

YÜK TAHMİNİ İÇİN GELİŞTİRİLEN MATEMATİKSEL MODELEME VE UYGULAMASI

Ümmühan Başaran Filik¹, Ömer Nezih Gerek¹, Mehmet Kurban²

¹ Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü
Anadolu Üniversitesi
{ubasaran,ongerek}@anadolu.edu.tr

² Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü
Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi
mehmetkurban@bilecik.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, Türkiye'deki 1982-2007 yıllarına ait gerçek tüketim değerleri kullanılarak yük tahmini analizi için kısa-orta ve uzun dönem tahmin aralıklarında saatlik çözünürlükte sonuçlar veren, çok yönlü uygulamaları olan bir matematiksel yaklaşım sunulmuştur. Bu yöntem ile yakın gelecekteki yük değerlerini tahmin etmenin yanında, birkaç yıl içindekileri de saatlik olarak başarılı bir şekilde tahmin etmenin mümkün olabileceği gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Enerji planlaması, yük tahmini, matematiksel modelleme.

1. GİRİŞ ve AMAÇ

Kullanımı kolay ve istenildiğinde diğer enerji türlerine dönüştürülebilir elektrik enerjisinin tüketimi, yıllara bağlı olarak artış göstermektedir. Artan bu enerji talebini en uygun şekilde karşılayabilmenin yolu, ileriye dönük doğru planlamaların yapılmasıyla mümkündür. Enerji talebini karşılamak ve düşük maliyetle üretimi gerçekleştirmek açısından yük tahmini analizi oldukça önemli bir konudur.

Yük tahmini analizi, elektrik enerjisinin planlanmasının ilk adımudur. İyi bir sistem planlaması için, enerji ihtiyacının ve tepe yük değerlerinin en az hatayla tahmin edilmesi gereklidir. Enerji santrallerine yapılması gereken eklemeler ve/veya yeni enerji santrallerinin kurulması, tepe yük değerleri de göz önüne alınarak, öngörülen enerji talebini karşılamak üzere belirlenir. Yük tahmini sonuçlarına göre, üretimle birlikte iletim - dağıtım sistemlerine yapılması gereken kapasite eklemeleri ve bunlara ilişkin yatırım maliyetleri de belirlenmektedir. Elektrik enerjisinin depolanamaması, talep tahminindeki doğruluk derecesinin önemini artırmaktadır. Yük talep tahmininin doğruluğu; elektrik güç sistemlerinin güvenilirliği ve verimliliği, santral üniteleri arasında optimizasyon, hidrotermal koordinasyonu ve yakıt tahsisi gibi enerji sisteminin işletme özelliklerini etkiler. Yük tahmininde yapılacak hatalar, ileride güç sistemi planlamasında önemli problemlere yol açabilir. Yapılan tahminin gelecekteki değerini altında kalması sistemin aşırı yüklenmesine, enerji kalitesinin düşmesine, tahminin yüksek olması ise maliyetin artmasına, sistemin düşük

kapasite ile çalışmasına neden olmaktadır. Sistemin bu şekilde çalışmaması için, eldeki veriler arttıkça, tahminlerin ve buna bağlı olarak planların yenilenmesi gerekir [1].

Elektrik enerjisi tüketimi tahminine yönelik çalışmalar üç sınıfta değerlendirilebilir:

- Kısa dönem yük tahmini: Bir saatten bir aya kadar olan dönemleri kapsamaktadır.
- Orta dönem yük tahmini: Bir aydan bir yıla kadar olan dönemleri kapsamaktadır.
- Uzun dönem yük tahmini: Bir yıldan daha uzun dönemleri kapsamaktadır.

Kısa dönem yük tahmini analizi ile enerji santralleri arasında yük paylaşımı ve üretim birimlerinin devreye girme-çıkma durumu belirlenir. Genellikle, günlük yük eğrisindeki tepe yük değerleri, gerçek zamanlı olarak önceden görülmeye çalışılır. Bakım programları hazırlanır, hidrolik santraller için akarsu akış koşulları ve su haznesinde tutulması gereken su miktarı belirlenir, termik santrallerde ise yakıt miktarı saptanır, buhar akışı ile ilgili veriler belirlenir ve tahmin edilen yük değerlerine göre santralin birimlerinin yüklenmesi sağlanır.

Orta dönem yük tahmini, fiziksel donanımların planlamasını kapsadığı için, oldukça önemlidir. Bu aşamada iletim sistemi genişletilir ve iletim, dağıtım sistemleri ile kısa sürede devreye alınabilecek birimler belirlenir. Ayrıca dağıtım sistemlerinin planlanması, toplu planlama çalışmaları ve ekonomik incelemelerde, satış tarifelerini, bakım periyotları ve yakıt kaynaklarını belirlemek amacıyla da kullanılır.

Uzun dönem yük tahmininde öncelikle, planlama stratejileri belirlenir. Bunun yanında yakıt ihtiyacı ve yakıt kaynaklarının belirlenmesi, sermayenin sağlanması gibi konular da yine bu dönemde gerçekleşir. Uygulamada en çok ihtiyaç duyulan uzun vadeli yük tahminidir. Çünkü bu aşamada oldukça önemli kararlar alınır ve yüksek sermayeler kullanılır ve üretim planlamaları yapılır.

Yük tahmininde önemli olan sanayi ve toplumun ihtiyaç duyduğu yer ve zamanda, elektrik enerjisi ihtiyacını karşılamaya yeterli, güvenilir ve gereğinden az ya da fazla olmayan miktarı saptamaktır. Elektrik enerjisi planlarının gerçekleştirilmesinde, her bir santralin, birincil enerji kaynağının sağlanması, yerinin seçilmesi, fizibilite

çalışmalarının yapılması, finansman sağlanması, yapımının aksatılmadan yürütülmesi, işletme ekiplerinin hazırlanması ve işletmesinin aksamadan yürütülmesi gerekir [1].

Uzun dönem yük tahminlerinde belirsizlikler fazla olduğundan kesin ve hassas bir tahmin yapmak mümkün değildir.

Yük tahmini analizi yapılırken oluşan hataların üç temel nedeni şunlardır:

- Yükün değişimine etki eden değişkenlerin belirlenmesinde yapılan hatalar.
- Matematiksel yük modeli ile yapılan genelleme ve model parametrelerinin sınırlı sayıda geçmiş veriden elde edilmesinden kaynaklanan hataların oluşturduğu yönetsel hatalar.
- Giriş değişkenlerindeki hatalar (hatalı alınmış veriler, v.b.).

Yük tahmini için birçok yaklaşımlar mevcuttur. Önemli olan en doğru ve en hatasız olanın belirlenmesidir. Bu yaklaşımlar uygulanırken, bazı sorularında yanıtlanması gerekir. Bu sorular şunlardır:

- Tepe talebi mi yoksa yükün ayrı olarak mı tahmin edilmesi gerekiyor?
- Yük tahmini yaparken geçmişteki veriler, bütün olarak mı yoksa her tüketici grubu için ayrı olarak mı yapılmalıdır?
- Sınır hava koşulları mı yoksa orta hava koşulları mı kullanılmalıdır?
- Tahmin yaparken detaylı ve kesin matematiksel hesaplamalar mı kullanılmalıdır?

Birinci soru için, ilk seçenek tepe yükün, doğrudan hesaplanmasıdır. Bu durumda sonuca doğrudan gidilebilir; fakat ekonomik değişimler göz ardı edilmiş olur. İkinci seçenek ise, yük tahmini yaparak yükü belirlemektir. Bu seçenek yük faktörünün de hesaplanması anlamına gelir. Bu seçenekte enerji yüküne göre belirlendiği için daha düzenlidir ve nüfusa bağlı ve ekonomik faktörler de ihmal edilmemiş olur; fakat düzensiz değişen yük faktörleri, hatalı tahminlere yol açabilir. Bu durumda ikinci sorunun cevabı olarak; tüketicilerin ayrı gruplara ayrılarak her grup için ayrı tahminler yapılması uygundur. Sonuçta tüm bu tahminler birleştirilerek ihtiyaç duyulan toplam yük belirlenir. Bunun sonucunda tahminin yanlış yönlendirilmesi önlenmiş olur. Diğer bir seçenek ise toplam yükün bir bütün olarak tahmin edilmesidir. Bu seçenekte kullanım kolaylığı ve büyüme eğiliminin daha rahat gözlemlenmesi mevcuttur. Üçüncü soru, planlayıcının geçmişteki hava raporlarına dayanarak, yük bileşenlerinin tahmin edilmesi esasına dayanır. Bu yöntemde, hava değişimlerini düzenli bir seyir içermediği için bazı düzeltmelerin yapılması zorunlu hale gelmektedir. Dördüncü soru, tahmin yaparken detaylı ve kesin matematiksel hesaplamalar yapılması gerekmektedir. Matematiksel yöntem yükün yapısına göre belirlenir. Belirli bir yöntem seçiminden önce mümkün olan tüm yöntemlerin denenip en uygun olanının tespit edilmesi gerekir [1].

Literatürde, kısa dönem yük tahmini analizi için kullanılan başlıca yöntemler şunlardır: Regresyon tabanlı yöntemler

[2], Box Jenkins modeli [3] zaman serileri yaklaşımı [4-5], Kalman süzgeci [6], YSA modelleri [7] ve YSA ile yapılan hibrit yaklaşımlardır [8]. Son zamanlarda, istatistiksel yöntemler ve diğer yapay zekâ yaklaşımlarının hibrit olarak kullanıldığı yöntemler de bu problemin çözümü için önerilmiştir. Bayesian çıkarılma [9], kendi kendini düzenleyen haritalar [10], dalgacık dönüşümleri [11], ve parçacık sürü optimizasyonudur [12].

Orta ve uzun dönem yük tahmini analizleri de güç sistemleri planlanmasında oldukça önemlidir. Orta dönem yük tahmini analizi için zaman serileri yaklaşımları [13] ve Fourier serileri (FS) [14] yaklaşımları kullanılmıştır. Uzun dönem yük tahmini yıl içindeki tepe yük değerlerinin belirlenmesi ve uzun dönem planlama için önemlidir. Uzun dönem yük tahmini içinde kullanılan en önemli yöntemler, zaman serileri analizi [4-5], hiyerarşik yapay sinir ağları [15] ve destek vektör makinesi [16] yöntemleridir.

Bu çalışmada, kısa, orta ve uzun dönem tahmin aralıklarında saatlik çözünürlükte sonuçlar veren yöntemin [17], Türkiye'deki verilere uygulaması yapılarak bulunan sonuçlar tablolar halinde sunulmuştur.

2. YÜK TAHMİN YÖNTEMLERİ

İleriye dönük yük taleplerinin belirlenmesinde, kullanılacak tahmin tekniğinin seçimi önemlidir. Yük değişimlerinin yapısına bağlı olarak bir yöntem diğer yöntemlere göre üstünlük gösterebilir. Özel bir yöntemi seçmeden önce, yükün davranışını incelemek gereklidir. Yükün davranışından uygun bir eğrinin mi, yoksa stokastik bir modelin mi seçilmesinin uygun olduğu anlaşılabilir. Elektrik şebekeleri birbirinden farklı özellikler gösterdiğinden mevcut sistemin yapısı da incelenmelidir. İncelenen sisteme göre en uygun tekniği seçmek için değişik sistemlerin avantaj ve dezavantajlarının bilinmesi önemlidir. Temelde ekstrapolasyon ve korelasyon olmak üzere iki tahmin yöntemi vardır. Ekstrapolasyon, geçmiş verilerin ve bu verileri etkileyen güçlerin geçmişte olduğu gibi gelecekte de aynı oranda artacağı varsayılarak yapılan tahmindir. Birçok ekstrapolasyon yöntemi vardır. Bunların bazıları matematiksel büyüme eğrilerinin yorumlanmasından oluşur. Diğerleri ise geçmiş yıllardaki büyüme ortalamalarının ileri yıllar için kullanılmasıdır. Korelasyon, yüklerin diğer faktörlere bağlanmasıyla gerçekleşen tahmindir. Örneğin hava koşulları veya ekonomik durum gibi. Korelasyonun en önemli avantajı büyüme etkileyen faktörleri önemlerine göre değerlendirmesidir. Örneğin hava koşulları ve yük arasındaki ilişkinin sayısallaştırılmasıdır. Korelasyon yöntemi aynı zamanda tahminlerin gerçek değerlerden sapması durumunda sebebin belirlenmesinde yardımcıdır. Kullanılan tahmin yöntemlerinden bazıları şunlardır:

En küçük kareler yöntemi (EKKY) ve regresyon analizi, Zaman serisi analizi, Box Jenkins modelleri ve türevleri, Yapay sinir ağları, Bulanık mantık, Kalman süzgeci, Bayesian çıkarılma, Kendi kendini düzenleyen haritalar, Dalgacık dönüşümleri, Fourier serileri, Parçacık sürü optimizasyonu, Hibrit modeller ve diğer yöntemler.

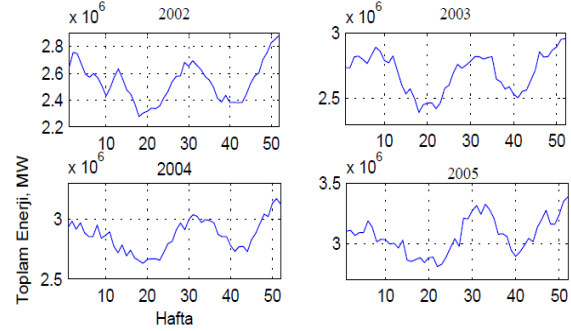
3. MATEMATİKSEL MODELLEME VE UYGULAMASI

Yük tahmini analizi için geliştirilen matematiksel model, daha önce yapılan çalışmalardan farklı olarak kısa, orta ve uzun dönem saatlik yük tahmini analizi yapılmasına olanak veren bir yaklaşımdır [17]. Bu model, Türkiye'de TEİAŞ'tan alınan dört yılı saatlik geri kalan yıllık değerlerden oluşan toplam yirmi altı yıla ait gerçek yük verileri kullanılarak bulunmuştur. Önerilen yöntem iç içe geçen üç alt bölümden oluşmaktadır. İlk kısım; yıllık yük değerlerinin modellenmesi, ikinci kısım; yıl içerisinde haftalık yük değerlerinin modellenmesi, son kısım ise; 2-B (2-Boyutlu) matematiksel gösterim kullanılarak saatlik yük değişimlerinin modellenmesidir. Hata değerlerini hesaplamak için literatürde en çok kullanılan hata karelerinin ortalamasının karekökü (RMSE) ve ortalama mutlak yüzdelik hata (MAPE) kullanılmıştır.

Saatlik yük verilerini anlamlı bir şekilde kullanabilmek için öncelikle bu veriler analiz edilmeli ve dinamikleri anlaşılmalıdır. Yük değerleri dinamik bir yapıya sahiptir ve benzerlikler göstermektedir. Fakat bunun yanında beklenmedik bazı durumlar, santralin devre dışı kalması, tatil dönemleri, hava koşulları ve diğer bazı etkenler yük değerlerinin değişimini etkilemektedir. Yük değerleriyle ilgili diğer gözlem de sırasıyla haftalık ve yıllık periyotta iki salınım olmasıdır. Bununla beraber yük değerlerinin rastgele olmayan kısımları bir başka deyişle salınımların benzer değişimler gösteren kısımları dalga örnekleri veya matematiksel modeller kullanılarak modellenebilir. Ayrıca, her yıla ait ortalama yük değerleri incelendiğinde, yıllara bağlı olarak yük değerlerinin belirgin bir şekilde arttığı görülmektedir.

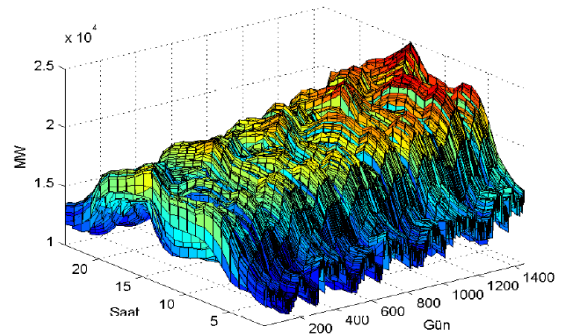
Talep edilen yük değerlerinin yıl içindeki haftalık değişimlerini, talebin en yüksek ve en düşük olduğu zamanları görebilmek amacıyla her haftaya ait toplam enerji değerleri hesaplanmış ve bu haftalara karşılık gelen haftalık toplam enerji değerlerinin 2002-2005 yıllarına ait grafiği Şekil 3.1'de verilmiştir. Analizler yapılırken ani düşüşleri ortadan kaldırmak amacıyla ara değerlendirme yapılmıştır. Bu ara değerlendirme, ilgili saate ait bir önceki hafta ve bir sonraki haftanın değerlerinin ortalaması alınarak yapılmıştır. Mevsimsel değişimler, Şekil 3.1'den kolaylıkla gözlemlenebilir. Şekilden de görüldüğü gibi, elektrik talebi en fazla kış aylarında olmaktadır. Kış ayları kadar fazla olmasa da Temmuz ve Ağustos aylarında da yük talebi fazladır. Bahar aylarında, özellikle Mayıs ve Haziran aylarında talep edilen yük değeri düşmektedir. Ayrıca, yıllık artışa bağlı olarak talep edilen yük değerlerinin artış gösterdiği görülmektedir. Örneğin, 2002 yılında toplam enerjinin tepe değeri

2885127 MW iken, bu değer 2005 yılında 3387354 MW değerine ulaşmıştır. 2002-2005 yıllarına ait saatlik yük değerleri Şekil 3.2'de 2-B olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.1 2002-2005 yılları için her haftaya ait toplam enerji değerleri

Yük değerlerinin 2-B gösterilmesinin nedeni, bu gösterimin saate ve güne bağlı değişimleri bir arada sunması; bir başka deyişle kompakt görsellik özelliğine sahip olmasıdır. Şekillerden görüldüğü gibi, 2-B gösterim, yük değerlerinin değişimi hakkında daha fazla görüş ve bilgi içermektedir. Yük değişimlerinin ilintisel olmasından dolayı Şekil 3.2'nin matematiksel modellenmesi fazlasıyla karmaşıktır. Diğer taraftan, 2-B grafikten bir gün içindeki saatlere bağlı değişim 2-B matris gösterimi olacak şekilde ayrılırsa, bu şekli daha az karmaşık modellerle göstermek mümkün olacaktır.

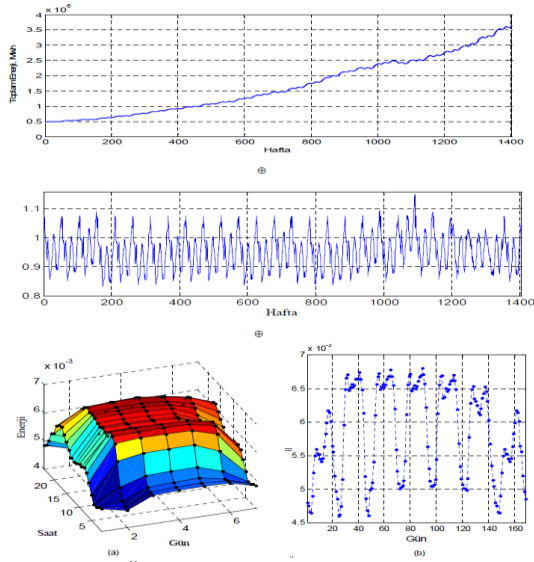


Şekil 3.2 2002-2005 yıllarına ait saatlik verilerin 2-B gösterimi

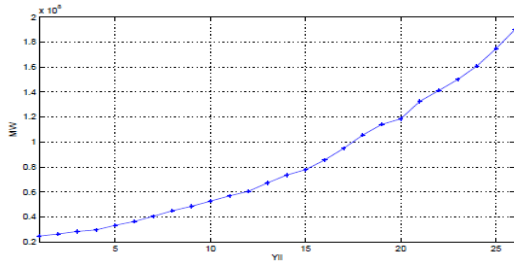
Bu çalışmada önerilen yöntemde yük değerleri, iç içe geçmiş üç kısım halinde modellenmiştir. İlk kısım yıllık ortalama yük değerlerinin modellenmesidir. İkinci kısım, bir yıl içindeki haftalık artık yük değerlerinin modellenmesidir. Üçüncü kısım ise, bir hafta içindeki saatlik değişimlerin modellenmesidir. Bu model ayrıca, 2-B yüzey fonksiyonu kullanılarak da modellenmiştir. İç içe geçen bu yapı Şekil 3.3'te gösterilmiştir.

Yıllık yük değerlerinin modellenmesi:

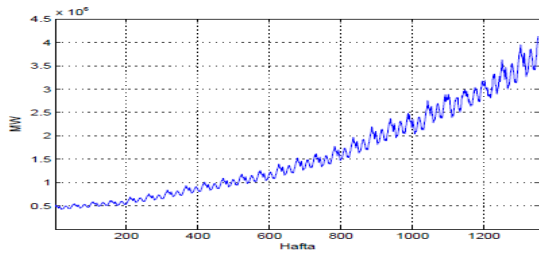
1982-2007 yıllarına ait yıllık yük değerlerinin değişimleri Şekil 3.4'de verilmiştir.



Şekil 3.3 Önerilen yöntemin bölümleri a) Haftalık ekseninde yıllık yük değişimleri b)Haftalık ekseninde haftalık artık yük değişimleri c)(a) 1-B normalize edilmiş saatlik yük değişimleri (b) 2-B normalize edilmiş saatlik yük değişimleri.



Şekil 3.4 1982-2007 yıllarına ait yıllık yük değerlerinin değişimleri
1982-2007 yıllarına ait toplam enerji değerlerinin grafiği Şekil 3.5'te verilmiştir.



Şekil 3.5 1982-2007 yıllarına ait toplam enerji değerlerinin grafiği

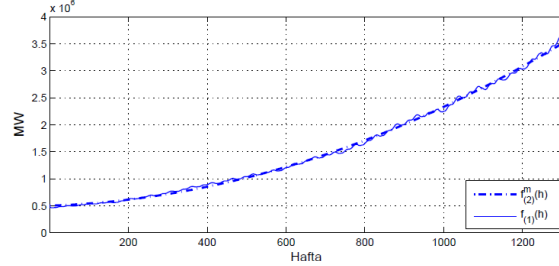
Modelleme yapabilmek için, bu grafik iki kısma ayrılarak incelenebilir. Bu sayede, yıllara bağlı olarak hem sürekli olarak artış gösteren durum (Şekil 3.4) hem de yıl içerisinde oluşan değişimler (salınımlar) modellenebilecektir (Şekil 3.5 ve Şekil 3.4 arasındaki fonksiyonel fark). $f(h)$, yıllık yük değişimleri, $g(h)$, Şekil 3.5 ile Şekil 3.4 arasındaki fonksiyonel fark haftalık artık yük değişimlerini göstermektedir.

Şekil 3.5'yi, $f(h)$ ve $g(h)$ olarak ayırabilmek için yürüyen ortalama yöntemi kullanılmıştır. Bu değişimler MATLAB programında eğri uydurma araç kutusu kullanılarak modellenmiştir. Elde edilen bu modeller, $f^m(h)$ ve $g^m(h)$ olarak adlandırılmıştır. Şekil 3.5'deki fonksiyon $H(h)$ olarak tanımlanmıştır. Bu durumda $H(h)$ ve $H^m_{(i,j)}(h)$ aşağıdaki şekilde tanımlanabilir:

$$H(h) = f(h) \times g(h), h = 1, \dots, 1300$$

$$H^m_{(i,j)}(h) = f^m(h) \times g^m(h), i = 1, 2, 3, 4 \& j = 1, 2$$

$f(h)$ 'nin modellenmesi:



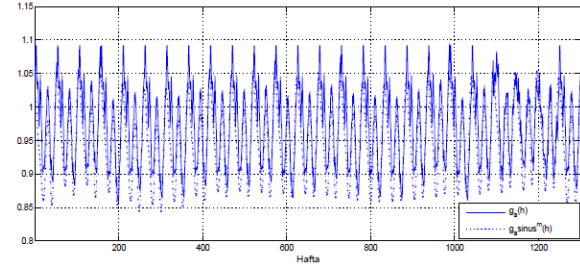
Şekil 3.6 Yıllara bağlı olarak artan fonksiyon ve bu fonksiyon için bulunan model

$f^m_{(2)}(h)$ fonksiyonu aşağıdaki eşitlikte verilmiştir.

$$f^m_{(2)}(h) = 0.9717h^2 + 830.4h + 436600$$

Haftalık artık yük değerlerinin modellenmesi:

Haftalık artık yük değerlerinin modellenmesi, önerilen yöntemin ikinci kısmını oluşturmaktadır. $g_a(h)$, yıllara bağlı olarak artan fonksiyonun ortalama talep edilen yük değerine bölünmesiyle elde edilmiştir.



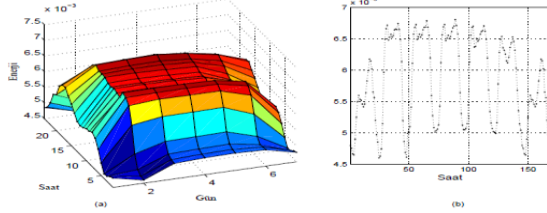
Şekil 3.7 $g_a(h)$ fonksiyonunun grafiği

$$\begin{aligned} g_a \sin^m(h) = & 1.648 \times \sin(1.1942 \times 10^{-2}h + 0.3196) \\ & + 0.729 \times \sin(3.252 \times 10^{-3}h + 2.624) \\ & + 3.651 \times 10^{-2} \times \sin(8.978 \times 10^{-3}h + 2.176) \\ & + 5.943 \times 10^{-2} \times \sin(0.241h + 0.887) \\ & + 9.16 \times 10^{-3} \times \sin(1.374 \times 10^{-2}h + 1.72) \\ & + 4.054 \times 10^{-2} \times \sin(0.121 + 1.343) \\ & + 3.392 \times 10^{-3} \times \sin(2.162 \times 10^{-2} \times 10^{-2}h - 0.8948) \\ & + 2.942 \times 10^{-2} \times \sin(0.362 \times 10^{-2} \times 10^{-2}h + 2.662) \end{aligned}$$

Saatlik yük değerlerinin modellenmesi:

Bir yıla ait saatlik düzgün bir model oluşturmak amacıyla, 2002 yılına ait veriler kullanılarak 'haftalık model' oluşturulmuştur. Haftalık modeli bulmak için, 52 haftaya ait değerlerin ortalaması alınmıştır. Bir hafta içindeki saatlik grafik yılın diğer günlerine benzerlik göstermektedir. Bu 52 haftaya ait aritmetik ortalama, sembolik (nominal) haftalık ortalamayı

göstermektedir. Ortalama alınmadan önce, etkin enerji talebini normalize etmek ve bir yıl içinde olan artış ve azalışların etkilerinden sakınmak amacıyla, her haftanın saatlik eğrilerinin toplam enerjisi bir olacak şekilde normalize edilmiştir. Sonuç olarak, oluşturulan modelin toplam enerjisi bire eşit olmuştur. Normalize edilen saatlik yük değişimlerinin 1-B ve 2-B gösterimi Şekil 3.7’de verilmiştir. Burada 'haftalık model' yapısı $T_{(1)}(s,d)$ olarak adlandırılmıştır.



Şekil 3.7 Normalize edilen saatlik yük değişimlerinin (a) 1-B (b) 2-B gösterimi

Haftalık model oluşturulduktan sonra, bu model 2-B ayrık kosinüs dönüşümü (2B-DCT) kullanılarak modellenmiştir.

$$T_{(2)}(s, d) = 1.17 \times 10^{-2} \left[\cos\left(\frac{\pi(2h+1)}{48}\right) \cos\left(\frac{\pi(2d+1)}{14}\right) \right] \\ - 2.06 \times 10^{-4} \left[\cos\left(\frac{2\pi(2h+1)}{48}\right) \cos\left(\frac{\pi(2d+1)}{14}\right) \right] \\ - 9.86 \times 10^{-4} \left[\cos\left(\frac{3\pi(2h+1)}{48}\right) \cos\left(\frac{\pi(2d+1)}{14}\right) \right] \\ - 5.71 \times 10^{-4} \left[\cos\left(\frac{5\pi(2h+1)}{48}\right) \cos\left(\frac{\pi(2d+1)}{14}\right) \right] \\ - 1.38 \times 10^{-4} \left[\cos\left(\frac{9\pi(2h+1)}{48}\right) \cos\left(\frac{\pi(2d+1)}{14}\right) \right] \\ - 5.40 \times 10^{-4} \left[\cos\left(\frac{\pi(2h+1)}{48}\right) \cos\left(\frac{3\pi(2d+1)}{14}\right) \right] \\ + 1.85 \times 10^{-4} \left[\cos\left(\frac{3\pi(2h+1)}{48}\right) \cos\left(\frac{3\pi(2d+1)}{14}\right) \right]$$

2002 yılına ait saatlik veriler eğitim verisi olarak düşünülerek, 2002-2005 yıllarına ait hata değerleri hesaplanmıştır. Sonuçlar Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Eğitim ve test verileri için MAPE ve RMSE değerleri

Eğitilen veri	Test verisi	Test verisi	Test verisi	Test verisi
2002	2002	2003	2004	2005
MAPE	3.03	5.74	6.90	7.30
RMSE	613.8	1274.3	1560	1763.5

4. SONUÇLAR

Yük tahmini analizlerinin başarısı, mevcut sistemin istatistiksel verilerinin doğru ve düzenli tutulmasına bağlıdır. Bu çalışmada, elektrik enerjisi üretimi, iletimi ve dağıtımında enerji şirketleri ve finansal birimler açısından oldukça önemli bir konu olan yük tahmini analizi için önerilen yöntem sunulmuş ve Türkiye’deki veriler kullanılarak test edilmiştir. Diğer saatlik yük tahmini yöntemlerinden farklı olarak, bu yöntem birkaç yıl için tahmin yapabilmektedir. İç içe geçen alt bölümlerden oluşan matematiksel model ile bulunan tahmin sonuçlarının saatlik bazda başarılı sonuçlar verdiği gözlenmiştir.

KAYNAKÇA

[1] Wang, X ve McDonald J.R. “Modern Power System Planning”, McGraw book Company Newyork, 1996.

[2] Alfares, H. K., ve Nazaeruddin, M., “Regression-based methodology for daily peak load forecasting” *Proceedings of the 2nd International Conference on Operations and Quantitative Management*, Ahmedabad, India, January, pp. 468-471, 1999.

[3] Meslier F., “New advances in short term load forecasting using Box and Jenkins approach”, *IEEE-PESWinterMeet*, 78, 1978.

[4] Hagan MT, Behr SM. “The Time Series Approach to Short Term Load Forecasting”. *IEEE Transaction on Power Systems*, PWRs-2: 785-791, 1987

[5] Amjady “N. Short-term hourly load forecasting using time series modeling with peak load estimation capability”, *IEEE Transactions on Power Systems*, 16: 798-805, 2001.

[6] A. Girgis, L. Lee, M. J. Settlage and E. Makram, "Kalman filtering techniques for on-line optimal short-term forecasting for substation and total system loads.

[7] Park DC, El-Sharkawi MA, RJ Marks II, “Electric load forecasting using an artificial neural network”, *IEEE Transactions on Power Systems*, 6: 442-449, 1991.

[8] Kurban M., Basaran Filik U., “Next Day Load Forecasting Using Artificial Neural Network Models with Autoregression and Weighted Frequency Bin Blocks”, *Journal of Innovative Computing, Information and Control*, 5(4): 889-898, 2009.

[9] Lauret P, Fock E, Randrianarivony RN, “Bayesian neural network approach to short time load forecasting”, *Energy Conversion and Management*, 49 (5): 1156-1166, 2008

[10] Amin-Naseri MR, Soroush AR., “Combined use of unsupervised and supervised learning for daily peak load forecasting”, *Energy Conversion and Management* 49 (6): 1302-1308, 2008

[11] Yao SJ, Song YH, Zhang LZ, “Wavelet transform and neural networks for short-term electrical load forecasting”, *Energy Conversion and Management*, 41(18):1975-1988, 2000

[12] El-Telbany M. El-Karmi F. Short-term forecasting of Jordanian electricity demand using particle swarm optimization, *Electric Power Systems Research*; 78 (3): 425-433, 2008.

[13] Islam SM, Al-Alawi SM, Ellithy KA. Forecasting monthly electric load and energy for a fast growing utility using an artificial neural network. *Electric Power Systems Research* 1995; 34: 1-9

[14] González-Romera E. Jaramillo-Morán MA, Carmona-Fernández D. Monthly electric energy demand forecasting with neural networks and Fourier series, *Energy Conversion and Management* 2008; 49: 3135-3142.

[15] Carpinteiro OAS, Leme RC, Souza ACZ, et al. Long-term load forecasting via a hierarchical neural model with time integrators, *Electric Power Systems Research* 2007; 77: 371-378.

[16] Hong WC. Electric load forecasting by support vector model. *Applied Mathematical Modelling* 2009; 33: 2444-2454.

[17] U. Basaran Filik, Ö.N. Gerek, M. Kurban, "A novel modeling approach for hourly forecasting of long-term electric energy demand," *Energy Conversion and Management*, Vol. 42, No.1, pp. 199-211, Jan 2011, 01/01/2011