

Bölgesel Mesken Aboneleri için Benzer Ay Matematiksel Modeli ile Kısa Dönem Yük Tahmini

*¹Ali Öztürk, ²Salih Tosun and ³Hasan Çelik

*¹Electrical and Electronics Engineering Department, Faculty of Engineering, Duzce University, Duzce,

*²Electrical and Electronics Engineering Department, Faculty of Technology, Duzce University, Duzce,

*³Sakarya Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi (SEDAŞ), Adapazarı,

Özet

Bu çalışmada yük profillerinin hesaplanmasında benzer ay matematiksel modeli kullanılması ile sıcaklık ve saat tahmin bilgisinin dikkate alınıp alınmaması durumlarına göre, elde edilen profiller arasındaki farklar incelenmiştir. Yük profillerinin doğru bir şekilde belirlenmesi, dengesizlik maliyetlerinin azaltılması açısından büyük öneme sahiptir. Türkiye’de bulunan Sakarya Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi (SEDAŞ) tarafından sağlanan 2015 Temmuz - 2016 Haziran dönemi arasında kalan aylara ait saatlik sıcaklık bilgisine bağlı olarak değişen mesken tüketim ölçüm değerleri kullanılmıştır. Yük tahminleri için Çoklu Regresyon Analizi Modeli (ÇRAM) olarak ifade edilen matematiksel model uygulanmıştır. Elde edilen matematiksel model kullanılarak saat ve sıcaklık bilgisine bağlı olarak tüketim değerleri tahmin edilmiş ve bu tüketim değerlerine göre yük profil katsayıları belirlenmiştir. Yük profillerinin belirlenmesinde, saatlik sıcaklık değerlerinin birer Santigrad derecesi artım veya azalma adımları ile değişmesi olasılıklarına göre yük profilleri hazırlanmış ve aralarındaki farklar karşılaştırılmıştır. Sıcaklığa bağlı olarak elde edilen profiller incelendiğinde sıcaklık ve saat bilgisinin dikkate alınması halinde benzer ay matematiksel modeli ile yük profillerinin daha doğru olarak elde edileceği anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kısa Dönem Yük Tahmini, Regresyon Analizi, Enerji Dağıtım Sistemi

Short Term Load Forecasting With Similar Months Mathematical Model For Regional Residential Subscribers

Abstract

In this study, the difference between the profile coefficients were examined, with regard to the states of whether the temperature and time forecast to be considered with the use of similar month mathematical model in the calculation of load profiles. Determination of the load profile coefficients in a correct way; has great importance in terms of reducing the cost of imbalance. Residential electricity consumption measurements data, provided by Sakarya Electricity Distribution Company (SEDAŞ) in Turkey, which change based on the hourly temperature information belonging to the months in 2015 July-2016 June period; were used in the study. The mathematical model that is called multiple Regression Analysis; was applied for load forecasting. The consumption values were estimated depending on the hour of day and temperature information by using the mathematical model and load profile coefficients were determined based on this electrical energy estimates. The load profiles were prepared according to the possibility of change or decrease in hour and temperature values and the differences were compared between them. It was clearly understood that, the load profiles would be more accurately obtained with similar month mathematical model in case that the temperature and hour of day information were taken into consideration

Key Words: Short Term Load Forecasting, Regression Analysis, Power Distribution System

*Ali Ozturk: Address: Faculty of Engineering, Department of Electrical and Electronics Engineering Duzce University, 81620, Duzce TURKEY. E-mail address: aliozturk@duzce.edu.tr, Phone: +903805421036

1. Giriş

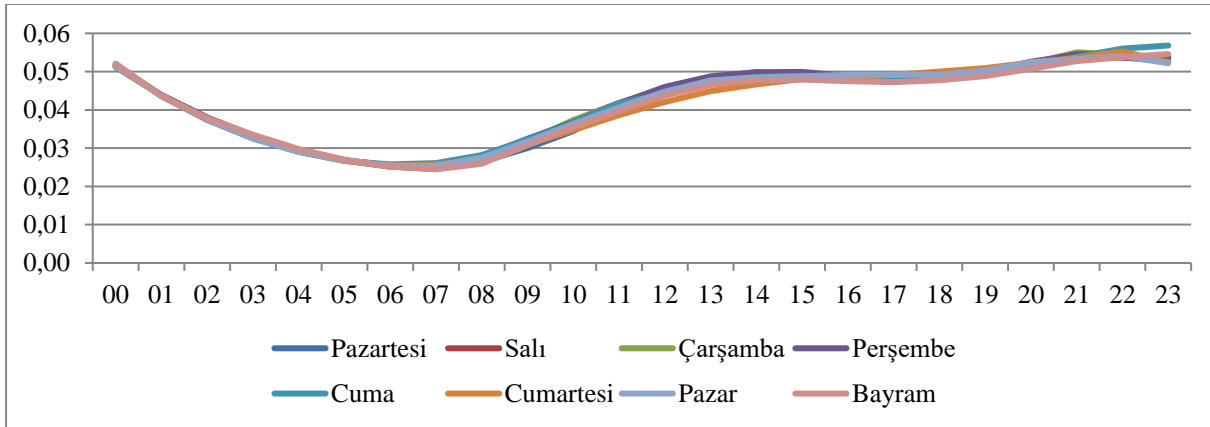
Elektrik enerjisinin üretim tüketim dengesinin sağlanması önemli bir konudur. Elektrik enerjisinin üretim iletim ve dağıtımında enerjinin depolanması çok zor olduğu için üretimin tüketim ve kayıpları karşılayacak değerde olması gerekmektedir. Üretim ve tüketim dengesi sağlanmadığı durumda dengesizlik maliyeti oluşmaktadır. Dengesizlik maliyetlerinin azaltılmasında en büyük etken yük tahminlerinin tutarlı yapılmasıdır. Türkiye’de dengesizlik maliyetleri ile ilgili çalışmaların merkezinde Enerji Piyasaları İşletme Anonim Şirketi (EPIAŞ), bulunmaktadır. EPIAŞ’ın başlıca amacı ve faaliyet konusu, piyasa işletim lisansında yer alan enerji piyasalarının etkin, şeffaf, güvenilir ve enerji piyasasının ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde planlanması, kurulması, geliştirilmesi ve işletilmesidir. Yük tahminlerindeki isabet uzlaştırma açısından da önemlidir. Uzlaştırma, gün öncesi piyasası, dengeleme güç piyasası ve enerji dengesizliğinden doğan alacak ve borç miktarlarının hesaplanmasını kapsar. Yük tahminlerindeki hatalar piyasa fiyatlarını ve dağıtım şirketlerinin dengesizlik maliyetlerini etkilemektedir[1]. Yük tahminlerini ifade eden profil katsayılarının daha doğru olarak belirlenebilmesi için bir çok farklı çalışmalar yapılmakta ve değişik yöntemler geliştirilmektedir [2]. Elektrik güç sisteminde yük tahmini, dağıtım sisteminin planlanması ve dengede tutulması açısından çok önemli bir çalışma alanıdır. Sadece geçmişe dönük tüketim değerleri dikkate alınarak yapılan tahminler yeterli olmamaktadır. Meteorolojik veriler, müşteri çeşidi gibi faktörler de dikkate alınması gereklidir[3]. Yük tahminleri genel olarak üç sınıfa ayrılmaktadır. Kısa dönem yük tahminleri, bir saatlik süreden başlayarak bir haftalık süreye kadar olan tahminleri kapsar. Orta dönem yük tahminleri, bir hafta ile bir aylık süre arasında kalan sürelerdeki tahminleri içerirken, uzun dönem yük tahminleri ise bir yıldan daha uzun zaman dilimleri için yapılan tahminleri içerir [4].

Yük tahminleri konusunda çok sayıda çalışmalar yapılmıştır. Abu ve arkadaşları bir sonraki yıl içindeki günün saatlik yük tahminini yapabilmek için çoklu lineer ve lineer olmayan regresyon uygulaması üzerinde çalışmış ve orta dönem yük tahminleri gerçekleştirmişlerdir[5]. Romera ve arkadaşları yaptıkları çalışmada yapay sinir ağları ve Fourier Serisi yaklaşımından faydalanarak aylık elektrik enerjisi talep tahmin hesaplaması yapmışlardır [6].Friedrich ve Afshari yaptıkları çalışmada, hava durumu koşullarının kısa dönem yük tahmini üzerindeki etkilerini incelemişlerdir[7]. Swaroo ve Abdulquder yaptıkları çalışmada güç sisteminin planlanması ve çalıştırılması amacı için yapar sinir ağları yöntemi kullanarak yük tahminlerinde bulunmuşlardır[8]. Mandal ve arkadaşları yaptıkları çalışmada benzer gün yaklaşımını içeren yapay sinir ağları yöntemi ile değişik mevsim şartları dikkate alınarak birkaç saat sonrası için tahminlerde bulunmuşlardır [9].

Bu çalışmada Sakarya Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi (SEDAŞ) tarafından Enerji Piyasası Düzenleme Kuruluna (EPDK) önerilen “Profil Katsayılarının Dengesizlik Maliyetlerine Etkisi ve Optimizasyonu Projesi” İsimli proje kapsamında 1 Temmuz 2015 – 30 Haziran 2016 tarihleri arasında elde edilen mesken saatlik tüketim ve sıcaklık verileri kullanılması ile matematiksel modeller oluşturulmuştur. Bu model sayesinde sıcaklık ve saat bilgisi değişken olarak alınmak sureti ile istenilen sıcaklık ve saatte tüketilecek olan enerji değeri tahmin edilmiştir. Hissedilen sıcaklık değerlerinin 1’er °C derecesi azalması veya artması durumları dikkate alınarak her bir durum için profil katsayıları ayrı ayrı hesaplanmış ve profil katsayılarının belirlenmesinde hissedilen sıcaklık faktörünün etkisi ortaya konulmuştur

2.1. Yük Profilleri

Dengeleme uzlaştırma gibi işlemlerde kullanılan ve 2016 yılında kullanılacak olan profil katsayıları dağıtım şirketleri tarafından hazırlanan 2015 yılı veri setleri kullanılmak sureti ile hesaplanır. Profil katsayıları ticarethane, tarımsal sulama, sanayi, aydınlatma, mesken gibi guruplara ayrılarak ayrı ayrı hesaplanırlar. Günlük mesken tüketimlerini ifade etmek üzere profiller hafta içi, hafta sonu ve resmi tatil günlerinin profilleri olarak sınıflandırılırlar. Hafta içi Pazartesi, Salı, Çarşamba, Perşembe, Cuma günlerindeki tüketimleri gösterir. Ancak Pazartesi gününün profili diğer hafta içi günlerinin profilinden farklıdır. Hafta sonu profilleri ise Cumartesi ve Pazar günü tüketimlerini ifade etmektedir. Tatil profili resmi tatil günlerindeki tüketimleri gösterir ve profilin ismi bayram olarak ifade edilir. Profil katsayıları saatlik enerji tüketimini ifade etmektedirler. Mesken Profil Katsayıları (MPK)'nın hesaplanması amacı ile SEDAŞ tarafından "Profil Katsayılarının Dengesizlik Maliyetlerine Etkisi ve Optimizasyonu Projesi" İsimli proje kapsamında 800 adet uzaktan saatlik tüketim bilgilerini okuyabilen elektrik sayacı seçilen mesken abonelerine bağlanmıştır. Örnek olması bakımından profil katsayılarının hesabında sıcaklık bilgisi dikkate alınmaması durumunda Temmuz 2016 mesken tüketim değerlerine göre elde edilen MPK grafik olarak gösterimi ise Şekil 1 ile gösterilmiştir.



Şekil 1. Temmuz Profil Katsayılarının Gün Tipine Göre Değişimi

2.2. Polinamik Regresyon Matematiksel Modeli

Regresyon analizi bağımsız değişkenler ile bağımlı değişken arasındaki ilişkiyi matematiksel olarak ifade etmek için kullanılan bir yöntemdir. En küçük kareler yöntemi yöntemi en fazla tercih edilen bir regresyon yöntemidir[10]. Bir tane bağımlı değişkene karşılık birden fazla bağımsız değişkenin bulunması halinde denklem elde edilmesi yöntemine Çoklu Regresyon Analizi (ÇRA) denir.

$$\tilde{Y} = a_{00} + \sum_{i=1}^{\lambda} a_{1i} X_i(k) + \sum_{i=1}^{\lambda} a_{2i} X_{2i}^2(k) + \dots + \sum_{i=1}^{\lambda} a_{mi} X_i^m(k), \quad k = 1, 2, \dots, N \quad (1)$$

Denklem 1 ile m . dereceden çok değişkenli polinomik regresyon analizi ifade edilmektedir [12]. Hesaplanması gereken bilinmeyen katsayı değerler a_{ij} ile ifade edilmiştir. Gerçek değer olarak kabul edilen ölçülen değerler ile modelin hesapladığı tahmini değerler arasındaki farkların karelerinin ortalamalarının (Mean Squared Errors (MSE)) minimize edilmesi ile polinom katsayıları hesaplanır. Bu durum denklem 2 ve 3 ile ifade edilmiştir[11]. m . dereceden polinom modeli hatanın karesinin hesaplanması ise Denklem 2 ile gösterilmiştir.

$$E = \sum_{i=1}^N [Y_i - \tilde{Y}_i]^2 = \sum_{i=1}^N [Y_i - a_{00} - a_{11}X_{1i} - a_{12}X_{1i}^2 - \dots - a_{1m}X_{1i}^m]^2 \quad (2)$$

$$\begin{pmatrix} a_{00} \\ a_{11} \\ \vdots \\ a_{1m} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} N & \sum_{i=1}^N X_{1i} & \dots & \sum_{i=1}^N X_{1i}^m \\ \sum_{i=1}^N X_{1i} & \sum_{i=1}^N X_{1i}^2 & \dots & \sum_{i=1}^N X_{1i}^{m+1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum_{i=1}^N X_{1i}^m & \sum_{i=1}^N X_{1i}^{m+1} & \dots & \sum_{i=1}^N X_{1i}^{2m} \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} \sum_{k=1}^N Y_i \\ \sum_{k=1}^N Y_i X_{1i} \\ \vdots \\ \sum_{k=1}^N Y_i X_{1i}^m \end{pmatrix} \quad (3)$$

Denklem 2 'de \tilde{Y}_i matematiksel modeli tarafından hesaplanan değeri Y_i ise ölçüm sonucunda bulunan gerçek değeri ifade etmektedir. X_i ise bağımsız değişken değerlerini ifade eder. ÇRA ile Denklem 3 ve 4 da ifade edilen a_{00}, a_{11}, a_{22} katsayıları belirlenir. Bu katsayıların belirlenmesi için Denklem 4 kullanılır. Denklem (4) ve (5) 'de Y_i , üretilen saatlik enerji miktarını, X_1 saat olarak zaman değerini ve X_2 ise Santigrad derecesi olarak sıcaklık değerini ifade etmektedir. Denklem (5) ile elde edilen katsayılar Denklem (4) de yerine yazıldığında enerji tüketimini zamana ve sıcaklığa bağlı olarak ifade eden matematiksel model elde edilir.

$$f(x) = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3 X_3 + \dots + a_n X_n \quad (4)$$

$$\begin{bmatrix} N & \sum X_{1i} & \sum X_{2i} \\ \sum X_{1i} & \sum X_{1i}^2 & \sum X_{1i}X_{2i} \\ \sum X_{2i} & \sum X_{1i}X_{2i} & \sum X_{2i}^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum Y_i \\ \sum X_{1i}Y_i \\ \sum X_{2i}Y_i \end{bmatrix} \quad (5)$$

2.3. Matematiksel Model ile Yük Profillerinin Hesaplanması

Bu çalışmada, Matlab Programı kullanılarak elektriksel tüketimler için yük tahmini yapacak matematiksel modeller oluşturulmuştur. Modellerin oluşturulması için SEDAŞ bölgesinde Temmuz 2015 – Haziran 2016 ayları arasında kalan dönemde ölçülen saatlik mesken elektrik enerjisi tüketimi ölçüm değerleri ve aynı saatlerde hissedilen sıcaklık değerleri kullanılmıştır. Modeller, Güçlü En Küçük Kareler Yöntemi kullanılarak ÇRA ile elde edilmiştir. Model oluşturulurken tüketim değerleri birbirine benzeyen aylar dikkate alınmıştır. Buna göre; 1.Ocak-

Şubat-Mart, 2.Nisan-Mayıs, 3. Haziran, 4. Temmuz-Ağustos, 5.Eylül-Ekim, 6. Kasım-Aralık olmak üzere 6 çeşit matematiksel tahmin modeli oluşturulmuştur. Hissedilen sıcaklık ve günün saat bilgisi de modelde değişken olarak ele alınmıştır. Elde edilen modeller sayesinde, benzer ay seçimi yapıldıktan sonra saat ve sıcaklık bilgisine göre tüketilecek elektrik enerjisi miktarı tahmin edilmektedir. Yaygın olarak model testi için kullanılan, Çoklu belirlilik katsayısı (R^2), hataların karelerinin ortalamalarının karekökü (Root Mean Squared Errors) (RMSE) değerleri her bir model için hesaplanmıştır. Böylece elde edilen matematiksel modellerin güvenilirliği test edilmiştir. Güçlü en küçük kareler yöntemi ÇRA polinomik model kullanılması ile mesken tüketimleri için benze ay matematiksel tahmin modeli Denklem 6 ile verilmiştir.

$$Z = a_{00} + a_{10}*x + a_{01}*y + a_{20}*x^2 + a_{11}*x*y + a_{02}*y^2 + a_{30}*x^3 + a_{21}*x^2*y + a_{12}*x*y^2 + a_{03}*y^3 + a_{40}*x^4 + a_{31}*x^3*y + a_{22}*x^2*y^2 + a_{13}*x*y^3 + a_{50}*x^5 + a_{41}*x^4*y + a_{32}*x^3*y^2 + a_{23}*x^2*y^3 \quad (6)$$

Tablo 1. Ocak-Şubat-Mart Matematiksel Model Katsayıları

a_{00}	a_{10}	a_{01}	a_{20}	a_{11}	a_{02}	a_{30}	a_{21}	a_{12}
126.6	-43.76	-1.76	7.28	0.43	0.06	-0.49	-0.03	-0.001
a_{03}	a_{40}	a_{31}	a_{22}	a_{13}	a_{50}	a_{41}	a_{32}	a_{23}
-0.001	0.02	-0.00009	-0.0004	0.0001	-0.0002	0.00003	0.00002	0.0000004

Tablo 2 Nisan Mayıs Matematiksel Model Katsayıları

a_{00}	a_{10}	a_{01}	a_{20}	a_{11}	a_{02}	a_{30}	a_{21}	a_{12}
101.8	-32.68	2.198	4.937	-0.49	-0.344	-0.288	0.065	0.053
a_{03}	a_{40}	a_{31}	a_{22}	a_{13}	a_{50}	a_{41}	a_{32}	a_{23}
0.013	0.001	-0.0096	0.0005	-0.002	-0.00017	0.0003	-0.000073	0.000067

Tablo 3 Haziran Matematiksel Model Katsayıları

a_{00}	a_{10}	a_{01}	a_{20}	a_{11}	a_{02}	a_{30}	a_{21}	a_{12}
16.65	20.05	6.53	-4.869	-2.476	-0.29	0.41	0.31	0.08
a_{03}	a_{40}	a_{31}	a_{22}	a_{13}	a_{50}	a_{41}	a_{32}	a_{23}
0.0048	-0.02	-0.011	-0.089	-0.00026	0.00021	0.000099	0.00022	0.000023

Tablo 4 Temmuz-Ağustos Matematiksel Model Katsayıları

a_{00}	a_{10}	a_{01}	a_{20}	a_{11}	a_{02}	a_{30}	a_{21}	a_{12}
-125.9	71.7	42.34	-13.17	-9.38	-2.12	0.96	1.077	0.278
a_{03}	a_{40}	a_{31}	a_{22}	a_{13}	a_{50}	a_{41}	a_{32}	a_{23}
0.038	-0.024	-0.055	-0.016	-0.0034	0.00013	0.00089	0.000037	0.000087

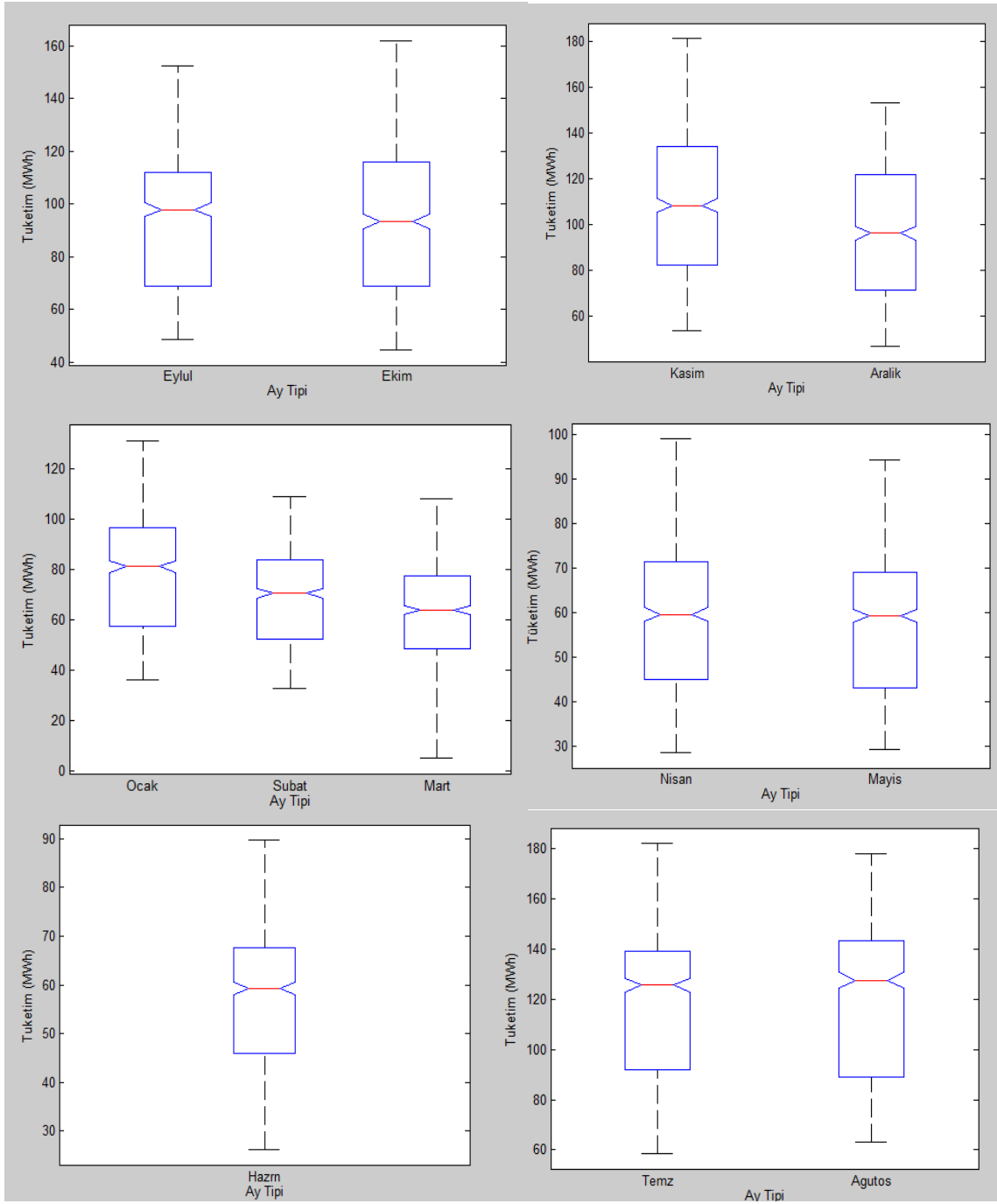
Tablo 5 Eylül- Ekim Ayı Matematiksel Model Katsayıları

a_{00}	a_{10}	a_{01}	a_{20}	a_{11}	a_{02}	a_{30}	a_{21}	a_{12}
284.9	-97.04	-18.25	12.46	6.635	0.6139	-0.6187	-0.6024	-0.2389
a_{03}	a_{40}	a_{31}	a_{22}	a_{13}	a_{50}	a_{41}	a_{32}	a_{23}
0.000048	0.01657	0.009554	0.02348	0.0005145	-0.000241	0.0001976	-0.0005603	-0.000049

Tablo 6. Kasım Aralık Matematiksel Model Katsayıları

a_{00}	a_{10}	a_{01}	a_{20}	a_{11}	a_{02}	a_{30}	a_{21}	a_{12}
179.5	-67.89	1.19	12.78	-0.6133	0.033	-1.03	0.117	0.0095
a_{03}	a_{40}	a_{31}	a_{22}	a_{13}	a_{50}	a_{41}	a_{32}	a_{23}
-0.0043	0.0389	-0.0077	-0.0023	0.00097	-0.00056	0.000156	0.000092	-0.000041

a_{00} , a_{10} , a_{01} , a_{20} , a_{11} , a_{02} , a_{30} , a_{21} , a_{12} , a_{03} , a_{40} , a_{31} , a_{22} , a_{13} değerleri denklemin katsayılarını oluşturmakta olup mevsimsel şartlara göre ayrı ayrı hesaplanmış ve Tablo 1, Tablo 2, Tablo 3, Tablo 4, Tablo 5 ve Tablo 6’ da verilmiştir. Ölçüm değerleri incelenerek matematiksel modeli oluşturulacak benzer aylar seçilmiştir. Ölçüm değerleri Şekil 2’ de gösterilmiştir.



Şekil 2 Benzer Aylarda ölçülen Mesken Tüketimleri

Denklem (6) 'da , Z ilgili sıcaklık ve saatte tüketilen elektrik enerjisi değerini, x °C olarak sıcaklık değerini, y ise günün hangi saatinde olduğumuzu ifade etmektedir. Modelin kabul edilebilir bir model olduğunu test etmek için Denklem (7) ile ifade edilen çoklu belirlilik katsayısı hesaplanmıştır. Ayrıca model uygunluk testi için kullanılan ve Denklem (8) ile ifade edilen hataların karelerinin ortalamasının kara kökünü gösteren RMSE değeri de hesaplanmıştır. R^2 determinasyon katsayısını, e , hatayı, n değişken sayısını, veri sayısını ifade etmektedir.

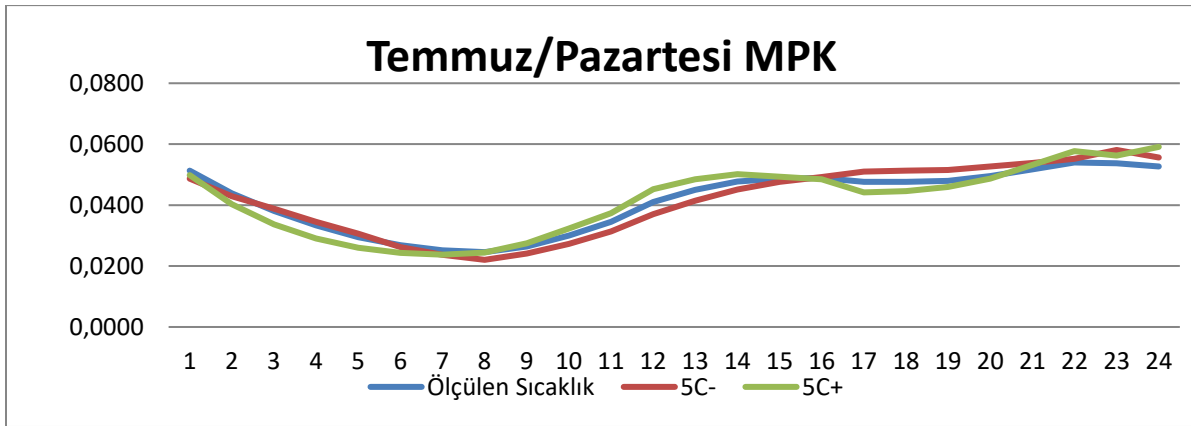
$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2 - \sum_{i=1}^n e_i^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (7)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n}} \quad (8)$$

R^2 değerinin 0-1 arasındaki R^2 değerinin 1'e yakın olması RMSE değerinin de 5'den küçük olması modelin uygun olduğunu göstermektedir. Denklem (6) ile elde edilen model için uygunluk testi değerleri hesaplandığında elde edilen değerler Tablo 7' de verilmiştir. Tablo 7' de sunulan değerler dikkate alındığında modelin güvenilir bir model olduğu anlaşılmıştır.

Tablo 7 Matematiksel Model Test Değerleri

Benzer Ay	R^2	RMSE
Ocak-Şubat-Mart	0.9765	3.224
Nisan-Mayıs	0.9753	2.621
Haziran	0.7958	6.609
Temmuz -Ağustos	0.9713	4.991
Eylül- Ekim	0.9715	4.551
Kasım-Aralık	0.9676	5.527



Şekil 3 Sıcaklık artma ve azalmalarına göre Matematiksel Model tarafından elde edilen Temmuz2016 Pazartesi MPK

Tablo 8 Sıcaklık Artma Durumlarına Göre Matematiksel Model İle Elde Edilen Temmuz 2016 Pazartesi MPK

Saat	Ölçülen						
	Sıcaklık	1C+	2C+	3C+	4C+	5C+	5C-
00	0,0514	0,0512	0,0509	0,0506	0,0502	0,0499	0,0487
01	0,0438	0,0433	0,0426	0,0419	0,0411	0,0403	0,0429
02	0,0381	0,0373	0,0364	0,0355	0,0345	0,0336	0,0388
03	0,0333	0,0325	0,0317	0,0308	0,0299	0,0290	0,0345
04	0,0295	0,0289	0,0281	0,0274	0,0267	0,0260	0,0306
05	0,0269	0,0265	0,0260	0,0255	0,0249	0,02244	0,0262
06	0,0251	0,0250	0,0247	0,0244	0,0241	0,0237	0,0237
07	0,0246	0,0247	0,0247	0,0247	0,0246	0,0244	0,0220
08	0,0264	0,0267	0,0270	0,0272	0,0273	0,0275	0,0241
09	0,0300	0,0305	0,0309	0,0314	0,0318	0,0323	0,0273
10	0,0345	0,051	0,0357	0,0363	0,03369	0,0374	0,0313
11	0,0411	0,0420	0,0428	0,0437	0,0445	0,0453	0,0371
12	0,0440	0,0458	0,0465	0,0472	0,0479	0,0485	0,0415

Tablo 9 Sıcaklık Azalma Durumlarına Göre Matematiksel Model İle Elde Edilen Temmuz 2016 Pazartesi MPK

Saat	Ölçülen						
	Sıcaklık	1C-	2C-	3C-	4C-	5C-	5C+
00	0,0514	0,0513	0,0511	0,0506	0,0498	0,0487	0,0499
01	0,0438	0,0442	0,0443	0,0442	0,0437	0,0429	0,0403
02	0,0381	0,0387	0,0391	0,0393	0,0392	0,0388	0,0336
03	0,0333	0,0340	0,0344	0,0347	0,0348	0,0345	0,0290
04	0,0295	0,0301	0,0305	0,0308	0,0308	0,0306	0,0260
05	0,0269	0,0271	0,072	0,0271	0,0248	0,0262	0,0224
06	0,0251	0,0252	0,0251	0,0248	0,0243	0,0237	0,0237
07	0,0246	0,0244	0,0240	0,0235	0,0229	0,0220	0,0244
08	0,0264	0,0261	0,0258	0,0253	0,0248	0,0241	0,0275
09	0,0300	0,0295	0,0290	0,0285	0,0279	0,0273	0,0323
10	0,0345	0,0338	0,0332	0,0326	0,0320	0,0313	0,0374
11	0,0411	0,0402	0,0393	0,0385	0,0378	0,0371	0,0453
12	0,0440	0,0442	0,0435	0,0427	0,0421	0,0415	0,0485

Benzer ay tüketimleri dikkate alınarak altı farklı matematiksel model üretilmiştir. Matematiksel modellerin değişkenleri olarak saat ve hissedilen sıcaklık bilgileri olması düşünülmüştür. Benzer ay seçiminin yapılmasından sonra saat ve sıcaklık değeri bilgisi girildiğinde ilgili aya ait herhangi bir gün tipi için tüketilen elektrik enerjisi miktarı tahmini saatlik olarak yapılmaktadır. Örnek olması bakımından, Temmuz ayı pazartesi profile seçilmiştir. Temmuz ayı pazartesi gününe ilişkin tahmin edilen ilk 12 saat için MPK, ölçülen sıcaklıkta ve saatlik sıcaklık değerlerinin 1'er °C artması durumlarına göre Tablo 8'de verilmiştir. 1'er °C azalması durumlarına göre Tablo

9'da verilmiştir. Eylül ayı pazartesi günü için tahmin edilen MPK, ölçülen sıcaklıkta, saatlik sıcaklık değerlerinin 5 °C artması ve azalması durumlarına göre değişimi grafik olarak Şekil 3 de sunulmuştur.

3. Sonuçlar

Yapılan çalışmada SEDAŞ tarafından yapılan Elektrik Enerjisi kullanım ölçüm değerleri ile geliştirilen matematiksel modeller kullanılmıştır. Matematiksel model ile benzer ay elektrik enerjisi tüketimleri dikkate alınarak hissedilen sıcaklık ve günün saat bilgisine göre saatlik tüketilen elektrik güç değerleri tahmin edilmiştir. Tüketim tahminleri elektrik enerjisi üretim tüketim planlamalarında büyük öneme sahiptir. İhtiyaç duyulan elektrik enerjisinin tahminindeki hatalar dengesizlik maliyetlerinin artmasına sebep olmaktadır. Dengesizlik maliyetlerini düşürmek için daha doğru tahmin yöntemlerine ihtiyaç vardır. Benzer ay tüketimleri dikkate alınarak ÇRA ile altı farklı matematiksel modeller geliştirilmiştir. Polinomik modellerin katsayıları Tablo 1 - 6 ile sunulmuştur. Yük profillerinin belirlenmesinde benzer ay tüketimlerine bağlı olarak geliştirilen dinamik modellerin kullanılmasının önemi ortaya konulmuştur. Geliştirilen modellerin güvenilirliğini gösteren değerler Tablo 7'de verilmiştir. Temmuz-Ağustos benzer ay modeli kullanılarak hesaplanan Temmuz ayı profil sonuçları örnek olarak sunulmuştur. Modelin doğruluğunun test edilmesi için tahmin edilen Temmuz ve Ağustos ayı saatlik tüketim değerlerini kapsayan 1488 tahmin sonucu üzerinde bir hesaplama yapılmıştır. Hataların karelerinin ortalamasının kara kökünü gösteren RMSE değeri 4.991 olarak hesaplanmıştır. Literatüre ait çalışmalar incelendiğinde bu değer 5 den küçük olması tahmin modelin güvenilir olduğunu göstermektedir. Ayrıca bir başka test yöntemi olarak da aynı model için R² determinasyon katsayısı hesaplanmış ve R² değerinin 0.9713 olduğu belirlenmiştir. Çıkan sonuç tahmin modelinin %97 güvenilir olduğunu göstermektedir. Saatlik sıcaklık değişimlerinin de dikkate alındığı benzer ay modellerinin tamamında determinasyon katsayısı değerinin %97 olduğu görülmüştür. Bu durum Tablo 6 'da verilmiştir. Ancak Haziran ayı matematiksel modeli için determinasyon katsayısı % 80 çıkmıştır. Buna göre sadece bir ay için matematiksel model oluşturulacak ise bir ay için ölçülen 720 adet saatlik veri yerine 1440 adet yarım saatlik veri kullanımının daha uygun olacağı görülmüştür. Örnek olarak ele alına MYP hesabında sıcaklık ve saat verilerinin etkisinin önemli olduğu görülmüştür. Tablo 8 ve Tablo 9' da hissedilen sıcaklık değerlerinin değişmesi halinde MPK değerlerinin de değişeceği görülmektedir. Sıcaklık bilgisinin 5 °C artması veya azalması durumunda MPK değerleri değişecek ve bu durumu dikkate almadığımız takdirde ihtiyaç duyulan elektrik enerjisi hatalı bir şekilde tahmin edilecektir. MPK hesaplanırken sıcaklık tahminlerinin de göz önünde bulundurulması daha doğru tahmin yapılması için önemlidir. Dinamik modelin kullanılması durumunda dengesizlik maliyetlerinin azalmasına katkı sağlanacağını düşünmektedir.

Açıklamalar

Bu çalışma EPDK tarafından 28.05.2014 tarih ve 5036 sıra nolu Kurul Kararı ile desteklenen “Profil Katsayıları Hazırlama Metodolojisinin Dengesizlik Maliyetlerine Etkisi ve Optimizasyonu Projesi” kapsamında SEDAŞ ve Düzce Üniversitesi işbirliği ile yapılmıştır.

4. Kaynaklar

- [1] <https://www.epias.com.tr>,(Erişim tarihi, 26.03.2016)
- [2] Francis P. Russell, Karl A. Wilkinson, Paul H.J. Kelly, Chris-Kriton Skylaris, Optimised three - dimensional Fourier interpolation: An analysis of techniques and application to a linear- scaling density functional theory code, Computer Physics Communications 187 , 2015, p. 8–19
- [3] Samsher K. S., Unde M. G., Short-Term Load Forecasting Using ANN Technique, International Journal of Engineering Sciences & Emerging Technologies,. Volume 1, Issue 2, 2012, p. 97-107,
- [4] Panapakidis I. P., Application of hybrid computational intelligence models in short-term bus load forecasting, Expert Systems with Applications, Volume 54, 15, 2016, p.105–120
- [5] Shikhah N.A., Elkarmi F., Aloquili O. M., Medium-Term Electric Load Forecasting Using Multivariable Linear and Non-Linear Regression, Smart Grid and Renewable Energy 2, 2011, p.126-135
- [6] Romera E.G., Moran M. A. J., Carmona D., Monthly Electric Energy Demand Forecasting with Neural Networks and Fourier Series, Energy Conversation and Management 49, 2008, p.3135-3142
- [7] Friedrich L., Afshari A., Short-term Forecasting of the Abu Dhabi Electricity Load Using Multiple Weather Variables Original Research Article, Energy Procedia, Volume 75, Pages 2015, p.3014-3026
- [8] Swaroop R., Abdulquader H. A, Load Forecasting for Power Planning and Operation usng Artificial Neural Network at al Batinah Region Oman , Journal of Engineering Science and Technology Vol.7, No.4, 2012 p. 498–504
- [9] Mandal P., Senjyu T., Urasaki N., Funabashi T. , A neural network based several-hour-ahead electric load forecasting using similar days approach, Electrical Power and Energy Systems 28, 2006, p. 367–373
- [10] Örün S., Karatekin C., İstanbul İli Avrupa Yakası İçin Uzun Dönem Elektrik Enerjisi Yük Tahmini, Eleco 2014 Elektrik–Elektronik–Bilgisayar ve Biyomedikal Mühendisliği Sempozyumu, Bursa,2014, p.38-43
- [11] Karaboga N., Sayısal Yöntemler ve Matlab Uygulamaları, Nobel Yayın Dağıtım, İstanbul, 2. Basım Mart 2015
- [12] Aslan Y., Yavasca S., Yasar C. Long Term Electric Peak Load Forecasting of Kutahya Using Different Approaches, International Journal on “Technical and Physical Problems of Engineering, Issue 7 Volume 3 Number 2, 2011, p.87-91