



Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi Yıl: 2020/2, Sayı:37, s.193-212
Journal of Süleyman Demirel University Institute of Social Sciences Year: 2020/2, Number:37, p. 193-212
Alınış /Received:11.03.2020 Kabul/Accepted: 11.03.2020 Online Yayın/ Online Published: 31.08.2020

KAYNAK GÖSTER: Oruç, K , Başağaoğlu, A . (2020). GRİ TAHMİNLEME İLE SÜLEYMAN DEMİREL
ÜNİVERSİTESİ AĞIZ DIŞ SAĞLIĞI MERKEZİ'NDE YATAN HASTA SAYILARININ TAHMİNİ .
Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi , (37) , 193-212 .

GRİ TAHMİNLEME İLE SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ AĞIZ DIŞ SAĞLIĞI MERKEZİ'NDE YATAN HASTA SAYILARININ TAHMİNİ¹

Kenan Oğuzhan ORUÇ²
Ayşe BAŞAĞAOĞLU FINDIK³

ÖZET

Günümüz dünyasında, sağlık hizmetlerine olan talepte sürekli bir artış vardır. İnsan sağlığının söz konusu olduğu bu hizmetlerin aksatmadan gerçekleştirilmesi oldukça önemlidir. Bu sebeple, sağlık hizmeti sunan birimlerin geleceğe yönelik planlama yapmaları oldukça önemlidir. Bilimsel yöntemler ile yapılan tahminler bu birimlerin planlamalarına ciddi oranda yardımcı olacaktır.

Bu çalışmada; Gri Tahminleme Yöntemi ile Süleyman Demirel Üniversitesi Ağız Diş Sağlığı Merkezi'nin yatan hasta sayılarının tahmini yapılmıştır. Tahminleme sürecinde Ocak 2015-Ağustos 2019 dönemi yataklı servisine ait 56 aylık veriler kullanılmış olup; 2019 Eylül-2021 Aralık dönemini kapsayan 28 ay için tahminleme yapılmıştır. Zaman serisi özelliği taşıyan verilerin mevsimsel etkiden ayrıştırılması sürecinde çarpımsal ayrıştırma yöntemi kullanılmıştır. Modelin öngörü başarısını belirlemek içinse, MAPE ve Gri Tahminlemede sıklıkla kullanılan doğruluk (p) ve hata oranı (C) ölçütleri kullanılmıştır. Uygulama sonucunda; p değeri 0,82, C değeri 0,46 ve MAPE değeri ise % 21 olarak bulunarak, başarılı sayılabilecek bir tahmin modeli oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Gri Tahminleme, Zaman Serisi, Çarpımsal Ayrıştırma Modeli, Yataklı Servis.

¹ Yüksek Lisans tez çalışmasından türetilmiştir.

² Doç. Dr. Kenan Oğuzhan ORUÇ, SDÜ-İİBF-Ekonometri, kenanoruc@sdu.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-2276-8956>

³ Ayşe BAŞAĞAOĞLU FINDIK, aysebasagaoglu@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1898-7718>

NUMBER OF INPATIENT FORECAST WITH GREY FORECASTING FOR SÜLEYMAN DEMİREL UNIVERSITY FACULTY OF DENTISTRY

ABSTRACT

In today's world, there is a steady increase in demand for healthcare. It is very important to realize these services that involve human health without interruption. For this reason, it is very important planning future steps for health services. Estimates made by scientific methods will greatly assist the planning of these units.

This study; tries to determine the number of Inpatient Forecast with Grey Forecasting for Süleyman Demirel University Faculty of Dentistry. For the study, the data of 56 months is collected from the inpatient service between January 2015 and August 2019 is used during the process of estimation. In this study, estimations are made for 28 months covering the period of September 2019 to December 2021. Multiplication separation method is used in the process of separating the data with the time series feature from the seasonal effect. The accuracy (p) and error rate (C) criteria which are frequently used in MAPE and Gray Estimation are used to determine the predictive success of the model. According to the results of these evaluations made, P value is 0.82, C value is 0.46 and MAPE value is % 21. As a result of these values, a successful result was obtained from the study.

Keywords: *Grey Forecasting, Time Series, Multiplication Decomposition Model, Inpatient service*

1. GİRİŞ

Son yıllarda Dünya'daki küresel ısınma, doğal dengenin bozulması, bazı canlıların neslinin tükenme eşiğine gelmesi, çevre kirliliğinin artması vb. sebeplerle sürdürülebilir bir yaşam döngüsü için kıt kaynakların kullanımı daha fazla sorgulanmaktadır. Ancak, insan nüfusuna bağlı olarak kıt kaynaklara olan talep te her geçen gün artmaktadır. Bu iki çelişkili durumun çözümü ancak elde bulunan kaynakların etkin şekilde kullanılmasıyla sağlanabilir. Etkin kullanım içinse sistemik ve planlı bir ön çalışmanın ve planlamanın yapılması gerekmektedir. Günümüzdeki ve geçmişteki bilgilerden yararlanarak, gelecekteki olayların sonuçlarının belirlenmeye çalışılması olarak tanımlanan tahminleme, sağlıklı bir planlama sürecinde karar vericilerin kullanabileceği önemli bir yol gösterici ve yardımcı araçtır.

Diş hekimliği, sağlık sektörünün en önemli branşlarından birisidir. Hasta popülasyonundaki artış bu sektördeki ihtiyaçları da artırmaktadır. Özellikle engelli bireylerin diş ile ilgili problemlerini sağlıklı bireyler gibi sorunsuz bir şekilde çözebilmek için, genel anestezi donanımı olan yerlerin oluşturulması gerekmektedir. Sadece engelli bireyler için değil, diş hekimi fobisi olan veya lokal anestezi altında yapılamayacak çeneye ait cerrahi işlemlerin yapılması için de genel anestezi şarttır. Ülkemizde bu tür hastaların tedavilerinin yapılabildiği sağlık kurumlarından birisi de Süleyman Demirel Üniversitesi (SDÜ) Ağız Diş Sağlığı Merkezi'dir. 2014 yılında açılan yataklı servis ile lokal anestezi altında yapılamayacak tüm işlemler bu merkez bünyesinde yapılır hale getirilmiştir. Ancak hem nüfusun hem de ülke çapında merkezin tanınırlığının artması, hasta sayılarında ciddi artışa neden olmakta, bu da verilen hizmetin aksamaması için ileriye yönelik planlamaların yapılması gerekliliğini doğurmaktadır.

Bu çalışmada, SDÜ Ağız Diş Sağlığı Merkezi yataklı servisi için gelecekte gerekli olacak alt yapı değişikliklerinin önceden planlanması ve sağlık hizmetinin aksamadan veya uzun randevu süreleri olmadan gerçekleşmesine katkıda bulunabilmek amacıyla yatacak olan hasta sayıları tahmin edilmeye çalışılmıştır. Bu amaç doğrultusunda Merkez'den elde edilen Ocak 2015 – Ağustos 2019 dönemlerine ait 56 aylık veri grubu kullanılarak, öngörü işlemi gerçekleştirilmiştir. Öngörü işlemleri Eylül 2019- Aralık 2021 dönemini kapsayan 28 ay için yapılmıştır. Tahminleme Yöntemi olarak Gri Tahminleme (GT) Yöntemi kullanılmıştır. Makalede kullanılan veriler zaman serisi özelliği taşıdığı için verilerin ayrıştırılması sürecinde Çarpımsal Ayrıştırma Yöntemi kullanılmıştır. Tüm tahmin ve hesaplama işlemleri; Microsoft Excel paket programı ile yapılmıştır.

Bu makale şu şekilde dizayn edilmiştir. Çalışmanın ikinci bölümünde literatür özetine yer verilmiştir. Üçüncü bölümde; çalışmanın metodolojisi olan GT ve GM (1, 1) Modeli, zaman serilerinin ayrıştırılması, tahmin modellerinin başarısını değerlendirme kriterleri ve uygulama adımları hakkında teorik bilgilere ve yöntemlerin uygulama adımlarına yer verilmiştir. Makalenin uygulaması ise dördüncü bölümde yapılmış olup, son bölümde sonuç ve önerilere yer verilmiştir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Literatürde pek çok sektörde, farklı yöntemler kullanılarak yapılmış tahminleme çalışmasına ulaşmak mümkündür. Bu çalışmalardan bazıları aşağıda özetlenmiştir.

Duan, Jiao, Zhang ve Lin (2017), Çin'deki sağlık hizmetine olan talebin öngörüsünü yapabilmek için bir öngörü modeli geliştirmişlerdir. Çalışmada Taylor Yaklaşımı ve Gri Markov Zinciri bir arada kullanılarak, Taylor-Markov Zinciri GM (1,1) (T-MCGM (1,1)) ismi ile yeni bir model önerilmiştir. Önerilen modelin oluşturulmasında 1997-2015 yılı arası diyabet, kalp ve serebrovasküler hasta sayıları verileri kullanılmış olup. 2022 yılına kadar bu hastalıklara olacak talebin tahminlemesi yapılmıştır.

Çelik (2016) çalışmasında Isparta ilinin geleceğe yönelik doğal gaz ihtiyacı belirlenmeye çalışılmıştır. Tahminleme sürecinde Ocak 2010-Nisan 2016 dönemi konut sektörüne ait 76 aylık veriler kullanılmış olup, öngörü işlemleri 3 farklı yöntem ile yapılmaya çalışılmıştır. GT, Box-Jenkins ve Üstel Düzleştirme Yöntemleri ile mevsimsel farklılıklar dikkate alınarak yapılan öngörü işlemlerinde, GT en başarılı öngörü sonuçlarını verirken, Box-Jenkins Yöntemi en başarısız sonucu vermiştir.

Rathnayaka ve Seneviratna (2014) çalışmalarında, Sri Lanka'nın 1998-2015 arası yıllık elektrik üretimi ve tüketimi tahminini yapmışlardır. Tahminleme için gri tahminleme GM (1,1) ve ARMA (1,1) modelleri kullanılmıştır. Tahminlemede kullanılan modellerin doğruluğu MAD, MSE ve MAPE kriterleri kullanılarak karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalar sonucu GM (1, 1) modelinin ARMA modeline göre daha iyi sonuçlar ortaya koyduğu gözlemlenmiştir.

Xiaofei ve Renfang (2014)'nin yapmış oldukları çalışmalarındaki temel amaç, Çin'in Hubei eyaletindeki kötü huylu tümör hastalarının sayılarını enterplasyon optimizasyonu ve GT yöntemlerini bir arada kullanarak tahmin etmektir. Bunun için 2008 ile 2011 yılları arasındaki Malign tümör hastalarının verileri kullanılarak model oluşturulmuş, modelin tesadüfi hata oranı % 3,08 bulunarak, 2012-2016 arası için tahminleme yapılmıştır.

Tseng, Yu ve Tzeng (2001) yaptıkları çalışmada zaman serileri için hibrit bir gri modeli ele almıştır. Sunulan hibrit model, hareketli ortalamalara oran yöntemi ile yapılan mevsimsellikten arındırma tekniği ile GM(1,1) gri tahmin modelini birleştirilmiş ve dört farklı metot ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma için ortalama mutlak yüzde hata oranları kullanılmış ve önerilen hibrit modelin iyi sonuçlar verdiği ortaya konulmuştur.

Egeni Fco ve Berzosa (2007), çok yüksek çözünürlüklü bir ayrışma yaklaşımına dayanan ve gün ile orta vadeli (1-3 yıl) tahmin sağlayan yeni bir tahmin modeli üzerinde çalışmışlardır. Önerilen model

ile tahmin değerleri üç farklı bileşenin kombinasyonu ile elde edilmiştir. Bunlardan birisi zaman serileri trendini yakalamakta, bir diğeri mevsimsellik bileşenine dayalı doğrusal modeli ve üçüncüsü de geçici bir bileşenin açıklayıcı değişkenlerini kullanarak günlük değişimleri tahmin etmektedir. Bu kombinasyon ile de doğruluğu ve verimliliği çok yüksek entegre bir tahminleme elde edildiği gözlemlenmiştir.

Yılmaz ve Yılmaz (2013), GT yöntemiyle Türkiye'nin 1990-2009 yılları arasındaki CO₂ emisyonları analiz edilip, bu veriler ışığında gelecek dönemler için tahminler yapılmıştır. Bu değerler aynı yıllarda gerçekleşen değerler ile karşılaştırılmıştır. GT yönteminin, elde edilen sonuçlar ve hata oranı doğrultusunda, sağlıklı tahminlerde bulunduğunu bulgusu elde edilmiştir.

Yiğit (2016) yapmış olduğu çalışmada, sağlık kurumlarında serum seti tüketiminin kantitatif tahmin yöntemleri ile analiz edilmesi ve en uygun tahmin modelinin belirlenerek ileriki dönemlere ait serum seti tüketimi tahmininin yapılmasını hedeflemiştir. Çalışmada üstel düzeltme, Holt- Winters ve doğrusal regresyon tahmin yöntemleri kullanılmıştır. Tahmin sonuçlarının doğruluğunun tespitinde ortalama mutlak hata yüzdesi ve ortalama mutlak hata kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, hastane yöneticilerinin ilaç, ve tıbbi malzeme ihtiyaçlarının tahminini yaparken kantitatif tahmin yöntemlerin yanında, mutlaka kantitatif tahmin yöntemlerinden de yararlanması gerektiği vurgulanmıştır.

Yukarıda özet olarak verilen çalışmada dışında literatürde; Başakın, Özger ve Ünal (2019), Özkara (2009), Özüdoğru ve Görener (2015) vb. birçok bilim insanı tarafından yapılmış tahminleme çalışmasına ulaşmak mümkündür. Literatür incelemesi sonucunda diş hekimliği fakültelerinde tahminleme üzerine yapılmış bir çalışmaya ulaşamamıştır.

3. YÖNTEM

3.1. Gri Tahminleme

Gri Tahminleme, 1982 yılında Çin'li bilim insanı Deng Julong tarafından önerilmiş olan Gri Sistem Teorisi'nin (GST) bir bileşenidir (Liu, Fang ve Lin, 2006: 111). GST'de ana fikir belirsiz sistemlerin karakterlerini, sınırlı sayıda bilgi vasıtasıyla belirlemektir. Bu teoride; beyaz, siyah ve gri renkler simge olarak kullanılır. Beyaz renk, belirsizliğin olmadığı kusursuz bilgiyi temsil ederken, siyah renk de karşıt özelliklere sahip bilgiyi simgeler. Bu iki bilgi arasında kalan ve yalnızca sınırlı bilgiye sahip olunan bilgiler ise gri renk ile temsil edilir (Liu ve Lin, 2006: 3). GST'de amaç; mevcut verileri kullanarak sistemin

gerçekçi gelişim kurallarına ulaşmaktır (Liu, Fang ve Lin, 2006: 111). Bu süreç gri dizi üretimi olarak isimlendirilmektedir. Genellikle beyaz sayılardan oluşan sistemdeki mevcut veriler, çok karmaşık ve kaotik gibi olsa da, verilerin her zaman bazı gelişim kuralları içerdiği ispat edilmiştir. GST’de rastgele bir şekilde düzgünleştirilmiş veriler elde edilirse, bu sistemin herhangi bir özel karakteristiklerini türetmek daha kolay olmaktadır (Kayacan ve Kaynak, 2011: 9500). Başka bir anlatımla gri üretim, düzensiz bilgi seti içerisinde var olan kuralı meydana çıkartma ve bu kuraldan baz alarak sistemin ihtiyaçları için yeni bilgilerin üretilmesidir. Gri üretim, bütün gri aşamalarında yer alan rassallığı azaltarak, sistemin içinde barındırdığı düzeni ortaya çıkarmaya çalışmaktadır (Liu ve Lin, 2006: 58).

GST’nin en çok kullanılan alanlarından olan Gri Tahminlemede gri üretim işlemi; birikim üretme işlevi (BÜİ), ters birikim üretme işlemi (TBÜİ) ve gri model (GM) olmak üzere üç temel operatör ile gerçekleştirilmektedir (Yılmaz ve Yılmaz, 2013: 143). Bu çalışmada kullanılan gri tahminleme modeli olan GM (1,1); tek değişkene sahip, birinci dereceden türevlenebilir eşitliklerin oluşturduğu tahminleme modelidir. (Liu ve Lin, 2006: 199). GM (1,1) modeli, aşağıda detaylı olarak verilen adımlar izlenerek oluşturulmaktadır (Liu ve Lin, 2006: 197-205; Özkara, 2009: 37-38).

1. Adım: Tahminlemenin yapılacağı sistemin çıktılarının dizisi n örneklem büyüklüğüne sahip olan $x^{(0)}$ dizisi olsun. Bu diziyeye ham veri seti dizisi de denilmektedir:

$$x^{(0)}=[x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n)]; \quad n \geq 4 \quad [1]$$

2. Adım: Bu diziyeye BÜİ uygulanarak aşağıdaki monoton artan $x^{(1)}$ dizisi elde edilebilir:

$$x^{(1)}=[x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), \dots, x^{(1)}(n)]; \quad n \geq 4 \quad [2]$$

Burada,

$$x^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^k x^{(0)}(i) \quad k=1,2,\dots,n \quad [3]$$

3. Adım: Üretilen $x^{(1)}$ dizisinden, bu dizinin ardışık ortalama dizisi olan $z^{(1)}$ dizisi aşağıdaki gibi oluşturulmaktadır:

$$z^{(1)}=[z^{(1)}(1), z^{(1)}(2), \dots, z^{(1)}(n)] \quad [4]$$

Burada,

$$z^{(1)}(k)=0.5x^{(1)}(k)+0.5x^{(1)}(k-1) \quad k=2,3,\dots,n \quad [5]$$

4. *Adım:* GM (1,1) modelinin gri diferansiyel denkleminin genel gösterimi ise aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$x^{(0)}(k) + az^{(1)}(k)=b \quad [6]$$

Burada; (k) zamanı, (a) gelişme katsayısını, (b) ise sürücü katsayısını ifade etmektedir.

5. *Adım:* Gri diferansiyel denklemindeki (a) ve (b) parametrelerinin hesaplanabilmesi için en küçük kareler (EKK) yöntemi veya parametrik yöntem kullanılmaktadır. Genellikle önerilense EKK yöntemine göre denklemin çözülmesidir. Bu yöntemle göre çözümlemede öncelikle, gri diferansiyel denklemindeki $x^{(0)}(k)$ yalnız bırakılarak,

$$x^{(0)}(k) = -az^{(1)}(k)+b \quad [7]$$

elde edilir. n adet örneklemden oluşan $x^{(0)}(k)$ ve $z^{(1)}(k)$, sırasıyla (Y) ve (B) ile katsayılar (\hat{a}) ile simgelenirse [8] elde edilebilir:

$$Y=B\hat{a} \quad [8]$$

Burada,

$$Y = \begin{pmatrix} x^{(0)}(1) \\ x^{(0)}(2) \\ \vdots \\ x^{(0)}(n) \end{pmatrix} \quad B = \begin{pmatrix} -z^{(1)}(1) \\ -z^{(1)}(2) \\ \vdots \\ -z^{(1)}(n) \end{pmatrix} \quad \hat{a} = \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix} \quad [9]$$

Matrislerde bölme işlemi olmadığı için (\hat{a}) matrisini yalnız bırakmak için öncelikle B matrisini kare matrise çevrilmesi gerekmektedir. Bu yüzden öncelikle eşitliğin her iki tarafı B matrisinin devriği ile çarpılmaktadır:

$$B^T Y = B^T B \hat{a} \quad [10]$$

Bir kare matris, tersi ile çarpılırsa birim matris elde edileceği için, eşitliğin her iki tarafı $B^T B$ matrisinin ters matrisi olan $(B^T B)^{-1}$ matrisi ile çarpılırsa,

$$\hat{a} = (B^T B)^{-1} B^T Y \quad [11]$$

elde edilebilir.

6. *Adım:* Eşitlik [12]'de beyazlaştırma fonksiyonu verilen türevlenebilir G (1,1) tahmin modelinin herhangi bir (k) anı için çözümü (tahmin değeri) ise [13]'deki gibi bulunabilir:

$$\frac{dx^{(1)}(t)}{dt} + ax^{(1)} = b \quad [12]$$

$$\hat{x}^{(1)}(k+1) = \left[x^{(0)}(1) - \frac{b}{a} \right] e^{-ak} + \frac{b}{a} \quad [13]$$

Burada $\hat{x}^{(1)}(k+1)$, $(k+1)$ anı için (x) 'in birikimli değeridir.

7. *Adım*: Birikimli tahmin değerlerinin normal tahmin değerlerini hesaplanmak istenirse denkleme TBÜİ uygulanır:

$$\hat{x}^{(0)}(k+1) = \left[x^{(0)}(1) - \frac{b}{a} \right] e^{-ak} + (1 - e^{-a}) \quad [14]$$

3.2. Zaman Serileri ve Bileşenlerine Ayrıştırılması

Bir önceki bölümde anlatılan GM (1, 1) modelinin uygulama adımları incelendiğinde tahmin modelinin oluşturulması sürecinde yöntemin temel mantığının ham verilere BÜİ, oluşturulan model ile tahmin değerlerinin belirlenmesinde ise TBÜİ uygulanmasının olduğu açıkça görülmektedir. Ancak sadece bu üretim işlevlerinin kullanılmasıyla, GM (1,1) tahmin modellerinin oluşturulma sürecinde verilerin sadece genel eğilimi (trendi) dikkate alınabilmektedir.

Bir örneklemin gözlem değerlerinin zaman içerisinde nasıl değiştiğinin gözlemlendiği özel bir veri türü olan zaman serisi verileri ise Trend (T), Mevsimsellik (S), Konjektürel (C) ve Tesadüfi Hareketler (E) bileşenlerinden oluşmaktadır. Özellikle mevsimsel etkiye sahip bir zaman serisi verisinin ham hali kullanılarak oluşturulan GM(1, 1) modelinde; verilerin sahip olduğu trend etkisi belirlenebilirken, mevsimsel dalgalanmanın etkisi belirlenmemektedir. Bu çalışmanın bir sonraki bölümünde de görüleceği üzere, SDÜ Ağız ve Diş Sağlığı Merkezi'nin yatan hasta sayıları zaman serisi verileridir. Bu sebeple makalede hem GM (1,1) modeli oluşturulması, hem de tahmin değerlerinin elde edilmesi sürecinde veriler mevsimsel bileşenlerinde ayrıştırılarak modellenme ve tahmin yapılmıştır. Dört temel bileşenden oluşan zaman serilerinin bileşenlerinden ayrıştırılma sürecinde ise sıklıkla kullanılan Toplamsal ve Çarpımsal Ayrıştırma Modelleri kullanılmıştır. Bu modellerin genel gösterimi sırasıyla aşağıda gösterildiği gibidir (Yolsal, 2010: 246).

$$X_t = T_t + S_t + C_t + E_t \quad [15]$$

$$X = T_t * S_t * C_t * E_t \quad [16]$$

Burada;

X_t : Zaman serisinin t dönemindeki gözlem değerlerini,

C_t :Zaman serisinin t dönemindeki konjonktür bileşenini,

S_t :Zaman serisinin t dönemindeki mevsimsel bileşenini,

E_t : Zaman serisinin t dönemindeki tesadüfi (rassal) hareketler

bileşenini ifade etmektedir. Toplamsal ayrıştırma modelinde gözlem değeri, bileşenlerin toplamı olarak ele alınırken, çarpımsal ayrıştırma modelinde ise çarpımı olarak ele alınmaktadır.

Bir zaman serisine bileşenlerin etkisinin bulunması sürecinde hareketli ortalamalar yöntemi sıkça kullanılmaktadır. Zaman içinde herhangi bir noktadaki herhangi bir büyük düzensiz bileşenin etkisinin, o noktadaki gözlemin komşu gözlemlerle ortalamasının alınmasıyla azalacağı düşüncesine dayanan hareketli ortalamalar yöntemi (Newbold, 2009:783), makalede mevsimsel bileşenin etkisinin bulunmasında kullanılan yöntemdir. Çalışmanın verileri aylık bazda olduğu için 12 aylık verilerin hareketli ortalamaları bulunarak yöntem uygulanmıştır.

3.3. Model Performansının İncelenmesi

GT modellerinin performansını değerlendirilmesi için Deng (1986), doğruluk (p) ve hata oranı (C) olmak üzere iki belirleyici ölçüt önermiştir. Ham veri setinin herhangi bir k elemanı için; $\varepsilon^{(0)}(k)$ tahmin hatası, $\delta^{(0)}(k)$ hata oranı, $\hat{x}^{(0)}(k)$ tahmin değeri, $x^{(0)}(k)$ gerçek değer olmak üzere; tahmin hatası ve hata oranı sırasıyla aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır (Çelik, 2016: 32-33; Köse, Aylak ve Kabak, 2015: 85):

$$\varepsilon^{(0)}(k) = \hat{x}^{(0)}(k) - x^{(0)}(k) \quad k=1,2,\dots,n \quad [17]$$

$$\delta^{(0)}(k) = \frac{\varepsilon^{(0)}(k)}{x^{(0)}(k)} * 100 \quad k=2,3,\dots,n \quad [18]$$

Tahmin modelinin doğruluğu ise aşağıda tanımlanan (p) parametresi ile hesaplanmaktadır:

$$p = \frac{\sum_{k=2}^n (1 - |\delta^{(0)}(k)|)}{n - 1} \quad [19]$$

Mutlak hata ortalaması ve hata kareleri ortalaması sırasıyla (ξ) ve (S_1) simgeleriyle ifade edilmekte ve aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$\xi = \frac{\sum_{k=1}^n |\varepsilon^{(0)}(k)|}{n} \quad [20]$$

$$S_1 = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (\varepsilon^{(0)}(k) - \xi)^2}{n}} \quad [21]$$

Gözlemlenen verinin ortalaması ve hata kareleri ortalaması ise sırasıyla (m) ve (S_2) simgeleriyle ifade edilmekte ve aşağıda belirtildiği gibi hesaplanmaktadır:

$$m = \frac{\sum_{k=1}^n x^{(0)}(k)}{n} \quad [22]$$

$$S_2 = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (x^{(0)}(k) - m)^2}{n}} \quad [23]$$

Tahmin modelinin hata oranını veren parametre değeri C ise:

$$C = \frac{S_1}{S_2} \quad [24]$$

şeklinde hesaplanmaktadır.

(p) ne kadar yüksek, (C) ne kadar düşük olursa tahmin modelinin performansı da o kadar yüksek oranlarda olmaktadır. (p) ve (C) parametrelerinin değerlerine göre tahmin modellerinin sınıflandırması Tablo1’de verilmiştir.

Tablo 1. Tahmin Modellerinin Doğruluk Sınıflandırması

Sınıflandırma	Parametreler	
	P	C
İyi	>0.95	<0.35
Yeterli	>0.80	<0.50
Sınırdan	>0.70	<0.65
Yetersiz	≤0.70	≥0.65

Kaynak: Köse, E., Aplan, H. S., Kabak, M., 2015: 85; Tseng, F.M., Yu, H.C. ve Tzeng, G.H., 2001: 295; Deng, 1986.

Makalede elde edilen modelin öngörü başarısını ölçmek için kullanılan ikinci kriter ise MAPE (Ortalama Mutlak Hata- Sapma-Mean Absolute Deviation) kriteridir. MAPE’nin hesaplanması ise aşağıdaki

gibi yapılmaktadır (Sallehuddin, Shamsuddin, Hashim ve Abraham, 2007: 586):

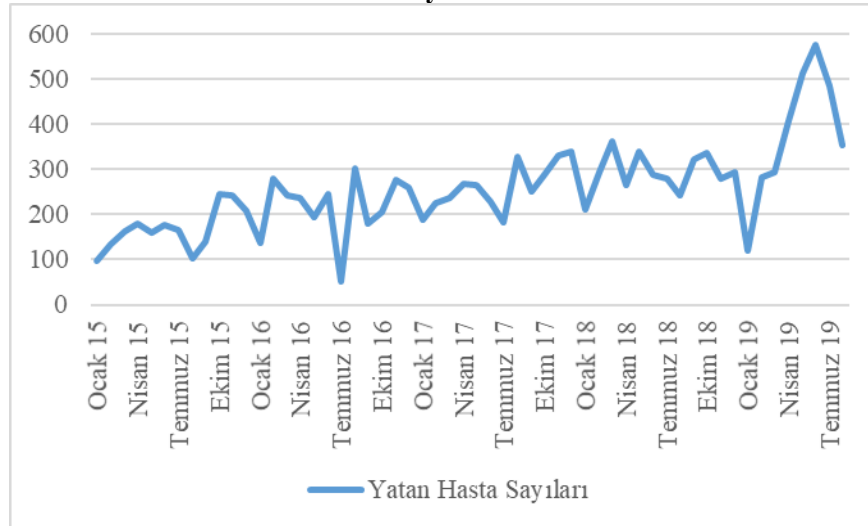
$$MAPE = \sum_{k=1}^n \left| \frac{x^{(0)}(k) - \hat{x}^{(0)}(k)}{x^{(0)}(k)} \right| * \frac{100}{n} \quad [25]$$

4. UYGULAMA

4.1. Veri Seti

Çalışmada, Isparta ilinde bulunan SDÜ Ağız Diş Sağlığı Merkezi için 28 aylık (2019 Eylül-2021 Aralık dönemi) yatacak olan hasta sayılarının tahmin edilmesi amaçlanmaktadır. Bu amacı gerçekleştirmek üzere 56 aylık (2015 Ocak-2019 Ağustos dönemine ait) aynı merkeze ait yatan hasta sayıları kullanılmış, bu veriler Şekil 1 ve Ek Tablo 1'de gösterilmiştir.

Şekil 1. SDÜ Ağız Diş Sağlığı Merkezi'nde Yatan Hasta Sayıları



Şekil 1 incelendiğinde ilk dönemlerde yatan hasta sayılarının düşük olduğu görülmektedir, Kurum yetkilileri bunun merkezin yatan hasta kabullerine yeni başlaması, altyapı yetersizlikleri vb. sebeplerden kaynaklandığını belirtmiştir. Ayrıca, 2016 Temmuz ve 2019 Ocak ve Temmuz aylarındaki hasta sayılarında ciddi oranda bir düşüş olduğu da görülmektedir. Bu ani düşüşlerinse ülkemizde meydana gelen darbe girişimi ile ilgili bölümdeki anestezi hekiminin tek olması ve hekimin izin döneminde olduğu için hasta alınamamasından kaynaklandığı yine

kurum yetkililerinden öğrenilmiştir. Serideki düzenli görülen artışın nedenlerininse, altyapı yatırımlarının tamamlanmaya başlanması, hasta sayısının artmasına bağlı olarak merkezin adının duyulması ve buna bağlı olarak da işlem yapılan hasta miktarının artmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Yatan hasta sayılarının genel seyri incelendiğinde; serinin belirli bir ortalama etrafında seyir göstermemekte olduğu, zaman içerisinde artış eğilimi gösterdiği söylenebilir. Ayrıca veriler yılın bazı dönemlerinde ciddi artış ve ciddi azalışlar göstermektedir. Bu sebeple verilerin zaman serisi verisi olduğu ve verilerin mevsimsel etki taşıdığı da söylenebilir.

4.2. GM (1, 1) Modeli ve Bulgular

Uygulama verileri zaman serisi verisi özelliği taşıdığı için öncelikle ham veriler hareketli ortalamalar yöntemi ile mevsimsel etkiden arındırılmıştır. Mevsimsel etkiden arındırma sürecinde hem toplamsal hem de çarpımsal model ile ayrıştırma işlemi uygulanmış, ancak çarpımsal ayrıştırma ile elde edilen verilerden yararlanılarak oluşturulan GM (1, 1) tahmin modeli daha başarılı sonuçlar vermiştir. Bu sebeple çalışmada sadece çarpımsal ayrıştırma ile elde edilen model ve bulgulara yer verilmiştir.

Yatan hasta sayıları, Microsoft Excel programı kullanılarak hesaplanan mevsimsel etkiden arındırılmış yatan hasta sayıları, GM (1,1) modelinin oluşturulmasında kullanılan $x^{(1)}(k)$ ve $z^{(1)}(k)$ değişken değerleri Ek Tablo 1’de, 12 aylık mevsimsel faktör değerleri ise Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Çarpımsal Ayrıştırma ile Elde Edilen 12 Aylık Mevsimsel Faktör Değerleri

Aylar	Mevsimsel Faktör Değerleri
Ocak	0,64497
Şubat	1,03419
Mart	1,12291
Nisan	1,03218
Mayıs	1,03783
Haziran	1,00221
Temmuz	0,71650
Ağustos	1,00992
Eylül	0,90959
Ekim	1,10971
Kasım	1,14712
Aralık	1,07406

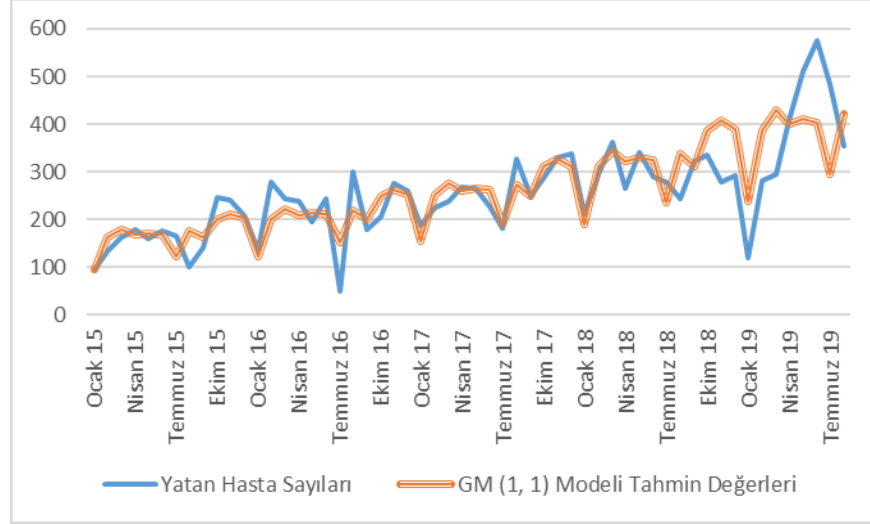
GM (1,1) tahmin modelinin diferansiyel denkleminin EKK yöntemi ile elde edilen parametreleri ise Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. GM (1, 1) Tahmin Modelinin Parametreleri

Gelişme Katsayısı (a)	-0,018149
Sürücü Katsayısı (b)	149,9231

Hesaplanan (a) ve (b) katsayılarının, Eşitlik 14'te yerine konulması ile ayrıştırılmış ve birikimli olmayan öngörü değerleri elde edilmiştir. Bu değerlerin çarpımsal ayrıştırma yöntemi ile elde edilen mevsimsel faktörlerle (Tablo 2) çarpılmasıyla da orijinal veri setini temsil edebilecek nitelikte (mevsimsel etkili) tahmin değerleri hesaplanmış, hesaplanan yatan hasta sayıları Şekil 2 ve Tablo 4'te verilmiştir.

Şekil 2. SDÜ Ağız Diş Sağlığı Merkezi'nde Gerçek ve GM (1,1) Modeli ile Elde Edilen Yatan Hasta Sayıları



Şekil 2 incelendiğinde, mevsimsel öngörü serisinin, gerçek seri değerlerinin sahip olduğu dalgalanmayı temsil edebilecek nitelikte olduğu görülmektedir. Fakat grafiklerin doğru yorumlanamama olasılığı ve daha net yargıya ulaşabilmek için bölüm 3.3'te adımlar izlenerek modelin performansı da ölçülmüştür. Model performansı ölçülürken; 2016 Temmuz ayı (Ülkedeki darbe girişiminden dolayı) çıkarılmıştır.

Hesaplamalar sonucunda (p) değeri 0,82, (C) değeri ise 0,46 olarak hesaplanmıştır. Bu da Tablo 1'deki sınıflandırmaya göre modelin yeterli bir tahmin modeli olduğunu göstermektedir. Model öngörüleme başarısı hakkında bir diğer kriter olan MAPE değeri ise %21 olarak

hesaplanmıştır. Bu da maksimum kabul edilebilir seviye olan %50'nin oldukça altında bir değerdir.

Tablo 4. SDÜ Ağız Dış Sağlığı Merkezi'nde Gerçek ve GM (1,1) Modeli ile Elde Edilen Yatan Hasta Sayıları

Tarih	Yatan Hasta Sayıları	GM (1, 1) Modeli Tahmin Değerleri	Tarih	Yatan Hasta Sayıları	GM (1, 1) Modeli Tahmin Değerleri
Oca.15	96	96	May.17	265	266
Şub.15	134	162	Haz.17	228	261
Mar.15	162	179	Tem.17	182	190
Nis.15	179	168	Ağu.17	328	273
May.15	159	172	Eyl.17	250	250
Haz.15	176	169	Eki.17	288	311
Tem.15	165	123	Kas.17	331	327
Ağu.15	102	177	Ara.17	338	312
Eyl.15	140	162	Oca.18	212	191
Eki.15	246	201	Şub.18	294	312
Kas.15	241	212	Mar.18	362	345
Ara.15	208	202	Nis.18	264	323
Oca.16	136	124	May.18	340	330
Şub.16	278	202	Haz.18	289	325
Mar.16	243	223	Tem.18	279	237
Nis.16	237	209	Ağu.18	243	339
May.16	195	214	Eyl.18	321	311
Haz.16	245	210	Eki.18	336	387
Tem.16	50	153	Kas.18	278	407
Ağu.16	301	220	Ara.18	293	388
Eyl.16	180	201	Oca.19	120	237
Eki.16	205	250	Şub.19	282	388
Kas.16	277	263	Mar.19	294	429
Ara.16	259	251	Nis.19	408	401
Oca.17	187	154	May.19	512	411
Şub.17	225	251	Haz.19	576	404
Mar.17	237	277	Tem.19	484	294
Nis.17	269	260	Ağu.19	354	422

4.3. Gelecek 28 Aylık Tahmin Değerleri

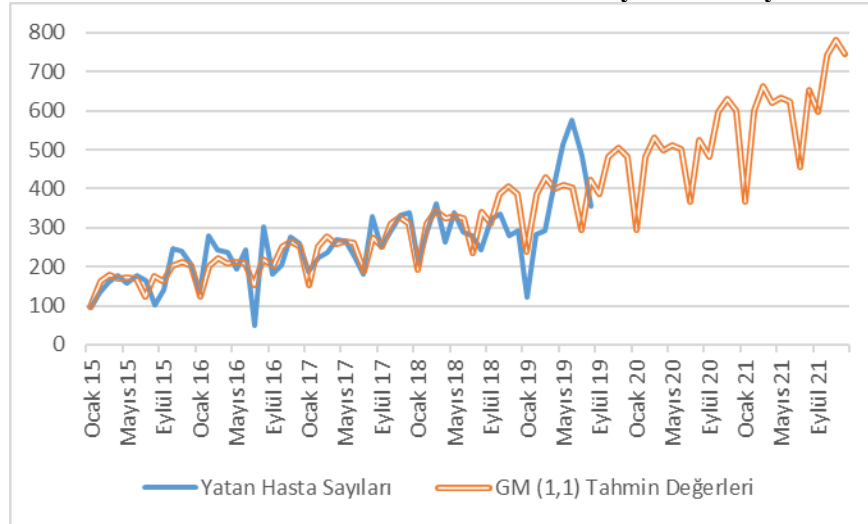
GM (1,1) tahmin modelinin uygulanması sonucu; 2019 Eylül-2021 Aralık dönemi için 28 aylık yatan hasta sayıları öngörü değerleri Tablo 5 ve Şekil 3'te verilmiştir

Tablo 5. SDÜ Ağız Diş Sağlığı Merkezi'nde Eylül 2019-Aralık 2021 Tarihleri Arasında Yatacak Hasta Sayıları Öngörü Değerleri

Tarih	Öngörülen Yatan Hasta Sayısı	Tarih	Öngörülen Yatan Hasta Sayısı
Eyl.19	387	Kas.20	629
Eki.19	481	Ara.20	600
Kas.19	506	Oca.21	367
Ara.19	483	Şub.21	599
Oca.20	295	Mar.21	663
Şub.20	482	Nis.21	620
Mar.20	533	May.21	635
Nis.20	499	Haz.21	624
May.20	511	Tem.21	455
Haz.20	502	Ağu.21	652
Tem.20	366	Eyl.21	598
Ağu.20	525	Eki.21	743
Eyl.20	481	Kas.21	783
Eki.20	598	Ara.21	746

Şekil 3'teki dağılım incelendiğinde öngörü değerlerinin gerçek veri değerleri ile tutarlı bir seyir izlediği görülmektedir ve zaman içerisinde yatan hasta sayılarında mevsimsel etkili bir artış olabileceği söylenebilir.

Şekil 3. SDÜ Ağız Diş Sağlığı Merkezi'nde Eylül 2019-Aralık 2021 Tarihleri Arasında Yatacak Hasta Sayılarının Seyri



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

İnsan nüfusuna bağlı olarak sağlık hizmetlerine olan talep her geçen gün artmakta ve artan talep karşısında sağlık kurumlarının alt yapısı yetersiz kalmaktadır. Bundan dolayı öngörülebilir hasta istatistikleri hakkında bilgi sunmak, yöneticilerin gelecekte ihtiyaç duyacakları alt yapı değişikliklerini önceden planlanmasına yardımcı olmak, uzun randevu süreleri olmadan hizmetlerin gerçekleştirilmesine yardımcı olmak vb. düşünülerek hazırlanan bu çalışmada, SDÜ Ağız Diş Sağlığı Merkezi'nde 2019 Eylül-2021 Aralık döneminde yatacak olan hasta sayılarının aylık bazda tahmini yapılmaya çalışılmıştır. Tahminlemede GT yöntemi kullanılmış olup, 2015 Ocak-2019 Ağustos dönemine ait 56 aylık veri kullanılarak model oluşturulmuştur.

Model performansını değerlendirme kriterleri bağlamında kurulan tahmin modelinin yatacak olan hasta sayılarının tahmininde oldukça başarılı sonuçlar verdiği söylenebilir. Bu sebeple karar vericilerin; sağlık hizmetlerini sorunsuz verebilmeleri, gerekli altyapı, personel, makine-teçhizat vb. ihtiyaçlarını zamanında tamamlayabilmeleri için tahminleme modellerini karar verme sürecinde yardımcı bir araç olarak kullanabilecekleri düşünülmektedir.

SDÜ Ağız Diş Sağlığı Merkezi yatan hasta servisine olan talebin zaman içerisinde artacağı ve bu artışın mevsimsel olarak değişim göstereceği ve hangi ayların daha yoğun geçeceği tahminleme modelleri ile önceden belirlenebileceği söylenebilir.

Çalışmanın uygulama bölümünde de görüldüğü gibi, yatan hasta sayılarının düzensiz değişimindeki/azalmasındaki en büyük etkenlerden birisi belirli alanlarda uzmanlaşmış olan sağlık personelinin yetersizliğidir ve bu verilen hizmeti önemli ölçüde aksatmaktadır. Bu sebeple karar vericilerin insan kaynakları planlamasında daha hassas davranmaları gerektiği düşünülmektedir.

GM (1,1) yöntemi ile yapılan bu çalışmada tek bir veri setinden beslenerek tahminleme çalışması yapılmıştır. İleriye yönelik olarak tek bir veri setinden beslenmek yerine, yatan hasta değerlerine etki eden faktörler saptanarak, bu faktörler ışığında GM (1,N) veya çoklu korelasyon yöntemi kullanılabilir ve GM (1,1) model ile çıktıları karşılaştırılabilir. GT ile eşzamanlı kullanılabilen sezgisel ve stokastik yöntemler de vardır. Bu yöntemlerle GT'nin ilişkili bir biçimde çalışabilecek bir tahmin modeli geliştirilerek, hata oranlarındaki değişimler incelenebilir.

Ek Tablo 1. GM (1, 1) Modelinin Değişken Değerleri

Tarih	k	Yatan Hasta Sayıları	Mevsimsel Etkiden Arındırılmış Yatan Hasta Sayıları - $X^{(0)}(k)$	$X^{(1)}(k)$	$z^{(1)}(k)$
Ocak 15	1	96	148,84	148,84	148,84
Şubat 15	2	134	129,57	278,41	213,63
Mart 15	3	162	144,27	422,68	350,55
Nisan 15	4	179	173,42	596,10	509,39
Mayıs 15	5	159	153,20	749,31	672,70
Haziran 15	6	176	175,61	924,92	837,11
Temmuz 15	7	165	230,29	1155,20	1040,06
Ağustos 15	8	102	101,00	1256,20	1205,70
Eylül 15	9	140	153,92	1410,12	1333,16
Ekim 15	10	246	221,68	1631,80	1520,96
Kasım 15	11	241	210,09	1841,89	1736,84
Aralık 15	12	208	193,66	2035,55	1938,72
Ocak 16	13	136	210,86	2246,41	2140,98
Şubat 16	14	278	268,81	2515,22	2380,81
Mart 16	15	243	216,40	2731,62	2623,42
Nisan 16	16	237	229,61	2961,23	2846,43
Mayıs 16	17	195	187,89	3149,12	3055,18
Haziran 16	18	245	244,46	3393,58	3271,35
Temmuz 16	19	50	69,78	3463,37	3428,47
Ağustos 16	20	301	298,04	3761,41	3612,39
Eylül 16	21	180	197,89	3959,30	3860,35
Ekim 16	22	205	184,73	4144,03	4051,67
Kasım 16	23	277	241,47	4385,51	4264,77
Aralık 16	24	259	241,14	4626,65	4506,08
Ocak 17	25	187	289,94	4916,58	4771,62
Şubat 17	26	225	217,56	5134,15	5025,37
Mart 17	27	237	211,06	5345,21	5239,68
Nisan 17	28	269	260,61	5605,82	5475,51
Mayıs 17	29	265	255,34	5861,16	5733,49
Haziran 17	30	228	227,50	6088,66	5974,91
Temmuz 17	31	182	254,01	6342,67	6215,66
Ağustos 17	32	328	324,78	6667,45	6505,06
Eylül 17	33	250	274,85	6942,29	6804,87
Ekim 17	34	288	259,53	7201,82	7072,06
Kasım 17	35	331	288,55	7490,37	7346,10
Aralık 17	36	338	314,69	7805,06	7647,72

Ek Tablo 1 (Devamı). GM (1, 1) Modelinin Değişken Değerleri

Tarih	k	Yatan Hasta Sayıları	Mevsimsel Etkiden Arındırılmış Yatan Hasta Sayıları - $X^{(0)}(k)$	$X^{(1)}(k)$	$z^{(1)}(k)$
Ocak 18	37	212	328,70	8133,76	7969,41
Şubat 18	38	294	284,28	8418,04	8275,90
Mart 18	39	362	322,38	8740,42	8579,23
Nisan 18	40	264	255,77	8996,19	8868,31
Mayıs 18	41	340	327,61	9323,80	9159,99
Haziran 18	42	289	288,36	9612,16	9467,98
Temmuz 18	43	279	389,39	10001,55	9806,85
Ağustos 18	44	243	240,61	10242,16	10121,86
Eylül 18	45	321	352,91	10595,07	10418,62
Ekim 18	46	336	302,78	10897,85	10746,46
Kasım 18	47	278	242,35	11140,20	11019,02
Aralık 18	48	293	272,80	11412,99	11276,59
Ocak 19	49	120	186,06	11599,05	11506,02
Şubat 19	50	282	272,68	11871,73	11735,39
Mart 19	51	294	261,82	12133,55	12002,64
Nisan 19	52	408	395,28	12528,83	12331,19
Mayıs 19	53	512	493,34	13022,16	12775,49
Haziran 19	54	576	574,73	13596,89	13309,53
Temmuz 19	55	484	675,51	14272,40	13934,64
Ağustos 19	56	354	350,52	14622,92	14447,66

KAYNAKÇA

- BAŞAKIN, E. E., ÖZGER, M. VE ÜNAL, N. E. (2019). Gri Tahmin Yöntemi ile İstanbul Su Tüketiminin Modellenmesi. *Politeknik Dergisi*, 22 (3), 755-761.
- ÇELİK, Ş. (2016). Isparta İli İçin Doğal Gaz Talep Tahmini. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta.
- DENG, J. L.:(1986). *Grey Forecasting and Decision*. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology Press.
- DUAN, J., JIAO, F., ZHANG, Q. VE LİN, Z. (2017). Predicting Urban Medical Services Demand in China: An Improved Grey Markov Chain Model by Taylor Approximation. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14 (8), 883-895.
- EUGENIO FCO, S.U. VE BERZOSA, A. (2007), Modeling and Forecasting Industrial End-use Natural Gas Consumption. *Energy Economics*, 29 (4), 710-742.
- KAYACAN, E. VE KAYNAK, O. (2011). Single-Step Ahead Prediction Based on the Principle of Concatenation Using Grey Predictors. *Expert Systems with Applications*, 38 (8), 9499-9505.
- KÖSE, E., APLAK, H. S. VE KABAK, M. (2015). Yetersiz Veri Ortamında Tahminler için Örnek Bir Uygulama: Gri Tahmin Yöntemi. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 31 (1), 82-88.
- LİU, S, FANG, Z VE LİN, Y. (2006). A New Definition for the Degree of Grey Incidence. *Scientific Inquiry*, 7 (2), 111-124.
- LİU, S. VE LİN, Y. (2006). *Grey Information: Theory and Practical Applications*. Londra: Springer.
- NEWBOLD, P. (2000). *İşletme ve İktisat için İstatistik*. (Çev. Şenesen, Ü.). İstanbul: Literatür Yayıncılık.
- ÖZKARA, Y. (2009). Mevsimsel Ayırıştırma Temelli Gri Tahmin Yöntemi ile Aylık Elektrik Yük Tahmini. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- ÖZÜDOĞRU, G. VE GÖRENER, A. (2015). Sağlık Sektöründe Talep Tahmini Üzerine Bir Uygulama. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 27, 37-53.

- RATHNAYAKA, R.M.K. T. VE SENEVİRATNA, D.M.K.N. (2014), G M (1, 1) Analysis and Forecasting for Efficient Energy Production and Consumption. International Journal of Business, Economics and Management Works, 1 (1), 6-11.
- SALLEHUDDİN, R., SHAMSUDDİN, S.M, HASHİM, S.M VE ABRAHAMY, A. (2007). Forecasting Time Series Data Using Hybrid Grey Relational Artificial Neural Network and Auto Regressive Integrated Moving Average Model. Neural Network World, 17 (6), 573-605.
- TSENG, F.M., YU, H.C. VE TZENG, G.H., (2001). Applied Hybrid Grey Model to Forecast Seasonal Time Series. Technological Forecasting and Social Change, 67 (2-3), 291-302.
- XIAOFEI, L VE RENFANG, H. (2014). Grey Forecasting Model Based on Interpolation Optimization in Malignant Tumor. SHS Web of Conferences, 1, 1-6.
- YILMAZ, H. VE YILMAZ, M. (2013). Gri Tahmin Yöntemi Kullanılarak Türkiye'nin CO2 Emisyon Tahmini. Sigma, 31, 141-148.
- YİĞİT, V. (2016). Hastanelerde Tıbbi Malzeme Talep Tahmini: Serum Seti Tüketimi Üzerine Örnek Bir Uygulama. Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi, 5 (4), 207-222.
- YOLSAL, H. (2010). Mevsimsel Düzeltmede Kullanılan İstatistikî Yöntemler Üzerine Bir İnceleme. Öneri, 9 (33), 245-257.