



Research Article / Araştırma Makalesi

EVALUATING THE EFFECTS OF α COEFFICIENT IN GREY THEORY TO FORECASTING ACCURACY AND BULLWHIP EFFECT

Funda AHMETOĞLU TAŞDEMİR^{*1}, Bahadır GÜLSÜN²

¹*Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Yıldız-İSTANBUL*

²*Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Yıldız-İSTANBUL*

Received/Geliş: 17.01.2012 Accepted/Kabul: 02.05.2012

ABSTRACT

The initial step of production system is demand forecasting which is significant for protecting stock levels, providing better customer service, improving capacity usage and increasing profits. To realize all these organizational objects, it is essential to increase forecasting accuracy. Beside this, one another issue should be taken into consideration to reach these goals, which takes place as “bullwhip effect” in literature. Bullwhip effect is directly influenced by forecasting method used. Despite there are so many studies about increasing forecasting accuracy in literature, there is not much which refers to increasing accuracy of the forecasting method and the bullwhip effect the method causes together. In this study we investigated α coefficient in grey theory from both perspectives. The study is supported with real-data of 12 months showing positive trend which is taken from an electric company in Turkey.

Keywords: Demand forecasting, forecasting accuracy, bullwhip effect, grey theory.

GRİ TEORİ α KATSAYISININ KAMÇI ETKİSİ VE TAHMİN DOĞRULUĞU ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET

Üretim sisteminin başlangıç adımı olarak kabul edilen talep tahmini, stok seviyelerini koruma, müşterilere daha iyi hizmet verme, kapasite kullanımının iyileşmesi, kar seviyelerinin artırılması gibi konularda önem arz etmektedir. Tüm bu organizasyonel amaçları gerçekleştirmek için tahmin doğruluğunu artırıcı çalışmalar önem teşkil etmektedir. Tahmin doğruluğunun yanında, bu amaçlara yönelik göz önünde bulundurulması gereken diğer bir önemli konu da kamçı etkisidir. Kamçı etkisi direk olarak talep tahmin yöntemi tarafından etkilenir. Literatürde tahmin doğruluğunun artırılmasına yönelik pek çok çalışma bulunmasına rağmen, tahmin yönteminin doğruluğunu ve sebep olduğu kamçı etkisini birlikte ortaya koyan çok az sayıda bulunmaktadır. Bu çalışmada, her iki bakış açısından gri teori tahmin yöntemindeki α katsayısı incelenmiştir. Çalışma Türkiye’de faaliyet gösteren bir elektrik firmasından alınan pozitif trende sahip 12 aylık gerçek veriyle desteklenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Talep tahmini, tahmin doğruluğu, kamçı etkisi, gri teori.

* Corresponding Author/Sorumlu Yazar: e-mail/e-ileti: funda_ahmetoglu@hotmail.com, tel: (216) 528 24 92

1. GİRİŞ

Tahmin etmenin birçok açıdan hayatımızda önemli yeri vardır. Bireyler olarak, iş hayatımızda ve yatırımlarımızda doğru tahminlerde bulunmayı ümit ederiz. Organizasyonlar tahminlere güvenerek yeni ürünlere, tesislere ve perakendecilere büyük yatırımlar yaparlar ve sözleşmeler imzalarlar. Hükümet ekonomi, çevre ve sosyal programlar hakkında tahminlere ihtiyaç duyar [1]. Tahmin; temel olarak bir olgunun geçmişi hakkındaki bilgileri toplayarak, o olayın geleceğini ön görmektir. Gelecek bilimciler, geleceğin tek ve beklenen bir gelecek olmadığına, alternatif geleceklere olabileceğine ve bu değişikliğin dikkat çekici bir şekilde farklı gelişebileceğine inanırlar [2].

Tahminler organizasyon hedefleri doğrultusunda yöneticilere gelecek aktiviteler için rehberlik etmede bilgi sağladığı için işletmeler için çok önemlidir. Yöneticiler tahminleri, hammadde fiyatlarını tahmin etmek, personel planlaması yapmak, ne kadar envanter tutulacağına karar vermek ve çok sayıda benzer aktivite için de kullanırlar. Bu sayede, kapasite kullanımının iyileşmesi, müşterilere daha iyi hizmet, karlılığın artırılması gibi olumlu sonuçlar elde edilir [3]. İşletme bilimiyle ilgili faaliyetlerin amacı, piyasa talebini karşılamak üzere mal ve hizmet üretmek ve pazarlamaktır. İşletmeler tüketici talebini karşılamak amacıyla faaliyette bulunurlar ve pazar araştırmasıyla piyasa talebini ölçerek bu talebi karşılayacak bir üretim sistemi kurmaya çalışırlar.

İktisadi anlamda talep, tüketicilerin bir mal veya hizmeti belirli bir fiyat seviyesinde almaya hazır oldukları miktara denir. Talep tahmini, işletmenin ürettiği mal ve hizmetlere olan talebin gelecek dönemler için tahmin edilmesi işlemine denir [4]. Üretim planlama ve envanter yönetimindeki ilk adım gelecek talebi tahmin etmektir [5].

Organizasyondaki birçok aktiviteyi direkt olarak etkilediğinden tahmin doğruluğu oranının yüksek olması istenmektedir. Tahmin sonuçlarının yüksek doğruluk oranına sahip olması, güçlü bir tahmin yönteminin en etkin bir biçimde kullanılmasına bağlıdır. Bunun için tahmin yönteminin yapısı analiz edilmeli ve duyarlılık analizleri yapılmalıdır.

Tahmin doğruluğunu ölçmek için literatürde tanımlanan pek çok ölçüt vardır. Biz bu çalışmada genel ölçüt olarak kabul edilmiş MAPE doğruluk ölçütünü kullanacağız. Ortalama mutlak yüzde hata (MAPE) her bir zaman periyodu için mutlak hataların (e_t) toplamının bu periyotların gerçek değerlerine (y_t) bölümüdür. Daha sonra sonuç ortalama değer elde etmek adına periyot sayısına (n) bölünür ve yüzdesel ifadeye çevirmek için yüz ile çarpılır. Bu yöntem, farklı zaman periyotlarına ve gözlem sayısına sahip farklı tahmin modelleri arasında karşılaştırma yapmaya yarayan ve gözlem hata yüzdeleri aynı şekilde ağırlıklandırılan basit bir ölçüttür. Düşük MAPE değerleri, tahmin modelinin daha küçük hata yüzdeleri ürettiğini gösterdiğinden yüksek olanlara tercih edilir [2].

$$MAPE = \frac{1}{n} * \sum_{t=1}^n \left(\frac{|e_t|}{y_t} \right) * 100 \quad (1)$$

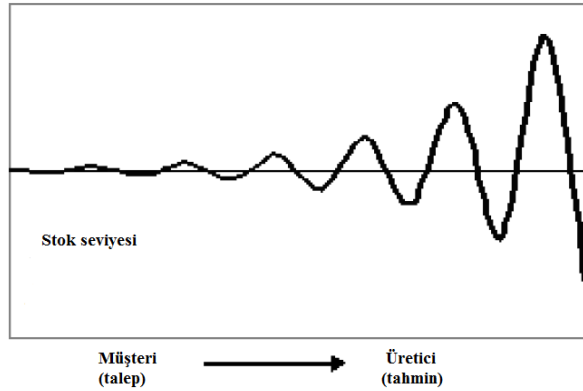
Üretim planını tetikleyen talep tahmini yapılırken, kullanılan tahmin yönteminin doğruluğunun yanında, sebep olduğu kamçı etkisi de organizasyonel amaçlara ulaşmada önem teşkil etmektedir ki bu da bu çalışmada incelenecek ikinci olgudur.

Kamçı etkisi, tedarik zincirinde son tüketiciden üreticiye doğru hareket edildiğinde talep varyansının artmasıdır. Jay Forrester (1958) bu olguyu ilk tanımlayan kişi olmuş ve daha sonra bu olguyu “talep amplifikasyonu” olarak da adlandırmıştır [6]. Hareketi, sona doğru her bir parçasında hareketin sönümlendiği kamçının hareketine benzediğinden bu ismi almıştır. Fakat tedarik zincirindeki etki tam tersi olarak ortaya çıkmaktadır [7].

Kamçı etkisi (ya da kırbaç etkisi), tahmin güdümlü dağıtım kanallarında gözlenen bir olgudur. Etki, tedarik zincirindeki elemanların senkronizasyon eksikliğini göstermektedir. Müşteri satışlarındaki küçük bir değişim, zincirin yukarısına doğru kamçı vuruşunu andıran

yükselmiş dalgalar halinde yayılır. Tedarik modeli, talep modeline uymadığı için, çeşitli seviyelerde stok birikmesi meydana gelir. Müşteri talebi nadiren düzenli olduğundan, işletmeler stoklarını ve diğer kaynaklarını konumlandırmak için tahminler yapmak zorundadırlar. Tedarik zincirinde bilgi iletimi sırasındaki gecikmelerle ikiye katlanan değişkenlik ile üretim ve yükleme sırasındaki gecikmeler kamçı etkisini yaratır. Tahminler istatistiğe dayanır ve çok az durumda tam olarak doğrudurlar. Tahmin hataları yüzünden işletmeler kendilerine emniyet stoku tutarlar. Son tüketiciden hammaddenin tedarikçisine doğru gidildikçe, her bir tedarik zinciri üyesi daha büyük bir talep varyansına ve dolayısı ile de daha çok emniyet stokuna sahip olur. Taleplerin arttığı durumlarda, zincirin aşağısındaki üyeler de siparişlerini artırırlar, aynı şekilde talebin azaldığı durumlarda üyeler stoklarını azaltmak için siparişlerini azaltır ya da durdururlar. İşte bu etki, tedarik zincirinin üst seviyelerine doğru gidildikçe (müşteriden uzaklaştıkça), varyans amplifikasyonu şeklinde ortaya çıkmaktadır (Şekil 1). Tedarik zincirindeki her bir üye, kendi karlılığı doğrultusunda hareket ettiğinden, zincirin toplam karlılığı düşebilmektedir [8].

Kamçı etkisinin yol açtığı çeşitli olumsuz sonuçlar şu şekilde karşımıza çıkmaktadır: Perakendeciler, dağıtıcılar, lojistik işletmeleri ve üreticiler değişikliklere karşı kendilerini garantiye almaya ihtiyaç duyduklarından, tedarik zinciri boyunca aşırı stok yatırımı birikir. Değişikliğe bağlı olarak bazı durumlarda ürünler tükendiğinde ve bu değişikliklere çözüm bulunamadığı durumlarda düşük müşteri hizmet kalitesi oluşur. Yine değişikliklere bağlı elde bulundurmamaya ilgili olarak kar kayıpları ortaya çıkar. Karar vericiler en uç talebi karşılayabilmek için, talepteki dalgalanmalara, yeni yatırım kararları ya da kapasite planlarının değişmesi olarak tepki verirler. Talep değişiklikleri lojistik zincirinde de değişikliklere sebep olur ve bu durum da planlanan taşıma kapasitesinde dalgalanmalara yol açar. Yine bu durum da yetersiz taşıma çözelgelerine yol açacak ve taşıma maliyetlerini arttıracaktır. Kamçı etkisinden kaynaklanan talep dalgalanmaları aslında üretimi tamamen gereksiz olan ürünlerin üretilmesine sebep olan yanlış üretim çözelgelerine sebep olabilir. Çünkü aslında talepte gerçek değişiklikler yoktur, sadece zincirde verimsizlik söz konusudur [9]. Tüm bu olumsuzlukları gidermek adına tedarik zincirinde ortaya çıkan kamçı etkisini azaltmak, organizasyonlar açısından oldukça önemli bir konudur.



Şekil 1. Kamçı etkisi

Kamçı etkisinin ölçümü için en yaygın olarak eşitlik 2'deki varyans oranı kullanılır. Kamçı etkisi "1"e eşit ise, yani sipariş varyansı stok varyansına eşit ise varyans amplifikasyonu mevcut değildir. Eğer kamçı etkisi "1"den büyük ise kamçı etkisinin var olduğu söylenir [6].

$$\text{Kamçı Etkisi} = \frac{\sigma_{\text{Sipariş}}^2}{\sigma_{\text{Talep}}^2} \quad (2)$$

Kamçı etkisine neden olan faktörler; talep tahmini, sipariş birleştirme, fiyat değişiklikleri ve tedarik kıtlığı olarak karşımıza çıkar [8]. Bu makalede, talep tahmininden kaynaklanan kamçı etkisi incelenecektir.

Tahmin verisi, genelde müşterilerin firmaya daha önce verdikleri siparişlerine dayanır. Buradaki temel sorun verinin gerçek müşteri talebine değil de tahmin edilen siparişlere dayalı olmasıdır. Birçok şirket güven probleminde dolayı, talep bilgisini paylaşmak istememekte ve bu durumda tedarik zincirinde bilgi bozulmasına sebep olmaktadır. Üssel düzleştirme, hareketli ortalama gibi pek çok yöntem çeşitli organizasyonlar tarafından en doğru talebi tahmin etme amacı ile kullanılmış, maalesef herhangi bir tahmin yönteminin mutlaka kamçı etkisine sebep olduğu görülmüştür [10].

Bu çalışmada ise literatürde oldukça güçlü bir yöntem olarak karşımıza çıkan gri teori incelenecektir. Gri teori üzerine yapılan çalışmalarda bilim adamları ve araştırmacılar, tahmin doğruluğu performansını açısından hakkında olumlu sonuçlara ulaşmıştır. Lin ve Yang (2003) gri teoriyi Tayvan'ın optoelektronik çıktı değerlerini tahmin etmek için kullanmışlardır. Tahmin hataları %10'un altında kalmıştır [11]. Gri teori literatürde pek çok araştırmacı tarafından diğer yöntemlerle karşılaştırmalı olarak kullanılmış ve yöntemin performans üstünlüğü pek çok çalışmada ispatlanmıştır. Hsu (2003) entegre devrelerin talep tahmini için gri teoriyi, hareketli ortalama ve üssel düzleştirme yöntemleriyle karşılaştırmış ve kısa dönem tahminler için gri teorisinin daha uygun olduğunu görmüştür [12]. Wang (2004) turizm talep tahmini problemini gri teori, bulanık zaman serisi ve Markov modeli ile çözmüştür. Artan turizm talebi için gri teorisinin daha yüksek tahmin doğruluğu verdiğini göstermiştir [13]. Lim, Anthony, Mun vd. (2008) online açık arttırmada kapanış fiyatlarını tahmin için gri teori ve yapay sinir ağları karşılaştırması yapmışlardır. Az verinin olduğu durumlarda gri teorisinin daha doğru sonuçlar verdiğini bulmuşlardır [14]. Bu çalışmalar gri teorisinin gücünü ortaya koyarken, gri teorisinin kendi içindeki yapısal özelliklerinin inceleyerek performansının artırılmasına yönelik çalışmalar da yapılmıştır. Örneğin Yao, Chi ve Chen (2003) elektrik talep tahmini ve kontrolü için, kısa dönem elektrik talebini gerçekleştirmek amacı ile gri teori tabanlı bir yöntem kullanmışlardır. Fakat GM(1,1) modelinin değişken elektrik sistemi için yetersiz kalacağını düşündüklerinden, uyarlanabilir α katsayısını belirlemek için sistem eğim tekniğini kullanmışlardır ve bu katsayının düzenlenmesi ile performansı artırabilmişlerdir [15]. Lu, Lewis ve Lin (2009) Tayvan'daki motorlu taşıt sayısı, taşıtlarla ilgili enerji tüketimi ve karbondioksit emisyonu için gri modeli kullanarak tahmin yapmışlardır. α katsayısını değiştirerek farklı ekonomik gelişim senaryolarına göre ekonomik gelişimin artması ile birlikte tahminlerin nasıl değiştiğini gözlemlemişlerdir [16]. Literatürde gri teorisinin kamçı etkisine yansımalarını inceleyen çok az sayıda çalışma bulunmaktadır. Tozan ve Vayvay (2009) talep tahmini ve karar verme sürecine odaklanmışlar ve bir sistem için uygun bir karar verme yönteminin ve sipariş karar modelinin karmaşıklığından bahsetmişlerdir. Çalışmalarında iki seviyeli orta varyanslı bir sistem için GM(1,1) tahmini ve ANFIS (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems) tabanlı sipariş karar verme yönteminin kamçı etkisine tepkisini analiz etmişlerdir ve kurdukları modelin kamçı etkisini azaltmada oldukça etkin olduğunu göstermişlerdir [17].

Bu çalışmada ise gri teori, pozitif trende sahip olan elektrik sinyal lambasının geçmiş 12 aylık verisi ile iki bakış açısından; α katsayısının talep doğruluğuna ve kamçı etkisine yansımaları açısından analiz edilecektir.

2. GRİ TEORİ

Deng tarafından 1982'de geliştirilen gri teori; koşul analizi, tahmin etme ve karar verme alanındaki araştırmalar vasıtasıyla sistemleri analiz etmek ve anlamak için model belirsizliği ve

bilgi yetersizliğine odaklanır. Burada açık renkler belirginliği, koyu renkler ise belirsizliliği göstermektedir. Siyah, araştırmacının sistem yapısı, parametreleri, karakteristikleri hakkında hiçbir bilgiye sahip olmadığını gösterirken, beyaz ise araştırmacının tamamen bilgi sahibi olduğunu gösterir. Siyah ve beyaz arasındaki renkler ise sosyal, ekonomik ve hava sistemleri gibi belirgin olmayan sistemleri işaret etmektedir. Gri tahmin modeli, gri sistem teorisinin esas kısmını kullanır.

Gri tahmin modeli, diferansiyel denklemler oluşturmak için kümülatif bir yöntem kullanır ve az sayıda veriye gereksinim duymaktadır. Modelin adımları şu şekildedir [13]:

Adım 1: $x^{(0)}$ orijinal seri olsun.

$$x^{(0)} = x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), x^{(0)}(3), \dots, x^{(0)}(n) \quad (3)$$

Adım 2: Yeni bir dizi olan $x^{(1)}$ kümülatif operasyonlarla oluşturulur.

$$x^{(1)} = (x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), x^{(1)}(3), \dots, x^{(1)}(n)) \quad (4)$$

$$x^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^k x^{(0)}(i) \quad (5)$$

Adım 3: Birinci dereceden diferansiyel denklem oluşturulur.

$$(dx^{(1)}/dt) + \alpha z = u \quad (6)$$

$$z^{(1)}(k) = \alpha x^{(1)}(k) + (1-\alpha)x^{(1)}(k+1), k=1,2,\dots,n-1 \quad (7)$$

α yatay düzeltme katsayısını gösterir. α 'nın doğru bir biçimde seçilmesi tahmin hatasının daha küçük olmasını sağlamaktadır.

$$\text{Adım 4: } \hat{x}(k+1) = (x^{(0)}(1) - \frac{u}{a})e^{-ak} + \frac{u}{a} \quad (8)$$

$$\hat{\theta} = \begin{bmatrix} a \\ u \end{bmatrix} = (B^T B)^{-1} B^T Y \quad (9)$$

$$B = \begin{bmatrix} -z^{(1)}(2) & 1 \\ -z^{(1)}(3) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -z^{(1)}(n) & 1 \end{bmatrix} \quad (10)$$

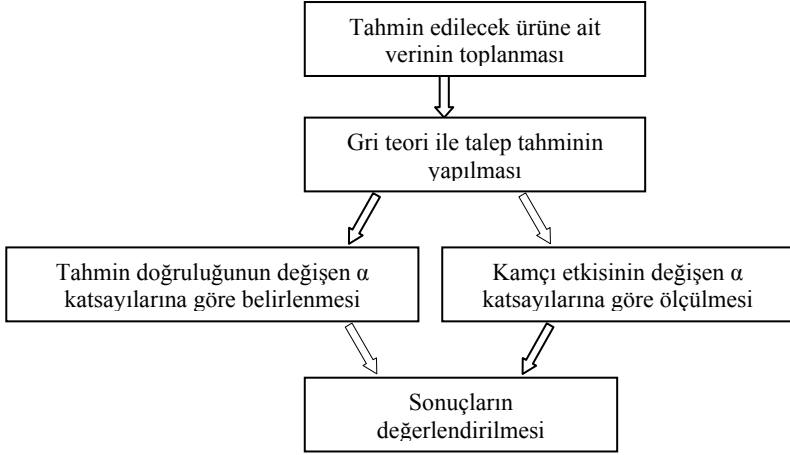
$$Y = (x^{(0)}(2), x^{(0)}(3), \dots, x^{(0)}(n))^T \quad (11)$$

Adım 5: Ters kümülatif seri oluşturma operasyonudur. Gri tahmin modeli orijinal veriden çok kümülatif seri oluşturma işlemi ile meydana getirildiğinden, tahmin değerini tersine çevirmek için ters kümülatif seri oluşturma operasyonu kullanılır.

$$\hat{x}_o^{(0)} = (x^{(1)}(k) - x^{(1)}(k-1)), k=2,3,\dots,n. \quad (12)$$

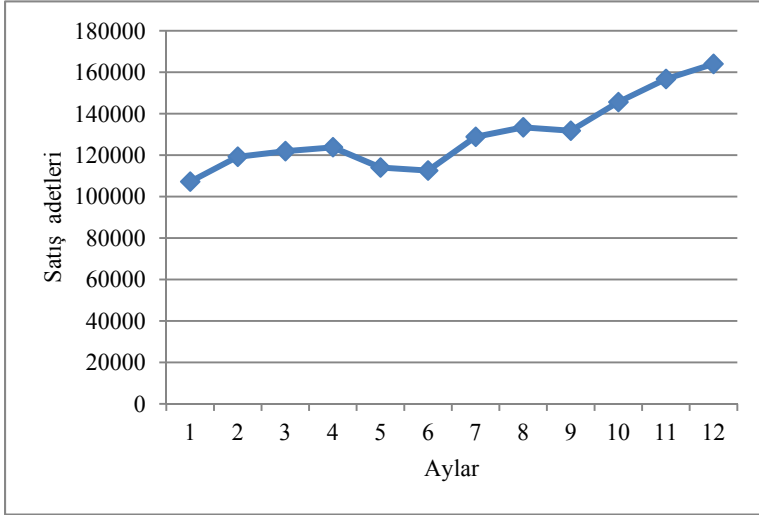
3. GRİ TEORİ α KATSAYISININ KAMÇI ETKİSİ VE TAHMİN DOĞRULUĞUNA ETKİSİ: ELEKTRİK SİNYAL LAMBASI VERİLERİ İLE BİR UYGULAMA

Bu bölümde daha önce açıklanan gri teori kullanılacak ve bu yöntemle bir ürüne ait talep tahmini gerçekleştirilecek ve ortaya çıkan kamçı etkisi analiz edilecektir. Çalışma, zaman boyunca satışları artan elektrik lambasına ait talebi karşılayabilmek ve talebi tedarikçilere doğru yansıtıp stok seviyelerini optimum seviyede tutabilmek açısından önem arz etmektedir. Uygulamaya ait akış şeması Şekil 2'de gösterilmiştir. Öncelikle çalışmayı sayısal örneklerle desteklemek amacı ile Türkiye'de faaliyet gösteren bir elektrik firmasından, satış miktarı oldukça fazla olan elektrik sinyal lambasına ait geçmiş 12 aylık veri alınmıştır.



Şekil 2. Uygulama akış şeması

Şekil 3'te pozitif trende sahip veriler görülmektedir. Görüldüğü gibi satışlar ilk aylarda artarak devam etmiş, ilerleyen aylarda yer yer azalmış ve artmış ve son aylara doğru pozitif olarak artış sürecine girmiştir. Buradaki artış ve azalışlar kamçı etkisini daha fazla tetikleyecektir.



Şekil 3. Aylara göre satış adetleri

Daha sonra Şekil 3'teki veriler kullanılarak gri teori modeli ile tahminler hesaplanmıştır. Aşağıda, sinyal lambası talep tahminine yönelik hesaplama örneği verilmiştir.

$x^{(0)}$ orijinal serisi {107203, 119216, 121922, ... 164010} dir.

$x^{(1)}$ kümülatif seri { 107203, 226419, 348341, ... 1559054} olarak oluşturulmuştur.

$$B = \begin{bmatrix} -107215 & 1 \\ -226431 & 1 \\ \dots & \dots \\ -1395060 & 1 \end{bmatrix} \quad Y = \begin{bmatrix} 119216 & 1 \\ 121922 & 1 \\ \dots & \dots \\ 164010 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\hat{\theta} = \begin{bmatrix} a \\ u \end{bmatrix} = (B^T B)^{-1} B^T Y = \begin{bmatrix} -0,035 \\ 106417 \end{bmatrix}$$

$$\hat{x}_o^{(0)} = (x^{(1)}(k) - x^{(1)}(k-1)), k=2,3,\dots,n.$$

$$\hat{x}_o^{(0)} = [211804 - \frac{106417}{-0.035}] (1 - e^{-0.035}) x e^{(-0.035)(k-1)} \quad k=2,3,\dots,n, n+1$$

Burada k 'ya 2'den başlayarak artan değerleri verdiğimizde Çizelgedeki değerleri elde ederiz. Çizelge 1'de α değerleri için sonuçlar gösterilmiştir. Çizelge 1'e göre, α değeri arttıkça MAPE değerinin düştüğü açıkça gözlenmektedir.

Çizelge 1. α değerlerine karşılık gelen MAPE değerleri

α	MAPE
0,001	12,19
0,01	12,15
0,1	11,78
0,2	11,37
0,3	10,95
0,4	10,53
0,5	10,11
0,6	9,68
0,7	9,26
0,8	8,83
0,9	8,39
0,9999	7,96

MAPE değerleri hesaplandıktan sonra uygulama akış diyagramından da anlaşılacağı üzere, elde edilen tahminlere göre bir üretici ve bir tedarikçiden oluşan bir tedarik zincirinde sipariş ve stok değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 2). Bu hesaplama Buchmeister (2008)'in stok politikasına göre oluşturulmuştur [8] ve Çizelge 2'de en doğru tahmin sonuçlarını veren $\alpha=0,9999$ için değerler gösterilmiştir. α 'nın farklı değerleri için sipariş ve stok seviyeleri farklı şekilde karşımıza çıkacaktır. Modelde, tedarik zincirindeki her bir eşolon, bir periyotluk talebi karşılayacak biçimde çalışmaktadır. Burada üreticinin siparişleri, tedarikçinin talepleri olarak kabul edilmiştir, yani diğer bir ifadeyle tedarikçinin kapanış stoku, üreticinin siparişi kadar olmalıdır.

Çizelge 2. Gri teori talep tahminlerine karşılık gelen siparişler ve stok seviyeleri ($\alpha=0,9999$)

Ay	Talep	Üretici			Tedarikçi		
		Başlangıç stoku	Sipariş	Kapanış stoku	Başlangıç stoku	Sipariş	Kapanış stoku
1	107203	107203	107203	107203	107203	107203	107203
2	112181	107203	117158	112180	107203	127113	117158
3	116219	112180	120257	116219	117158	123356	120257
4	120402	116219	124585	120402	120257	128913	124585
5	124736	120402	129069	124736	124585	133553	129069
6	129225	124736	133715	129225	129069	138361	133715
7	133877	129225	138528	133877	133715	143341	138528
8	138696	133877	143515	138696	138528	148502	143515
9	143688	138696	148680	143688	143515	153845	148680
10	148860	143688	154031	148859	148680	159382	154031
11	154218	148859	159576	154218	154031	165121	159576
12	159769	154218	165320	159769	159576	171064	165320

Çizelge 2'deki değerler üzerinden gidilerek üretici siparişlerinin varyansının talebin varyansına bölünmesi ile kamçı etkisine ulaşılmaktadır (Eşitlik 2). α değerinin değişmesi, talep değerlerini değiştirecek ve dolaylı yoldan kamçı etkisinin de değişmesine yol açacaktır. α değerlerine sırasıyla Çizelge 3'teki değerler verilerek kamçı etkisi büyüklükleri hesaplanmıştır. Buna göre α değeri arttıkça kamçı etkisi azalmaktadır.

Çizelge 3. α değerlerine karşılık gelen kamçı etkisi değerleri

α	Kamçı etkisi
0,001	1,176
0,01	1,176
0,1	1,170
0,2	1,164
0,3	1,158
0,4	1,152
0,5	1,147
0,6	1,141
0,7	1,136
0,8	1,131
0,9	1,127
0,9999	1,122

4. SONUÇ

Günümüz rekabetçi dünyasında karlılığı artırma yönünde pek çok çalışma yapılmaktadır. Üretim organizasyonlarında ise üretimin başlangıcı sayılan talep tahmini ve tedarik zincirinde düzgün bir akışın sağlanması açısından önem arz eden kamçı etkisi pek çok araştırmacı ve bilim adamının

dikkat çektiği önemli iki konu olmuştur. Firmalar talep tahminlerinin doğruluğunu arttırmak adına, satış verilerine uygun olacak güçlü talep tahmin yöntemlerini kullanmak ve kullandıkları tahmin yöntemlerinin etkinliğini arttırmak durumundadırlar. İşte bu çalışmada, güçlü bir tahmin yöntemi olan gri teori kullanılmış ve gri teorisinin doğruluğunu arttırmak adına α katsayısı incelenmiştir. α değerinin artması tahmin doğruluğunu arttırmakla kalmamış, dolaylı olarak tedarik zincirindeki kamçı etkisini de azaltmıştır. Buradan yola çıkarak organizasyon amaçlarına ulaşmak için yüksek performans gösteren bir tahmin yöntemini kullanmanın yanında, kullanılan tahmin yönteminin performansını artırıcı çalışmalar yapmanın önemi açıkça görülmektedir. Bu çalışmada Türkiye’de faaliyet gösteren bir elektrik üreticisinin verileri ele alınmıştır. Çalışmanın önceki çalışmalardan farkı, pozitif trende sahip verilerle gri teori α katsayısının, hem tahmin doğruluğuna hem de kamçı etkisine yansımalarının birlikte gösterilmesidir. Daha yüksek tahmin doğruluğu ve daha düşük kamçı etkisi üreticinin daha düzgün bir üretim planı oluşturmasını sağlayacak ve organizasyonel hedeflere ulaşmada önemli bir rol oynayacaktır. İleriki çalışmalara yönelik olarak, farklı satış verisi yapısına sahip firmalar için gri teorisinin ve α katsayısının analizi yapılabilir. Bir diğer öneri ise farklı talep tahmin yöntemlerinin aynı verilerle gerek tahmin doğruluğu gerekse kamçı etkisi performansının değerlendirilmesi yönünde olacaktır.

REFERENCES / KAYNAKLAR

- [1] Armstrong J.S., “Principles of Forecasting: A Handbook for Researchers and Practitioners”, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2001.
- [2] Frechtling D.C., “Forecasting Tourism Demand: Methods and Strategies”, Reed Educational and Professional Publishing, Great Britain, 2001.
- [3] Gross C.W., Peterson R.T., “Business Forecasting”, Houghtan Mifflin Company, USA, 1976.
- [4] Tekin M., Üretim Yönetimi, Arı Ofset Matbaacılık, Konya, 1996.
- [5] Fogarty D.W., Blackstone J.H., Hoffmann T.R., “Production&Inventory Mangement”, 2. Baskı, South-Western Publishing Co.,USA, 1991.
- [6] Disney S.M., Lambrecht M.R., “On Replenishment Rules, Forecasting, and the Bullwhip Effect in Supply Chains”, Foundations and Trends in Technology, Information and Operations Management, Publishers Inc, USA, 2008.
- [7] Lee H.L., Padmanabhan V., Whang S., “The Bullwhip Effect in Supply Chains”, Sloan Management Review, Cilt 38, Sayı 3, 93-102, 1997.
- [8] Buchmeister B., “Investigation Of The Bullwhip Effect Using Spreadsheet Simulation”, Int J Simul Model, 7, 29-41, 2008.
- [9] Carlsson C., Fuller R., “A Fuzzy Approach to the Bullwhip Effect” Cybernetics and Systems, Proceedings of the Fifteenth European Meeting on Cybernetics and Systems Research, Vienna, 228-233, 2000.
- [10] O’Donnell T., Maguire L., McIvor R., Humphreys P., “Minimising the Bullwhip Effect in a Supply Chain Using Genetic Algorithms”, International Journal of Production Research, 1523-1544, 2006.
- [11] Lin C., Yang S., “Forecast of the Output Value of Taiwan’s Opto-electronics Industry Using the Grey Forecasting model”, Technological Forecasting & Social Change 70, 177-186, 2003.
- [12] Hsu L., “Applying the Grey Prediction Model to the Global Integrated Circuit Industry”, Technological Forecasting & Social Change 70, 563-574, 2003.
- [13] Wang C., “Predicting Tourism Demand Using Fuzzy Time Series and Hybrid Grey Theory”, Tourism Management 25, 367-374, 2004.

- [14] Lim D., Anthonny P., Mun H.C., Wai N.K., "Assessing the Accuracy of Grey System Theory Against Artificial Neural Network in Predicting Online Auction Closing Price", Proceedings of the International Multi Conference of Engineers and Computer Scientists, Cilt 1, IMECS, Hong Kong, 2008.
- [15] Yao A.W.L., Chi S.C., Chen J.H., "An improved Grey-based Approach for Electricity Demand Forecasting", Electric Power Systems Research 67, 217-224, 2003.
- [16] Lu I.J., Lewis C., Lin S.J., "The Forecast of Motor Vehicle, Energy Demand and CO₂ Emission from Taiwan's Road Transportation Sector", Energy Policy 37, 2952-2961, 2009.
- [17] Tozan H., Vayvay O., "A Hybrid Grey & ANFIS Approach to Bullwhip Effect in Supply Chain Networks", Wseas Transactions On Systems, Cilt 8, Sayı 4, 2009.