

İSTATİSTİKSEL YÖNTEMLERLE BİR GIDA İŞLETMESİNDE ENERJİ TÜKETİM TAHMİN MODELİ

*Sara UYGUR**
*Aslı AKSOY***

Alınma:13.08.2018; düzeltme: 09.10.2018; kabul:19.10.2018

Öz: Günümüzde bazı işletmeler enerji tüketim maliyetlerini düşürmek için ihtiyacı olan enerjinin bir miktarını kendisi üretmektedir. Ancak özellikle mevsimsel ürün üretimi gerçekleştiren gıda işletmelerinde, üretim kapasitesinin mevsimler arasında yüksek değişkenlik göstermesi nedeniyle, üretilen enerji miktarı üretimin az olduğu dönemlerde yeterli olurken, üretimin yoğun olduğu dönemlerde yeterli olmamaktadır. Üretilen enerji miktarının yeterli olmaması durumunda, enerji ihtiyacı, ulusal dağıtım firmalarından tedarik edilmektedir. Bu çalışmada dönemsel farklı üretim kapasitesine sahip bir gıda işletmesi için, işletmenin toplam enerji tüketim miktarını tahmin eden istatistiksel bir model geliştirilmiş ve sonuçlar analiz edilmiştir. Çalışmada öncelikle enerji tüketim miktarını etkileyen parametreler belirlenmiş ve bu parametrelerin enerji tüketim miktarı ile ilişkisini ortaya çıkaran sayısal bir yöntem geliştirilmiştir. Çalışmada geliştirilen modelde günlük üretim miktarlarındaki olası değişime bağlı olarak enerji tüketim tahmini istatistiksel yöntemlerle gerçekleştirilmekte, bu durum da işletme için enerji tedarik miktarı ile ilişkili belirsizliği azaltmaktadır. Ayrıca, işletme geliştirilen enerji tüketim tahmin modelini kullanarak, ileride yapacağı enerji tedarik anlaşmalarında farklı tedarik stratejileri de geliştirebilecektir.

Anahtar Kelimeler: Enerji tüketim tahmin modeli, Enerji verimliliği, Kantil regresyon

Energy Consumption Forecasting Model in a Food Company with Statistical Methods

Abstract: In recent years, some enterprises are generating the energy they need to reduce their energy supply costs. The ideal energy supply plan for enterprises provides more accurate decisions for energy companies on the specific issues such as commitment, production and maintenance planning and enterprises are leading to prevent production losses caused by energy cuts. Nowadays, some enterprises produce some part of the energy they need to reduce their energy supply costs. However, especially in food industry which they produce seasonal products, the amount of produced energy is sufficient for low seasons, while it is insufficient for high seasons; since the capacity of production varies widely between seasons. When the amount of energy produced is not sufficient, the national distribution companies have supplied the energy demand for those enterprises. In this study, a statistical model to forecast energy consumption in a food processing company with seasonal different production capacities, which tries to minimize total energy production and supply cost is presented, and the results have been analyzed. The parameters, effects the energy consumption are determined, and they have proceeded with a statistical method to explain the relationship between those parameters and the amount of energy consumption. Since the presented model requires daily data, energy consumption forecasting is performed by using statistical model depending on the possible changes in daily production quantities. The presented model reduces the the uncertainty associated with the amount of energy consumption for the food processing company. Moreover, the company will be able to develop different energy supply strategies for energy supply agreements by using the developed energy consumption forecasting model.

Keywords: Energy consumption forecasting model, Energy efficiency, Quantile regression

* Bursa Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, Görükle Kampüsü, 16059, Bursa

** İletişim Yazarı: Aslı AKSOY (asliaksoy@uludag.edu.tr)

1. GİRİŞ

Elektrik enerjisi, üretim yerinden çok uzaklara dağıtım şebekeleri ile kolayca taşınabilen, dağıtımı kontrol altında tutulabilen, temiz bir enerji kaynağıdır. Günümüzde sanayi ve teknolojinin gelişmesiyle elektrik enerjisine olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Artan bu ihtiyacı karşılayabilecek kaynakların gün geçtikçe tükenmesi dünyada ve ülkemizde enerjiyi güncel bir sorun olarak karşımıza çıkarmaktadır. Bu durum yeni enerji kaynaklarının araştırılması ve geliştirilmesinin önemini arttırmış, enerji verimliliği ile ilgili çalışmaların da artmasına neden olmuştur.

Elektrik enerjisinin depolanamaması ve üretildiği anda hemen tüketilmesi gerekliliği sebebiyle talep değişiminin takip edilip, talebe karşı gelecek arzın oluşturulması ve enerji darboğazının yaşanmaması için üretim, iletim ve dağıtım sistemlerinin planlamasının doğru yapılması gereklidir. Bu planlama stratejilerinin belirlenebilmesi için en önemli safhayı enerji talep tahmini oluşturmaktadır.

Enerji talep tahmini, ihtiyacın üzerinde yapıldığında işletme kaynaklarının israf edilmesine neden olurken, ihtiyacın altında kalması durumunda ise oluşan enerji açığı üretimin sürekliliğinde kesintilere neden olmaktadır. Bu durumlar göz önüne alındığında enerji tüketim tahmini ile ilgili çalışmalarda, tahmin doğruluğu arttıkça, işletmelerin enerji verimliliği artacaktır. Enerji talep tahminine yönelik çalışmalar üç sınıfta değerlendirilebilir:

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

Bu çalışmada, ihtiyaç duyduğu enerjinin bir kısmını kendi üreten, sezonluk üretim yapan bir gıda işletmesinde enerji tüketim tahmini için istatistiksel bir model geliştirilmiştir. Çalışmada kullanılan veriler kısa dönemli tahmin için uygun olan günlük verilerdir. Çalışmanın ikinci bölümünde, enerji tüketim tahmini ile ilgili geçmiş çalışmalar kısaca özetlenmiştir; üçüncü bölümde, çalışmada kullanılan yöntemler açıklanmış, dördüncü bölümde enerji tüketim tahmini için önerilen model açıklanmıştır. Beşinci bölümde ise çalışmanın sonuçları özetlenmiştir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Enerji talep tahmini için literatürde birçok farklı tahmin yöntemi kullanılmıştır. Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde, enerji talep tahmini için çoklu regresyon, kantil regresyon, yapay sinir ağları, bulanık mantık gibi tahmin yöntemlerinin uygulandığı belirlenmiştir.

Yu ve diğ.(2018) çalışmasında, biyokimyasal atık su arıtımında enerji tüketimi modellemesi 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. Li ve diğ. (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 kullanmak daha etkili sonuçlar doğuracağını öne sürerek, kantil yaklaşımıyla etkin 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. Pino-Mejias ve diğ. (2017) çalışmalarında, Şili'de ofis binalarının ısıtma ve soğutma enerji taleplerini, enerji tüketimlerini ve CO₂ emisyonlarını tahmin etmek için doğrusal regresyon modeli ve yapay sinir ağları (YSA) yöntemlerini kullanmışlardır. 77.000 vakayı inceleyerek, Şili standartlarına göre modeller belirleyerek, tasarım parametrelerini kapsayacak toplam sekiz temel değişken ile çalışmışlardır. Geliştirilen modellerin, sistemlerin enerji tasarrufunu tahmin etmek için kullanılabileceğini öngörmüşlerdir. Niu ve diğ. (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. Chai ve Lu (2016) çalışmalarında, Çin'de karayolu taşımacılığı enerji tüketimini analiz etmek için çoklu regresyon modelini kullanmışlardır. Enerji tüketiminin 2015 yılından 2020 yılına kadar gelişimini ortaya koymuşlardır. Hagfors ve diğ. (2016) çalışmalarında, her ticaret dönemine ait İngiltere elektrik fiyatına ilişkin temel kantil regresyon modeli geliştirmişlerdir. 2005-2012 yılları arasındaki yarım saatlik veriler kullanmışlardır. 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. Fumon ve Rafe-Biswas (2015) çalışmalarında, çekirdek ailelerde konut enerji tüketimi tahmini için regresyon analizi kullanmışlardır. Sonuç olarak verilerin zaman aralığı artıca ve uzun zaman periyotlarına bakıldığında daha iyi sonuçların elde edildiğini ortaya koymuşlardır. Kialashaki ve Reisel (2014) çalışmalarında, ABD'nin endüstriyel alanda kullandıkları enerji tüketim miktarını tahmin etmişlerdir. Yıllık veriler üzerinde sanayi sektörü, enerji maliyeti ve gayrisafı yurt içi hasıla (GSYİH) gibi değişkenleri kullanmışlardır. Talep tahmini için çoklu lineer regresyon modeli ve YSA modeli tasarlamış ve iki yöntemi karşılaştırmışlardır. Badri ve diğ. (2012) çalışmalarında, kısa dönem yük tahmini için YSA ve bulanık mantık (BM) yöntemlerini incelemişlerdir. Çalışmada 24 saatlik yük verisi toplamışlar, her saat için yük miktarı ve ona ilişkin sıcaklık değeri belirlenmiştir. İki yöntemin sonuçları incelendiğinde YSA'nın BM'ye göre daha doğru sonuç verdiğini gözlemlemişlerdir. BM yöntemi için doğru ve kapsamlı bir lineer regresyon eğrisi bulmanın zor olmasından dolayı iyi performans gösteremediği, YSA'nın karmaşık ve doğrusal olmayan ilişkileri modelleyebilmesinden dolayı daha iyi performans gösterdiğini savunmuşlardır. Hsu ve Chen (2003) çalışmalarında, 2010 yılına ait verileri kullanarak saatlik elektrik yük tahmini yapmışlardır. Regresyon modeli ile YSA'nın sonuçlarını karşılaştırmış ve YSA'nın daha doğru sonuçlar verdiğini görmüşlerdir.

İncelenen makalelerde talep tahmini yapmanın önemi ortaya konmuş ve tahmine dayanarak politikalar belirlenmiştir. İstatistiksel analiz yöntemleri ile verilerin davranışları incelenip, yetersiz kaldığı durumlarda farklı yöntemlere başvurma gerekliliği ortaya konulmuştur. Bu çalışmada, literatürde yer alan çalışmalardan farklı olarak üretim miktarı, hava koşulları gibi farklı enerji tüketim tahmin parametreleri dikkate alınmıştır. İstatistiksel yöntemlerle enerji talebi günlük olarak analiz edilerek modelin duyarlılığı incelenmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Yapılan literatür araştırmasında enerji talep tahmini için farklı yöntemler kullanıldığı belirlenmiştir. Çalışmalarda en çok regresyon analizi, zaman serileri analizi, bulanık mantık, genetik algoritma ve yapay sinir ağları yöntemleri kullanılmıştır. İncelenen makaleler sonucunda, uygulama kolaylığı ve etkin sonuçlar vermesinden dolayı bu çalışmada da regresyon modeli kullanılmıştır.

3.1 Çoklu Doğrusal Regresyon Modeli

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 yöntem çoklu doğrusal regresyon analizi denir (Hamzaçebi ve Kutay, 2004). Regresyon modeli bir açıklanan değişken (bağımlı değişken) ve buna etki eden açıklayıcı değişkenlerden (bağımsız değişkenler) oluşmaktadır.

Çoklu doğrusal regresyon modeli gösterimi Eşitlik 1'deki gibi gösterilir. Eşitlik 1' de yer alan; Y bağımlı değişken, x_1, x_2, \dots, x_n bağımsız değişkenler, $b_0, b_1, b_2, \dots, b_n$ her bir bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerindeki etkisini temsil eder.

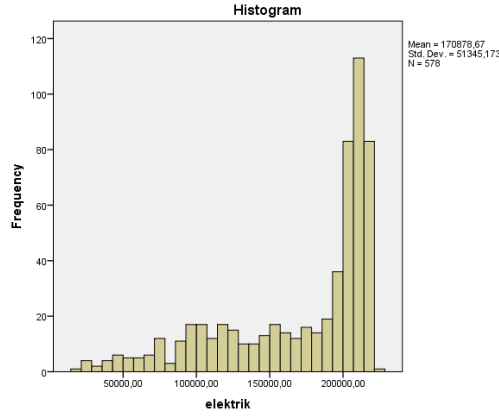
$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n \quad (1)$$

Çoklu regresyonun uygulanabilmesi için aşağıdaki varsayımların sağlanması gereklidir (Kutlar, 2009):

1. Varsayım: Tahmin hataları tesadüfidir ve normal dağılım gösterirler.
2. Varsayım: Hata terimleri arasında otokorelasyon yoktur.
3. Varsayım: Değişkenler arasında çoklu bağlantı problemi yoktur.
4. Varsayım: Bağımlı değişken normal dağılım gösterir.

Bu çalışmada kullanılan verilerin histogramı çizilerek Şekil 1'de belirtilmiştir. Verilerin sağa çarpık dağılım gösterdiği, normallik varsayımını sağlamadığı belirlenmiştir. Bu varsayımın karşılanmadığı durumlarda verilere belirli dönüşümler uygulanmaktadır.

Çalışmada Y açıklanan değişkenine, dönüşüm uygulanmasına rağmen normal dağılım göstermemiştir. Bu gibi durumlarda alternatif yöntemlere başvurulabilir. Alternatif yöntemlerden biri de kantil regresyon metodudur ve amacı değişkenler arasındaki ilişkiyi açıklamaktadır.



Şekil 1:
Enerji tüketim verileri(açıklanan değişken) dağılım grafiği

3.2 Kantil Regresyon

Doğrusal regresyon yöntemini uygulayabilmek için hataların normal dağılması ve sabit varyans varsayımlarına uymak gerekmektedir. Bu varsayımlar sağlanmadığı durumlarda modeller anlamlı sonuçlar vermemektedir. 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. Kantil regresyon modeli Eşitlik 2'de gösterildiği şekilde ifade edilir:

$$Y_i = \beta + \varepsilon_i \quad (2)$$

Eşitlik 2’de Y_i , simetrik f dağılım fonksiyonuna sahip, bağımsız, özdeş dağılımlı, medyanlı tesadüfi değişken, β bağımsız değişken, ε_i hata terimidir. Bu modelde örnek kantili (θ) Eşitlik 3’de gösterilen ifadenin minimasyonu ile elde edilir (Judge, 1985):

$$\min \beta \frac{1}{n} \left\{ \sum_{i, Y_i \geq \beta} \theta |Y_i - \beta| \right\} + \left\{ \sum_{i, Y_i < \beta} (1 - \theta) |Y_i - \beta| \right\} \quad (3)$$

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

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

Geliştirilen modellerin seçiminde kullanılan yöntemlerden bir tanesi de hata kareler ortalamasıdır (MSE). Hata kareler ortalaması, belirli bir gözlem için tahmin edilen değerlerin o gözlemin gerçek değerine ne kadar yakın olduğunu göstermektedir. Hata kareler ortalaması Eşitlik 4’de verilen ifade ile hesaplanabilir.

$$MSE = \sum_{i=1}^n \frac{(Y_i - \hat{Y})^2}{n} \quad (4)$$

Modelde yer alan Y_i gerçek değerleri, \hat{Y} tahmin değerlerini temsil eder. Tahmin edilen değerler gerçek değerlere ne kadar yakınsa MSE değeri o kadar küçük olur; gerçek değerlerden ne kadar uzaklaşırsa MSE değeri o kadar büyük olur. Model seçiminde en küçük MSE değerine sahip model seçilir.

4. UYGULAMA

Çalışmada, bir gıda işletmesinin Ocak.2016-Temmuz.2017 tarihleri arasındaki günlük verileri esas alınarak enerji tüketiminde etkili olan faktörler incelenmiştir. Enerji tüketimi etkileyen parametreleri belirlemek için öncelikle ürün çeşitleri incelenmiştir. Benzer proses ve benzer ürün profilindeki ürünler gruplandırılmıştır. Hava sıcaklığı değişkeni enerji tüketiminde önemli bir rol oynadığı için ayrı bir parametre olarak modele eklenmiştir. Haftanın günlerinin enerji tüketiminde etkisinin olup olmadığı incelenmiş, anlamlı bir farklılık ortaya koymadığı için dikkate alınmamıştır. Özetle çalışmada enerji tüketim 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 değişkenleri olarak belirlenmiştir.

Kurulan modelin tahmin performansını değerlendirmek için çoklu doğrusal regresyon metodu varsayımları sağlamaması sebebiyle uygulanamamış, alternatif olarak sunulan regresyon yöntemlerinden olan “Kantil Regresyon” uygulanmıştır. Analiz 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 Tablo 1’ de verilmiştir. Tablo 1’de yer alan 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. Sonuçta çalışma başında çalışmada enerji tüketim tahmin modeli için belirlenen parametrelerin çıktıyı etkileyen parametreler olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 1.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	80771,97	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 Sıcaklığı	-162,21	0,07319	-211,68	0,00003	-175,13	0,00916
MSE	474505476,5		326835872,7		511276,11	

Oluşturulan kantil regresyon denklemleri ise sırasıyla aşağıda eşitliklerde belirtilmiştir:

($\tau = 0,25$) için;

$$\begin{aligned} \text{ElektrikTahmin Değeri} = & 17724,808 + 90,689 \times \text{kırma} + \\ & 67,820 \times \text{kurufruktoz} + 51,859 \times \text{fruktoz} + \\ & 38,077 \times \text{glikoz} + 87,747 \times \text{doğalnişasta} + \\ & 103,960 \times \text{modifiyenişasta} \end{aligned}$$

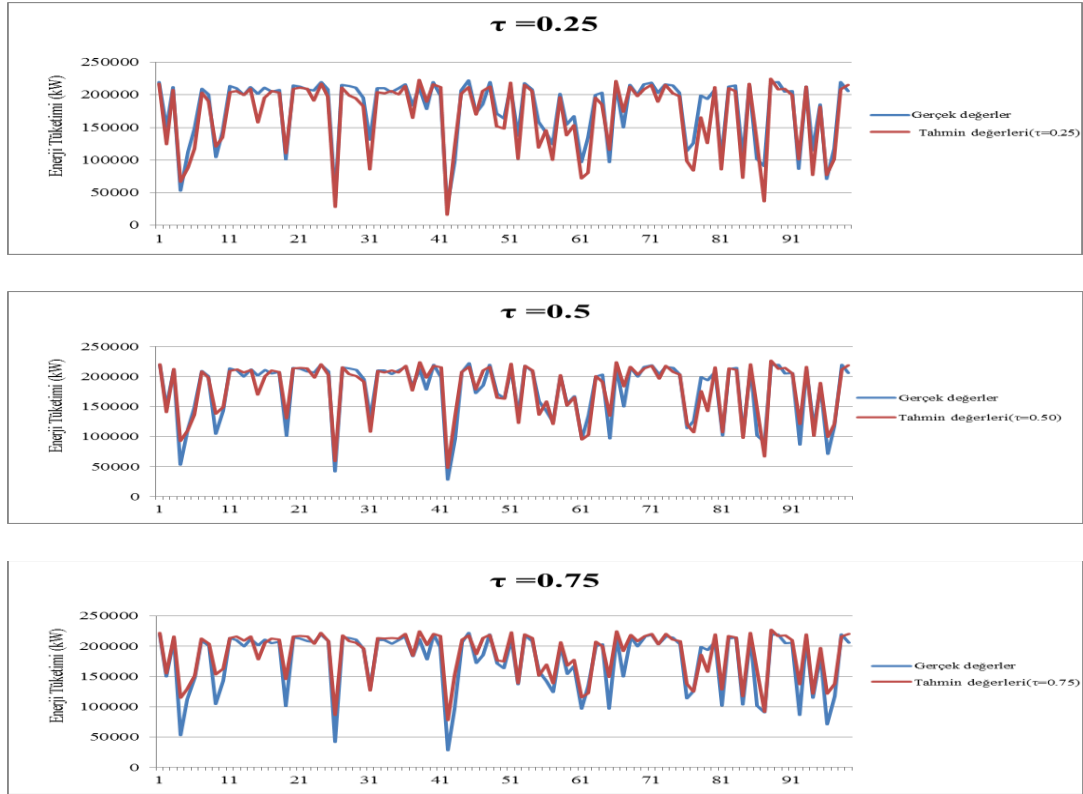
($\tau=0,5$) için;

$$\begin{aligned} \text{ElektrikTah min Değeri} = & 51395,890 + 77,272 \times \text{kırma} + \\ & 58,978 \times \text{kurufruktoz} + 30,057 \times \text{fruktoz} + \\ & 33,482 \times \text{glikoz} + 73,026 \times \text{doğalnişasta} + \\ & 86,128 \times \text{modifiyenişasta} - 211,678 \times \text{havasıcaklığı} \end{aligned}$$

($\tau=0,75$) için;

$$\begin{aligned} \text{ElektrikTah min Değeri} = & 80771,973 + 64,692 \times \text{kırma} + \\ & 52,256 \times \text{kurufruktoz} + 32,220 \times \text{fruktoz} + \\ & 17,398 \times \text{glikoz} + 60,568 \times \text{doğalnişasta} + \\ & 68,951 \times \text{modifiyenişasta} - 175,135 \times \text{havasıcaklığı} \end{aligned}$$

Modelin farklı kantillerde elde edilen regresyon analizi değerleri için hesaplanan tahmin değerleri (\hat{Y}) ve gerçek değerler arasındaki ilişki Şekil 2’de grafiksel olarak gösterilmiştir.

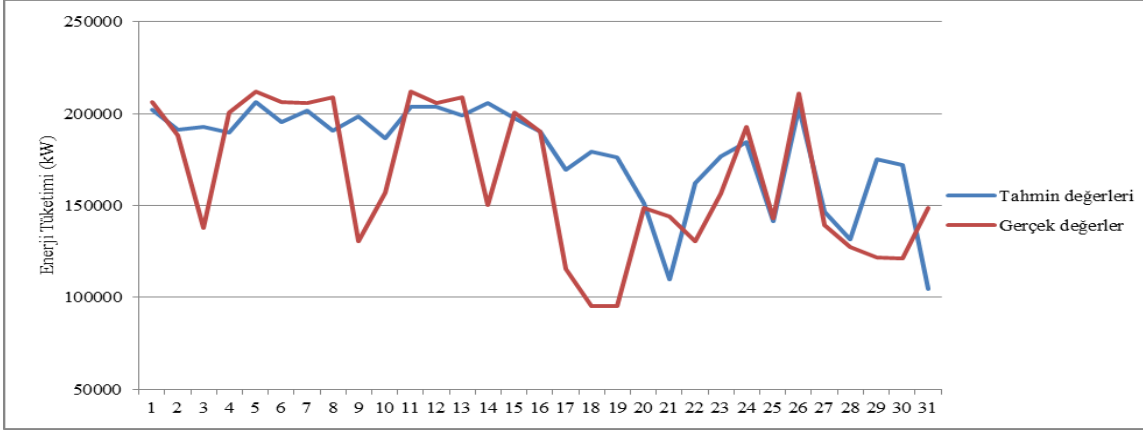


Şekil 2:

Farklı kantillerde tahmin değerleri ve gerçek değerler arasındaki ilişki

Şekil 2’de yer alan grafikler incelendiğinde farklı kantil değerleri için oluşturulan regresyon modellerinin, model oluşturulurken kullanılan veri aralığında düşük MSE değerinde tahmin yaptığı tespit edilmiştir. Yapılan çalışmada, tüm değişkenlerin içinde olduğu, $\tau=0,5$ modeli diğer modellere göre daha düşük MSE değerine sahip olduğundan, bu çalışma için iyi bir modeldir denebilir.

Oluşturulan regresyon modelin doğruluğunu sınamak için, model oluşturmada kullanılmayan veriler için de enerji tüketim tahmini gerçekleştirilmiştir. Bunun için işletmeden enerji tüketim tahmininde belirlenen parametreler için bir aylık yeni veri alınmış, bu verilerle enerji tüketim tahmini gerçekleştirilmiştir. $\tau = 0,5$ regresyon modeli, yeni verilerle tahmin için kullanıldığında MSE değerinin yükseldiği ($MSE \approx 1262329460$) ve veri setindeki değişkenlik arttıkça oluşturulan modelin bu değişkenliği takip etmede yeterli olmayabileceği tespit edilmiştir. İşletmeden alınan bir aylık yeni veri seti için tahmin değerleri ve gerçek değerler arasındaki ilişki Şekil 3’de yer almaktadır.



Şekil 3:

Farklı veri seti için tahmin değerleri ve gerçek değerler arasındaki ilişki

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, kendi enerjisini üreten bir gıda işletmesi ele alınarak kısa dönemli enerji tüketim tahmini yapılmıştır. İşletmede, üretim kapasitesi mevsimler arasında yüksek değişkenlik göstermektedir. Üretilen enerji bazı dönemlerde yeterli olurken, bazı dönemlerde de ulusal dağıtım firmalarından tedarik edilmektedir.

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. Kurulan modelin tahmin performansını değerlendirmek için çoklu doğrusal regresyon yönteminin varsayımları sağlamaması sebebiyle uygulanamamış, alternatif olarak sunulan regresyon yöntemlerinden biri olan kantil regresyon modeli uygulanmıştır.

Yapılan çalışmada, bir endüstriyel gıda işletmesinde enerji tüketim tahmin modeli için kantil regresyon modeli uygulanmış, modelin geliştirilmesinde işletmeye ait yedi aylık veri kullanılmıştır. 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.

Kurulan tahmin modellerinin farklı veri setleri için de test ortamında elde edilen hata değerinde ya da bu hata değerine yakın sonuçlar üretmesi beklenir. Ancak bu çalışmadakine benzer şekilde yüksek değişkenliğe sahip veri setleri ile modeller çalıştırıldığında istatistiki modellerin, bu değişkenliği takip etmede yeterli olamadığı söylenebilir. Bu çalışmada belirlenen bağımlı değişken enerji tüketim miktarı, yedi bağımsız değişkenin alabileceği farklı değerlerden

etkilenmektedir. Bu yüksek değişkenliğe sahip model için istatistiki yöntemlerin çok yüksek doğrulukta tahmin yapamadığı tespit edildiğinden, bu özellikte veri setleri için farklı yapay zeka yöntemlerini içeren modellerin geliştirilmesi gelecek çalışmalar için önerilebilir.

KAYNAKLAR

1. Altındağ,İ.,(2010), “Quantile Regresyon ve Bir Uygulama”, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,İstatistik Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, Konya.
2. Altındağ,İ.,(2010), “Quantile Regresyon ve Bir Uygulama”, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,İstatistik Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, Konya.
3. 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. doi.org/10.1016/j.egypro.2011.12.1183
4. Chai, J., Lai,K.K., Lu, Q.Y.,Wang, S.Y., (2016), “Analysis of road transportation energy consumption demand in China”, Energy,pp.112-124. doi.org/10.1016/j.trd.2016.08.009
5. Elmalı, K.,(2014), “Kantil Regresyon ve Negatif Binomial Regresyon İle İllerde Kullanılan İlaç Sayısına Etki Eden Faktörlerin İncelenmesi”, Atatürk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ekonometri Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum.
6. Fumon,N.,RafeBiswas,M.A.,(2015), “Regression Analysis For Prediction Of Residential Energy Consumption” , Renewable And Sustainable Energy Reviews,47,pp. 332–343. doi.org/10.1016/j.rser.2015.03.035
7. Hagfors, L.I.,Bunn,D., Kristoffersen, E., Staver, T.T.,Westgaard, S., (2016), “Modeling The UK Electricity Price Distributions Using Quantile Regression”, Energy, 102, pp. 231-243. doi.org/10.1016/j.energy.2016.02.025
8. Hamzaçebi, C., Kutay, F. (2004), “Yapay Sinir Ağları ile Türkiye Elektrik Enerjisi Tüketiminin 2010 Yılına Kadar Tahmini”, Gazi Üniv Müh Mim Fak Der, 19 (3), s.227-233.
9. Hsu, C.,Chen, C.,(2003), “Regional Load Forecasting in Taiwan—Applications of Artificial Neural Networks”, Energy Conversion and Management, 44, pp.1941–1949. doi.org/10.1016/S0196-8904(02)00225-X
10. Kialashaki, A., Reisel, J.R., (2014), “Development And Validation Of Artificial Neural Network Models Of The Energy Demand In The Industrial Sector Of The United State”, Energy, 76,pp. 749-760. doi.org/10.1016/j.energy.2014.08.072
11. Kutlar,A.,(2009), Uygulamalı Ekonometri,3.Baskı, Nobel Yayınları, Ankara.
12. Li, Z., Hurn, A.S., Clements, A.E., (2017), “Forecasting Quantiles Of Day-Ahead Electricity Load”, Energy Economics, 67 September 2017, pp.60–7. doi.org/10.1016/j.eneco.2017.08.002
13. 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, pp.550-560. doi.org/10.1016/j.energy.2015.12.029
14. 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, pp. 24-36. doi.org/10.1016/j.energy.2016.12.022

15. Wang,S., Yu, Y., Zou,Z.,(2018), “Statistical regression modeling for energy consumption in wastewater treatment”, Journal of Environmental Sciences. doi.org/10.1016/j.jes.2018.03.023