

Türkiye’deki COVID-19 Hasta Sayılarının Üstel Düzgünleştirme Modeli Kullanılarak Tahmin Edilmesi

Estimation of COVID-19 Infections in Turkey by Using Exponential Smoothing Model

İhsan Erdem KAYRAL^a, Sencer BUZRUL^b

^aKonya Gıda ve Tarım Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimler Fakültesi, Ekonomi Bölümü, Konya, TÜRKİYE

^bKonya Gıda ve Tarım Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Konya, TÜRKİYE

ÖZET Amaç: Bu çalışmanın amacı, 11.3.2020 ve 9.9.2020 tarihleri arasında Türkiye’deki koronavirus hastalığı-2019 [coronavirus disease (COVID-19)] hasta sayılarını ve üstel düzgünleştirme modelini (exponential smoothing model) kullanılarak 2020 yılı sonuna kadar hasta sayılarının tahmin edilmesidir. **Gereç ve Yöntemler:** Türkiye Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığının web sitesinden günlük olarak yayımladığı ve güncellediği COVID-19 hasta sayıları kullanılarak, üstel düzgünleştirme modelinin farklı versiyonları uygulanarak karşılaştırılmış, bu versiyonlardan en iyi uyum gösteren 2 adet model (toplamsal yöntem içeren model: Model 1 ve çarpımsal yöntem içeren model: Model 2) belirlendikten sonra bu modeller kullanılarak yakın gelecek tahminleri gerçekleştirilmiştir. **Bulgular:** Kullanılması önerilen ilk model (Model 1) için Türkiye’de 31 Ekim 2020 tarihi itibarıyla 374.842, 30 Kasım 2020 tarihi itibarıyla 427.672, 31 Aralık 2020 tarihi itibarıyla ise 482.263 hasta sayısına ulaşacağı tahmin edilmiştir. İkinci model (Model 2) için ise aynı tarihler için sırasıyla 391.992, 472.782 ve 573.811 vaka sayılarına ulaşacağı hesaplanmıştır. Kışın etkisiyle COVID-19 hasta sayılarının daha da artacağı göz önüne alındığında Model 2’nin daha gerçekçi sonuçlar ortaya koyduğu değerlendirilmiştir. **Sonuç:** Önemizdeki süreçte, bu çalışmada önerilen modellerin uluslararası ölçekteki çalışmalarda hasta sayılarının tahmin edilmesinde de kullanılabileceği düşünülmektedir. Aynı zamanda, söz konusu modellerin sadece COVID-19 hasta sayılarını değil bu hastalığa bağlı ölüm sayılarının ve iyileşen hasta sayılarına ilişkin tahminlerin gerçekleştirilmesinde de kullanılabileceği değerlendirilmiştir.

ABSTRACT Objective: The aim of this study was to predict the number of patients infected with coronavirus disease (COVID-19) by the end of year 2020 by using the number of infections in Turkey between the dates 11.3.2020-9.9.2020 and exponential smoothing model. **Material and Methods:** Different versions of the exponential smoothing model were applied and compared by using the data published and upgraded on the web by the Turkish Republic Ministry of Health, and near future predictions were performed after the determination of two models (containing additive method model: Model 1 and containing multiplicative method model: Model 2) producing the best estimates. **Results:** The first proposed model (Model 1) estimated that there would be 374,842, 427,672 and 482,263 infected patients in Turkey by the date 31 October 2020, 30 November 2020, and 31 December 2020, respectively. For the same dates, it was calculated that there would be 391,992, 472,782, and 573,811 infected patients, respectively for the second model (Model 2). The model 2 was evaluated to produce more realistic results considering that the number of patients infected with COVID-19 will increase even more with the effect of winter. **Conclusion:** It was thought that the models proposed in this study could also be used to predict the number of infected patients in international studies in the upcoming period. At the same time, it was evaluated that these models not only for infections but could also be used to estimate the number of deaths and recoveries due to coronavirus disease 2019.

Anahtar kelimeler: Koronavirus; modeller, istatistiksel; tahmin

Keywords: Coronavirus; models, statistical; forecasting

Yeni koronavirus hastalığı, 2019 yılının Aralık ayında Çin’in Wuhan kentinde ortaya çıkmıştır.¹ Hastalığa neden olan virüsün adı; şiddetli akut solunum sendromu-koronavirus-2 olup, bu hastalık 2019 yılında ortaya çıktığı için kısaca “COVID-19” olarak adlandırılmıştır. Koronavirus hastalığı-2019’un [coronavirus disease (COVID-19)] endişe verici tarafı yayılma hızı ve kronik hastalığı bulunan veya ileri yaştaki insanlarda ciddi sağlık sorunlarına yol açmasıdır.¹ COVID-19’un damlacık yoluyla bulaştığı ve

Correspondence: İhsan Erdem KAYRAL

Konya Gıda ve Tarım Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimler Fakültesi, Ekonomi Bölümü, Konya, TÜRKİYE/TURKEY

E-mail: erdem.kayral@gidatarim.edu.tr



Peer review under responsibility of Türkiye Klinikleri Journal of Biostatistics.

Received: 09 Oct 2020 **Received in revised form:** 18 Dec 2020 **Accepted:** 12 Jan 2021 **Available online:** 29 Apr 2021

2146-8877 / Copyright © 2021 by Türkiye Klinikleri. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

kuluçka süresinin 2-14 gün arasında değiştiği anlaşılmıştır.^{2,3} Hastalık belirtileri arasında; ateş, kuru öksürük, yorgunluk, kas ağrısı ve ishal yer almakta, daha ciddi vakalarda ise ağır akut solunum yolu enfeksiyonu, böbrek yetersizliği ve hatta ölüm gerçekleşebilmektedir. Ancak bu belirtilerin hastanın yaşına ve vücut direncine göre değişim gösterebildiği ve hiçbir belirti göstermeyen asemptomatik hastaların olduğu da bilinmektedir.^{3,4}

Dünya Sağlık Örgütü, 2020 yılının Mart ayında COVID-19'u küresel salgın (pandemi) olarak ilan etmiştir.⁵ Ortaya çıkmasından bu yana, bu virüs dünyada birçok ülkeyi farklı düzeylerde etkilemiştir. Söz konusu hastalık, 9 Eylül 2020 tarihi itibarıyla 28 milyondan fazla insana bulaşmış, 900 binden fazla insan da bu hastalık nedeniyle hayatını kaybetmiştir. Aynı tarih itibarıyla Türkiye'de ise 280 binden fazla insan hastalanmış ve 7 bine yakın insan vefat etmiştir.⁶

Pandemi sürecinde hasta sayılarının sınırlandırılmasında alınan bazı önlemler başarılı sonuçlar verirken, bazı önlemler yetersiz kalmaktadır. Buna göre alınacak önlemler de ülkelere göre değişkenlik göstermektedir.⁷ Önümüzdeki süreçte ülkemizdeki hasta sayılarındaki değişimlerin ne şekilde olabileceğine ilişkin tahminlerin yapılması sağlık sistemimizdeki planlamalar ve alınabilecek önlemlerin belirlenmesinde önem arz etmektedir.

Bu amaçla, matematiksel modellemeler bir hastalık nedeniyle enfekte olan ya da hayatını kaybeden insan sayısını yaklaşık olarak tahmin etmek için kullanılabilir. COVID-19 hastalarının sayısını tahmin etmek için de bazı modeller önerilmiştir.⁸ Söz konusu tahminler genellikle Susceptible, Infectious, or Recovered (SIR) modeline dayanmaktadır. Burada S, hastalığa açık veya elverişli, I enfekte R ise iyileşen insanları temsil etmektedir.

Zaman serilerinde SIR modeline ek olarak, aralarında sağlık bilimlerinin de bulunduğu birçok alanda farklı tahmin yöntemleri kullanılmaktadır. Bu çalışmalardan Kayral ve Buzrul, Corradini ve Peleg tarafından önerilen büyüme eğrileri modellerini kullanarak, aralarında Türkiye'nin de bulunduğu 7 gelişmekte olan ülkeyi gösteren E7 ülkeleri için vaka sayılarına ilişkin tahmin gerçekleştirmiştir.^{7,9} Fanelli ve Piazza, matematiksel modellemeleri kullanarak; Çin, İtalya ve Fransa için vaka ve vefat sayılarına ilişkin tahminlemeler gerçekleştirirken, Hernandez-Matamoros ve ark., otoregresif entegre hareketli ortalama [autoregressive moving average (ARIMA)] modelini kullanarak, 145 ülkeyi bölgelere ayırarak tahminlerde bulunmuştur.^{10,11} Bu çalışmanın amacı, 11.3.2020 (hastalığın Türkiye'de görüldüğü ilk tarih)-9.9.2020 döneminde alternatif tahmin yöntemleri arasında yer alan üstel düzgülendirme modelinin (exponential smoothing model) farklı versiyonları kullanılarak, Türkiye'deki COVID-19 hasta sayılarının 2020 yılı sonuna kadar tahmin edilmesidir. Söz konusu hasta sayılarının tahmininde alternatif bir model kullanılması, bir başka deyişle ülkemizdeki COVID-19 hasta sayılarına ilişkin tahminlerin gerçekleştirildiği çalışmalarda daha önce üstel düzgülendirme modelinin kullanılmamış olmasına bağlı olarak literatüre katkı sağlanabileceği değerlendirilmiştir.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Bu çalışmada, Türkiye'deki toplam COVID-19 hasta sayılarının 2020 yılı sonuna kadar tahmin edilmesi amacıyla öncelikle, üstel düzgülendirme modelinin farklı versiyonları karşılaştırılmış, en iyi tahmin veren modeller belirlendikten sonra tahminler gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, 11.3.2020 ve 9.9.2020 dönemine ait Türkiye'deki toplam hasta sayıları kullanılmıştır. Veriler, Sağlık Bakanlığının günlük olarak yayımladığı COVID-19'a ilişkin web sitesinden elde edilmiştir.¹²

İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Analizlerde, EViews 10 programı kullanılmıştır. Çalışma kapsamında bulgular verilmeden önce yöntem hakkında değerlendirmelerde bulunulacaktır.

Akaike Bilgi Kriteri

Tahminlerde en uygun modellerin belirlenmesi için farklı ölçütler bulunmakla birlikte, çalışmamız kapsamında literatürde sıklıkla tercih edilen Akaike Bilgi Kriteri [Akaike Information Criterion (AIC)] değerleri kullanılmıştır.^{13,14} AIC denklem 1’de yer alan eşitlik kullanılarak, farklı parametrelere göre oluşturulan modellerin olabirliklerini (likelihood) karşılaştırmakta ve en uygun modelin belirlenmesini mümkün kılmaktadır.

$$AIC = -2\log(L) + 2p \quad (1)$$

Denklem (1)’de L en çok olabirliği, p ise parametre sayısını göstermektedir. Söz konusu değişkenler kullanılarak AIC değerleri hesaplanmakta, en düşük AIC değerine sahip modeller en iyi tahmin sağlayan modeller olarak tespit edilmektedir.¹⁵

Üstel Düzgünleştirme Modeli

Üstel düzgünleştirme modeli Pegels’in çalışmasıyla birlikte literatürde sıklıkla kullanılmaya başlanmış olmakla birlikte, tarihsel süreçte farklı versiyonları geliştirilmiştir.¹⁶ Söz konusu model, günümüzde zaman serilerinde kullanılan önemli tahmin yöntemleri arasında kabul edilmektedir. Üstel düzgünleştirme modelinde, analiz edilecek verilere son veri dönemine yaklaştıkça üstel olarak daha yüksek ağırlıklar verilecek şekilde bir tahminleme gerçekleştirilmektedir.¹⁷

Model, Gardner ve Taylor’un çalışmaları ile genişletilmiş, Hyndman ve ark.nın çalışmalarında, model üzerinde bazı düzenlemeler gerçekleştirilmiştir.¹⁸⁻²¹ Günümüzde kullanılan hâliyle söz konusu modelde; hata, eğilim ve mevsimsellik olmak üzere 3 ana etki bulunabilmektedir. Bu etkilerin modellere girme şekline göre üstel düzgünleştirme modellerinde toplamsal ve çarpımsal yöntemler kullanılarak tahminler gerçekleştirilmektedir.

Toplamsal Yöntemler (Additive Methods)

Üstel düzgünleştirme modellerinde toplamsal yöntemler, $t+n$ dönemi (t döneminin son veri olduğu varsayımında n dönem sonrasının tahmin edilmesi) için gerçekleştirilecek tahminlerde hata, eğilim ve mevsimsellik etkilerinin en az birinin modele toplamsal şekilde dâhil edilmesiyle uygulanmaktadır.²² Çalışmamızda bu kritere uygun ve herhangi bir çarpımsal etki içermeyen en iyi model toplamsal yöntem ile vaka sayılarının tahmin edilmesinde kullanılan ilk model olarak yer almıştır.

Söz konusu yöntemde hata, eğilim ve mevsimsellik etkilerinin tümünün toplamsal olarak modele dâhil edildiği en kapsamlı toplamsal yöntemi içeren üstel düzgünleştirme modeline (A,A,A Modeli) ilişkin denklemler, aşağıda gösterilmektedir:

$$l_t = \alpha(y_t - s_{t-s}) + (1 - \alpha)(l_{t-1} + t_{t-1}) \quad (2)$$

$$t_t = \beta(l_t - l_{t-1}) + (1 - \beta) t_{t-1} \quad (3)$$

$$s_t = \gamma(y_t - l_t) + (1 - \gamma)s_{t-s} \quad (4)$$

$$F_{t+n} = l_t + nt_t + s_{t-s+n} \quad (5)$$

Burada, l_t , tahmin gerçekleştirilen serinin t dönemindeki değerini; s_t , mevsimsel etkiyi; t_t , trend etkisini; s mevsimselliğin uzunluğunu; n , tahminin kaçınıcı ileri döneme ait olduğunu; F_{t+n} , n ileri dönem için tahmin değerini göstermektedir. α , β ve γ katsayıları ise 0 ile 1 arasında değer almakta olup, sırasıyla düzey düzgünleştirme, trend (eğilim) ve mevsimsel etkilerin düzgünleştirilmesinde kullanılan katsayıları ifade etmektedir.

Toplamsal modelde tüm etkilerin dâhil edildiği A,A,A Modelinden herhangi bir etkinin çıkartılması durumunda etkinin çıkartıldığı parametre N (none) ile gösterilmekte ve söz konusu model N katsayısının 1 ya da 2 etkinin bulunmadığı “A,A,N”, “A,N,N” gibi farklı modellere dönüşmektedir.

Toplamsal yöntemler kapsamında kullanılacak en iyi model AIC'ye göre belirlenecektir. Buna göre belirlenen en iyi modele göre $t+n$ dönemine ilişkin tahminlerde hangi etkilerin yer alacağı belirlenecektir. Bu başlık kapsamındaki ölçütlere göre belirlenecek elde edilen en iyi model, çalışmamızda "Model 1" olarak 2020 yılı vaka sayılarının tahmin edilmesinde kullanılacaktır.

Çarpımsal Yöntemler (Multiplicative Methods)

Makridakis ve ark.nın çalışmasında, varyansın değişkenlik gösterme potansiyelinin bulunduğu zaman serilerinde üstel düzgünleştirme modelleriyle yapılan tahminlerde çarpımsal etkileri içeren modellerin toplamsal etkileri içeren modellerle birlikte kullanılabileceğini ifade etmiştir.¹⁷

Türkiye'deki COVID-19 hasta sayılarına ilişkin tahmin gerçekleştirilecek dönemin sonbahar-kış aylarında görülebilecek olumsuz etkileri içermesine bağlı olarak, verilerin varyansında değişkenlik ortaya çıkabileceği değerlendirilmiştir. Bu nedenle yalnızca toplamsal etkileri içeren Model 1'e ek olarak, çarpımsal etki içeren en az bir parametrenin bulunduğu 2. bir model için de (Model 2) hasta sayıları tahmin edilecektir. Söz konusu 2. model, hata, eğilim ve mevsimsellik etkilerinin en az birinin modele çarpımsal etki içerecek şekilde dâhil edildiği en başarılı model kullanılarak elde edilecektir.

Başlık kapsamında tüm etkilerin çarpımsal olarak modele dâhil olduğu durumdaki üstel düzgünleştirme modeline (M,M,M modeli) ilişkin denklemler aşağıda gösterilmiştir:

$$l_t = \alpha \left(\frac{y_t}{s_{t-s}} \right) + (1 - \alpha)(l_{t-1} + t_{t-1}) \quad (6)$$

$$t_t = \beta \left(\frac{l_t}{l_{t-1}} \right) + (1 - \beta) t_{t-1} \quad (7)$$

$$s_t = \gamma \left(\frac{y_t}{l_t} \right) + (1 - \gamma) s_{t-s} \quad (8)$$

$$F_{t+n} = (l_t + nt_t) s_{t-s+n} \quad (9)$$

Denklemlerde yer alan parametreler denklem (2), (3), (4) ve (5)'te verilen parametrelerle aynı anlamları taşımaktadır. Yukarıda M,M,M modeline ilişkin olarak verilen denklem sisteminin A,A,A modelinden temel farkı n dönem sonraki F_{t+n} değerinin tahmin edilmesinde kullanılan parametrelerin çarpımsal şekilde verilmesidir.

Çarpımsal modelde de tüm etkilerin dâhil edildiği M,M,M modelinden herhangi bir etkinin çıkartılması durumunda etkinin çıkartıldığı parametre N ile gösterilmektedir. Söz konusu duruma ek olarak, çarpımsal modellerde toplamsal etkilerin görüldüğü parametreler modele dâhil edildiğinde M, M, M modeli; "M,A,M", "A,M,M" gibi farklı modellere dönüşmektedir.

Çalışma kapsamında, en iyi çarpımsal modelin belirlenmesinde de toplamsal modele benzer şekilde AIC kriteri kullanılacak, söz konusu model (Model 2) ile 2020 yılı hasta sayıları tahmin edilecektir.

BULGULAR

Çalışmamız kapsamında, 2020 yılı sonuna kadar Türkiye'deki hasta sayılarının tahmin edilmesinde toplamsal ve çarpımsal yöntemler içermeye durumlarına göre hangi modellerin kullanılacağına ilişkin olarak 18 model karşılaştırılmıştır. Karşılaştırılan 18 modelden 4'ü toplamsal (çarpımsal olarak tanımlanan bir etki bulunmaması), 14'ü ise çarpımsal (en az 1 etkinin çarpımsal olarak tanımlanması) yöntem içeren modellerden oluşmaktadır. En iyi toplamsal ve çarpımsal yöntem içeren modellerin belirlenmesinde AIC kullanılmış, incelenen modellere ilişkin olarak elde edilen AIC değerleri [Tablo 1](#)'de gösterilmiştir.

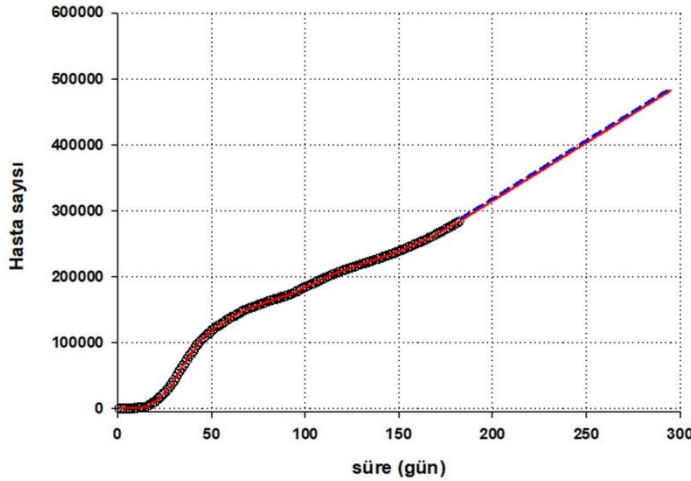
TABLO 1: Tahminlerde kullanılacak modellere ilişkin AIC sonuçları.

Model	AIC	Model	AIC	Model	AIC
A,A,N	2970,93	A,M,A	2973,86	A,A,M	3002,40
A,A,A	3042,57	A,M,M	3078,21	A,M,N	3429,74
A,N,A	3566,84	A,N,N	3694,50	A,N,M	3738,21
M,A,N	4376,19	M,A,M	4377,02	M,A,A	4421,58
M,M,A	4500,10	M,N,A	4647,06	M,N,N	4674,17
M,N,M	4677,25	M,M,N	4940,85	M,M,M	6178,35

Not: Modellerde sıralama Üstel Düzgünleştirme Modelinde belirlenen şekilde hata, trend ve mevsimsellik etkilerine göre verilmiştir.
A: Toplamsal etki; M: Çarpımsal etki; N: Etki yok; AIC: Akaike Bilgi Kriteri.

[Tablo 1](#)'de yer alan sonuçlara göre en düşük AIC değerine sahip en iyi toplamsal yöntem içeren model (model 1) olarak A,A,N; en iyi çarpımsal yöntem içeren model (model 2) olarak ise A,M,A modeli belirlenmiş ve vaka sayılarına ilişkin tahminler söz konusu modeller için gerçekleştirilmiştir.

En iyi toplamsal yöntem içeren model olan Model 1'de, hata ve trend etkileri (mevsimsel etki bulunmaksızın) toplamsal etki olarak modele dâhil edilerek tahmin gerçekleştirilmiştir. A,A,N modeline ilişkin elde edilen tahmin sonuçları [Şekil 1](#) kapsamında gösterilmiştir. [Şekil 1](#)'de siyah daireler gerçekleşen vaka sayılarını, kırmızı çizgiler ise modele ilişkin tahmin sonuçlarını göstermektedir. Son veri tarihi olan 9.9.2020 sonrasındaki süreçte tahminler 31.12.2020 tarihine kadar gerçekleştirilmiştir. Tahmin gerçekleştirilen dönemde, hesaplanan %95 güven aralıkları tahmin değerlerine eklenerek, model kapsamında vaka sayıları için beklenen üst limitler belirlenmiştir.

**ŞEKİL 1:** A,A,N Modeli (Model 1) tahmin sonuçları.

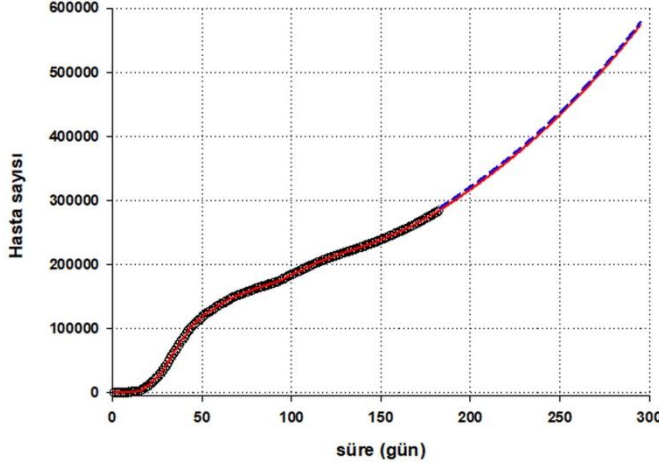
Kaynak: Yazarların hesaplamaları.

Not: Siyah daireler gözlemlenen koronavirüs hastalığı-2019 hastalarını, kırmızı çizgiler ise model (Model 1) tahminini göstermektedir. Kesikli mavi çizgiler Model 1 kapsamındaki tahminlerin %95 güven aralığındaki üst limitini belirtmektedir.

A: Toplamsal etki; N: Etki yok.

Çarpımsal yöntem içeren en iyi model olan, Model 2'de ise hata etkisine ek olarak mevsimsel etkiler modele toplamsal olarak dâhil edilmiştir. Aynı zamanda trend etkisi çarpımsal olarak modelde yer almaktadır. A,M,A modeline ilişkin tahmin sonuçları [Şekil 2](#)'de gösterilmiştir. Söz konusu şekil

kapsamındaki gösterimler [Şekil 1](#)'deki gösterimler ile benzer bir yapıda olup, siyah daireler gerçekleşen vaka sayılarını, kırmızı çizgiler tahmin değerlerini, mavi kesikli çizgiler ise %95 güven aralığındaki üst limitleri göstermektedir.



ŞEKİL 2: A,M,A Modeli (Model 2) tahmin sonuçları.

Kaynak: Yazarların hesaplamaları.

Not: Siyah daireler gözlemlenen koronavirüs hastalığı-2019 hastalarını, kırmızı çizgiler ise model (Model 2) tahminini göstermektedir. Kesikli mavi çizgiler Model 2 kapsamındaki tahminlerin %95 güven aralığındaki üst limitini belirtmektedir.

A: Toplamsal etki; M: Çarpımsal etki.

Model 2'nin Model 1'den farkı, trend etkisinin çarpımsal olarak modelde yer alması ve Model 1'de yer almayan mevsimsellik etkisini toplamsal etki olarak modele dâhil etmesidir ([Şekil 1, 2](#)). Söz konusu etkilerin tahmin gerçekleştirilen ayların sonbahar-kış dönemine denk gelmesi nedeniyle önem arz edebileceği düşünülmektedir. Buna göre ekim, kasım ve aralık aylarında havaların serinlemesi, influenza vb. hastalıklarda görülebilecek artışlar dikkate alındığında 2. modeldekine benzer bir vaka sayısı ile karşılaşılma olasılığının bulunduğu değerlendirilmektedir.

Modeller kapsamında elde edilen şekillerin verilmesinin ardından ekim, kasım ve aralık aylarının son günlerine ilişkin her 2 modelin hasta tahmin sonuçları ve %95 güven aralıklarının eklenmesi ile elde edilen vakalara ilişkin beklenen üst limitler [Tablo 2](#)'de verilmiştir.

TABLO 2: Aylara göre hasta tahmin sonuçları.

Tarih	Model 1 tahmin	Model 1+üst limit ^a	Model 2 tahmin	Model 2+üst limit ^a
31 Ekim 2020	374.842	378.594	391.992	396.333
30 Kasım 2020	427.672	431.424	472.782	477.128
31 Aralık 2020	482.263	486.015	573.811	578.152

Kaynak: Yazarların hesaplamaları.

^a Tahmin değerlerine %95 güven aralığı eklenilmiş üst limitleri göstermektedir.

[Tablo 2](#)'de ayların son günlerine ilişkin tahminler verildiğinde Model 1'e göre ekim ayı sonunda yaklaşık 375.000, kasım ayı sonunda 427.500'ün üzerinde, yıl sonunda ise 482.000'in üzerinde hasta sayısına ulaşılacağı tahmin edilmiştir. Model 2 kapsamındaki tahminlerimize göre ise aylara göre sırasıyla 391.992, 472.782 ve 573.811 hasta sayısına ulaşılacağına ilişkin tahmin gerçekleştirilmiştir. Tahminlere %95

güven aralıklarının da eklenmesi ile üst limitlerin hesaplanan değerlerin 3.500-4.500 hasta üzerinde olabileceği değerlendirilmiştir.

TARTIŞMA

COVID-19 hastalığı, 2019 yılının sonunda Çin'in Wuhan kentinde ortaya çıkmış olmakla birlikte kısa sürede tüm dünyayı etkisi altına alan küresel bir salgına dönüşmüştür. Bu durumun bir sonucu olarak alınacak önlemlerin belirlenmesinde, hasta sayılarına ilişkin gerçekleştirilecek tahminler önem arz etmeye başlamıştır.

Türkiye'de ilk hastanın görüldüğü 11 Mart 2020 tarihinden sonra kısa sürede hasta sayıları artış göstermiş, 9 Eylül 2020 tarihi itibarıyla hasta sayıları 280 bini geride bırakmıştır. Önümüzdeki süreçte farklı hastalıkların ve mevsim etkilerinin görülmesi olasılığı hasta sayılarına ilişkin tahminlerin önemini artırmıştır.

Bu çalışmada tahmin gerçekleştirilen dönem, sonbahar-kış aylarını içermektedir. Bu nedenle söz konusu dönemdeki hasta sayılarında yüksek değişkenlik görülme potansiyelinin bulunmasına bağlı olarak, çarpımsal yöntem kullanılarak 2. model yani Model 2 elde edilmiştir. Bu yönüyle, Model 2'nin Model 1'e göre daha yüksek tahminde bulunmasına bağlı olarak daha gerçekçi bir model olabileceği değerlendirilmiştir.

SONUÇ

Bu çalışmada, 11.3.2020 ve 9.9.2020 döneminde Türkiye'de görülen hasta sayıları kullanılarak 2020 yılının sonuna kadar hasta sayılarının tahmin edilmesi amacıyla ampirik bir modelleme gerçekleştirilmiştir. En başarılı tahmin performansına sahip toplamsal ve çarpımsal yöntemleri içeren üstel düzgünleştirme modelinin 2 farklı versiyonu kullanılmıştır. İlk model olan toplamsal yöntemi içeren Model 1 için Türkiye'de 31 Ekim 2020 itibarıyla 374.842, 30 Kasım 2020 tarihi itibarıyla 427.672, 31 Aralık 2020 tarihi itibarıyla ise 482.263 hasta sayısına ulaşılacağı tahmin edilmiştir.

Önümüzdeki süreçte, bu çalışmada önerilen modellerin aralarında Türkiye'nin de yer aldığı uluslararası ölçekteki çalışmalarda hasta sayılarının tahmin edilmesinde kullanılabileceği düşünülmektedir. Aynı zamanda, söz konusu modellerin hastalığa bağlı ölüm sayılarının ve iyileşen hasta sayılarına ilişkin tahminlerin gerçekleştirilmesinde de kullanılabileceği değerlendirilmiştir.

Finansal Kaynak

Bu çalışma sırasında, yapılan araştırma konusu ile ilgili doğrudan bağlantısı bulunan herhangi bir ilaç firmasından, tıbbi alet, gereç ve malzeme sağlayan ve/veya üreten bir firma veya herhangi bir ticari firmadan, çalışmanın değerlendirme sürecinde, çalışma ile ilgili verilecek kararı olumsuz etkileyebilecek maddi ve/veya manevi herhangi bir destek alınmamıştır.

Çıkar Çatışması

Bu çalışma ile ilgili olarak yazarların ve/veya aile bireylerinin çıkar çatışması potansiyeli olabilecek bilimsel ve tıbbi komite üyeliği veya üyeleri ile ilişkisi, danışmanlık, bilirkişilik, herhangi bir firmada çalışma durumu, hissedarlık ve benzer durumları yoktur.

Yazar Katkıları

Bu çalışma hazırlanırken tüm yazarlar eşit katkı sağlamıştır.

KAYNAKLAR

1. Alanagreh L, Alzoughool F, Atoum M. The human coronavirus disease COVID-19: its origin, characteristics, and insights into potential drugs and its mechanisms. Pathogens. 2020;9(5):331. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
2. Hemida MG, Ba Abdualah MM. The SARS-CoV-2 outbreak from a one health perspective. One Health. 2020;10:100127. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
3. Yücel Şengün İ, Kırmızıgül A, Kılıç G, Öztürk B. [Precautions to be taken against COVID-19 pandemic in food establishments]. The Journal of Food. 2020;45(4):646-64. [[Link](#)]

4. CDC. Coronavirus disease 2019 basics. Erişim tarihi: 26.08.2020. [\[Link\]](#)
5. World Health Organization (WHO) 2020. Erişim tarihi: 16.12.2020. [\[Link\]](#)
6. Worldometer [İnternet]. © Copyright Worldometers. [Erişim tarihi: 10.11.2020]. COVID-19 coronavirus pandemic. Erişim linki: [\[Link\]](#)
7. Kayral İE, Buzrul S. Forecasting of COVID-19 infections in E7 countries and proposing some policies based on the Stringency Index. *J Popul Ther Clin Pharmacol.* 2020;27(S Pt 1):e76-e84. [\[PubMed\]](#)
8. Mondal MRH, Bharati S, Podder P, Podder P. Data analytics for novel coronavirus disease. *Inform Med Unlocked.* 2020;20:100374. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#) [\[PMC\]](#)
9. Corradini MG, Peleg M. Estimating non-isothermal bacterial growth in foods from isothermal experimental data. *J Appl Microbiol.* 2005;99(1):187-200. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
10. Fanelli D, Piazza F. Analysis and forecast of COVID-19 spreading in China, Italy and France. *Chaos Solitons Fractals.* 2020;134:109761. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#) [\[PMC\]](#)
11. Hernandez-Matamoros A, Fujita H, Hayashi T, Perez-Meana H. Forecasting of COVID19 per regions using ARIMA models and polynomial functions. *Appl Soft Comput.* 2020;96:106610. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#) [\[PMC\]](#)
12. T.C. Sağlık Bakanlığı [İnternet]. Copyright © 2020 T.C. Sağlık Bakanlığı. [Erişim tarihi: 10.9.2020]. COVID-19 bilgilendirme sayfası. Erişim linki: [\[Link\]](#)
13. Ucal MŞ. [A brief survey of econometrics model selection criteria]. *C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi.* 2006;7(2):41-57. [\[Link\]](#)
14. Baran T, Bacanlı ÜG. [Evaluation of goodness of fit criterion in time series analysis]. *İMO Teknik Dergi.* 2006;17(84):3987-4002. [\[Link\]](#)
15. Akaike H. A New Look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control* 1974;19(6):716-23. [\[Crossref\]](#)
16. Pegels CC. Exponential forecasting: Some new variations. *Management Science* 1969;15(5): 311-5. [\[Crossref\]](#)
17. Makridakis S, Wheelwright SC, Hyndman RJ. *Forecasting: Methods and Applications.* 3rd ed. New York: John Wiley and Sons; 1997
18. Gardner Jr ES. Exponential smoothing: the state of the art. *Journal of Forecasting.* 1985;4(1):1-28. [\[Crossref\]](#)
19. Taylor JW. Exponential smoothing with a damped multiplicative trend. *International Journal of Forecasting.* 2003;19(4):715-25. [\[Crossref\]](#)
20. Hyndman RJ, Koehler AB, Snyder RD, Grise S. A state space framework for automatic forecasting using exponential smoothing methods. *International Journal of Forecasting.* 2002;18(3):439-54. [\[Link\]](#)
21. Hyndman RJ, Koehler AB, Ord JK, Snyder RD. *Forecasting with Exponential Smoothing: The State Space Approach.* Berlin/Almanya: Springer;2008. [\[Crossref\]](#)
22. Bowerman BL, O'Connell R, Koehler AB. *Forecasting Time Series and Regression: an Applied Approach.* 3rd ed. Belmont/ABD: Thomson Brooks/Cole; 2005.