



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

	Sayfa
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	vii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
2.1.Talep Tahmini	3
2.2. Tahmin Yöntemlerinin Doğruluğunun Ölçülmesi	9
3. MATERYAL VE YÖNTEM	10
3.1 Doğrusal Regresyon Modeli ve Kantil Regresyon.....	11
3.2.Yapay Sinir Ağları	14
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	26
4.1. Enerji Talep Tahmini Probleminin Tanımlanması.....	26
4.2. Kantil Regresyon Uygulaması	27
4.3.Yapay Sinir Ağları Uygulanması	32
4.3.1. Yapay Sinir Ağları Modelleri Denemeler	34
4.3.2. Momentum Katsayısının Belirlenmesi.....	35
4.3.3. Öğrenme Katsayısının Belirlenmesi	35
4.3.4. Nöron Sayısının Belirlenmesi	36
4.3.5.Gizli Katman Sayısının Belirlenmesi.....	36
4.3.6.Ağın Test Edilmesi.....	38
5. SONUÇ	41
KAYNAKLAR	44
EKLER	47
EK-1	48
EK-2	62
EK-3	66
EK-4	71
ÖZGEÇMİŞ	72

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
ε	Tahmin hatası
ϕ	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
β_0	Regresyon modelinin sabit terimi
β_1	Bağımsız değişkenin parametre değeri
θ	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

Kısaltmalar	Açıklama
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

	Sayfa
Şekil 3.1.Yapay sinir hücresi	19
Şekil 3.2. Yapay sinir ağlarının yapısı	21
Şekil 4.1. Tahmin Hatalarının dağılım grafiği	27
Şekil 4.2. Enerji tüketim verileri(açıklanan değişken) dağılım grafiği.....	29
Şekil 4.3. Enerji tüketim verileri(açıklanan değişken) dönüşüm grafikleri	29
Şekil 4.4.Tahmin ve gerçek değerler arasındaki ilişki	31
Şekil 4.5.Gerçek değerler ve $\tau =0.5$ tahmin modeli değerleri arasındaki ilişki	31
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	33
Şekil 4.9.Ortalama hata ve parametreler arasındaki ilişki.....	38
Şekil 4.10. Enerji talep tahmini için oluşturulan YSA yapısı	38
Şekil 4.11. Matlab YSA sonuç grafikleri	39
Şekil 4.12. Eğitilen gerçek ve tahmin değerleri arasındaki ilişki.....	40
Şekil 4.13.Test edilen değerler arasındaki ilişki	40
Şekil 4.14.Test edilen değerler arasındaki ilişki	41

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 4.1. Otokorelasyon tablosu	28
Çizelge 4.2. Çoklu bağlantı tablosu	28
Çizelge 4.3. Model özet tablosu.....	30
Çizelge 4.4. Momentum katsayısının belirlenmesi	35
Çizelge 4.5. Öğrenme katsayısının belirlenmesi.....	35
Çizelge 4.6. Nöron sayısının belirlenmesi	36
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 gerçekleştirilmektedir. 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 tedarigi 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 R²-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 CO₂ emisyonlarını tahmin etmek için doğrusal regresyon modelleri ve Yapay Sinir Ağları (YSA) yöntemlerini kullanmışlardır. Geliştirilen modellerin, sistemlerin enerji tasarrufunu tahmin etmek için kullanılabilceğini 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, ε 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).

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \varepsilon_i, \quad i=1,2,\dots,n \quad (3.2)$$

Eşitlik 3.2' de, Y_i i . birime ait bağımlı değişkenin değerini, β_0 regresyon modelinin sabit terimini, X_i i . birime ait bağımsız değişkenin değerini, β_1 bağımsız değişkenin parametre değerini, ε_i ise i . birime ait hatayı göstermektedir.

Çoklu regresyon modeli Eşitlik (3.3)'deki gibi kurulabilir

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

Eşitlik 3.3' de, Y_i i . birime ait bağımlı değişkenin değerini, β_0 regresyon modelinin sabit terimini, X_{ij} j . değişkene ait i . birimin değerini, β_j parametre değerini ve ε_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 (ε_i) sıfır ortalamaya ve ortak varyansa sahip oldukları varsayılır.
- Hataların dağılımı normaldir.
- Bağımsız değişkenler arasında ilişki yoktur.
- Modelde belirleme hatası yoktur.
- ε_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:

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

Burada, x_i ($k \times 1$) boyutlu bağımsız değişkenler vektörüdür ve bağımlı değişken y_i 'nin koşullu dağılımının θ 'nci kantili ile bağımsız değişkenler arasındaki doğrusal regresyonu göstermektedir. β_θ , θ 'nci kantil regresyona ile ilgili parametreler vektörüdür. $u_{\theta i}$ hata vektörüdür. y_i 'nin θ '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. θ '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 (kanser tanısı 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, ağına sahip olduğu bilginin tüm bağlantılara yayılmasını sağlar. Bilgi, ağıdaki 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

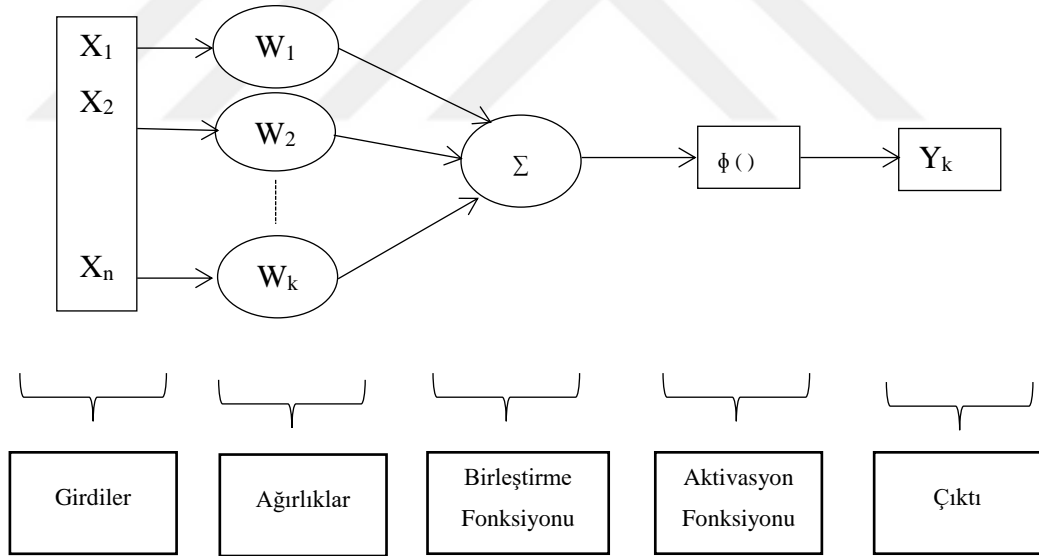
YSA' nın çalışmasına esas teşkil eden en küçük birime, yapay sinir hücresi ya da işlem elemanı denir. Bir yapay sinir hücresi aşağıdaki beş bölümden oluşmaktadır (Masaebi, 2016):

- 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.

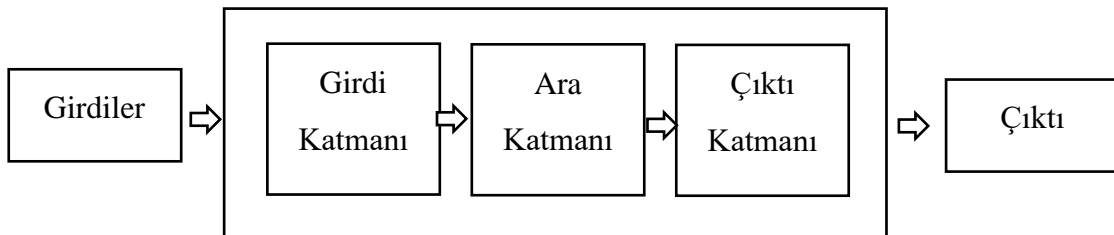


Şekil 3.1.Yapay sinir hücresi

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 şeklindeki 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 (η): Ağırlıkların zamanla değişimindeki hızı kontrol eder. Ağ performansı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir.
- Momentum (μ): 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 ağın eğitimi tamamlanmış olur (Aksoy 2005).

YSA'nın eğitimi tamamlandıktan sonra, ağın öğrenip öğrenmediği test edilir. Test aşamasında, ağın eğitim esnasında görmediği örnekler kullanılır. Test işlemi sırasında ağırlıklar değiştirilmez, eğitim sırasında belirlenen ağırlıklar kullanılarak, ağ daha önce

görmediği girdiler için çıktılar üretir. Ağın ürettiği çıktıların doğruluk değeri ağın 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 ağın 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 ağın yapısına ve işleyişine ilişkin aşağıdaki kararların verilmesi gerekir (Masaebi, 2016):

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

YSA'nın tasarım sürecinde ağ yapısının seçilmesi, uygulama problemine bağlı olarak seçilmelidir. Uygun YSA yapısının seçimi, büyük ölçüde ağda kullanılması düşünülen 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.

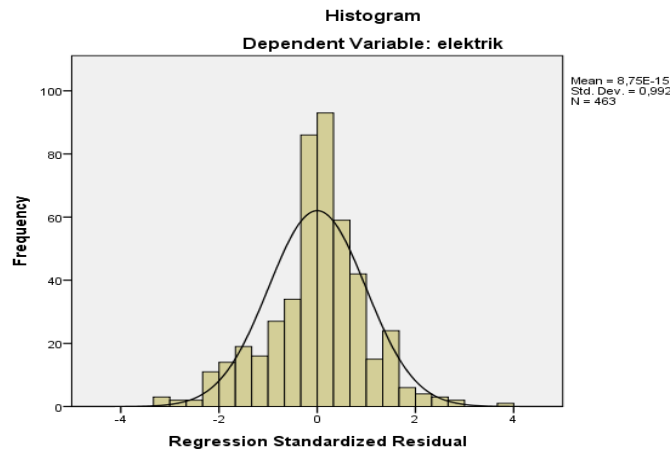
4.1. Enerji Talep Tahmini Probleminin Tanımlanması

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 görülmektedir.

- 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 ^a	,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 görülmektedir.

- 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 ^b
	Residual	4,042	455	,009		
	Total	32,007	462			

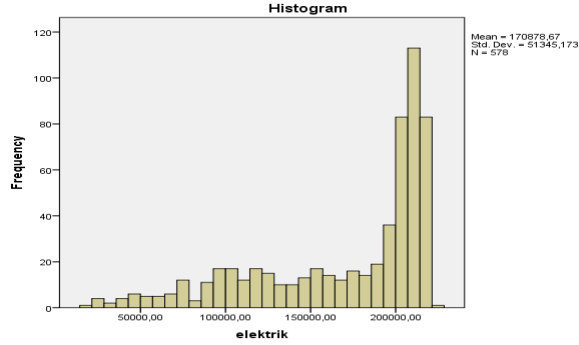
Ho: Değişkenlerin ortalamaları arasında önemli bir fark yoktur.

H₁: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 görülmektedir.

- 4.Varsayım: Bağımlı değişken normal dağılım göstermelidir.

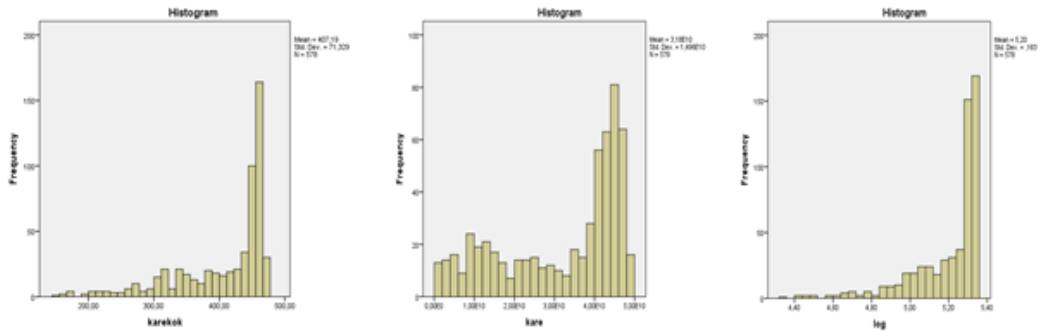
Günlük enerji tüketim verilerinin histogramı çizilerek Şekil 4.2. de belirtilmiştir. Şekil 4.2’ de yer alan histogram incelendiğinde, verilerin sağa çarpık dağılım gösterdiği, normallik varsayımını sağlamadığı belirlenmiştir.



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. şekilde 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,

$$H_0: B_j=0$$

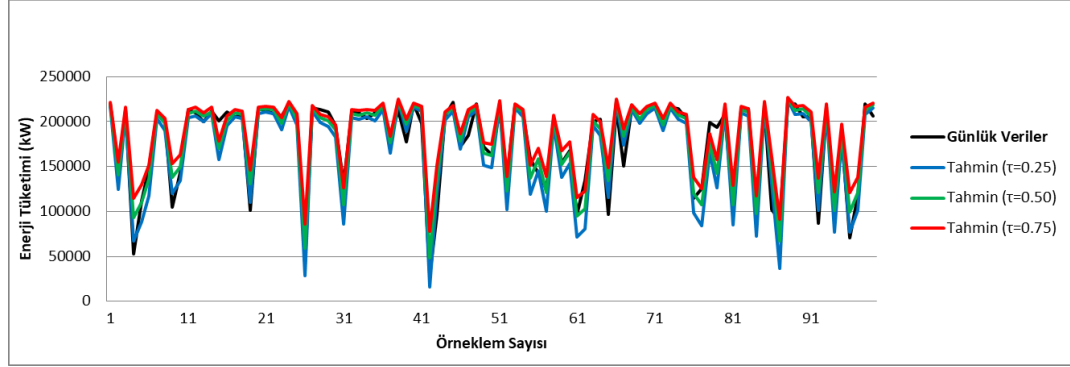
$$H_1: B_j \neq 0 \quad j=0,1,2,3$$

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
Intercept(β_0)	17724,81	0,00281	51395,89	0	8077,97	0
Kırma	90,69	0	77,27	0	64,69	0
Kuru Fruktoz	67,82	0	58,98	0	52,26	0
Fruktoz	51,86	0,00002	30,06	0,00013	32,22	0,00265
Glikoz	38,08	0,00137	33,48	0,00008	17,39	0,06496
Doğal Nişasta	87,75	0	73,03	0	60,57	0
Modifiye Nişasta	103,96	0	86,13	0	68,95	0
Hava	-162,21	0,07319	-211,68	0,00003	-175,13	0,00916
MSE	474 505 476,5		326 835 872,7		511 276 211	

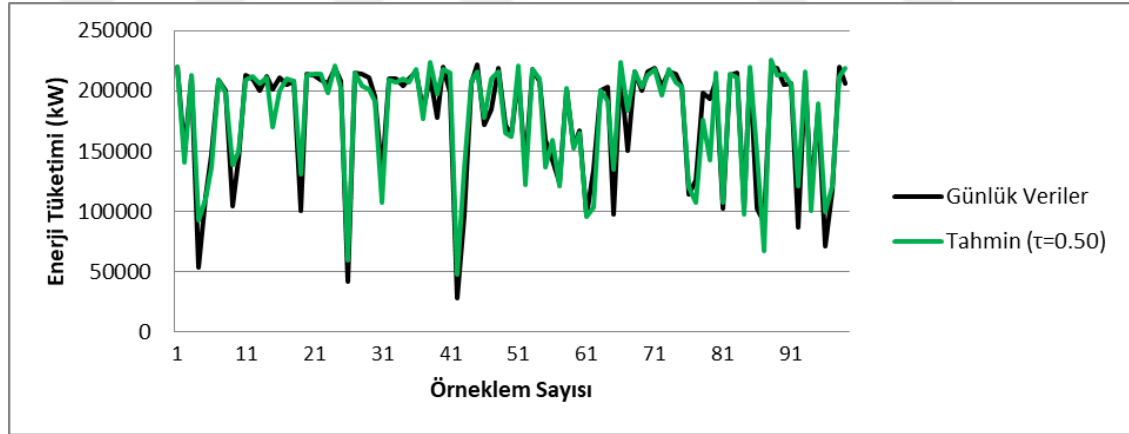
Modelin farklı kantillerde elde edilen tahmin değerleri ve gerçek değerler arasındaki ilişki grafiksel olarak Şekil 4.4’de gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Tahmin ve gerçek değerler arasındaki ilişki

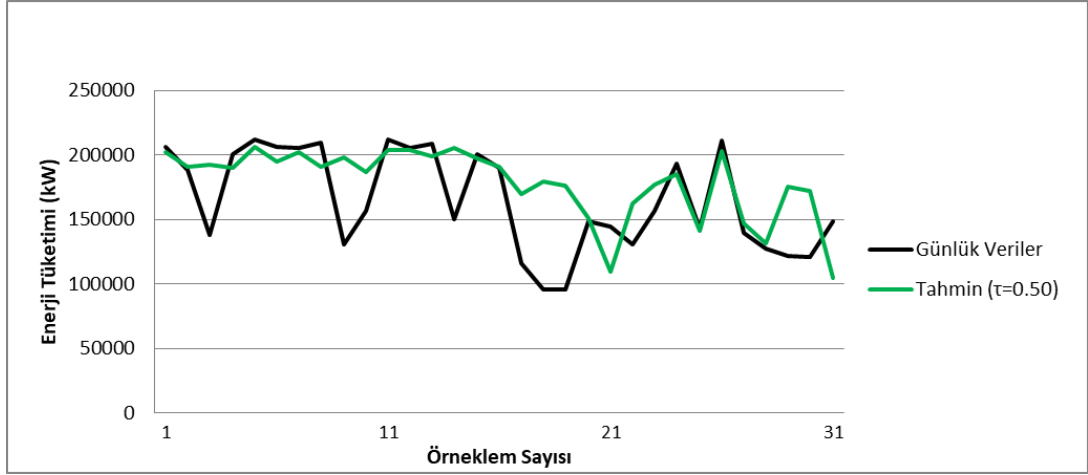
Modeller arasında en düşük MSE değerine sahip olan iyi bir modeldir. Farklı τ değerleri için MSE hesaplandığında en uygun modelin $\tau =0,5$ modeli olduğu belirlenmiştir.

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.



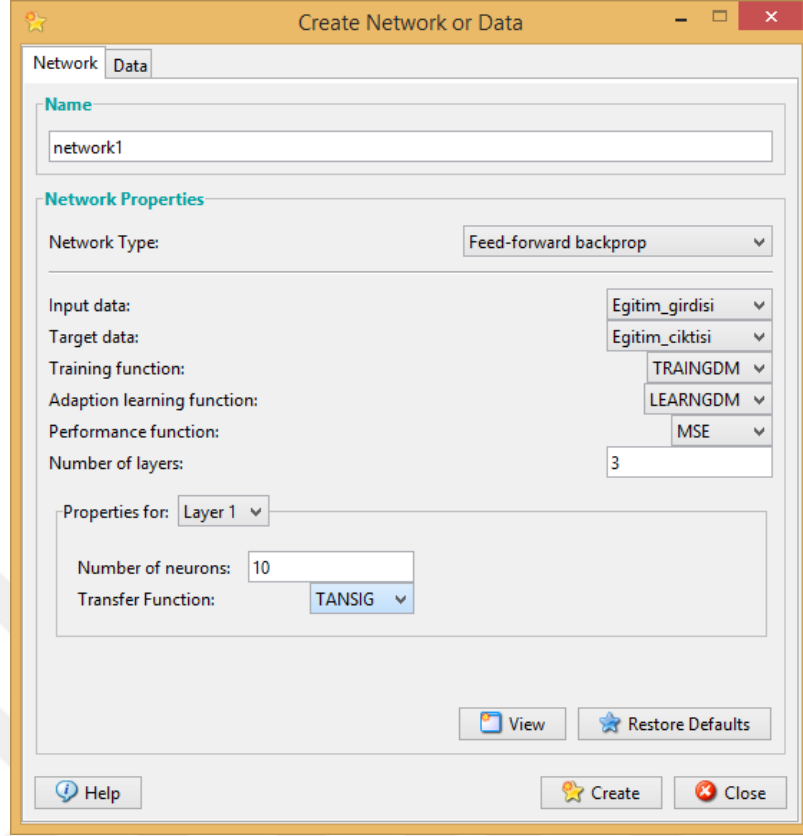
Şekil 4.6. Gerçek test değerleri ve $\tau = 0.50$ tahmin modeli değerleri arasındaki ilişki

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.

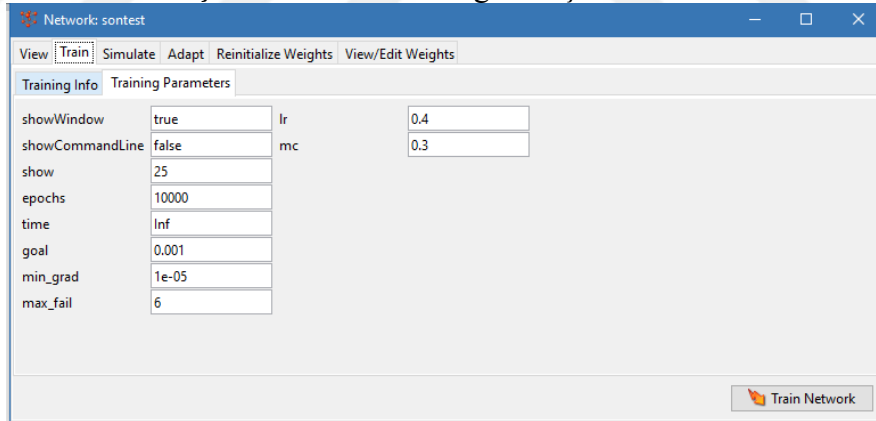
4.3. Yapay Sinir Ağları Uygulanması

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 ağı oluşturulması



Şekil 4.8. Matlab' ta ağı 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 ağıları

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 ağın eğitim süresini uzatacak hem de ağın 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).

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

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 ağın 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'den 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.

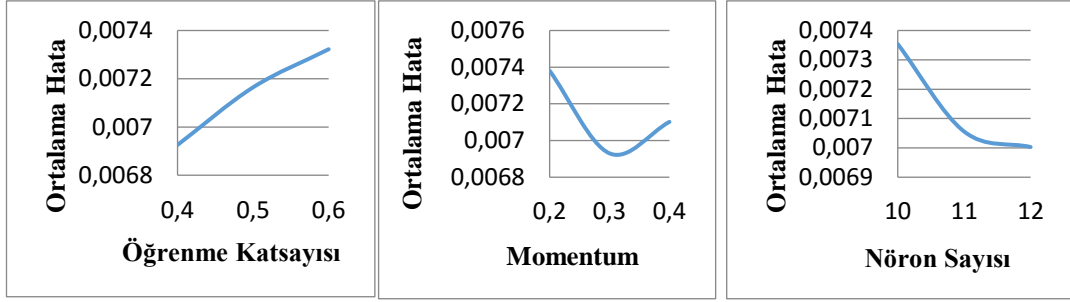
Çizelge 4.7. Gizli katman sayısının belirlenmesi

GKS	M	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	0,2	0,0078 6	0,0091 1	0,011		0,0081 6	0,0075 6	0,0087 4		0,0077	0,0061 7	0,0074 1	
	0,3	0,0070 4	0,0068 7	0,0072		0,0077 6	0,0074 7	0,0068 7		0,0077 1	0,0086 1	0,0077 2	
	0,4	0,0073 2	0,0077 8	0,0080 3		0,0073 2	0,0069 7	0,007		0,0067 1	0,0085 6	0,0078	
2	0,2	0,0069 4	0,0067 2	0,0066 1		0,0066	0,0061 8	0,0066 9		0,0060 2	0,0073	0,0060 8	
	0,3	0,0061 1	0,0068 8	0,0068		0,0064 8	0,0070 1	0,0056 4		0,0051 4	0,0064 8	0,0069 5	
	0,4	0,0063 6	0,0066 7	0,0070 7		0,0070 5	0,0061 9	0,0073 1		0,0063 8	0,0064 3	0,0068 8	

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 ulaşılabılır 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.

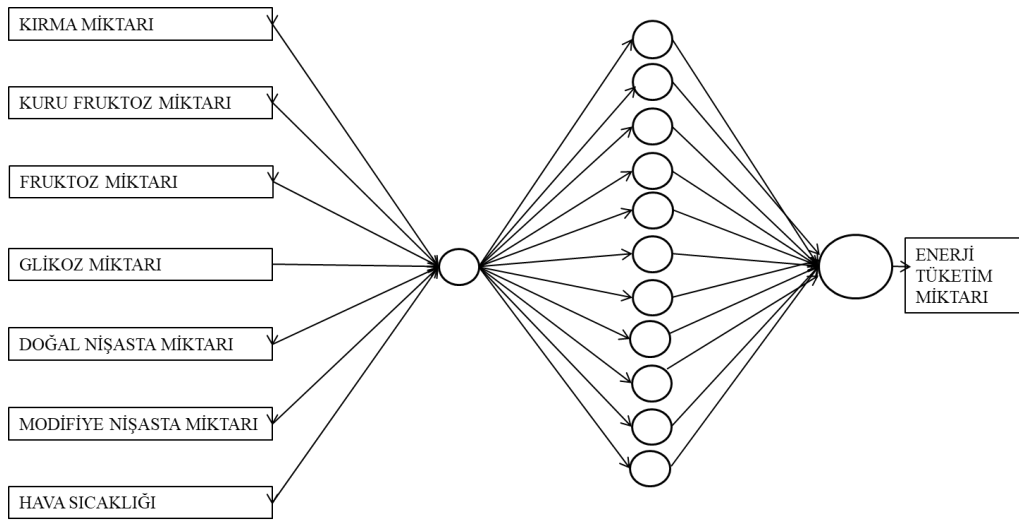


Şekil 4.9. Ortalama hata ve parametreler arasındaki ilişki

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.

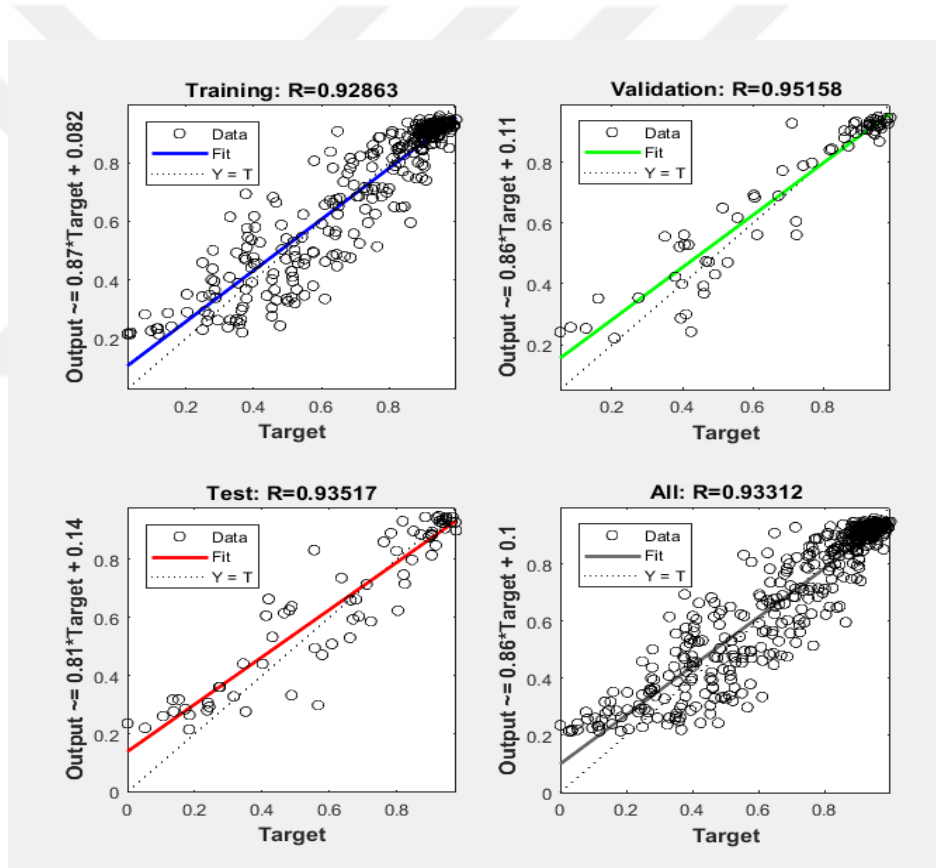


Şekil 4.10. Enerji talep tahmini için oluşturulan YSA yapısı

4.3.6. Ağın Test Edilmesi

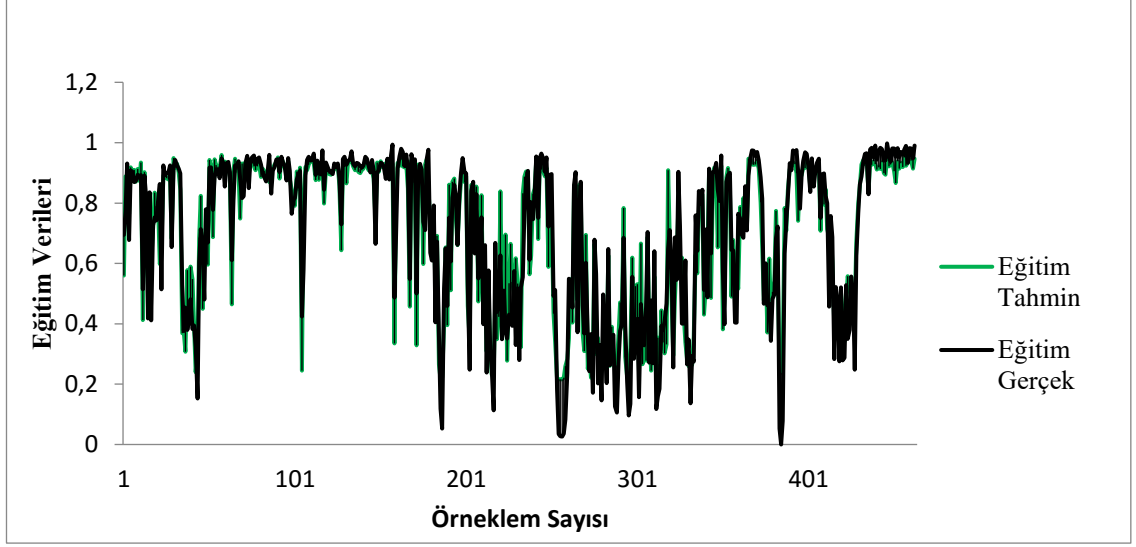
Bir ağı test etmek için ağın eğitimi sırasında görmediği, yani veri setinden test amaçlı olarak ayrılan örnekler kullanılır. Toplam 578 günlük verinin, YSA çalışmalarının genelinde olduğu gibi %80'i eğitim, %20'si test verisi olarak ayrılmıştır. Örnekler ağı gösterilmekte ve ağı eğitimi sırasında belirlenen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

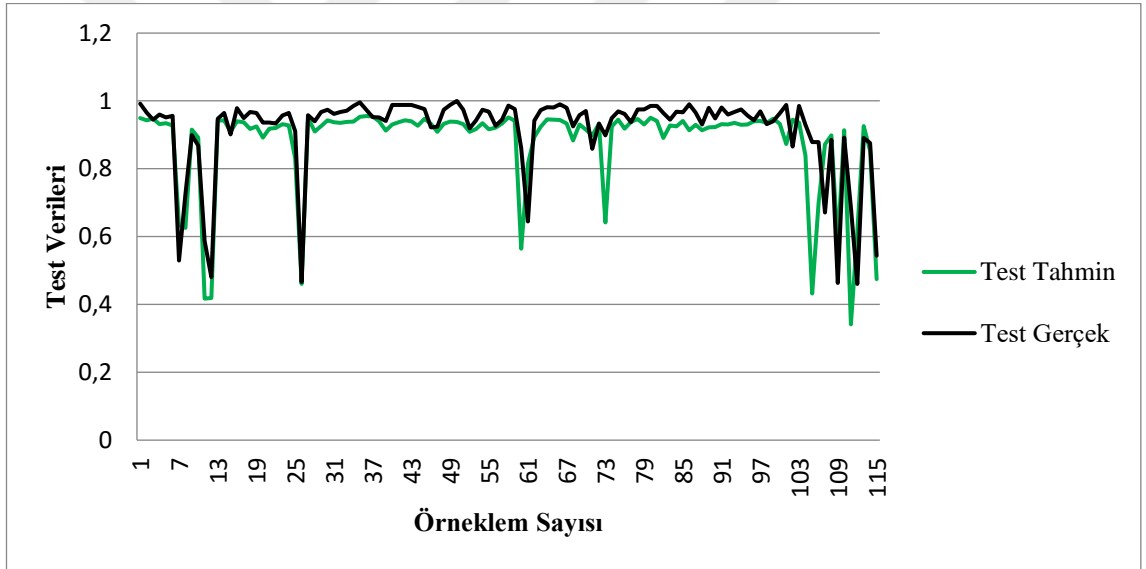


Şekil 4.11. Matlab YSA sonuç grafikleri

Ağı 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.

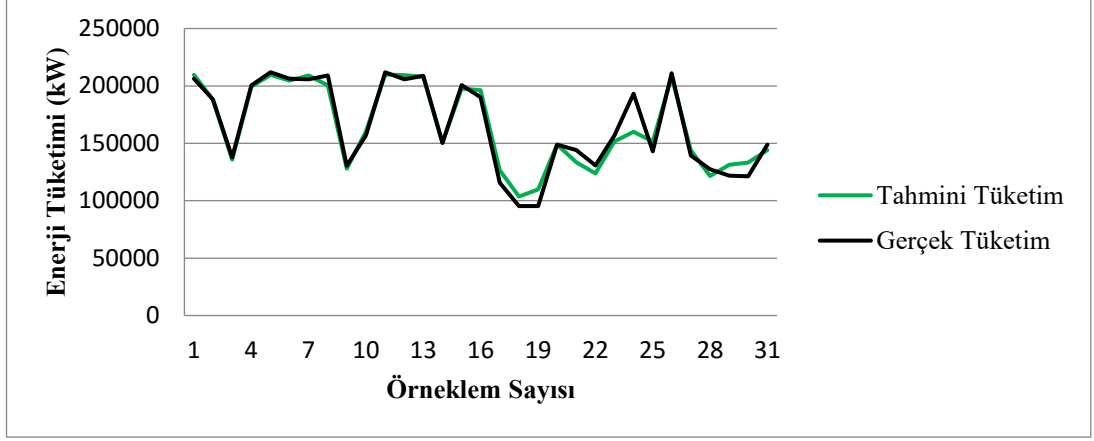


Şekil 4.12. Eğitilen gerçek ve tahmin değerleri arasındaki ilişki



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 ağa 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 değerleri karşılaştırılmış, $\tau = 0,5$ kantil regresyon modeli en düşük MSE değerine sahip olduğundan en uygun model olduğuna karar verilmiştir.

Kantil regresyon ile kurulan talep tahmin modeli test edildiğinde MSE değerinin yükseldiği ve veri setindeki değişkenlik arttıkça oluşturulan modelin bu değişkenliği takip etmede yeterli olmadığı tespit edilmiştir. Bu sebeple yapay sinir ağları yöntemi ile tahmin yapılmış ve sonuçlar test edilmiştir. Çalışma için bir tahmin aracı olarak yapay sinir ağlarına ait ileri beslemeli geri yayılım algoritması kullanılmıştır. Girdi katmanı yedi nöron, çıktı katmanı ise bir nöron 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 ağa sunulmuştur. Öğrenme katsayısı, momentum sayısı, nöron sayısı, gizli katman sayısı değiştirilerek denemeler yapılmıştır. Yapılan denemeler sonucunda en iyi sonucu iki gizli katmanlı, momentum sayısı 0,4; öğrenme katsayısı 0,3; nöron sayısı 12 olan yapay sinir ağı modeli olduğu gözlemlenmiştir. Bu modelin MSE değeri 0,00514 tür. Ağ test edildiğinde belirlilik katsayısı 0,95 ve MSE değeri 0,0025 sonucuna ulaşılmıştır.

Firmadan bir aylık veri alınarak modelin doğruluğu test edilmiştir. Yapılan bu testte modelin öğrenme ve test süreçlerinde hiç karşılaşmadığı veriler ağı gösterilmiştir. Test sonucunda modelin bir aylık toplam enerji tüketimine %99,91'lik oranla yaklaştığı görülmüştür.

Geliştirilen YSA modeli çalışmanın yapıldığı işletmenin üretim planlamalarına göre ihtiyaç duyacağı elektrik enerjisini yüksek doğruluk ile tahmin edebileceği belirlenmiştir. Firma geliştirilen YSA modeli ile ihtiyaç duyacağı enerjiyi hesaplayarak enerji tedarik senaryolarını belirleme kabiliyeti kazanacaktır.

Yapılan bu çalışmada mevsimsel ürün üretimi gerçekleştiren gıda işletmesinde enerji talep tahmini için yapay sinir ağları ile etkin bir tahmin modeli kurulmuştur. Elde edilen sonuçlar neticesinde, yapay sinir ağlarının gerçek sonuçlara yakın değerler verdiği ortaya çıkmıştır. Yapay sinir ağları, veriler arasındaki doğrusal olmayan ilişkileri öğrenip genelleme yapabilmekte ve bu sayede daha önce hiç karşılaşmadığı örneklere kabul edilebilir bir hatayla cevap bulabilmektedir. Bu özellikleri nedeniyle yapay sinir ağları, 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.
- Balci, A. 2004.** Sosyal bilimlerde araştırma yöntem, teknik ve ilkeler. Pegema Yayıncılık, 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 regresyonunununa 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 ağları ile türkiye net enerji talep tahmini. Yüksek Lisans Tezi, GÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Fumon, N., Rafe Biswas, 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 ağları ile hava sıcaklığı tahmini. Yüksek Lisans Tezi, ŞEÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı, Bilecik.
- Güngör, E. 2007.** Yapay sinir ağları 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 ağları 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 ağları 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.
- Koğar, H. 2010.** Farklı örneklem büyüklüklerinde uç değerlerle baş etmeyönteplerinin 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 ağları 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 ağları. 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 ağıın 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)

GİRDİ							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)

GİRDİ							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)

GİRĐİ							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)

GİRİDİ							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)

GİRİDİ							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

Ağ Adı	M	LR	NS	GKS	MSE
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

Tahmini Tüketim	Gerçek Tüketim
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

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.

