 0,605 | 0,432        | 0,000   | 0,000  | 0,438         | 0,351            | 0,873          | 0,803    |
| 0,860 | 0,559        | 0,000   | 0,000  | 0,000         | 0,000            | 0,850          | 0,746    |
| 0,863 | 0,523        | 0,260   | 0,000  | 0,216         | 0,000            | 0,817          | 0,828    |
| 0,980 | 0,552        | 0,000   | 0,826  | 0,792         | 0,120            | 0,832          | 0,954    |
| 0,499 | 0,528        | 0,000   | 0,716  | 0,557         | 0,344            | 0,839          | 0,750    |
| 0,958 | 0,578        | 0,133   | 0,601  | 0,665         | 0,258            | 0,830          | 0,951    |
| 0,905 | 0,534        | 0,172   | 0,615  | 0,717         | 0,161            | 0,844          | 0,964    |
| 0,894 | 0,505        | 0,312   | 0,807  | 0,487         | 0,163            | 0,834          | 0,947    |
| 0,912 | 0,532        | 0,379   | 0,532  | 0,526         | 0,000            | 0,839          | 0,904    |
| 0,928 | 0,521        | 0,425   | 0,362  | 0,901         | 0,000            | 0,802          | 0,951    |
| 0,630 | 0,384        | 0,344   | 0,294  | 0,383         | 0,000            | 0,798          | 0,723    |
| 0,856 | 0,487        | 0,232   | 0,638  | 0,534         | 0,000            | 0,833          | 0,894    |
| 0,666 | 0,479        | 0,070   | 0,729  | 0,693         | 0,041            | 0,805          | 0,896    |
| 0,000 | 0,478        | 0,000   | 0,509  | 0,797         | 0,195            | 0,856          | 0,492    |
| 0,253 | 0,145        | 0,358   | 0,514  | 0,526         | 0,000            | 0,894          | 0,512    |
| 0,000 | 0,000        | 0,000   | 0,000  | 0,000         | 0,000            | 0,881          | 0,183    |
| 0,000 | 0,000        | 0,000   | 0,000  | 0,000         | 0,000            | 0,867          | 0,035    |
| 0,000 | 0,000        | 0,000   | 0,000  | 0,000         | 0,000            | 0,850          | 0,027    |
| 0,000 | 0,000        | 0,000   | 0,000  | 0,000         | 0,000            | 0,824          | 0,027    |
| 0,000 | 0,000        | 0,000   | 0,193  | 0,000         | 0,000            | 0,797          | 0,036    |
| 0,000 | 0,000        | 0,000   | 0,734  | 0,000         | 0,000            | 0,769          | 0,082    |
| 0,567 | 0,000        | 0,000   | 0,000  | 0,000         | 0,000            | 0,776          | 0,236    |
| 0,531 | 0,000        | 0,000   | 0,596  | 0,000         | 0,000            | 0,784          | 0,549    |
| 0,918 | 0,000        | 0,000   | 0,532  | 0,000         | 0,000            | 0,775          | 0,542    |
| 0,332 | 0,289        | 0,000   | 0,569  | 0,000         | 0,213            | 0,755          | 0,454    |

EK-1: Enerji tüketim tahmini çalışmasında YSA' nın eğitimi için kullanılan girdi ve çıktı verileri (normalize edilmiş) (devam)

| GİRDİ |              |         |        |               |                  |                | ÇIKTI    |
|-------|--------------|---------|--------|---------------|------------------|----------------|----------|
| Kırma | Kuru fruktoz | Fruktoz | Glikoz | Doğal Nişasta | Modifiye Nişasta | Hava Sıcaklığı | Elektrik |
| 0,929 | 0,481        | 0,000   | 0,610  | 0,000         | 0,140            | 0,828          | 0,860    |
| 0,707 | 0,497        | 0,123   | 0,716  | 0,000         | 0,348            | 0,863          | 0,902    |
| 0,241 | 0,489        | 0,000   | 0,817  | 0,240         | 0,000            | 0,735          | 0,372    |
| 0,907 | 0,491        | 0,189   | 0,023  | 0,466         | 0,000            | 0,614          | 0,761    |
| 0,797 | 0,502        | 0,407   | 0,000  | 0,474         | 0,000            | 0,593          | 0,871    |
| 0,000 | 0,484        | 0,137   | 0,628  | 0,406         | 0,072            | 0,567          | 0,461    |
| 0,000 | 0,446        | 0,000   | 0,106  | 0,000         | 0,489            | 0,565          | 0,368    |
| 0,669 | 0,195        | 0,996   | 0,000  | 0,383         | 0,000            | 0,597          | 0,602    |
| 0,000 | 0,000        | 0,333   | 0,670  | 0,224         | 0,000            | 0,612          | 0,358    |
| 0,391 | 0,000        | 0,000   | 0,252  | 0,235         | 0,245            | 0,605          | 0,243    |
| 0,000 | 0,000        | 0,000   | 0,000  | 0,080         | 0,077            | 0,594          | 0,366    |
| 0,250 | 0,000        | 0,000   | 0,569  | 0,255         | 0,218            | 0,617          | 0,171    |
| 0,886 | 0,000        | 0,000   | 0,638  | 0,289         | 0,250            | 0,651          | 0,678    |
| 0,321 | 0,000        | 0,000   | 0,528  | 0,310         | 0,370            | 0,683          | 0,565    |
| 0,380 | 0,000        | 0,000   | 0,532  | 0,456         | 0,000            | 0,680          | 0,202    |
| 0,000 | 0,000        | 0,000   | 0,628  | 0,461         | 0,000            | 0,688          | 0,330    |
| 0,327 | 0,000        | 0,000   | 0,532  | 0,141         | 0,264            | 0,722          | 0,146    |
| 0,229 | 0,000        | 0,000   | 0,752  | 0,477         | 0,054            | 0,605          | 0,497    |
| 0,402 | 0,000        | 0,000   | 0,734  | 0,633         | 0,290            | 0,642          | 0,379    |
| 0,072 | 0,000        | 0,000   | 0,693  | 0,566         | 0,086            | 0,628          | 0,203    |
| 0,747 | 0,000        | 0,653   | 0,610  | 0,606         | 0,102            | 0,642          | 0,647    |
| 0,000 | 0,000        | 0,000   | 0,761  | 0,135         | 0,222            | 0,607          | 0,262    |
| 0,520 | 0,000        | 0,316   | 0,450  | 0,336         | 0,000            | 0,604          | 0,354    |
| 0,000 | 0,000        | 0,835   | 0,165  | 0,000         | 0,399            | 0,625          | 0,363    |
| 0,000 | 0,000        | 0,000   | 0,711  | 0,000         | 0,000            | 0,738          | 0,126    |
| 0,000 | 0,102        | 0,000   | 0,661  | 0,000         | 0,000            | 0,629          | 0,106    |
| 0,519 | 0,063        | 0,456   | 0,638  | 0,000         | 0,000            | 0,561          | 0,275    |
| 0,362 | 0,461        | 0,593   | 0,821  | 0,206         | 0,076            | 0,552          | 0,376    |
| 0,124 | 0,444        | 0,000   | 0,867  | 0,529         | 0,152            | 0,564          | 0,401    |
| 0,816 | 0,000        | 0,372   | 0,913  | 0,601         | 0,331            | 0,537          | 0,685    |
| 0,000 | 0,000        | 0,207   | 0,683  | 0,643         | 0,000            | 0,477          | 0,395    |
| 0,000 | 0,000        | 0,000   | 0,261  | 0,000         | 0,362            | 0,447          | 0,206    |
| 0,000 | 0,165        | 0,000   | 0,000  | 0,000         | 0,000            | 0,481          | 0,097    |
| 0,103 | 0,444        | 0,000   | 0,000  | 0,000         | 0,370            | 0,559          | 0,134    |
| 0,682 | 0,326        | 0,000   | 0,055  | 0,393         | 0,000            | 0,562          | 0,556    |
| 0,072 | 0,389        | 0,000   | 0,624  | 0,341         | 0,000            | 0,620          | 0,284    |

EK-1: Enerji tüketim tahmini çalışmasında YSA' nın eğitimi için kullanılan girdi ve çıktı verileri (normalize edilmiş) (devam)

| GİRDİ |              |         |        |               |                  |                | ÇIKTI    |
|-------|--------------|---------|--------|---------------|------------------|----------------|----------|
| Kırma | Kuru fruktoz | Fruktoz | Glikoz | Doğal Nişasta | Modifiye Nişasta | Hava Sıcaklığı | Elektrik |
| 0,330 | 0,410        | 0,000   | 0,780  | 0,471         | 0,101            | 0,592          | 0,391    |
| 0,402 | 0,418        | 0,000   | 0,294  | 0,503         | 0,000            | 0,495          | 0,417    |
| 0,000 | 0,431        | 0,000   | 0,000  | 0,000         | 0,000            | 0,524          | 0,157    |
| 0,763 | 0,285        | 0,000   | 0,229  | 0,315         | 0,000            | 0,499          | 0,466    |
| 0,000 | 0,000        | 0,000   | 0,817  | 0,214         | 0,249            | 0,462          | 0,348    |
| 0,532 | 0,000        | 0,186   | 0,716  | 0,167         | 0,139            | 0,460          | 0,328    |
| 0,196 | 0,000        | 0,684   | 0,628  | 0,302         | 0,312            | 0,445          | 0,453    |
| 0,741 | 0,000        | 0,119   | 0,807  | 0,484         | 0,436            | 0,386          | 0,704    |
| 0,238 | 0,000        | 0,105   | 0,633  | 0,427         | 0,243            | 0,282          | 0,272    |
| 0,153 | 0,000        | 0,467   | 0,569  | 0,000         | 0,475            | 0,305          | 0,477    |
| 0,388 | 0,089        | 0,000   | 0,583  | 0,154         | 0,572            | 0,406          | 0,270    |
| 0,581 | 0,452        | 0,000   | 0,000  | 0,000         | 0,000            | 0,430          | 0,640    |
| 0,000 | 0,218        | 0,000   | 0,280  | 0,000         | 0,351            | 0,460          | 0,118    |
| 0,000 | 0,449        | 0,000   | 0,720  | 0,349         | 0,000            | 0,529          | 0,160    |
| 0,050 | 0,165        | 0,021   | 0,550  | 0,000         | 0,000            | 0,630          | 0,184    |
| 0,598 | 0,000        | 0,154   | 0,752  | 0,229         | 0,380            | 0,664          | 0,393    |
| 0,210 | 0,000        | 0,151   | 0,862  | 0,422         | 0,243            | 0,685          | 0,378    |
| 0,280 | 0,000        | 0,642   | 0,564  | 0,456         | 0,366            | 0,577          | 0,410    |
| 0,289 | 0,038        | 0,000   | 0,225  | 0,440         | 0,196            | 0,498          | 0,466    |
| 0,926 | 0,458        | 0,000   | 0,564  | 0,445         | 0,326            | 0,511          | 0,647    |
| 0,635 | 0,468        | 0,000   | 0,413  | 0,427         | 0,000            | 0,534          | 0,710    |
| 0,512 | 0,028        | 0,000   | 0,427  | 0,357         | 0,141            | 0,380          | 0,578    |
| 0,265 | 0,122        | 0,000   | 0,000  | 0,000         | 0,330            | 0,311          | 0,256    |
| 0,517 | 0,237        | 0,228   | 0,367  | 0,000         | 0,511            | 0,268          | 0,685    |
| 0,508 | 0,363        | 0,228   | 0,344  | 0,219         | 0,583            | 0,242          | 0,546    |
| 0,805 | 0,283        | 0,144   | 0,170  | 0,414         | 0,460            | 0,334          | 0,904    |
| 0,444 | 0,387        | 0,288   | 0,780  | 0,419         | 0,214            | 0,401          | 0,724    |
| 0,537 | 0,371        | 0,218   | 0,693  | 0,432         | 0,091            | 0,423          | 0,401    |
| 0,452 | 0,034        | 0,425   | 0,450  | 0,417         | 0,092            | 0,407          | 0,401    |
| 0,472 | 0,000        | 0,000   | 0,436  | 0,000         | 0,069            | 0,405          | 0,610    |
| 0,344 | 0,000        | 0,000   | 0,459  | 0,000         | 0,406            | 0,386          | 0,266    |
| 0,043 | 0,000        | 0,000   | 0,803  | 0,000         | 0,283            | 0,359          | 0,348    |
| 0,190 | 0,000        | 0,000   | 0,743  | 0,000         | 0,283            | 0,308          | 0,137    |
| 0,086 | 0,000        | 0,000   | 0,729  | 0,000         | 0,000            | 0,323          | 0,294    |
| 0,486 | 0,000        | 0,000   | 0,587  | 0,052         | 0,351            | 0,383          | 0,275    |
| 0,805 | 0,000        | 0,063   | 0,780  | 0,180         | 0,127            | 0,414          | 0,759    |

EK-1: Enerji tüketim tahmini çalışmasında YSA' nın eğitimi için kullanılan girdi ve çıktı verileri (normalize edilmiş) (devam)

| GİRDİ |              |         |        |               |                  |                | ÇIKTI    |
|-------|--------------|---------|--------|---------------|------------------|----------------|----------|
| Kırma | Kuru fruktoz | Fruktoz | Glikoz | Doğal Nişasta | Modifiye Nişasta | Hava Sıcaklığı | Elektrik |
| 0,365 | 0,330        | 0,340   | 0,729  | 0,641         | 0,177            | 0,343          | 0,642    |
| 0,656 | 0,346        | 0,053   | 0,569  | 0,568         | 0,000            | 0,227          | 0,840    |
| 0,792 | 0,411        | 0,393   | 0,555  | 0,427         | 0,000            | 0,211          | 0,799    |
| 0,866 | 0,406        | 0,228   | 0,261  | 0,422         | 0,000            | 0,259          | 0,844    |
| 0,329 | 0,080        | 0,000   | 0,661  | 0,424         | 0,145            | 0,309          | 0,512    |
| 0,581 | 0,115        | 0,000   | 0,642  | 0,138         | 0,315            | 0,200          | 0,712    |
| 0,424 | 0,417        | 0,365   | 0,358  | 0,599         | 0,239            | 0,240          | 0,488    |
| 0,909 | 0,397        | 0,119   | 0,358  | 0,844         | 0,569            | 0,212          | 0,914    |
| 0,436 | 0,401        | 0,000   | 0,459  | 0,042         | 0,362            | 0,216          | 0,632    |
| 0,938 | 0,402        | 0,000   | 0,000  | 0,419         | 0,058            | 0,201          | 0,903    |
| 0,906 | 0,449        | 0,000   | 0,101  | 0,432         | 0,670            | 0,186          | 0,904    |
| 0,877 | 0,453        | 0,098   | 0,716  | 0,677         | 0,138            | 0,254          | 0,933    |
| 0,513 | 0,446        | 0,063   | 0,454  | 0,417         | 0,275            | 0,277          | 0,845    |
| 0,891 | 0,471        | 0,000   | 0,454  | 0,632         | 0,219            | 0,303          | 0,807    |
| 0,935 | 0,471        | 0,340   | 0,670  | 0,530         | 0,226            | 0,213          | 0,957    |
| 0,153 | 0,125        | 0,000   | 0,239  | 0,237         | 0,000            | 0,096          | 0,575    |
| 0,449 | 0,269        | 0,000   | 0,725  | 0,094         | 0,239            | 0,075          | 0,398    |
| 0,893 | 0,350        | 0,165   | 0,546  | 0,427         | 0,380            | 0,150          | 0,870    |
| 0,918 | 0,341        | 0,000   | 0,638  | 0,443         | 0,587            | 0,166          | 0,893    |
| 0,752 | 0,339        | 0,249   | 0,619  | 0,603         | 0,404            | 0,119          | 0,900    |
| 0,192 | 0,194        | 0,839   | 0,716  | 0,719         | 0,199            | 0,108          | 0,645    |
| 0,417 | 0,377        | 0,161   | 0,683  | 0,648         | 0,344            | 0,102          | 0,644    |
| 0,436 | 0,337        | 0,000   | 0,578  | 0,370         | 0,678            | 0,167          | 0,404    |
| 0,543 | 0,333        | 0,000   | 0,583  | 0,133         | 0,391            | 0,219          | 0,404    |
| 0,219 | 0,000        | 0,000   | 0,000  | 0,732         | 0,255            | 0,211          | 0,764    |
| 0,792 | 0,000        | 0,000   | 0,807  | 0,656         | 0,257            | 0,251          | 0,749    |
| 0,715 | 0,000        | 0,000   | 0,720  | 0,666         | 0,309            | 0,249          | 0,696    |
| 0,855 | 0,000        | 0,000   | 0,739  | 0,844         | 0,000            | 0,211          | 0,685    |
| 0,811 | 0,099        | 0,000   | 0,408  | 0,753         | 0,000            | 0,230          | 0,855    |
| 0,658 | 0,391        | 0,000   | 0,000  | 0,581         | 0,000            | 0,201          | 0,710    |
| 0,944 | 0,530        | 0,000   | 0,450  | 0,404         | 0,728            | 0,162          | 0,891    |
| 0,916 | 0,539        | 0,112   | 0,665  | 0,232         | 0,707            | 0,131          | 0,951    |
| 0,924 | 0,570        | 0,063   | 0,633  | 0,482         | 0,384            | 0,095          | 0,975    |
| 0,912 | 0,556        | 0,270   | 0,674  | 0,708         | 0,254            | 0,133          | 0,973    |
| 0,937 | 0,583        | 0,000   | 0,725  | 0,771         | 0,221            | 0,093          | 0,956    |

EK-1: Enerji tüketim tahmini çalışmasında YSA' nın eğitimi için kullanılan girdi ve çıktı verileri (normalize edilmiş) (devam)

| GİRDİ |              |         |        |               |                  |                | ÇIKTI    |
|-------|--------------|---------|--------|---------------|------------------|----------------|----------|
| Kırma | Kuru fruktoz | Fruktoz | Glikoz | Doğal Nişasta | Modifiye Nişasta | Hava Sıcaklığı | Elektrik |
| 0,942 | 0,557        | 0,207   | 0,803  | 0,701         | 0,352            | 0,088          | 0,969    |
| 0,847 | 0,554        | 0,330   | 0,817  | 1,000         | 0,000            | 0,198          | 0,943    |
| 0,652 | 0,539        | 0,333   | 0,417  | 0,555         | 0,000            | 0,287          | 0,885    |
| 0,486 | 0,392        | 0,193   | 0,661  | 0,581         | 0,000            | 0,357          | 0,814    |
| 0,367 | 0,053        | 0,502   | 0,656  | 0,307         | 0,293            | 0,021          | 0,467    |
| 0,433 | 0,000        | 0,000   | 0,830  | 0,578         | 0,062            | 0,006          | 0,601    |
| 0,142 | 0,000        | 0,000   | 0,358  | 0,331         | 0,438            | 0,050          | 0,461    |
| 0,391 | 0,000        | 0,000   | 0,000  | 0,848         | 0,118            | 0,125          | 0,465    |
| 0,396 | 0,000        | 0,000   | 0,732  | 0,453         | 0,648            | 0,267          | 0,344    |
| 0,329 | 0,000        | 0,000   | 0,633  | 0,708         | 0,228            | 0,276          | 0,483    |
| 0,355 | 0,000        | 0,000   | 0,683  | 0,729         | 0,275            | 0,216          | 0,497    |
| 0,755 | 0,000        | 0,000   | 0,780  | 0,734         | 0,322            | 0,269          | 0,684    |
| 0,585 | 0,000        | 0,000   | 0,688  | 0,587         | 0,335            | 0,303          | 0,722    |
| 0,000 | 0,000        | 0,000   | 0,000  | 0,000         | 0,000            | 0,259          | 0,052    |
| 0,000 | 0,000        | 0,000   | 0,000  | 0,000         | 0,000            | 0,311          | 0,000    |
| 0,188 | 0,000        | 0,000   | 0,335  | 0,107         | 0,000            | 0,304          | 0,078    |
| 0,784 | 0,000        | 0,000   | 0,674  | 0,893         | 0,000            | 0,302          | 0,633    |
| 0,847 | 0,000        | 0,000   | 0,307  | 0,573         | 0,341            | 0,204          | 0,734    |
| 0,933 | 0,000        | 0,260   | 0,670  | 0,651         | 0,409            | 0,195          | 0,818    |
| 0,905 | 0,369        | 0,551   | 0,647  | 0,781         | 0,213            | 0,164          | 0,932    |
| 0,912 | 0,516        | 0,000   | 0,716  | 0,730         | 0,226            | 0,212          | 0,909    |
| 0,942 | 0,512        | 0,144   | 0,821  | 0,750         | 0,232            | 0,216          | 0,975    |
| 0,923 | 0,516        | 0,000   | 0,766  | 0,727         | 0,261            | 0,217          | 0,965    |
| 0,859 | 0,511        | 0,000   | 0,656  | 0,521         | 0,250            | 0,116          | 0,976    |
| 0,687 | 0,485        | 0,000   | 0,000  | 0,383         | 0,000            | 0,069          | 0,908    |
| 0,734 | 0,506        | 0,000   | 0,876  | 0,823         | 0,228            | 0,079          | 0,782    |
| 0,886 | 0,246        | 0,000   | 0,752  | 0,695         | 0,275            | 0,175          | 0,892    |
| 0,861 | 0,473        | 0,088   | 0,706  | 0,654         | 0,420            | 0,149          | 0,940    |
| 0,885 | 0,494        | 0,379   | 0,739  | 0,917         | 0,094            | 0,126          | 0,969    |
| 0,915 | 0,483        | 0,316   | 0,716  | 0,378         | 0,604            | 0,085          | 0,963    |
| 0,965 | 0,447        | 0,263   | 0,702  | 0,711         | 0,337            | 0,156          | 0,922    |
| 0,703 | 0,488        | 0,000   | 0,693  | 0,688         | 0,000            | 0,248          | 0,837    |
| 0,916 | 0,484        | 0,000   | 0,784  | 0,961         | 0,000            | 0,384          | 0,948    |
| 0,913 | 0,174        | 0,000   | 0,752  | 0,658         | 0,331            | 0,371          | 0,855    |
| 0,907 | 0,481        | 0,288   | 0,706  | 0,661         | 0,000            | 0,422          | 0,906    |

EK-1: Enerji tüketim tahmini çalışmasında YSA' nın eğitimi için kullanılan girdi ve çıktı verileri (normalize edilmiş) (devam)

| GİRDİ |              |         |        |               |                  |                | ÇIKTI    |
|-------|--------------|---------|--------|---------------|------------------|----------------|----------|
| Kırma | Kuru fruktoz | Fruktoz | Glikoz | Doğal Nişasta | Modifiye Nişasta | Hava Sıcaklığı | Elektrik |
| 0,915 | 0,464        | 0,133   | 0,647  | 0,940         | 0,047            | 0,428          | 0,933    |
| 0,908 | 0,425        | 0,063   | 0,693  | 0,742         | 0,308            | 0,391          | 0,947    |
| 0,582 | 0,391        | 0,000   | 0,046  | 0,703         | 0,309            | 0,304          | 0,751    |
| 0,925 | 0,382        | 0,014   | 0,280  | 0,568         | 0,254            | 0,239          | 0,895    |
| 0,758 | 0,193        | 0,102   | 0,817  | 0,435         | 0,285            | 0,192          | 0,898    |
| 0,720 | 0,391        | 0,358   | 0,794  | 0,424         | 0,533            | 0,193          | 0,824    |
| 0,546 | 0,401        | 0,249   | 0,229  | 0,505         | 0,402            | 0,162          | 0,800    |
| 0,315 | 0,394        | 0,119   | 0,683  | 0,870         | 0,134            | 0,106          | 0,457    |
| 0,370 | 0,401        | 0,000   | 0,624  | 0,862         | 0,109            | 0,119          | 0,757    |
| 0,478 | 0,077        | 0,000   | 0,000  | 0,490         | 0,674            | 0,183          | 0,687    |
| 0,237 | 0,000        | 0,000   | 0,284  | 0,417         | 0,594            | 0,155          | 0,283    |
| 0,303 | 0,000        | 0,000   | 0,826  | 0,615         | 0,054            | 0,254          | 0,522    |
| 0,517 | 0,000        | 0,000   | 0,624  | 0,443         | 0,667            | 0,374          | 0,474    |
| 0,263 | 0,000        | 0,000   | 0,638  | 0,479         | 0,000            | 0,306          | 0,275    |
| 0,295 | 0,000        | 0,000   | 0,729  | 0,734         | 0,000            | 0,296          | 0,520    |
| 0,412 | 0,000        | 0,000   | 0,280  | 0,496         | 0,335            | 0,385          | 0,278    |
| 0,195 | 0,000        | 0,000   | 0,000  | 0,435         | 0,000            | 0,411          | 0,287    |
| 0,475 | 0,000        | 0,000   | 0,000  | 0,482         | 0,000            | 0,482          | 0,528    |
| 0,409 | 0,000        | 0,000   | 0,220  | 0,984         | 0,000            | 0,511          | 0,350    |
| 0,356 | 0,000        | 0,000   | 0,078  | 0,674         | 0,000            | 0,361          | 0,380    |
| 0,384 | 0,000        | 0,000   | 0,688  | 0,677         | 0,341            | 0,351          | 0,556    |
| 0,458 | 0,000        | 0,000   | 0,592  | 0,438         | 0,217            | 0,340          | 0,495    |
| 0,215 | 0,000        | 0,225   | 0,000  | 0,797         | 0,123            | 0,401          | 0,248    |
| 0,867 | 0,000        | 0,200   | 0,000  | 0,560         | 0,069            | 0,393          | 0,625    |
| 0,936 | 0,000        | 0,028   | 0,477  | 0,674         | 0,322            | 0,398          | 0,767    |
| 0,924 | 0,199        | 0,288   | 0,761  | 0,297         | 0,199            | 0,380          | 0,862    |
| 0,908 | 0,460        | 0,000   | 0,807  | 0,646         | 0,351            | 0,444          | 0,887    |
| 0,940 | 0,499        | 0,000   | 0,872  | 0,716         | 0,351            | 0,488          | 0,941    |
| 0,942 | 0,506        | 0,000   | 0,583  | 0,831         | 0,195            | 0,525          | 0,963    |
| 0,983 | 0,496        | 0,000   | 0,560  | 0,458         | 0,504            | 0,512          | 0,965    |
| 0,726 | 0,495        | 0,182   | 0,734  | 0,458         | 0,391            | 0,418          | 0,829    |
| 0,941 | 0,504        | 0,000   | 0,550  | 0,685         | 0,438            | 0,392          | 0,977    |
| 0,928 | 0,510        | 0,000   | 0,505  | 0,576         | 0,409            | 0,349          | 0,983    |
| 0,935 | 0,530        | 0,340   | 0,807  | 0,472         | 0,297            | 0,315          | 0,951    |
| 0,934 | 0,543        | 0,042   | 0,697  | 0,802         | 0,170            | 0,296          | 0,990    |



EK-1: Enerji tüketim tahmini çalışmasında YSA' nın eğitimi için kullanılan girdi ve çıktı verileri (normalize edilmiş) (devam)

| GİRDİ |              |         |        |               |                  |                | ÇIKTI    |
|-------|--------------|---------|--------|---------------|------------------|----------------|----------|
| Kırma | Kuru fruktoz | Fruktoz | Glikoz | Doğal Nişasta | Modifiye Nişasta | Hava Sıcaklığı | Elektrik |
| 0,882 | 0,496        | 0,102   | 0,583  | 0,516         | 0,341            | 0,237          | 0,944    |
| 0,923 | 0,531        | 0,123   | 0,477  | 0,760         | 0,181            | 0,284          | 0,972    |
| 0,939 | 0,527        | 0,000   | 0,211  | 0,630         | 0,391            | 0,248          | 0,983    |
| 0,925 | 0,518        | 0,000   | 0,927  | 0,708         | 0,290            | 0,212          | 0,979    |
| 0,959 | 0,512        | 0,000   | 0,170  | 0,708         | 0,196            | 0,282          | 0,941    |
| 0,954 | 0,520        | 0,000   | 0,000  | 0,538         | 0,263            | 0,309          | 0,942    |
| 0,965 | 0,559        | 0,000   | 0,624  | 0,524         | 0,495            | 0,429          | 0,998    |
| 0,955 | 0,453        | 0,000   | 0,310  | 0,576         | 0,420            | 0,487          | 0,961    |
| 0,891 | 0,475        | 0,161   | 0,656  | 0,491         | 0,520            | 0,494          | 0,937    |
| 0,912 | 0,557        | 0,239   | 0,632  | 0,721         | 0,301            | 0,405          | 0,981    |
| 0,918 | 0,563        | 0,000   | 0,206  | 0,870         | 0,167            | 0,366          | 0,981    |
| 0,881 | 0,564        | 0,000   | 0,000  | 0,747         | 0,000            | 0,358          | 0,954    |
| 0,931 | 0,560        | 0,000   | 0,752  | 0,742         | 0,290            | 0,445          | 0,982    |
| 0,881 | 0,507        | 0,204   | 0,766  | 0,622         | 0,159            | 0,312          | 0,952    |
| 0,973 | 0,530        | 0,088   | 0,477  | 0,805         | 0,225            | 0,375          | 0,969    |
| 0,973 | 0,509        | 0,207   | 0,000  | 0,706         | 0,370            | 0,330          | 0,960    |
| 0,954 | 0,533        | 0,333   | 0,000  | 0,617         | 0,536            | 0,362          | 0,978    |
| 0,953 | 0,516        | 0,131   | 0,266  | 0,646         | 0,297            | 0,487          | 0,990    |
| 0,955 | 0,513        | 0,221   | 0,862  | 0,438         | 0,228            | 0,549          | 0,933    |
| 0,967 | 0,505        | 0,260   | 0,725  | 0,734         | 0,257            | 0,611          | 0,982    |
| 0,949 | 0,510        | 0,263   | 0,711  | 0,826         | 0,178            | 0,580          | 0,981    |
| 0,931 | 0,387        | 0,005   | 0,601  | 0,737         | 0,207            | 0,518          | 0,948    |
| 0,959 | 0,517        | 0,175   | 0,665  | 0,646         | 0,424            | 0,393          | 0,990    |

**EK-2** Enerji tüketim tahmini çalışmasında YSA' nın doğrulanması için kullanılan girdi ve çıktı verileri (normalize edilmiş)

| GİRDİ |              |         |        |               |                  |                | ÇIKTI    |
|-------|--------------|---------|--------|---------------|------------------|----------------|----------|
| Kırma | Kuru fruktoz | Fruktoz | Glikoz | Doğal Nişasta | Modifiye Nişasta | Hava Sıcaklığı | Elektrik |
| 0,947 | 0,476        | 0,218   | 0,931  | 0,560         | 0,435            | 0,487          | 0,992    |
| 0,971 | 0,469        | 0,035   | 0,761  | 0,703         | 0,308            | 0,518          | 0,966    |
| 0,953 | 0,473        | 0,488   | 0,638  | 0,411         | 0,435            | 0,455          | 0,944    |
| 0,944 | 0,470        | 0,011   | 0,601  | 0,799         | 0,283            | 0,487          | 0,960    |
| 0,959 | 0,429        | 0,000   | 0,711  | 0,810         | 0,239            | 0,518          | 0,952    |
| 0,888 | 0,419        | 0,000   | 0,936  | 0,734         | 0,359            | 0,518          | 0,956    |
| 0,459 | 0,160        | 0,084   | 0,936  | 0,781         | 0,000            | 0,455          | 0,529    |
| 0,682 | 0,115        | 0,175   | 0,665  | 0,529         | 0,467            | 0,611          | 0,724    |
| 0,938 | 0,437        | 0,133   | 0,633  | 0,445         | 0,319            | 0,643          | 0,899    |
| 0,948 | 0,193        | 0,000   | 0,665  | 0,536         | 0,359            | 0,487          | 0,869    |
| 0,186 | 0,274        | 0,000   | 0,541  | 0,672         | 0,315            | 0,487          | 0,587    |
| 0,419 | 0,099        | 0,000   | 0,638  | 0,458         | 0,207            | 0,674          | 0,480    |
| 0,953 | 0,480        | 0,000   | 0,849  | 0,758         | 0,290            | 0,549          | 0,948    |
| 0,962 | 0,477        | 0,316   | 0,679  | 0,698         | 0,290            | 0,424          | 0,964    |
| 0,967 | 0,465        | 0,337   | 0,592  | 0,325         | 0,041            | 0,393          | 0,901    |
| 0,970 | 0,474        | 0,274   | 0,651  | 0,633         | 0,264            | 0,487          | 0,978    |
| 0,967 | 0,451        | 0,228   | 0,651  | 0,698         | 0,236            | 0,518          | 0,949    |
| 0,957 | 0,446        | 0,281   | 0,000  | 0,758         | 0,308            | 0,611          | 0,968    |
| 0,935 | 0,479        | 0,032   | 0,555  | 0,768         | 0,243            | 0,580          | 0,964    |
| 0,959 | 0,488        | 0,000   | 0,014  | 0,872         | 0,098            | 0,611          | 0,936    |
| 0,943 | 0,484        | 0,000   | 0,381  | 0,638         | 0,308            | 0,518          | 0,936    |
| 0,906 | 0,484        | 0,165   | 0,000  | 0,523         | 0,409            | 0,549          | 0,933    |
| 0,931 | 0,470        | 0,351   | 0,651  | 0,644         | 0,264            | 0,674          | 0,957    |
| 0,922 | 0,479        | 0,000   | 0,642  | 0,615         | 0,420            | 0,643          | 0,964    |
| 0,760 | 0,175        | 0,000   | 0,890  | 0,763         | 0,207            | 0,487          | 0,911    |
| 0,295 | 0,132        | 0,000   | 0,904  | 0,612         | 0,380            | 0,611          | 0,466    |
| 0,960 | 0,523        | 0,228   | 0,862  | 0,716         | 0,337            | 0,705          | 0,958    |
| 0,926 | 0,498        | 0,154   | 0,839  | 0,438         | 0,149            | 0,643          | 0,940    |
| 0,928 | 0,518        | 0,000   | 0,548  | 0,484         | 0,431            | 0,580          | 0,968    |
| 0,971 | 0,525        | 0,000   | 0,757  | 0,734         | 0,264            | 0,674          | 0,974    |
| 0,967 | 0,552        | 0,000   | 0,693  | 0,521         | 0,436            | 0,986          | 0,961    |
| 0,966 | 0,547        | 0,000   | 0,642  | 0,690         | 0,203            | 0,611          | 0,967    |
| 0,945 | 0,564        | 0,000   | 0,628  | 0,648         | 0,359            | 0,643          | 0,971    |

EK-2: Enerji tüketim tahmini çalışmasında YSA' nın doğrulanması için kullanılan girdi ve çıktı verileri (normalize edilmiş) (devam)

| GİRDİ |              |         |        |               |                  |                | ÇIKTI    |
|-------|--------------|---------|--------|---------------|------------------|----------------|----------|
| Kırma | Kuru fruktoz | Fruktoz | Glikoz | Doğal Nişasta | Modifiye Nişasta | Hava Sıcaklığı | Elektrik |
| 0,959 | 0,568        | 0,000   | 0,560  | 0,716         | 0,301            | 0,549          | 0,985    |
| 0,977 | 0,533        | 0,105   | 0,853  | 0,948         | 0,254            | 0,580          | 0,996    |
| 0,938 | 0,524        | 0,432   | 0,688  | 0,760         | 0,686            | 0,830          | 0,974    |
| 0,941 | 0,532        | 0,239   | 0,615  | 0,753         | 0,580            | 0,736          | 0,953    |
| 0,958 | 0,561        | 0,000   | 0,766  | 0,656         | 0,267            | 0,643          | 0,951    |
| 0,965 | 0,533        | 0,000   | 0,610  | 0,507         | 0,082            | 0,674          | 0,941    |
| 0,944 | 0,554        | 0,000   | 0,656  | 0,593         | 0,269            | 0,611          | 0,988    |
| 0,951 | 0,570        | 0,000   | 0,656  | 0,641         | 0,285            | 0,549          | 0,988    |
| 0,956 | 0,562        | 0,000   | 0,615  | 0,742         | 0,351            | 0,549          | 0,988    |
| 0,918 | 0,555        | 0,000   | 0,000  | 0,583         | 0,576            | 0,487          | 0,988    |
| 0,944 | 0,567        | 0,000   | 0,596  | 0,482         | 0,319            | 0,674          | 0,982    |
| 0,951 | 0,536        | 0,333   | 0,817  | 0,551         | 0,344            | 0,580          | 0,976    |
| 0,949 | 0,549        | 0,249   | 0,716  | 0,253         | 0,326            | 0,580          | 0,922    |
| 0,899 | 0,557        | 0,000   | 0,683  | 0,529         | 0,257            | 0,643          | 0,924    |
| 0,949 | 0,464        | 0,218   | 0,752  | 0,701         | 0,149            | 0,549          | 0,974    |
| 0,947 | 0,533        | 0,267   | 0,339  | 0,703         | 0,351            | 0,705          | 0,988    |
| 0,940 | 0,549        | 0,000   | 0,706  | 0,685         | 0,333            | 0,674          | 1,000    |
| 0,935 | 0,563        | 0,000   | 0,716  | 0,372         | 0,417            | 0,611          | 0,974    |
| 0,941 | 0,526        | 0,000   | 0,665  | 0,289         | 0,254            | 0,518          | 0,920    |
| 0,937 | 0,541        | 0,000   | 0,702  | 0,362         | 0,308            | 0,705          | 0,943    |
| 0,943 | 0,560        | 0,081   | 0,761  | 0,977         | 0,000            | 0,674          | 0,974    |
| 0,957 | 0,522        | 0,442   | 0,243  | 0,708         | 0,000            | 0,768          | 0,968    |
| 1,000 | 0,517        | 0,137   | 0,000  | 0,609         | 0,159            | 0,674          | 0,927    |
| 0,987 | 0,533        | 0,000   | 0,000  | 0,628         | 0,348            | 0,736          | 0,945    |
| 0,989 | 0,524        | 0,000   | 0,844  | 0,597         | 0,398            | 0,674          | 0,986    |
| 0,958 | 0,544        | 0,000   | 0,596  | 0,576         | 0,448            | 0,643          | 0,976    |
| 0,454 | 0,313        | 0,000   | 0,000  | 0,882         | 0,059            | 0,674          | 0,861    |
| 0,841 | 0,401        | 0,000   | 0,000  | 0,432         | 0,348            | 0,705          | 0,645    |
| 0,907 | 0,551        | 0,000   | 0,000  | 0,852         | 0,181            | 0,892          | 0,942    |
| 0,927 | 0,563        | 0,000   | 0,532  | 0,849         | 0,174            | 0,799          | 0,973    |
| 0,948 | 0,550        | 0,411   | 0,683  | 0,737         | 0,257            | 0,768          | 0,982    |
| 0,948 | 0,545        | 0,253   | 0,839  | 0,615         | 0,337            | 0,799          | 0,980    |
| 0,932 | 0,556        | 0,309   | 0,748  | 0,718         | 0,294            | 0,736          | 0,990    |
| 0,929 | 0,554        | 0,102   | 0,577  | 0,672         | 0,351            | 0,768          | 0,979    |
| 0,929 | 0,557        | 0,000   | 0,624  | 0,461         | 0,022            | 0,799          | 0,925    |

EK-2: Enerji tüketim tahmini çalışmasında YSA' nın doğrulanması için kullanılan girdi ve çıktı verileri (normalize edilmiş) (devam)

| GİRDİ |              |         |        |               |                  |                | ÇIKTI    |
|-------|--------------|---------|--------|---------------|------------------|----------------|----------|
| Kırma | Kuru fruktoz | Fruktoz | Glikoz | Doğal Nişasta | Modifiye Nişasta | Hava Sıcaklığı | Elektrik |
| 0,944 | 0,567        | 0,000   | 0,803  | 0,627         | 0,222            | 0,830          | 0,958    |
| 0,957 | 0,557        | 0,000   | 0,202  | 0,682         | 0,210            | 0,830          | 0,970    |
| 0,844 | 0,559        | 0,000   | 0,000  | 0,286         | 0,351            | 0,830          | 0,858    |
| 0,978 | 0,569        | 0,000   | 0,651  | 0,315         | 0,351            | 0,892          | 0,934    |
| 0,876 | 0,000        | 0,123   | 0,537  | 0,281         | 0,493            | 0,830          | 0,898    |
| 0,944 | 0,563        | 0,270   | 0,638  | 0,391         | 0,214            | 0,799          | 0,950    |
| 0,945 | 0,545        | 0,218   | 0,661  | 0,531         | 0,453            | 0,768          | 0,970    |
| 0,937 | 0,554        | 0,000   | 0,688  | 0,514         | 0,257            | 0,955          | 0,962    |
| 0,945 | 0,640        | 0,000   | 0,000  | 0,673         | 0,358            | 0,986          | 0,938    |
| 0,952 | 0,670        | 0,000   | 0,000  | 0,635         | 0,402            | 0,924          | 0,975    |
| 0,971 | 0,530        | 0,000   | 0,000  | 0,714         | 0,366            | 0,924          | 0,975    |
| 0,971 | 0,639        | 0,000   | 0,766  | 0,635         | 0,482            | 0,861          | 0,985    |
| 0,962 | 0,557        | 0,000   | 0,638  | 0,635         | 0,380            | 0,799          | 0,985    |
| 0,870 | 0,555        | 0,000   | 0,615  | 0,484         | 0,319            | 0,892          | 0,965    |
| 0,960 | 0,525        | 0,000   | 0,702  | 0,482         | 0,297            | 0,830          | 0,944    |
| 0,947 | 0,527        | 0,060   | 0,014  | 0,411         | 0,333            | 0,830          | 0,968    |
| 0,930 | 0,560        | 0,000   | 0,000  | 0,638         | 0,518            | 0,768          | 0,967    |
| 0,945 | 0,544        | 0,000   | 0,151  | 0,797         | 0,232            | 0,861          | 0,990    |
| 0,924 | 0,657        | 0,000   | 0,468  | 0,096         | 0,736            | 0,861          | 0,966    |
| 0,908 | 0,538        | 0,000   | 0,665  | 0,294         | 0,388            | 0,924          | 0,931    |
| 0,936 | 0,568        | 0,000   | 0,587  | 0,625         | 0,275            | 0,924          | 0,979    |
| 0,845 | 0,691        | 0,084   | 0,647  | 0,349         | 0,449            | 0,861          | 0,949    |
| 0,877 | 0,536        | 0,161   | 0,500  | 0,544         | 0,565            | 0,799          | 0,980    |
| 0,852 | 0,695        | 0,168   | 0,505  | 0,513         | 0,442            | 0,768          | 0,960    |
| 0,912 | 0,605        | 0,000   | 0,844  | 0,482         | 0,460            | 0,799          | 0,967    |
| 0,933 | 0,551        | 0,000   | 0,945  | 0,357         | 0,525            | 0,892          | 0,975    |
| 0,954 | 0,700        | 0,000   | 0,729  | 0,320         | 0,279            | 0,955          | 0,957    |
| 0,956 | 0,711        | 0,000   | 0,716  | 0,385         | 0,435            | 0,892          | 0,943    |
| 0,935 | 0,641        | 0,102   | 0,463  | 0,367         | 0,598            | 0,955          | 0,969    |
| 0,966 | 0,539        | 0,021   | 0,000  | 0,305         | 0,359            | 0,861          | 0,932    |
| 0,954 | 0,522        | 0,000   | 0,000  | 0,341         | 0,591            | 0,861          | 0,940    |
| 0,868 | 0,703        | 0,298   | 0,628  | 0,680         | 0,315            | 0,892          | 0,964    |
| 0,764 | 0,593        | 0,249   | 0,908  | 0,490         | 0,319            | 0,830          | 0,988    |
| 0,944 | 0,532        | 0,218   | 0,739  | 0,552         | 0,453            | 0,799          | 0,866    |
| 0,905 | 0,734        | 0,053   | 0,702  | 0,440         | 0,413            | 0,861          | 0,985    |

EK-2: Enerji tüketim tahmini çalışmasında YSA' nın doğrulanması için kullanılan girdi ve çıktı verileri (normalize edilmiş) (devam)

| GİRDİ |              |         |        |               |                  |                | ÇIKTI    |
|-------|--------------|---------|--------|---------------|------------------|----------------|----------|
| Kırma | Kuru fruktoz | Fruktoz | Glikoz | Doğal Nişasta | Modifiye Nişasta | Hava Sıcaklığı | Elektrik |
| 0,806 | 0,420        | 0,000   | 0,294  | 0,839         | 0,395            | 0,861          | 0,930    |
| 0,354 | 0,377        | 0,000   | 0,000  | 0,320         | 0,554            | 0,799          | 0,879    |
| 0,825 | 0,289        | 0,000   | 0,000  | 0,534         | 0,239            | 0,830          | 0,879    |
| 0,891 | 0,318        | 0,000   | 0,761  | 0,740         | 0,172            | 0,924          | 0,671    |
| 0,932 | 0,339        | 0,000   | 0,560  | 0,779         | 0,217            | 0,799          | 0,885    |
| 0,415 | 0,351        | 0,000   | 0,670  | 0,721         | 0,149            | 0,830          | 0,464    |
| 0,933 | 0,351        | 0,109   | 0,711  | 0,698         | 0,290            | 0,861          | 0,892    |
| 0,420 | 0,089        | 0,056   | 0,275  | 0,544         | 0,293            | 0,861          | 0,686    |
| 0,436 | 0,306        | 0,347   | 0,743  | 0,310         | 0,558            | 0,861          | 0,460    |
| 0,937 | 0,351        | 0,171   | 0,745  | 0,378         | 0,575            | 0,924          | 0,891    |
| 0,857 | 0,279        | 0,151   | 0,711  | 0,602         | 0,348            | 0,892          | 0,875    |
| 0,402 | 0,167        | 0,000   | 0,670  | 0,630         | 0,355            | 0,892          | 0,544    |

**EK-3** Enerji tüketim tahmini çalışması için yapılan denemelerin sonuçları

| <b>Ağ Adı</b> | <b>M</b> | <b>LR</b> | <b>NS</b> | <b>GKS</b> | <b>MSE</b> |
|---------------|----------|-----------|-----------|------------|------------|
| network28     | 0,2      | 0,4       | 10        | 1          | 0,00786    |
| network29     | 0,2      | 0,5       | 10        | 1          | 0,00911    |
| network30     | 0,2      | 0,6       | 10        | 1          | 0,011      |
| network31     | 0,2      | 0,4       | 11        | 1          | 0,00816    |
| network32     | 0,2      | 0,5       | 11        | 1          | 0,00756    |
| network33     | 0,2      | 0,6       | 11        | 1          | 0,00874    |
| network34     | 0,2      | 0,4       | 12        | 1          | 0,0077     |
| network35     | 0,2      | 0,5       | 12        | 1          | 0,00617    |
| network36     | 0,2      | 0,6       | 12        | 1          | 0,00741    |
| network37     | 0,3      | 0,4       | 10        | 1          | 0,00704    |
| network38     | 0,3      | 0,5       | 10        | 1          | 0,00687    |
| network39     | 0,3      | 0,6       | 10        | 1          | 0,0072     |
| network40     | 0,3      | 0,4       | 11        | 1          | 0,00776    |
| network41     | 0,3      | 0,5       | 11        | 1          | 0,00747    |
| network42     | 0,3      | 0,6       | 11        | 1          | 0,00687    |
| network43     | 0,3      | 0,4       | 12        | 1          | 0,00771    |
| network44     | 0,3      | 0,5       | 12        | 1          | 0,00861    |
| network45     | 0,3      | 0,6       | 12        | 1          | 0,00772    |
| network46     | 0,4      | 0,4       | 10        | 1          | 0,00732    |
| network47     | 0,4      | 0,5       | 10        | 1          | 0,00778    |
| network48     | 0,4      | 0,6       | 10        | 1          | 0,00803    |
| network49     | 0,4      | 0,4       | 11        | 1          | 0,00732    |
| network50     | 0,4      | 0,5       | 11        | 1          | 0,00697    |
| network51     | 0,4      | 0,6       | 11        | 1          | 0,007      |
| network52     | 0,4      | 0,4       | 12        | 1          | 0,00671    |
| network53     | 0,4      | 0,5       | 12        | 1          | 0,00856    |
| network54     | 0,4      | 0,6       | 12        | 1          | 0,0078     |

EK-3: Enerji tüketim tahmini çalışması için yapılan denemelerin sonuçları (devam)

| Ağ Adı    | M   | LR  | 1.Katmanda nöron sayısı | 2.Katmanda nöron sayısı | NS | GKS | MSE     |
|-----------|-----|-----|-------------------------|-------------------------|----|-----|---------|
| network55 | 0,2 | 0,4 | 9                       | 1                       | 10 | 2   | 0,0113  |
| network56 | 0,2 | 0,4 | 1                       | 9                       | 10 | 2   | 0,0213  |
| network57 | 0,2 | 0,4 | 8                       | 2                       | 10 | 2   | 0,00972 |
| network58 | 0,2 | 0,4 | 7                       | 3                       | 10 | 2   | 0,0125  |
| network59 | 0,2 | 0,4 | 6                       | 4                       | 10 | 2   | 0,00694 |
| network60 | 0,2 | 0,4 | 5                       | 5                       | 10 | 2   | 0,00751 |
| network61 | 0,2 | 0,4 | 4                       | 6                       | 10 | 2   | 0,0081  |
| network62 | 0,2 | 0,4 | 3                       | 7                       | 10 | 2   | 0,00826 |
| network63 | 0,2 | 0,4 | 2                       | 8                       | 10 | 2   | 0,00858 |
| network64 | 0,2 | 0,5 | 9                       | 1                       | 10 | 2   | 0,0129  |
| network65 | 0,2 | 0,5 | 8                       | 2                       | 10 | 2   | 0,00755 |
| network66 | 0,2 | 0,5 | 7                       | 3                       | 10 | 2   | 0,00744 |
| network67 | 0,2 | 0,5 | 6                       | 4                       | 10 | 2   | 0,00701 |
| network68 | 0,2 | 0,5 | 5                       | 5                       | 10 | 2   | 0,00672 |
| network69 | 0,2 | 0,5 | 4                       | 6                       | 10 | 2   | 0,00753 |
| network70 | 0,2 | 0,5 | 3                       | 7                       | 10 | 2   | 0,00891 |
| network71 | 0,2 | 0,5 | 2                       | 8                       | 10 | 2   | 0,00877 |
| network72 | 0,2 | 0,5 | 1                       | 9                       | 10 | 2   | 0,00892 |
| network73 | 0,2 | 0,6 | 9                       | 1                       | 10 | 2   | 0,00965 |
| network74 | 0,2 | 0,6 | 8                       | 2                       | 10 | 2   | 0,00661 |
| network75 | 0,2 | 0,6 | 7                       | 3                       | 10 | 2   | 0,00812 |
| network76 | 0,2 | 0,6 | 6                       | 4                       | 10 | 2   | 0,00973 |
| network77 | 0,2 | 0,6 | 5                       | 5                       | 10 | 2   | 0,00834 |
| network78 | 0,2 | 0,6 | 4                       | 6                       | 10 | 2   | 0,00899 |
| network79 | 0,2 | 0,6 | 3                       | 7                       | 10 | 2   | 0,00826 |
| network80 | 0,2 | 0,6 | 2                       | 8                       | 10 | 2   | 0,0695  |
| network81 | 0,2 | 0,6 | 1                       | 9                       | 10 | 2   | 0,00771 |
| network82 | 0,3 | 0,4 | 9                       | 1                       | 10 | 2   | 0,00753 |
| network83 | 0,3 | 0,4 | 1                       | 9                       | 10 | 2   | 0,0179  |
| network84 | 0,3 | 0,4 | 8                       | 2                       | 10 | 2   | 0,00611 |
| network85 | 0,3 | 0,4 | 7                       | 3                       | 10 | 2   | 0,00839 |
| network86 | 0,3 | 0,4 | 6                       | 4                       | 10 | 2   | 0,00896 |
| network87 | 0,3 | 0,4 | 5                       | 5                       | 10 | 2   | 0,00807 |
| network88 | 0,3 | 0,4 | 4                       | 6                       | 10 | 2   | 0,00789 |
| network89 | 0,3 | 0,4 | 3                       | 7                       | 10 | 2   | 0,00983 |
| network90 | 0,3 | 0,4 | 2                       | 8                       | 10 | 2   | 0,00996 |

EK-3: Enerji tüketim tahmini çalışması için yapılan denemelerin sonuçları  
(devam)

| Ağ Adı     | M   | LR  | 1,katmandaki nöron sayısı | 2,katmandaki nöron sayısı | NS | GKS | MSE     |
|------------|-----|-----|---------------------------|---------------------------|----|-----|---------|
| network91  | 0,3 | 0,5 | 9                         | 1                         | 10 | 2   | 0,0102  |
| network92  | 0,3 | 0,5 | 8                         | 2                         | 10 | 2   | 0,0104  |
| network93  | 0,3 | 0,5 | 7                         | 3                         | 10 | 2   | 0,00688 |
| network94  | 0,3 | 0,5 | 6                         | 4                         | 10 | 2   | 0,00821 |
| network95  | 0,3 | 0,5 | 5                         | 5                         | 10 | 2   | 0,0094  |
| network96  | 0,3 | 0,5 | 4                         | 6                         | 10 | 2   | 0,0074  |
| network97  | 0,3 | 0,5 | 3                         | 7                         | 10 | 2   | 0,00765 |
| network98  | 0,3 | 0,5 | 2                         | 8                         | 10 | 2   | 0,00766 |
| network99  | 0,3 | 0,5 | 1                         | 9                         | 10 | 2   | 0,00922 |
| network100 | 0,3 | 0,6 | 9                         | 1                         | 10 | 2   | 0,00924 |
| network101 | 0,3 | 0,6 | 8                         | 2                         | 10 | 2   | 0,00965 |
| network102 | 0,3 | 0,6 | 7                         | 3                         | 10 | 2   | 0,0068  |
| network103 | 0,3 | 0,6 | 6                         | 4                         | 10 | 2   | 0,00737 |
| network104 | 0,3 | 0,6 | 5                         | 5                         | 10 | 2   | 0,00871 |
| network105 | 0,3 | 0,6 | 4                         | 6                         | 10 | 2   | 0,0085  |
| network106 | 0,3 | 0,6 | 3                         | 7                         | 10 | 2   | 0,00891 |
| network107 | 0,3 | 0,6 | 2                         | 8                         | 10 | 2   | 0,00965 |
| network108 | 0,3 | 0,6 | 1                         | 9                         | 10 | 2   | 0,0121  |
| network109 | 0,4 | 0,4 | 9                         | 1                         | 10 | 2   | 0,00744 |
| network110 | 0,4 | 0,4 | 1                         | 9                         | 10 | 2   | 0,00816 |
| network111 | 0,4 | 0,4 | 8                         | 2                         | 10 | 2   | 0,00736 |
| network112 | 0,4 | 0,4 | 7                         | 3                         | 10 | 2   | 0,00711 |
| network113 | 0,4 | 0,4 | 6                         | 4                         | 10 | 2   | 0,00636 |
| network114 | 0,4 | 0,4 | 5                         | 5                         | 10 | 2   | 0,00875 |
| network115 | 0,4 | 0,4 | 4                         | 6                         | 10 | 2   | 0,00911 |
| network116 | 0,4 | 0,4 | 3                         | 7                         | 10 | 2   | 0,00749 |
| network117 | 0,4 | 0,4 | 2                         | 8                         | 10 | 2   | 0,00829 |
| network118 | 0,4 | 0,5 | 9                         | 1                         | 10 | 2   | 0,00688 |
| network119 | 0,4 | 0,5 | 8                         | 2                         | 10 | 2   | 0,0079  |
| network120 | 0,4 | 0,5 | 7                         | 3                         | 10 | 2   | 0,00667 |
| network121 | 0,4 | 0,5 | 6                         | 4                         | 10 | 2   | 0,00725 |
| network122 | 0,4 | 0,5 | 5                         | 5                         | 10 | 2   | 0,0069  |
| network123 | 0,4 | 0,5 | 4                         | 6                         | 10 | 2   | 0,00799 |
| network124 | 0,4 | 0,5 | 3                         | 7                         | 10 | 2   | 0,00731 |
| network125 | 0,4 | 0,5 | 2                         | 8                         | 10 | 2   | 0,00932 |
| network126 | 0,4 | 0,5 | 1                         | 9                         | 10 | 2   | 0,00899 |
| network127 | 0,4 | 0,6 | 9                         | 1                         | 10 | 2   | 0,00832 |
| network128 | 0,4 | 0,6 | 8                         | 2                         | 10 | 2   | 0,00929 |



EK-3: Enerji tüketim tahmini çalışması için yapılan denemelerin sonuçları (devam)

| Ağ Adı     | M   | LR  | 1,katmandaki nöron sayısı | 2,katmandaki nöron sayısı | NS | GKS | MSE     |
|------------|-----|-----|---------------------------|---------------------------|----|-----|---------|
| network129 | 0,4 | 0,6 | 7                         | 3                         | 10 | 2   | 0,00707 |
| network130 | 0,4 | 0,6 | 6                         | 4                         | 10 | 2   | 0,00713 |
| network131 | 0,4 | 0,6 | 5                         | 5                         | 10 | 2   | 0,00945 |
| network132 | 0,4 | 0,6 | 4                         | 6                         | 10 | 2   | 0,0082  |
| network133 | 0,4 | 0,6 | 3                         | 7                         | 10 | 2   | 0,00827 |
| network134 | 0,4 | 0,6 | 2                         | 8                         | 10 | 2   | 0,00766 |
| network135 | 0,4 | 0,6 | 1                         | 9                         | 10 | 2   | 0,00884 |
| network136 | 0,2 | 0,4 | 1                         | 10                        | 11 | 2   | 0,00795 |
| network137 | 0,2 | 0,4 | 2                         | 9                         | 11 | 2   | 0,00783 |
| network138 | 0,2 | 0,4 | 3                         | 8                         | 11 | 2   | 0,00935 |
| network139 | 0,2 | 0,4 | 4                         | 7                         | 11 | 2   | 0,00967 |
| network140 | 0,2 | 0,4 | 5                         | 6                         | 11 | 2   | 0,00988 |
| network141 | 0,2 | 0,4 | 6                         | 5                         | 11 | 2   | 0,00882 |
| network142 | 0,2 | 0,4 | 7                         | 4                         | 11 | 2   | 0,0071  |
| network143 | 0,2 | 0,4 | 8                         | 3                         | 11 | 2   | 0,00756 |
| network144 | 0,2 | 0,4 | 9                         | 2                         | 11 | 2   | 0,0066  |
| network145 | 0,2 | 0,4 | 10                        | 1                         | 11 | 2   | 0,00951 |
| network146 | 0,2 | 0,5 | 1                         | 10                        | 11 | 2   | 0,00811 |
| network147 | 0,2 | 0,5 | 2                         | 9                         | 11 | 2   | 0,00759 |
| network148 | 0,2 | 0,5 | 3                         | 8                         | 11 | 2   | 0,00817 |
| network149 | 0,2 | 0,5 | 4                         | 7                         | 11 | 2   | 0,00907 |
| network150 | 0,2 | 0,5 | 5                         | 6                         | 11 | 2   | 0,00618 |
| network151 | 0,2 | 0,5 | 6                         | 5                         | 11 | 2   | 0,00886 |
| network152 | 0,2 | 0,5 | 7                         | 4                         | 11 | 2   | 0,0074  |
| network153 | 0,2 | 0,5 | 8                         | 3                         | 11 | 2   | 0,00795 |
| network154 | 0,2 | 0,5 | 9                         | 2                         | 11 | 2   | 0,00789 |
| network155 | 0,2 | 0,5 | 10                        | 1                         | 11 | 2   | 0,00811 |
| network156 | 0,2 | 0,6 | 1                         | 10                        | 11 | 2   | 0,0168  |
| network157 | 0,2 | 0,6 | 2                         | 9                         | 11 | 2   | 0,00886 |
| network158 | 0,2 | 0,6 | 3                         | 8                         | 11 | 2   | 0,00896 |
| network159 | 0,2 | 0,6 | 4                         | 7                         | 11 | 2   | 0,00796 |
| network160 | 0,2 | 0,6 | 5                         | 6                         | 11 | 2   | 0,00784 |
| network161 | 0,2 | 0,6 | 6                         | 5                         | 11 | 2   | 0,00815 |
| network162 | 0,2 | 0,6 | 7                         | 4                         | 11 | 2   | 0,00669 |
| network163 | 0,2 | 0,6 | 8                         | 3                         | 11 | 2   | 0,00754 |
| network164 | 0,2 | 0,6 | 9                         | 2                         | 11 | 2   | 0,00748 |
| network165 | 0,2 | 0,6 | 10                        | 1                         | 11 | 2   | 0,00812 |
| network166 | 0,3 | 0,4 | 1                         | 10                        | 11 | 2   | 0,00772 |

EK-3: Enerji tüketim tahmini çalışması için yapılan denemelerin sonuçları (devam)

| Ağ Adı     | M   | LR  | 1,katmandaki nöron sayısı | 2,katmandaki nöron sayısı | NS | GKS | MSE     |
|------------|-----|-----|---------------------------|---------------------------|----|-----|---------|
| network167 | 0,3 | 0,4 | 2                         | 9                         | 11 | 2   | 0,00959 |
| network168 | 0,3 | 0,4 | 3                         | 8                         | 11 | 2   | 0,00772 |
| network169 | 0,3 | 0,4 | 4                         | 7                         | 11 | 2   | 0,00831 |
| network170 | 0,3 | 0,4 | 5                         | 6                         | 11 | 2   | 0,00707 |
| network171 | 0,3 | 0,4 | 6                         | 5                         | 11 | 2   | 0,00734 |
| network172 | 0,3 | 0,4 | 7                         | 4                         | 11 | 2   | 0,00803 |
| network173 | 0,3 | 0,4 | 8                         | 3                         | 11 | 2   | 0,00784 |
| network174 | 0,3 | 0,4 | 9                         | 2                         | 11 | 2   | 0,00648 |
| network175 | 0,3 | 0,4 | 10                        | 1                         | 11 | 2   | 0,00798 |
| network176 | 0,3 | 0,5 | 1                         | 10                        | 11 | 2   | 0,0081  |
| network177 | 0,3 | 0,5 | 2                         | 9                         | 11 | 2   | 0,00701 |
| network178 | 0,3 | 0,5 | 3                         | 8                         | 11 | 2   | 0,00766 |
| network179 | 0,3 | 0,5 | 4                         | 7                         | 11 | 2   | 0,00861 |
| network180 | 0,3 | 0,5 | 5                         | 6                         | 11 | 2   | 0,00867 |
| network181 | 0,3 | 0,5 | 6                         | 5                         | 11 | 2   | 0,008   |
| network182 | 0,3 | 0,5 | 7                         | 4                         | 11 | 2   | 0,00828 |
| network183 | 0,3 | 0,5 | 8                         | 3                         | 11 | 2   | 0,00832 |
| network184 | 0,3 | 0,5 | 9                         | 2                         | 11 | 2   | 0,0073  |
| network185 | 0,3 | 0,5 | 10                        | 1                         | 11 | 2   | 0,00882 |
| network186 | 0,3 | 0,6 | 1                         | 10                        | 11 | 2   | 0,0134  |
| network187 | 0,3 | 0,6 | 2                         | 9                         | 11 | 2   | 0,00855 |
| network188 | 0,3 | 0,6 | 3                         | 8                         | 11 | 2   | 0,0087  |
| network189 | 0,3 | 0,6 | 4                         | 7                         | 11 | 2   | 0,00901 |
| network190 | 0,3 | 0,6 | 5                         | 6                         | 11 | 2   | 0,00761 |
| network191 | 0,3 | 0,6 | 6                         | 5                         | 11 | 2   | 0,0097  |
| network192 | 0,3 | 0,6 | 7                         | 4                         | 11 | 2   | 0,00972 |
| network193 | 0,3 | 0,6 | 8                         | 3                         | 11 | 2   | 0,00564 |
| network194 | 0,3 | 0,6 | 9                         | 2                         | 11 | 2   | 0,00826 |
| network195 | 0,3 | 0,6 | 10                        | 1                         | 11 | 2   | 0,0063  |
| network196 | 0,4 | 0,4 | 1                         | 10                        | 11 | 2   | 0,00818 |
| network197 | 0,4 | 0,4 | 2                         | 9                         | 11 | 2   | 0,00751 |
| network198 | 0,4 | 0,4 | 3                         | 8                         | 11 | 2   | 0,00783 |
| network199 | 0,4 | 0,4 | 4                         | 7                         | 11 | 2   | 0,0083  |
| network200 | 0,4 | 0,4 | 5                         | 6                         | 11 | 2   | 0,00705 |

**EK-4** Yeni verilerle enerji tüketim tahmini

| <b>Tahmini Tüketim</b> | <b>Gerçek Tüketim</b> |
|------------------------|-----------------------|
| 209742,3725            | 206238,9032           |
| 187784,2141            | 188234,5739           |
| 135802,8957            | 137661,4977           |
| 199210,8957            | 200491,7253           |
| 209756,3601            | 211915,1089           |
| 204525,0078            | 206354,4215           |
| 209203,851             | 205732,0158           |
| 200367,2017            | 209157,1111           |
| 127979,1798            | 130516,9551           |
| 160268,3266            | 156901,8644           |
| 209980,1613            | 211907,6347           |
| 209434,6459            | 205643,3246           |
| 207844,7251            | 208703,4012           |
| 150845,3649            | 150168,5921           |
| 197618,6436            | 200777,9829           |
| 196160,4391            | 190267,1928           |
| 126613,0602            | 115705,5108           |
| 103681,0169            | 95354,54419           |
| 109857,1133            | 95352                 |
| 148874,2827            | 148842,9453           |
| 133625,4968            | 144130,6629           |
| 123890,1459            | 130707,0841           |
| 151770,876             | 156671,3262           |
| 159965,2625            | 193078,691            |
| 151758,054             | 143033,133            |
| 208034,723             | 211124,0899           |
| 143851,5783            | 139309,9364           |
| 121431,83              | 127419,0079           |
| 131403,8039            | 121707,7496           |
| 133245,5011            | 121247,7719           |
| 144163,9675            | 148842,9453           |

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Sara Uygur  
Doğum Yeri ve Tarihi : S. Arabistan/ Cidde 23.05.1992  
Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim Durumu  
Lise : Sekine Evren Anadolu Lisesi  
Lisans : Ankara Üniversitesi  
Yüksek Lisans : Uludağ Üniversitesi

Çalıştığı Kurum/Kurumlar : Tofaş Türk Otomobil Fabrikası

İletişim (e-posta) : [suygur92@gmail.com](mailto:suygur92@gmail.com)

Yayımları : Uygur, S., Aksoy, A. 2018. "İstatistiksel yöntemlerle bir gıda işletmesinde enerji tüketim tahmin modeli", Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Cilt 23, Sayı 4, 117-126.

Uygur, S., Aksoy, A.2018. "Bir gıda işletmesinde enerji tedarik yönetim modeli", 7. Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi, 3-5 Mayıs 2018, Merinos AKKM, Bursa.