

Türkiye'nin Bir Senelik Elektrik Yükünün Ekonometrik ve Sinyal İşleme Yöntemleri ile Analizi

Barış Sanlı, Doç. Dr. H. Gökhan İlk

ÖZET

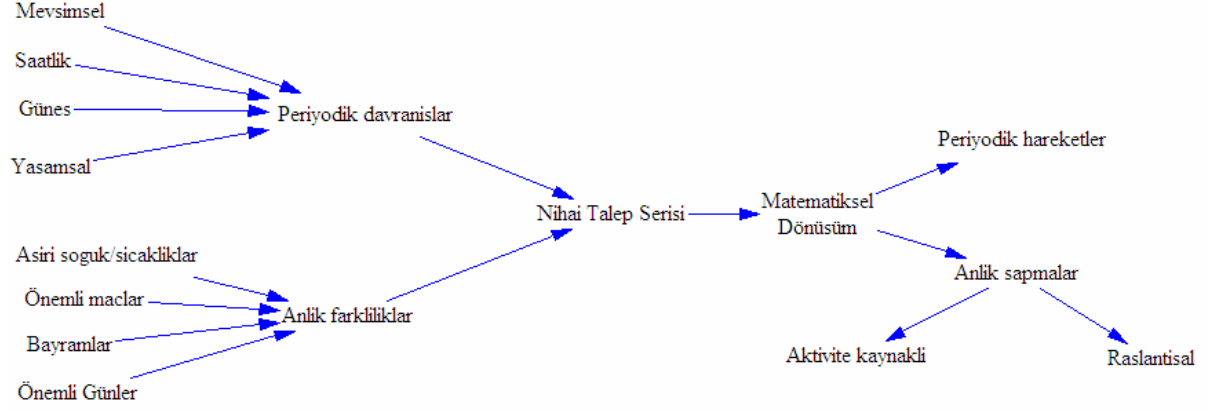
Bu bildiri teknik gözükmekle birlikte, çok basit bir mantığı vardır. Bilişim kuramındaki (Information Theory) bazı kavramlar kullanılarak, bir enformasyon yığınının en anlamlı verilerin ayıklanmasına çalışılmakta, bu en anlamlı veriler ile elde edilen modelin çıktılarının orijinal veri setinden farkları ile de talep analizi yapılmaktadır. Kısaca bir talep üzerindeki tüm deterministik ve rastlantısal yapılar ayrılmakta, böylelikle talepteki bayram/futbol maçı/ okulların kapanması gibi etkilerin yakalanabilmesi için bir yöntem önerilmektedir.

Giriş

Bir veri setinin ne kadarının anlamlı ne kadarının anlamsız/rastlantısal veriden oluştuğunun anlaşılması için, politik analizlerinden ses/video sıkıştırmasına kadar bir çok alanda yöntemler geliştirilmektedir. Bu gelişmelerin ses/video alanında olanları hayatımızı inanılmaz şekilde değiştirmektedir. Cep telefonlarından dijital video ekipmanlarına kadar birçok alanda, bir veri yığını, o veri yığını en iyi tasvir eden en az ve en anlamlı veriler serisine dönüştürülmekte, bu veriler de saklanarak veya iletilerek istenildiği anda tekrar orijinal veri yığına benzeyen yığınlar oluşturulmaktadır.

Örneğin, cep telefonu konuşması bir mp3 çalardaki kaliteyi vermez, mp3 de bir orkestranın canlı performansını iyi bir dinleyiciyi tatmin edecek ölçüde yansıtamaz. Veya internette gördüğünüz bir resim aslında çok daha kaliteli bir baskı resminin fark edilmesi güç bir kopyası olabilir. Ama tüm bunlar, bize gerçek veri yığınlarına en yakın ve bazen ayırt etmesi güç kopyalarını sunar ve bunlar sayesinde saniyesi 20 megabyte olan bir şarkı 1 megabyte boyutuna düşürülebilmektedir.

Elektrik talep serisini de bilişim kuramının sıkça uygulandığı bir ses sinyali/veri gibi kabul ederek, değişik dönüşümlerin yapılması ve bu serideki en anlamlı veri kısmının ayrıştırılabilmesi bu çalışmanın temelidir.



Şekil 1 – Çalışmanın mantığı

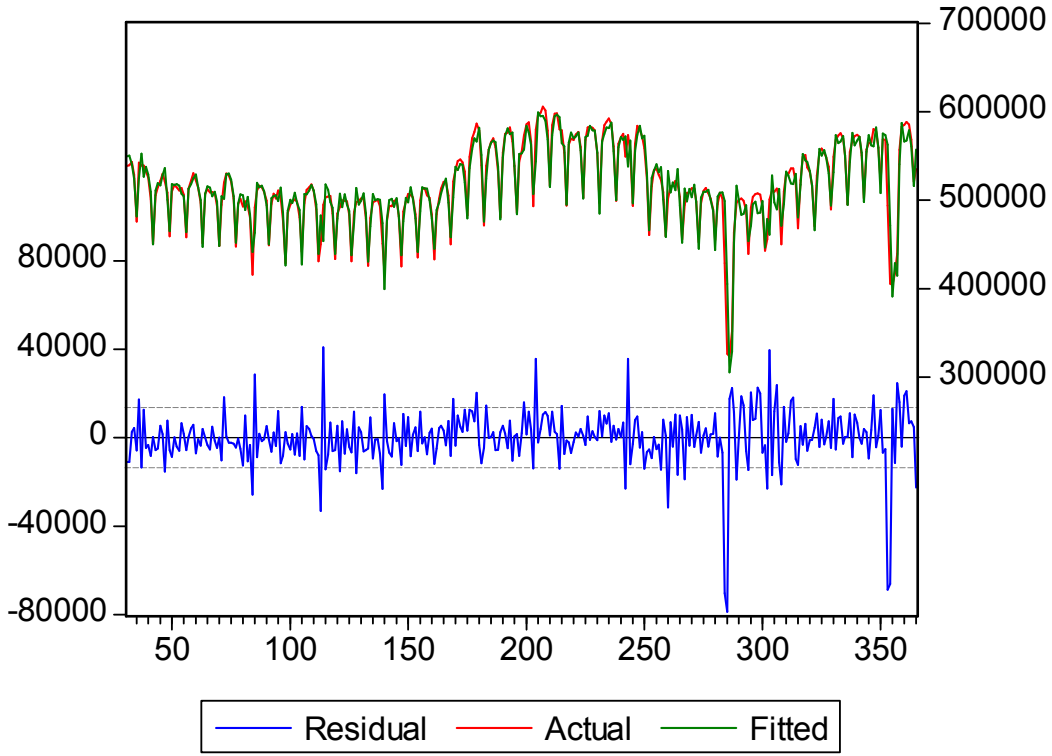
Bu çalışmada üç yöntem uygulanmıştır. Bunlar

1. Ekonometrik yöntem: Oto korelasyon yöntemi ile veri sapmaları bulunmuştur.
2. Ses sıkıştırma algoritması LPC: Talep bir ses verisiymiş gibi incelenir
3. DCT yöntemi: MP3 ve JPG formatlarının temelindeki matematiksel dönüşüm ile veri serisi test edilir.

Ekonometrik Bir Model

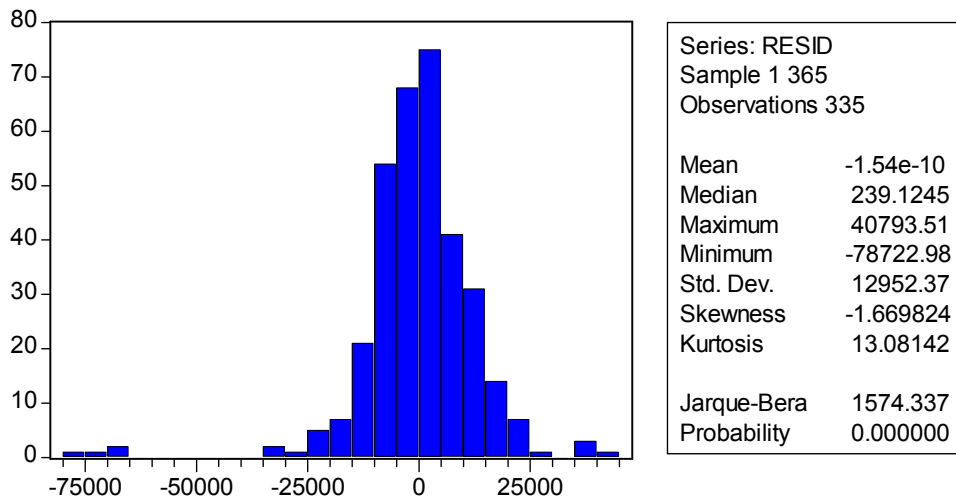
2007 yılı saatlik tüketimi herhangi bir saat aralığı için bir seri haline getirilirse - örneğin saat 22 için- 365 veriden oluşan bir seri elde edilir. Bu serinin kendi üzerine ilintilenmesi (autocorrelation-otokorelasyon) ile bir model elde edilebilir. Bu modelde hataların yüksek olduğu yerler tüketimin model ile kurgulanan yapıdan sapmaları gösterir.

2007 yılı günlük tüketim verileri, bu verilerin oto korelasyonu ve hata grafikleri şu şekildedir.



Şekil 2 – Gerçek(Actual), Model(Fitted), Residual (Kalıntı-Hata) (EViews 5.0)

Bu modellemede hatanın belirli bir aralıkta yaptığı sapmalar günlük rastlantısal farklılıklar olarak kabul edilebilir. Fakat bu aralıkların ötesine geçen hataların olduğu günler, sıradanın ötesinde farklı günlerdir. Bunlar örneğin, 23 Nisan, 10 Kasım, Kurban veya Ramazan Bayramı veya çok önemli bir milli maç gibi.



Şekil 3- Ekonometrik modelin hata teriminin histogramı

Ses Sıkıştırma Algoritmasının Uygulanması

Ses sıkıştırma algoritmalarının en çok kullanılanı cep telefonlarında kullanılan LPC(Linear Predictive Coding) tabanlı algoritmadır. Bu algoritma oto-korelasyona benzemektedir. LPC'nin ilk amacı konuşma sentezi ve tanımlama sistemlerinde yer kazanmak ve ses iletişimini şifrelemektir¹. Fakat daha sonra LPC gelişerek yeni kodeklerin (codec) geliştirilmesi için bir başlangıç oldu. Şu andaki GSM cep telefonu sistemi, LPC tabanlı bir kodek ile çalışmaktadır².

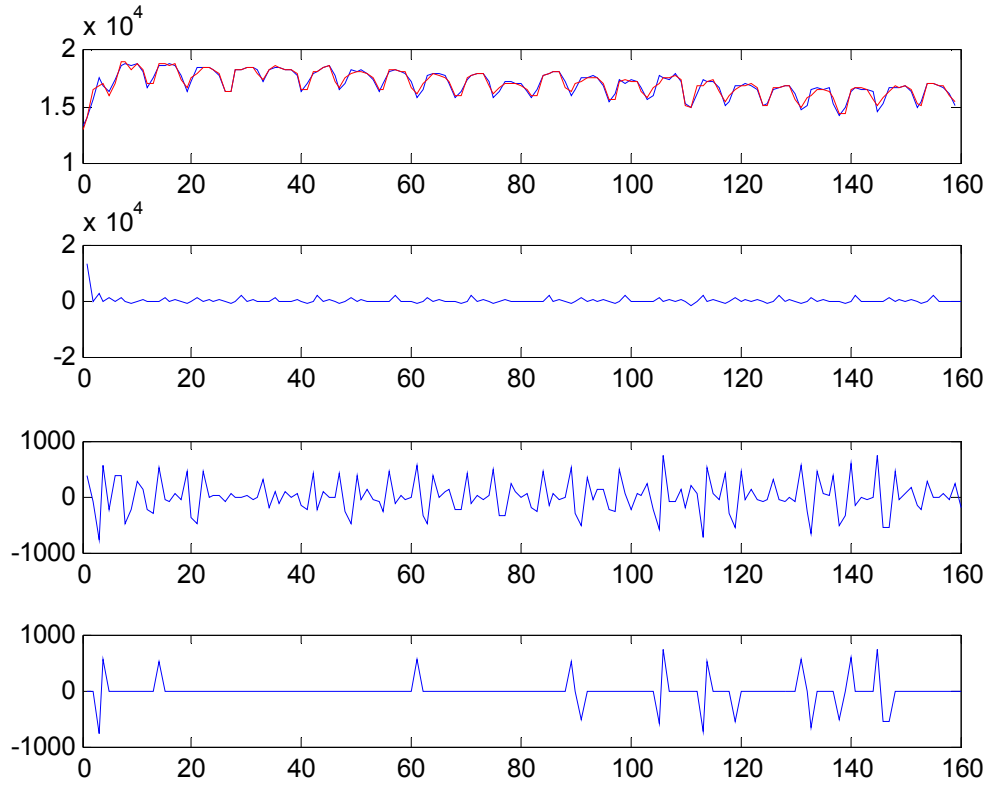
Bir veri setine bir ses sıkıştırma algoritması uygulamasındaki temel amaç, günlük talep verisinin bir ses dalgası gibi davrandığının kabul edilmesi ile bu dalga formunu en az katsayı ile ifade ederek hata terimini bulmaktır. Hata terimi bize, modelin yakalamakta zorlandığı ani değişimleri gösterecektir. Bu da yukarıdaki ekonometrik modelde olduğu gibi, yaşamsal aktivitenin aniden değiştiği, bayram günleri vs. gibi günleri gösterecektir.

Bu model için kullanılan programlar, yazar tarafından yazılmış olan Matlab tabanlı bir koddur³. Bu kod ile bir ses dosyası LPC kodlama sonucunda, anlaşılabilir fakat orijinali kadar kaliteli olmayan fakat daha az yer kaplayan bir ses dosyasına çevrilir. Ses dosyasının kalitesi detayların da eklenmesi ile artacaktır. Bir örnek vermek gerekirse özellikle eski telefon sistemlerinde, telefonu açan kişinin sesini ilk birkaç saniyede tanımak zorlaşabilmektedir. Çünkü bu sistemlerde sesin ayırt edici yüksek frekans bileşenleri taşınmamakta, kişisel özellikler sadece konuşan kişi farklı kelimeler kullandıkça algılanmaktadır. Örnekte olduğu gibi LPC ile günlük talebin detayları değil, şekilsel olarak günlük talebi tanımlayabilen ama ani artış veya inişleri (örneğin bir maç kutlaması) dikkate almayan bir model oluşturulur. Bu model sonucu oluşan gerçek değerlerden sapmalar, talebin farklı davrandığı günlere işaret edecektir.

2007 yılının ilk 160 günü için çalıştırılan Matlab kodu ile elde edilen sonuçlar şekil 4'de verilmiştir. Burada adım adım yapılanlar şu şekildedir.

1. İlk 160 günlük verinin alınması (framesize-çerçeve boyutu)
2. Bu verinin LPC katsayılarının hesaplanması
3. Modelin gerçek veriden farkının bulunması

4. Bu farkın rastlantısal olabilecek kısmının sıfırlanarak, büyük farkların olduğu günlerin çıkarılması



Şekil 4 – 2007 yılı ilk 160 gün için saat 06:00-07:00 arası (yukarıdan aşağıya) a) tüketim ve model, b)uyartı(excitation) verileri, c) model ile gerçek veri arasındaki hata, d) hata teriminin belirli bir eşiğin üzerinde olduğu günler.

Bu günler arasında 23-24 Nisan, 18-20 Mayıs 2009 tarihleri de bulunmaktadır. Bu iki gün de bayram günüdür. Bayram günü kendinden önceki ve sonraki günler arasında ciddi bir fark oluşturmaktadır. Dolayısıyla model –bayramın hafta sonuna denk gelip gelmemesine göre- bayrama geçişlerde ve bayram sonrası ani talep değişimlerini yakalayabilmektedir.

MP3 ve JPEG’de kullanılan DCT’nin Uygulanması

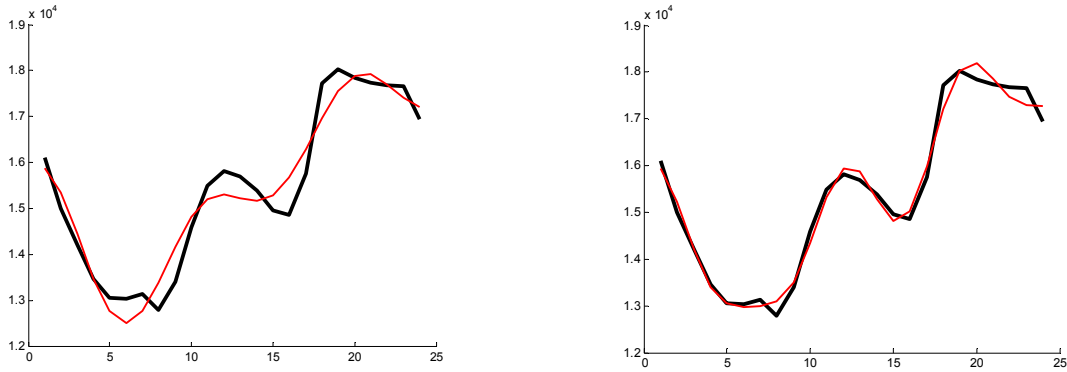
Bilişim kuramı, uygulamalı matematiğin ve elektrik mühendisliğinin bilginin sayısallaştırılması ile ilgilenen dalıdır⁴. Bu kuram sayesinde JPEG, MP3 gibi popüler formatlar, CD çalarlar mümkün olmuştur. Özellikle JPEG⁵ ve MP3⁶ teknolojilerinde

kullanılan DCT (kesikli kosinüs dönüşümü, discrete cosine transform), bir dalga formunun enerjisini en verimli paketleyen dönüşümlerden biridir⁷. Yani 24 tane katsayıdan oluşan günlük bir talep verisini, 7 katsayı ile neredeyse şekli aynı olacak şekilde tanımlamak mümkündür.

DCT dönüşümü ile bir seri üzerinden öyle katsayılar elde ederiz ki, bu katsayıların en büyüklerini alıp, ters dönüşüm uyguladığımızda dalga formu oldukça benzer bir seri oluşturulabilir. Özellikle seri içindeki sayılar çok hızlı değişmiyorsa, DCT oldukça başarılı bir sonuç verir.

Örneğin, 24 saatlik verilerden oluşan bir günlük yük eğrisinin, DCT dönüşümü alınırsa 6 katsayı ile 24 verilik yük eğrisine yakın bir grafik elde edilir. Bu katsayı sayısı 8'e çıktığında ise çok daha başarılı bir grafik elde ederiz. Yani, 24 verilik bir seri, 3'te biri kadar bir veri seti ile de oldukça başarılı ifade edilebilir.

Tıpkı MP3 ve JPG dosyalarında olduğu gibi bir veri setini en az katsayı ile betimleme imkanı ile, veri setindeki ani değişimlerini yakalama ve bunları ortaya çıkarma şansı olacaktır.

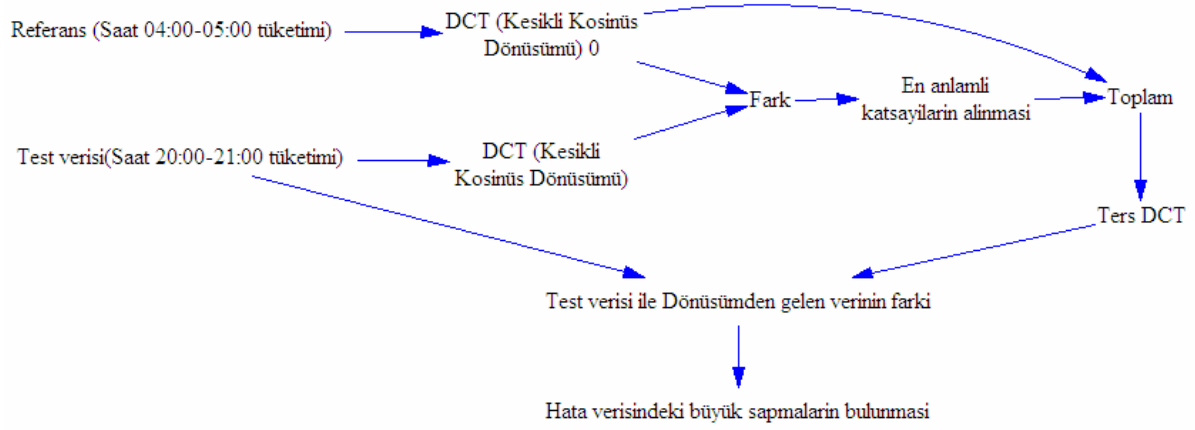


Şekil 5 – Günlük yük eğrisinin DCT dönüşümünün 6 katsayı(sol) ve 8 katsayı(sağ) ile tekrar yapılandırılmış şekilleri(kırmızı-ince) ve orijinal yük eğrisi (siyah-kalın)

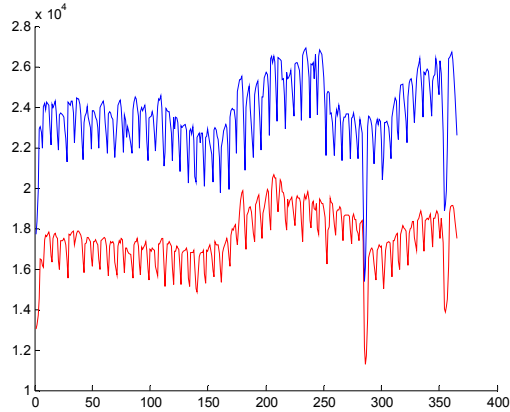
DCT ile 2007 yılı talebinin incelenmesi

DCT ile bir yıllık talebin incelenmesinde gayet basit bir yöntem kullanılacaktır. Burada öncelikle tüm sene için referans olabilecek bir saatlik tüketim serisi ile insan

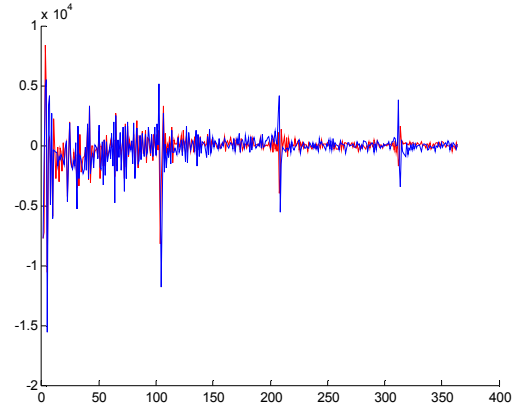
aktivitesinin yoğun olduğu saatteki bir veri seti karşılaştırılacaktır. Bu veri seti arasındaki farkın en yüksek olduğu dönemdeki hatalar, talebin beklenmedik şekilde değiştiği anları verecektir. Algoritma ve sonuçları aşağıda verilmektedir.



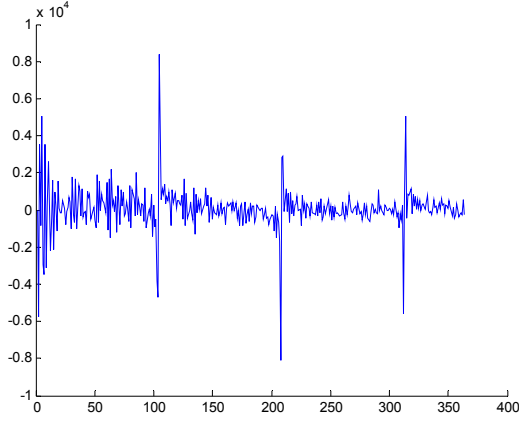
Şekil 6 –Algoritmanın denenmesi için yazılan kodun akış diyagramı



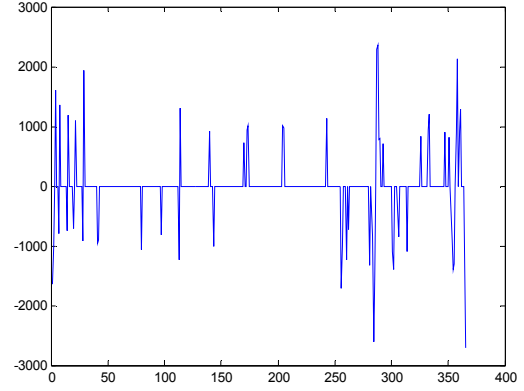
Şekil 7 – Referans(alttaki) ve Test verisi (üstteki)



Şekil 8 – Referans ve Test verisi DCT dönüşümleri



Şekil 9 – DCT’ler arasındaki fark (ilk katsayı ihmal edilmiştir)



Şekil 10 – Nihai farklar

Bu modelin uygulanması sonucu aşağıdaki günler tespit edilmiştir:

1. Bayramlar
2. Türkiye – Yunanistan maçı
3. 10 Kasım
4. Ramazan Başlangıcı
5. Okulların kapandığı gün

Dolayısıyla 2007 yılı talep serisinin DCT dönüşümü, talepteki farklılaşmaları oldukça başarılı yakalamaktadır.

Sonuçlar

Bu çalışmada bir senenin elektrik talep verisini incelemek için değişik metotlar kullanıldı. Bu metotların her biri talepteki ani farklılaşmaları bir noktaya kadar yakalayabilmekte ve bunu hata/tortu serileri ile gösterebilmektedir.

Ekonometrik yaklaşım ile ses sıkıştırma kullanılan LPC kodlama arasında büyük bir fark yoktur. Zaten nihai sonuçlar benzer çıkmaktadır. Ama, daha çok MP3 ve JPG kodlamalarında da kullanılan DCT dönüşümü ile yapılan çalışmada çok daha farklı etkiler gösterilebilmektedir. Bu sonuçlar üzerinde çalışmalar devam etmekte ve bir hibrid (ekonometrik ve sinyal işleme) model geliştirilmesi planlanmaktadır.

Böylelikle, bir veri setindeki değişimler daha rahat ve matematiksel olarak ortaya konulabilmekte, bir tüketim eğrisine etki eden anlık değişimlerin matematiksel yapıları çıkarılabilmektedir. Bilişim kuramındaki kavramların elektrik tüketim serisine uygulanması ile mevcut analiz yöntemlerine farklı bir boyut kazandırılmış olmakla birlikte, önümüzde bu işlemi tersten yaparak talep tahminlerinde daha başarılı sonuçlar sağlanmasına yardımcı olacak bir yöntem adayı bulunmaktadır.

¹ Acoustic and Auditory Phonetics, Keith Johnson, Wiley-Blackwell, 2005

² GSM, Wikipedia, http://en.wikipedia.org/wiki/GSM#Voice_codecs

³ A Simple Regular Pulse Excited and Multi Pulse Excited LPC encoder-decoder, Barış Sanlı, 2005
<http://members.lycos.co.uk/barissanli/odev/>

⁴ Information Theory , Wikipedia, 2009, http://en.wikipedia.org/wiki/Information_theory

⁵ JPEG, Wikipedia, 2009, http://en.wikipedia.org/wiki/Jpeg#Discrete_cosine_transform

⁶ MP3, Encoding Audio, Wikipedia, 2009, http://en.wikipedia.org/wiki/MP3#Encoding_audio

⁷ The transform and data compression handbook, Sayfa 121-123, Kamisetty Ramamohan Rao, Pat C. Yip , CRC Publications, 2000