



## Klasik Zaman Serisi Yöntemleri İle Konteyner Elleçleme Tahmini <sup>[\*]</sup>

Banu AKKAN<sup>1\*</sup> Vahit ÇALIŞIR<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup>İskenderun Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Deniz Ulaştırma Mühendisliği ABD, İskenderun, Hatay, Türkiye

<sup>2</sup>İskenderun Teknik Üniversitesi, Barbaros Hayrettin Gemi İnşaatı ve Denizcilik Fakültesi, Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Bölümü, İskenderun, Hatay, Türkiye

Geliş Tarihi: 20.06.2022

Kabul Tarihi: 04.07.2022

Basım Tarihi: 30.09.2022

Atıf yapmak için: Akkan, B. & Çalışır, V. (2022). Klasik Zaman Serisi Yöntemleri İle Konteyner Elleçleme Tahmini. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 7(3), 341-349.

How to cite: Akkan, B. & Çalışır, V. (2022). Container Handling Forecasting With Classical Time Series Analysis. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 7(3), 341-349.

\*ID: <https://orcid.org/0000-0003-1654-4726>  
ID: <https://orcid.org/0000-0001-6575-8988>

**\*Sorumlu yazarın:**

Banu AKKAN  
İskenderun Teknik Üniversitesi, Lisansüstü  
Eğitim Enstitüsü, Deniz Ulaştırma Mühendisliği  
ABD, İskenderun, Hatay, Türkiye  
✉: [akkanbanu@yahoo.com](mailto:akkanbanu@yahoo.com)

**Öz:** Küresel rekabet ortamında ticaret hacmindeki artış ülkelerin ekonomik girdilerinin en önemli unsurlarını oluşturmaktadır. Ulusal ya da uluslararası ticarete rakiplerden öne çıkmanın farklı birçok yolu olsa bile asıl avantajı, sunulan lojistik hizmet ve kalitesi sağlamaktadır. Özellikle son yıllarda hızlı bir şekilde büyüyen denizyolu taşımacılığı ile yük taşıma türleri arasında, en etkin bir şekilde gelişim sağlayan tür konteyner taşımacılığıdır. Bu çalışmada Türkiye'deki bütün limanlarda gerçekleşen ortalama konteyner elleçleme miktarının öngörüsü amaçlanmıştır. Konteyner elleçleme hacimlerinin öngörüsü, konteyner akışındaki planlamanın yapılmasını sağlayacak ve böylece hem liman işletmelerinin hizmet kalitesinin iyileştirilmesine katkı hem de ülkemizin küresel rekabette avantajlı duruma geçmesine fikir oluşturacaktır. Bu amaç için, ilgili Bakanlığa ait internet sitesinden Türkiye'deki limanlarda Ocak 2004-Aralık 2021 döneminde aylık gerçekleşen toplam konteyner elleçleme miktarına ait verilerden faydalanılmıştır. Öncelikle elimizdeki zaman serisi incelenmiş olup zaman serisinin yapısına uygun olarak Mevsimsel Naive, Holt-Winters Toplamsal, Holt-Winters Çarpımsal, Otomatik Üstel Düzleştirme (ETS) ve mevsimsel otoresresif entegre hareketli ortalama (SARIMA) yöntemleri ile ilgili zaman serisinin analizi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, ilgili zaman serisinin analizinde en iyi test kümesi sonucuna sahip olan model hata kareler ortalaması ve ortalama mutlak yüzdelik hata kriterleri ile tespit edilmiştir. Sonuç olarak, analiz aşamasında kullanılan yöntemler arasında en uygun yöntemin SARIMA yöntemi olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, Türkiye'deki tüm limanlara ait 2022 yılına ait ortalama konteyner elleçleme öngörü değerleri %95 alt ve üst güven sınırı ile tespit edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Elleçleme, konteyner, Türkiye, zaman serisi analizi.

## Container Handling Forecasting With Classical Time Series Analysis

**Abstract:** The increase in the trade volume in the global competitive environment constitutes the essential element of the economic inputs of the countries. Even though there are many ways to stand out from competitors in national or international trade; the main advantage is to discover the logistics service and the quality provided. Container transport is the most effective type of maritime transport, especially between the fast-growing and the load-carrying species in recent years. This study is intended to forecast the average amount of container handling in all ports in Turkey. The foresight of container handling volumes will ensure that the planning of container flow is carried out, helping to improve the quality of service of port businesses and helping our country gain an advantage over global competition. In this study, data on the monthly total container handling amount for the period of January 2004-December 2021 at Turkish ports were used from the relevant Ministry's website. First of all, the time series we have examined, and time series analysis was carried out with the Seasonal Naive, Holt-Winters Additive, Holt-Winters Multiplicative, Automatic Exponential Smoothing (ETS) and Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (SARIMA) methods in accordance with the structure of the time series. Moreover, in the analysis of this time series, the model with the best test set result was determined according to the root mean squared error and mean absolute percent error criteria. Conclusion, the most suitable method is SARIMA, among the methods tested in this study. In addition, the average container handling prediction values of all ports in Turkey for the year 2022 were determined with 95% lower and upper confidence limits.

**\*Corresponding author's:**

Banu AKKAN  
İskenderun Technical University, Institute of  
Graduate Studies, Division of Maritime  
Transportation Engineering, İskenderun,  
Hatay, Türkiye  
✉: [akkanbanu@yahoo.com](mailto:akkanbanu@yahoo.com)

**Keywords:** Container, handling, time series analysis, Türkiye.

[\*] Bu makale, Banu AKKAN'ın yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

This manuscript was produced from Banu AKKAN's master thesis.

## GİRİŞ

Dünya ticaret hacminde yaşanan dönemsel dalgalanmalar ülkelerin ekonomik dayanıklılığının ve istikrarının önemini ortaya çıkarmaktadır. Son yıllarda küresel ticaret hacmindeki dalgalanma ve sonrasında yaşanan artış eğilimi, ülkelerin bu pazardan pay alma zorunluluğunu ortaya çıkarmıştır. Ticari yarışta rakiplerden öne çıkmanın birden fazla seçeneği mevcut olmakla birlikte, avantajı sağlama noktasında lojistik hizmet kalitesi belirgin şekilde öne çıkmaktadır. Lojistik, ülkelerdeki hammaddenin ürün haline dönüştürülerek üretici ve tüketici arasındaki tüm sürecidir. Dünyada en çok tercih edilen taşıma yöntemi, güvenli ve düşük maliyetli olması nedeniyle deniz yolu taşımacılığıdır. Özellikle son yıllarda hızlı bir şekilde büyüyen denizyolu taşımacılığı ile yük taşıma türleri arasında, en etkin bir şekilde gelişim sağlayan tür konteyner taşımacılığıdır. ISO öncülüğünde ölçüleri bir standarda bağlanan ve taşımacılıkta yaygınlaşarak kullanılan konteyner; mevcut durum ve yakın gelecekte lojistik seçenekleri arasında en çok tercih edilen tür olmakla birlikte ülkeler arasındaki deniz yolu taşımacılığının da belkemiği olan limanlar arasında rekabet ortamının kızışmasına neden olmaktadır. Normal şartlarda küresel büyümenin 2010-2030 arasında iki katına denizyolu ile taşınan konteyner miktarının ise yıllık ortalama %6'nın üzerinde büyüyeceğini ve limanlarda işlem gören konteyner miktarının da 2030'da dört katına kadar artış gösterebileceği OECD tarafından öngörülmektedir (OECD, 2011). Bu nedenle küresel ekonomik pazardan büyük oranda pay alma büyük önem arz etmektedir. Konteyner taşımacılığındaki tahmin edilen bu ani ve hızlı gelişime ayak uydurmak için liman işletmelerinin kapasitelerini artırma yoluna gitmeleri gerektiği, aksi takdirde talebe karşılık veremeyen limanların, gemilerin bekleme süreleri arttırarak liman kapılarında tıkanıklıkların yaşanmasına neden olacağı ve sonuç olarak müşterilerinin bir kısmının bölgede hizmet koşulları daha iyi olan limanları tercih etmesi kaçınılmazdır (Saka & Çetin, 2017).

Öngörü bir diğer ifadeyle tahminleme, alt-üst yapı planlaması, bağlantı elemanları planlaması, deniz yolu taşımacılığının planlanması, işçi planlaması gibi birçok tereddütte mahal konularda nicel çıktılar eşliğinde çözüm önerisi sunmakta ve yatırımların geri dönüş sürelerinin gerçeğe en yakın tahminlenmesiyle sürdürülebilir ilave yatırımların da önüne açabilecek potansiyeli barındırmaktadır. Dolayısıyla, oldukça yüksek bütçeli yatırım maliyetlerine sahip olan liman yapım ve işletim sektöründeki önemi göz ardı edilememektedir. Denizcilik sektöründe teknik olarak birbirinden farklılık arz eden kısa ve uzun vadede öngörüler stratejik olarak büyük avantaj sağlamakla birlikte, özellikle kısa vadede gerçekleştirilen çalışmaların, operasyonlarda meydana gelebilecek ani

değişikliklerle mücadelede sağlayacağı olumlu katkılar; rakip limanlara kıyasla tercih nedeni olarak görülebilmektedir. Değişen ve gelişen sermaye oranı düşünüldüğünde ekonomik ve stratejik açıdan ciddi öneme sahip bu süreç diğer açıdan; limanların kısa vadeli eylem planlarının oluşturulmasında ve stratejik hedeflerini gerçekleştirilmesine de katkı sağlayabilecek potansiyeli taşımaktadır.

Dünya genelinde denizyolu taşımacılığında gerçekleştirilen öngörü çalışmalarında; Markov zinciri yıllık büyüme oranı modeli, eğilim bileşeniyle zaman serisi modeli, gri sistem modeli (Twrdy & Batista, 2016), mevsimsel oto-regresif entegre hareketli ortalama (SARIMA), Holt-Winters'in mevsimsel yöntemi ve Facebook's Prophet yöntemi (Ubaide vd., 2021), SARIMAX, MLP, LSTM ve NARX ve SARIMAX-ANN hibrit modelleri (Fiskin vd., 2022) ve Yapay Sinir Ağları (YSA) Doğrusal Olmayan Dışsal Girdili Otoregresif Ağ (NARX) Modeli (Kılınç vd., 2022) gibi bir çok yöntem kullanılarak geleceğe yönelik planlamada fikir sahibi olunmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada ülkemiz limanlarında 2004-2021 yıllarına ait toplam elleçlenen konteyner veri setinden faydalanılarak; 2022 yılındaki aylık toplam konteyner elleçleme öngörüsü oluşturmada en uygun yöntemi tespit etme amaçlanmıştır.

**Literatür Analizi:** Peng ve Chu (2009), Tayvan'daki üç büyük liman için klasik ayrışma modeli, trigonometrik regresyon modeli, mevsimsel kukla değişkenler ile regresyon modeli, gri model, hibrit gri model ve MOHOM (Mevsimsel Otoregresif Hareketli Ortalamalar Modeli) modelini kullanarak konteyner hacmini tahmin etmiştir. Schulze ve Prinz (2009) Alman limanlarındaki konteyner aktarmalarını Mevsimsel SARIMA modeli ve Holt-Winters üstel yumuşatma yaklaşımıyla irdelemiştir. Kara (2011) Çandarlı Limanı hakkında üç adet fizibilite raporunu özetleyerek; İzmir (Alsancak) Limanında konteyner ve karışık yük trafik verileri kullanılmış ve zaman serisi yöntemiyle İzmir (Alsancak) Limanının 2016 yılına kadar gelecek yük trafiği tahmin edilmiştir. Farhan ve Ong (2018), mevsimsel SARIMA yöntemini kullanarak uluslararası limanlardaki konteyner çıkışlarını tahmin etmiştir. İncaz ve Karaköprü (2019) konteyner elleçlemede COVID-19 pandemisinin Ambarlı Limanına etkisi ve geleceğe yönelik tahmin analizini Tek Üstel Düzleştirme Yöntemiyle gerçekleştirmiştir. Shankar vd. (2020) Singapur Limanlarındaki konteyner çıktı verilerini kullanarak ARIMA, basit üstel yumuşatma, Holt-Winter's, hata-eğilim-mevsimsellik, trigonometrik regresyonlar (TBATS), sinir ağı (NN) ve ARIMA + sinir ağı ile öngörü gerçekleştirmişlerdir. Şen vd. (2021) Türkiye'de Limanlarda Yük Taşımacılığı Veri Analizi için T.C Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı'ndan alınan Türk limanlarındaki yük istatistik verileri kullanılmış ve bu veriler üzerinde Lineer Regresyon

Yöntemi ve Yapay Sinir Ağları Yöntemini kullanılarak zaman serisi analizini gerçekleştirmişlerdir. Kılınç vd. (2022) Türkiye'deki limanlarda gerçekleşen konteyner ve yük elleçleme miktarının Yapay Sinir Ağları (YSA) Doğrusal Olmayan Dışsal Girdili Otoregresif Ağ (NARX) Modeli ile öngörüsünü tespit etmişlerdir.

## MATERYAL VE METOT

**Çalışma kapsamı ve Veri Seti Eldesi:** Bu çalışmada T.C. Ulaştırma ve Alt Yapı Bakanlığı Denizcilik İstatistikleri Bilgi Sisteminde yer alan verilerden faydalanılmıştır. Birimin resmi internet sayfasında yer alan "Konteyner" başlığı altındaki "Konteyner İstatistikleri" sekmesi kullanılarak 2004-2021 yıllarına ait hazırlanan aylar bazında elleçlenen toplam konteyner miktarları (TEU) kullanılmıştır. Kullanılan verilerin aylık değişimlerine ait grafikler aşağıdaki gibidir. COVID-19 pandemisinin yaşandığı koşullar ve diğer zaman aralıkları normal seyirde kabul edilip veriler normalize edilmemiştir. Çalışmanın amacı Türkiye'nin 2022 yılındaki aylık toplam konteyner elleçleme öngörüsü oluşturmak olduğundan öncelikle elimizdeki zaman serisinin yapısı incelenmiş olup seri hem trend hem de mevsimsellik içerdiğinden analiz edilen zaman serisine uygun olan yöntemler olarak Mevsimsel Naive, Holt-Winters Toplamsal, Holt-Winters Çarpımsal, ETS ve SARIMA kullanılmıştır.

Çalışmada öncelikle 2004'ün ilk ayından 2020 yılının son ayına kadar olan veri seti eğitim verisi olarak kullanılmış son yıl olan 2021 yılına ait veri seti ise test kümesi olarak belirlenmiştir. Tüm yöntemlerden elde edilen test kümesine ait hata kareler ortalaması (HKOK) ve ortalama mutlak yüzdellik hata (OMYH) kriterlerine göre en iyi yöntem SARIMA yöntemi olarak seçilmiş ve seçilen bu yöntem üzerinden 2022 yılının tüm ayları için aylık öngörü yapılmıştır.

### Kullanılan Yöntemler

**Mevsimsel Naive Yöntemi:** Mevsimsel bir bileşene sahip bir zaman serisini analiz etmede kullanılan bu yöntemin her tahmini aynı mevsimdeki son gözlemlenen değere eşit olacak şekilde ayarlanma prensibine dayanır.

$$\hat{x}_{t+h} = x_{t+h-s(k+1)} \quad (1)$$

Eşitlik (1)'de  $s$ : mevsimsel periyodu,  $k$ :  $(h - 1)/s$  sayısının tam kısmı ve  $h$ : da öngörü adım sayısını ifade etmektedir.

**Holt Winters Üstel Düzleştirme Yöntemi:** Holt Winters üstel düzleştirme yöntemi bir zaman serisinin hem

trend hem de mevsimsellik içerdiği durumda kullanılabilen bir zaman serisi tahmin yöntemidir. Holt Winters üstel düzleştirme yöntemi serideki mevsimsel bileşenin yapısına göre iki farklı şekilde kullanılabilir. Eğer mevsimsel değişimler seri boyunca kabaca sabit kalıyor ise Holt Winters Toplamsal üstel düzleştirme, mevsimsel değişimler seri düzeyiyle orantılı olarak değişiyor ise Holt Winters Çarpımsal üstel düzleştirme yöntemi tercih edilebilir.

Holt Winters toplamsal üstel düzleştirme yöntemine ait tahmin denklemleri Eşitlik (2) - Eşitlik (5) ile verilmiştir.

$$\hat{x}_{t+h} = \hat{L}_t + h\hat{b}_t + s_{t+h-m(k+1)} \quad (2)$$

$$\hat{L}_t = \lambda_1(x_t - s_{t-m}) + (1 - \lambda_1)(\hat{L}_{t-1} + \hat{b}_{t-1}) \quad (3)$$

$$\hat{b}_t = \lambda_2(\hat{L}_t - \hat{L}_{t-1}) + (1 - \lambda_2)\hat{b}_{t-1} \quad (4)$$

$$s_t = \lambda_3(x_t - \hat{L}_{t-1} - \hat{b}_{t-1}) + (1 - \lambda_3)s_{t-m} \quad (5)$$

Holt Winters çarpımsal üstel düzleştirme yöntemine ait tahmin denklemleri Eşitlik (6) - Eşitlik (9) ile verilmiştir.

$$\hat{x}_{t+h} = (\hat{L}_t + h\hat{b}_t)s_{t+h-m(k+1)} \quad (6)$$

$$\hat{L}_t = \lambda_1(x_t/s_{t-m}) + (1 - \lambda_1)(\hat{L}_{t-1} + \hat{b}_{t-1}) \quad (7)$$

$$\hat{b}_t = \lambda_2(\hat{L}_t - \hat{L}_{t-1}) + (1 - \lambda_2)\hat{b}_{t-1} \quad (8)$$

$$s_t = \lambda_3(x_t/(\hat{L}_{t-1} - \hat{b}_{t-1})) + (1 - \lambda_3)s_{t-m} \quad (9)$$

**ETS Modelleri:** ETS yöntemleri hata, trend ve mevsimsel bileşenleri bir arada modelleyen en genel ve esnek modellerdir. Hata terimi çarpımsal (M) veya toplamsal (A) olduğunda hata terimi (E: A; M), seride trend bileşeni yok ise (N), var ise toplamsal (A) veya damped (Ad) olduğunda trend terimi (T: N;A;Ad), seride mevsimsel bileşen yok ise (N), var ise toplamsal (A) veya çarpımsal olduğunda mevsimsellik (S: N;A;M) ile gösterilir.

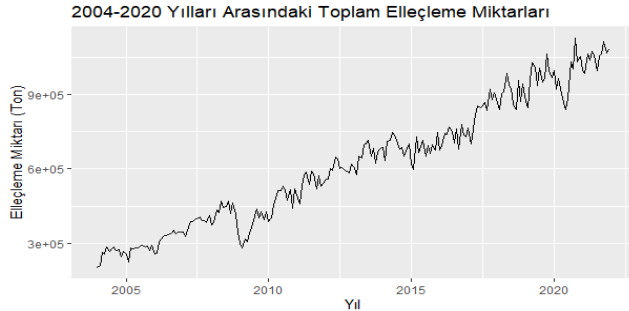
**Otomatik SARIMA Yöntemi:** Otomatik SARIMA yöntemi, bir SARIMA modeli için otomatik olarak model seçimi yapan Hyndman ve Khandakar (2008) tarafından önerilen bir yöntemdir.

Eğer, zaman serisinde mevsimsel dalgalanmalar söz konusu ise, o zaman seri Mevsimsel Bütünleşik Otoregresif Hareketli Ortalama Modelleri (SARIMA) yöntemiyle modellenir. Bu yöntem, dizideki bir sonraki adımı, önceki zaman adımlarındaki farklılaştırılmış gözlemlerin, hataların, farklılaştırılmış mevsimsel gözlemlerin ve mevsimsel hataların doğrusal bir fonksiyonu olarak modeller. ARIMA modelini, mevsimsel düzeyde aynı otoregresyon, fark alma ve hareketli ortalama modellemesini gerçekleştirme yeteneği ile birleştirir.

R programında "Otomatik SARIMA" için gerekli işlemler "forecast" paketindeki "auto.arima" fonksiyonu kullanılarak yapılmıştır.

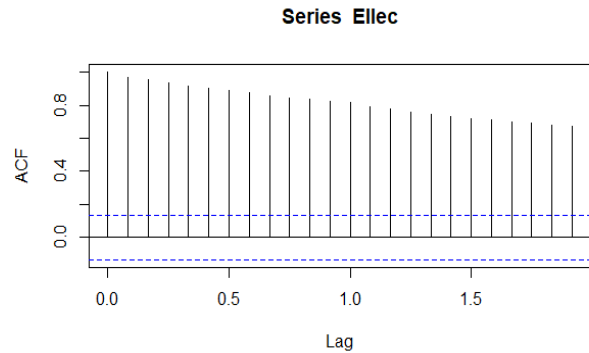
## UYGULAMA VE BULGULAR

2004-2020 yılları arasındaki aylar bazında ülkemiz limanlarında gerçekleştirilen toplam elleçleme miktarlarına (Ellec) ait zaman serisinin analizi Şekil 1'deki gibidir.

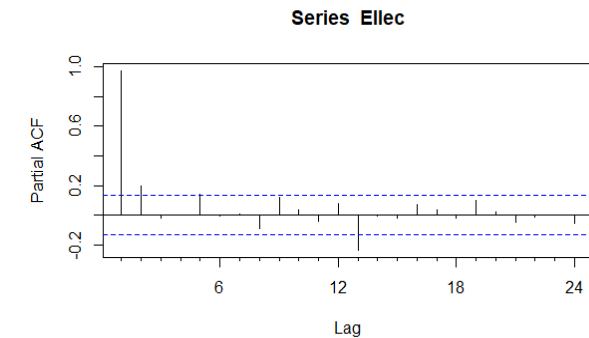


**Şekil 1.** 2004-2020 yılları arasındaki aylar bazında limanlarımızda gerçekleştirilen toplam elleçleme miktarlarına ait zaman serisi grafiği.  
**Figure 1.** Time series graph of total container handling quantities at our ports on a monthly basis between 2004-2020.

Toplam elleçleme miktarlarına ait zaman serisine ait otokorelasyon ve kısmi otokorelasyonlar grafikleri Şekil 2 ve Şekil 3'deki gibidir. “Ellec” zaman serisinin otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon grafikleri incelendiğinde serinin trende sahip olduğu tespit edilmiştir.



**Şekil 2.** 2004-2020 yılları arasında aylar bazında elde edilen “Ellec” zaman serisi için otokorelasyon grafiği.  
**Figure 2.** Autocorrelation graph for “Ellec” time series obtained on monthly basis between 2004-2020.

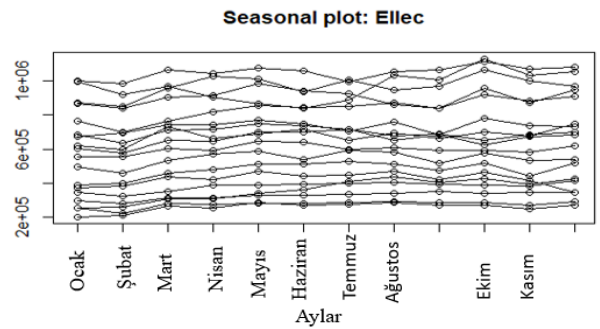


**Şekil 3.** 2004-2020 yılları arasında aylar bazında elde edilen “Ellec” zaman serisi için kısmi otokorelasyon grafiği.  
**Figure 3.** Partial autocorrelation graph for “Ellec” time series obtained on monthly basis between 2004-2020.

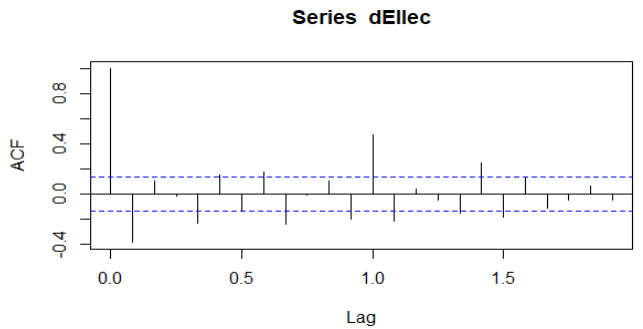
“Ellec” serinin mevsimselliğinin test edildiği ve ilgili serinin mevsimsellik de içerdiği bulguları içeren grafik

Şekil 4.'deki gibi kayıt edilmiştir. Bu durum, “Ellec” zaman serisi hem trende hem de mevsimselliğe sahip bir zaman serisi olmakla birlikte seride baskın trend olduğu sonucunu da ortaya çıkarmıştır.

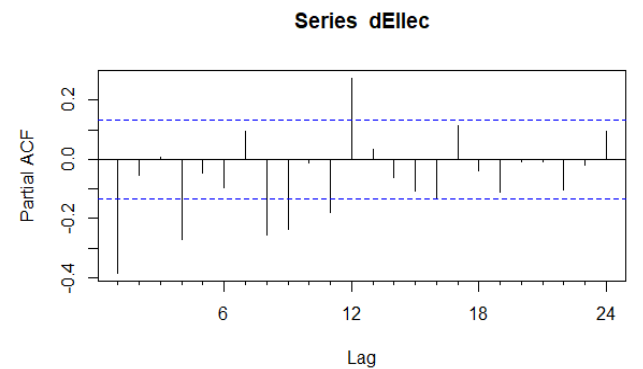
İlgili zaman serisinin hem trende hem de mevsimselliğe sahip olduğunun tespit edilmesiyle; “Ellec” zaman serisinin analizi Mevsimsel Naive, Holt-Winters Toplamsal, Holt-Winters Çarpımsal, ETS ve SARIMA yöntemleri ile gerçekleştirilmiştir. SARIMA yöntemine ait parametrelerin belirlenebilmesi için ilgili serinin birinci farklarına ait korelasyon ve kısmi otokorelasyon grafiği Şekil 5 ve 6 ile görselleştirilmiştir.



**Şekil 4.** 2004-2020 yılları arasında aylar bazında elde edilen “Ellec” zaman serisi için mevsimsellik grafiği.  
**Figure 4.** Seasonality graph for “Ellec” time series obtained on monthly basis between 2004-2020.



**Şekil 5.** 2004-2020 yılları arasında aylar bazında elde edilen “Ellec” zaman serisine ait birinci fark için otokorelasyon grafiği.  
**Figure 5.** Autocorrelation graph for the first difference of the “Ellec” time series obtained on a monthly basis between the years 2004-2020.



**Şekil 6.** 2004-2020 yılları arasında aylar bazında elde edilen “Ellec” zaman serisine ait birinci fark için kısmi otokorelasyon grafiği.  
**Figure 6.** Partial autocorrelation graph for the first difference of the “Ellec” time series obtained on a monthly basis between 2004-2020.

Analiz sonuçlarında elde edilen grafikler irdelendiğinde; uygun SARIMA modeli SARIMA (0,1,1) (1,0,1)<sub>12</sub> olarak tespit edilmiştir.

İlk aşamada “Ellec” zaman serisi “Mevsimsel Naive, Holt-Winters Toplamsal, Holt-Winters Çarpımsal, ETS ve SARIMA” yöntemleri ile analiz edilmiştir. Analiz aşamasında “Ellec” zaman serisinin son 12 gözlemi (son bir yılı) test kümesi olarak alınmıştır. Tüm yöntemlerden elde edilen test kümesine ait HKOK ve OMYH hata kriteri değerlerine sonuçlar Tablo 1’de verilmiştir. HKOK ve OMYH hata kriterlerine ait değerler Eşitlik (10) ve Eşitlik (11) ile hesaplanmıştır.

$$HKOK = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (x_t - \hat{x}_t)^2}{n}} \quad (10)$$

$$OMYH = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{x_t - \hat{x}_t}{x_t} \right| \quad (11)$$

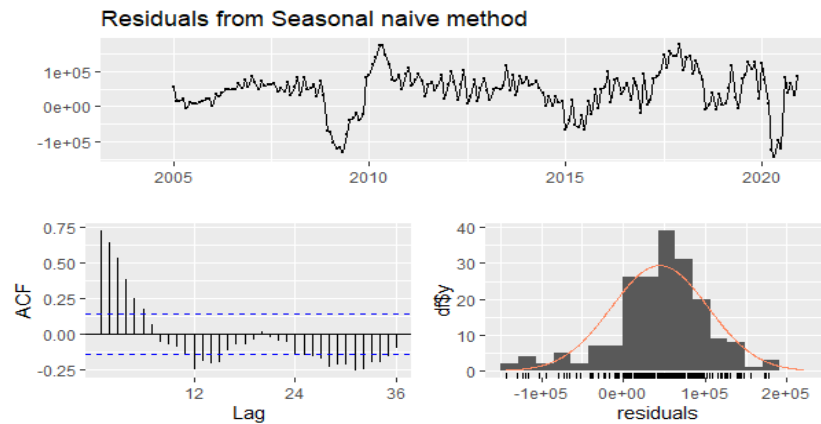
Eşitlik (10) ve Eşitlik (11) de,  $n$ ,  $x_t$  ve  $\hat{x}_t$  sırasıyla; öğrenme örneği sayısı, gözlenen değer ve öngörü değerini göstermektedir.

**Tablo 1.** “Ellec” zaman serisi için tüm yöntemler ile elde edilen HKOK ve OMYH hata kriteri değerleri.

**Table 1.** HKOK and OMYH error criteria values obtained by all methods for the “Ellec” time series.

Yöntem	HKOK	OMYH
Mevsimsel Naive	73653,33	11,07
SARIMA	35038,36	4,36
Holt-Winters Çarpımsal	34929,87	4,47
ETS	33796,74	4,13
Holt-Winters Toplamsal	33209,24	4,20

Ayrıca, her bir yöntemden elde edilen artıkların ak gürültü olup olmadığını anlamak için artık analiz yapılmıştır. İlk olarak Mevsimsel Naive yöntem ile elde edilen artıkların ak gürültü olup olmadığı; Tablo 2’de verilen Ljung-Box test istatistiği sonuçlarına göre ve Şekil 7 ile verilen artıkların plot grafiği, otokorelasyon katsayıları ve histogram grafiği incelenmek suretiyle değerlendirilmiştir.



**Şekil 7.** “Ellec” zaman serisinin Mevsimsel Naive yöntem ile çözümlenmesinde artık analizi için grafikler.

**Figure 7.** Graphs for residual analysis in the analysis of the “Ellec” time series with the Seasonal Naive method.

**Tablo 2.** “Ellec” zaman serisinin Mevsimsel Naive yöntem ile tahmin edilmesiyle elde edilen artıkların Ljung-Box testi uygulaması.

**Table 2.** Ljung-Box test application of residuals obtained by estimating the “Ellec” time series with the Seasonal Naive method.

Ljung-Box test	Q* = 342,37, df = 24, p-value < 2.2e-16 Model df: 0. Total lags used: 24
----------------	---

Ljung-Box test sonucuna göre  $p$  değeri  $2.2e-16$  olduğu için elde edilen artıkların ak gürültü sürecine uygun olmadığı ve yöntemin geçerli olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Şekil 7 ile verilen grafikler incelendiğinde, artıkların otokorelasyonlarının genelde güven sınırları içinde kalmadığı kayıt edilmiştir.

Sonraki aşamada, SARIMA yöntemi ile elde edilen artıkların ak gürültü olup olmadığı; Tablo 3’de verilen Ljung-Box test istatistiği sonuçlarına göre ve Şekil 8 ile verilen artıkların plot grafiği, otokorelasyon katsayıları ve histogram grafiklerinin irdelenmesiyle değerlendirilmiştir.

**Tablo 3.** “Ellec” zaman serisinin SARIMA yöntemi ile tahmin edilmesiyle elde edilen artıkların Ljung-Box testi uygulaması.

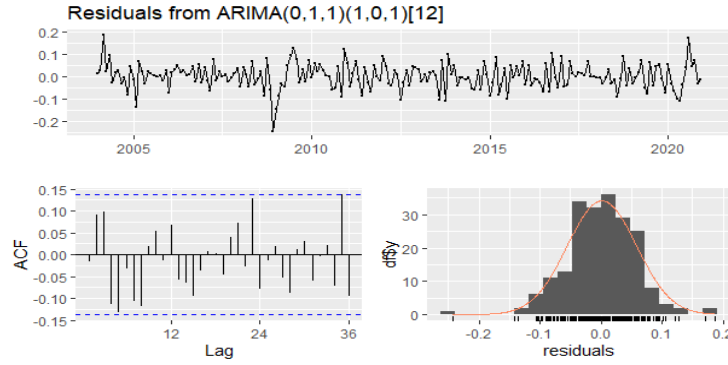
**Table 3.** Ljung-Box test application of residuals obtained by estimating “Ellec” time series by SARIMA method.

Ljung-Box test	Q* = 29,098, df = 21, p-value = 0,1117 Model df: 3. Total lags used: 24
----------------	--

Ljung-Box test sonucuna göre  $p$  değeri 0,1117 olduğu için elde edilen artıkların ak gürültü sürecine uygun olduğu ve yöntemin geçerli olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Şekil 8 ile verilen grafik sonuçlarına göre, artıkların otokorelasyonlarının genelde güven sınırları içinde kaldığı tespit edilmiştir.

Holt Winters toplamsal üstel düzleştirme yöntemi ile elde edilen artıkların ak gürültü olup olmadığı; Tablo 4’de verilen Ljung-Box test istatistiği sonuçlarına göre ve Şekil 9 ile verilen artıkların plot grafiği, otokorelasyon katsayıları ve histogram grafiği incelenmek suretiyle değerlendirilmiştir.



**Şekil 8.** “Ellec” zaman serisinin SARIMA yöntemi ile çözümlenmesinde artık analizi için grafikler.  
**Figure 8.** Graphs for residual analysis in the analysis of the “Ellec” time series with the SARIMA method.

**Tablo 4.** “Ellec” zaman serisinin Holt Winters Toplamsal üstel düzeltirme yöntemi ile tahmin edilmesiyle elde edilen artıklarının Ljung-Box testi uygulaması.

**Table 4.** Ljung-Box test application of residuals obtained by estimating “Ellec” time series with Holt Winters Additive exponential smoothing method.

Ljung-Box test	$Q^* = 44,796$ , $df = 8$ , $p\text{-value} = 4.023e-07$ Model $df$ : 16. Total lags used: 24
----------------	--

Ljung-Box test sonucuna göre  $p$  değeri  $4.023e-07$  olduğu için elde edilen artıkların ak gürültü sürecine uygun olmadığı ve yöntemin geçerli olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Şekil 9’da verilen grafiklerin incelenmesiyle, artıkların otokorelasyonlarının genelde güven sınırları içinde kalmadığı anlaşılmaktadır.

Holt Winters çarpımsal üstel düzeltirme yöntemi ile elde edilen artıkların ak gürültü olup olmadığını; Tablo 5’de verilen Ljung-Box test istatistiği sonuçlarına göre ve Şekil 10 ile verilen artıkların plot grafiği, otokorelasyon katsayıları ve histogram grafiği ile sınanmıştır.

Ljung-Box test sonucuna göre  $p$  değeri  $1.275e-05$  olduğu için elde edilen artıkların ak gürültü sürecine uygun olmadığı ve yöntemin geçerli olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

**Tablo 5.** “Ellec” zaman serisinin Holt Winters Çarpımsal üstel düzeltirme yöntemi ile tahmin edilmesiyle elde edilen artıklarının Ljung-Box testi uygulaması.

**Table 5.** Ljung-Box test application of residuals obtained by estimating “Ellec” time series with Holt Winters multiplicative exponential smoothing method.

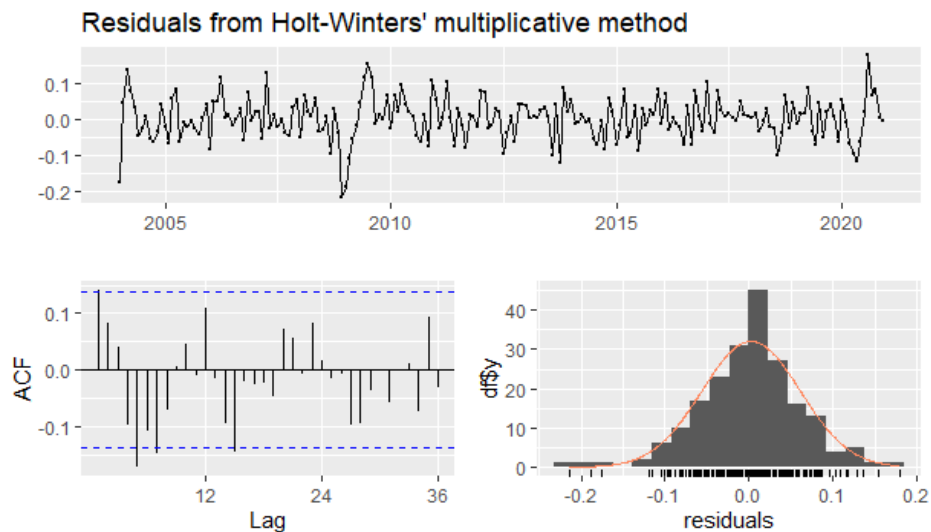
Ljung-Box test	$Q^* = 36,758$ , $df = 8$ , $p\text{-value} = 1.275e-05$ Model $df$ : 16. Total lags used: 24
----------------	--

Şekil 10 ile verilen grafik sonuçlarına göre, artıkların otokorelasyonlarının genelde güven sınırları içinde kalmadığı ifade edilebilir.

ETS yöntemi ile elde edilen artıkların ak gürültü olup olmadığı; Tablo 6’da verilen Ljung-Box test istatistiği sonuçlarına göre ve Şekil 11 ile verilen artıkların plot grafiği, otokorelasyon katsayıları ve histogram grafiği ile değerlendirilmiştir.

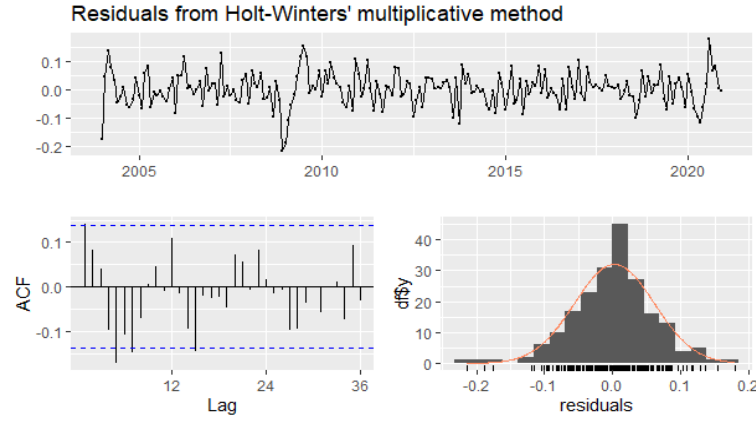
Ljung-Box test sonucuna göre  $p$  değeri  $2.057e-06$  olduğu için elde edilen artıkların ak gürültü sürecine uygun olmadığı ve yöntemin geçerli olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Şekil 11 ile verilen grafikler incelendiğinde; artıkların otokorelasyonlarının genelde güven sınırları içinde kalmadığı tespit edilmiştir.

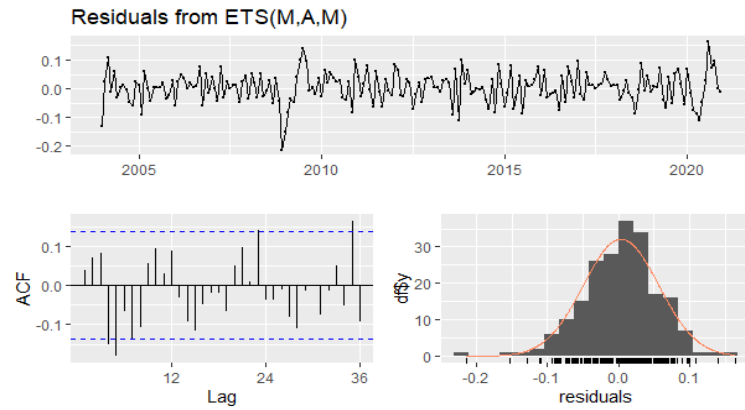


**Şekil 9.** “Ellec” zaman serisinin Holt Winters Çarpımsal üstel düzeltirme yöntemi ile çözümlenmesinde artık analizi için grafikler.  
**Figure 9.** Graphs for residual analysis in solving “Ellec” time series with Holt Winters multiplicative exponential smoothing method.





Şekil 10. “Ellec” zaman serisinin Holt Winters Çarpımsal üstel düzeltme yöntemi ile çözülmesinde artık analizi için grafikler.  
Figure 10. Graphs for residual analysis in solving “Ellec” time series with Holt Winters multiplicative exponential smoothing method.



Şekil 11. “Ellec” zaman serisinin ETS Yöntemi ile çözülmesinde artık analizi için grafikler  
Figure 11. Graphs for residual analysis in the analysis of “Ellec” time series with ETS Method

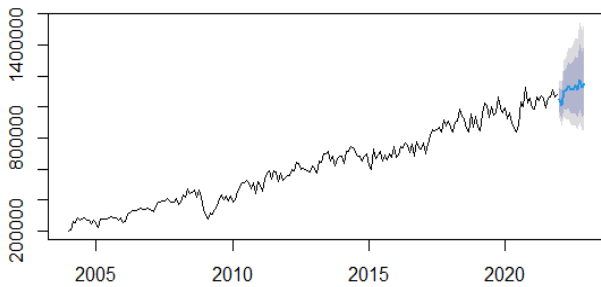
**Tablo 6.** “Ellec” zaman serisinin ETS yöntemi ile tahmin edilmesiyle elde edilen artıkların Ljung-Box testi uygulaması.

**Table 6.** Ljung-Box test application of residuals obtained by estimating “Ellec” time series by ETS method.

Ljung-Box test	Q* = 41,031, df = 8, p-value = 2.057e-06 Model df: 16. Total lags used: 24
----------------	---

Sonuç olarak tüm bulgular değerlendirildiğinde; “Ellec” zaman serisi için analiz aşamasında kullanılan yöntemler arasında en uygun yöntemin *SARIMA* yöntemi olduğu tespit edilmiştir. *SARIMA* yöntemini kullanarak “Ellec” zaman serisi için “2022 yılına” ait öngörülerin grafikleri ise Şekil 12’de gösterilmiştir.

#### Forecasts from ARIMA(0,1,1)(1,0,1)[12]



Şekil 12. “Ellec” zaman serisinin SARIMA yöntemi ile öngörüsü.  
Figure 12. Prediction of “Ellec” time series with SARIMA method.

Son aşamada Tablo 7’de “Ellec” zaman serisi için 2022 yılına ait öngörü değerleri %95 alt ve üst güven sınırı ile özetlenmiştir.

**Tablo 7.** Güven sınırları dâhil öngörülen “Ellec” zaman serisi.

**Table 7.** Projected “Ellec” time series including confidence limits.

Dönem	Öngörü	%95	
		Alt Sınır	Üst Sınır
Ocak 2022	1045942	935134.6	1169880
Şubat 2022	1012601	881202.6	1163592
Mart 2022	1104294	939566.5	1297901
Nisan 2022	1104040	920963.1	1323511
Mayıs 2022	1133334	928705.2	1383051
Haziran 2022	1109249	894229.4	1375969
Temmuz 2022	1109465	880918.7	1397306
Ağustos 2022	1132242	886282.3	1446460
Eylül 2022	1108827	856343.5	1435752
Ekim 2022	1177283	897649	1544028
Kasım 2022	1124143	846719.3	1492462
Aralık 2022	1151551	857261	1546868

## TARTIŞMA VE SONUÇ

Dünya genelinde görülen salgın hastalıklar ve siyasi istikrarsızlıklar başta olmak üzere iklim krizi ve diğer sosyoekonomik etkiler, küresel ticari deniz taşımacılığını etkileyen en önemli unsurlar haline gelmiştir. Özellikle iklim değişikliğiyle birlikte deniz taşımacılığında alışılageldik rotaların değişme ihtimaline ilaveten Çin gibi sektörü regüle eden ülkelerin *Bir Kuşak, Bir Yol* Projesi gibi vizyonları bu değişkenliği daha da dikkate değer kılmaktadır. Bu durum, mevcut bölgelerin

taşımacılık alanında farklı açılardan incelenmesi ve çalışılması noktasında araştırmacıların dikkatini çekmiştir. Ayrıca, liman lojistik tesislerinin genişletilmesinin temeli olan konteyner hacminin tahmini, bir limanın gelişmesinde büyük etkiye sahip olduğu bilinmektedir (Kim vd., 2011). Özellikle konteyner elleçlemede yakın ve uzun vadedeki değişimin öngörülmesi doğrudan ve dolaylı yoldan bu sektörle ilişkili tüm diğer paydaş sektörleri de etkileyeceğinden öngörü çalışmaları çok önem arz eder hale gelmiştir. Bu kapsamda literatürde; öngörü çalışması ile 2018'in son üç ayını ve 2019 yılını kapsayan zaman dilimi için Türkiye'deki ithalat ve ihracat konteynerlerin toplamına yönelik tahminleme işlemi gerçekleştirilmiş ve liman yöneticilerine liman operasyonlarında karar alma noktasında katkıda bulunulmuştur (Bal & Çalışır, 2018). Benzer doğrultuda, Kocaeli Limanları yük talep tahminleri üzerine gerçekleştirilen bir araştırmada 2009-2020 yılları arasında Türkiye'deki toplam yük (ton) ve toplam elleçlenen konteyner (adet) verilerinin bağımlı değişken, yine aynı yıllardaki Türkiye'ye ait GSYİH, ithalat, ihracat ve nüfus rakamlarına ait veriler bağımsız değişkenler olarak kullanılmıştır. Araştırmacı yapmış olduğu değerlendirme sonucunda, toplam yük bakımından Kocaeli limanlarının uzun vadede yeni bir kapasite arttırımına gereksinim duymadığını, konteyner açısından ise halihazırda 3,7 milyon TEU olan kapasitenin 2033 yılından itibaren gereksinimleri karşılayamayacağı ve Kocaeli'nde konteyner kapasitesinin arttırılmasına ihtiyaç olacağına dikkat çekmiştir (Doğusel, 2021). İstanbul, İzmir ve Mersin limanlarındaki konteyner trafiğini dört farklı yöntemle tahmin edildiğinin bir araştırma sonucunda, 2023 yılında bu limanlarda konteyner trafiğinin sırasıyla %60, %67 ve %95'e çıkacağı öngörülmüştür (Gökkuş vd., 2017). Türkiye'deki limanlarda gerçekleşen konteyner ve yük elleçleme miktarlarının Yapay Sinir Ağları (YSA) Doğrusal Olmayan Dışsal Girdili Otoregresif Ağ (NARX) Modeli ile öngörüsü sonucunda Temmuz 2020-Aralık 2021 dönemi için 18 aylık öngörü değerleri hesaplanarak öngörü değerlerinden açıklanan ilk 4 ay ile tahmin ve gerçek değerler mukayese edilmiştir. Konteyner elleçleme miktarı için OMYH %5,7 ve HKOK 750.153 olarak tespit edilmiştir (Kılınç, 2022). Ülkemizde Yurtiçi kargo hacimlerinin öngörüldüğü bir araştırmada; SARIMAX-ANN OMYH %4,81, Fourier ayrıştırması ile LSTM OMYH %6,52 düzeyinde tahminlenmiştir (Fiskin vd., 2022).

Literatür ile kıyaslandığında bizim çalışmamızda Mevsimsel Naive Yöntemi hariç, diğer tüm yöntemlerde OMYH değerinin %10'unun altında yer aldığı ve kullanmış olduğumuz zaman serisi için tüm analiz sonuçları incelendiğinde analiz aşamasında kullanılan yöntemler arasında en uygun yöntemin SARIMA yöntemi olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak; Lewis'in (1982)

performans ölçütü değerlendirmesine göre, test ettiğimiz öngörü yöntemlerinin OMYH değerinin %10'un altında değerler olarak "çok iyi model" sınıfına girdiğini ifade edebilmekteyiz. Ayrıca, Tablo 8'deki veriler irdelendiğinde Resmi Açıklanan Değer ile Öngörü değerleri arasında doğruluk oranı oldukça yüksek tespit edildiği de görülmektedir.

**Tablo 8.** Güven sınırları dâhil öngörülen "Ellec" zaman serisi ve ilan edilen resmi değerler.

**Table 8.** Pojected "Ellec" time series including confidence limits and official declared values.

Dönem	Öngörü	%95		Resmi Açıklanan Değer (UAB, 2022)
		Alt Sınır	Üst Sınır	
Ocak 2022	1045942	935134.6	1169880	1111995
Şubat 2022	1012601	881202.6	1163592	1006456
Mart 2022	1104294	939566.5	1297901	1068757
Nisan 2022	1104040	920963.1	1323511	1067296
Mayıs 2022	1133334	928705.2	1383051	1071176

Dolayısıyla, mevcut öngörü ile Türkiye'nin jeopolitik konumunu daha etkili şekilde kullanabilmesi ve rakipleriyle rekabet hacmini artırabilmesi açısından limanlarda gerçekleşen konteyner elleçleme miktarlarının tahminlenmesi; hizmet düzenliliğini etkileyen belirsizlikleri ortadan kaldırmada olumlu katkı sunabilir. Bunun sağlayacağı avantaj ile devlet ve/veya özel işletmeler gerçekleştirecekleri faaliyetlerde planlamalarını daha gerçekçi ve düzenlenebilir stratejiler doğrultusunda yönlendirmesi, liman işletmelerinin rakiplerine göre avantajlı konuma gelmelerine ve rakiplerine göre pazar paylarını arttırmalarına katkı sunabilecektir.

## KAYNAKLAR

- Bal, E.T. & Çalışır, V. (2018).** Konteyner Elleçleme İçin Ekonometrik Tahminleme: ARMA Modeli Uygulaması. *Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*, 9(16), 2067-2096. DOI: [10.26466/opus.485722](https://doi.org/10.26466/opus.485722)
- Doğusel, V. (2021).** Kocaeli Limanları Yük Talep Tahmini. *Deniz Taşımacılığı ve Lojistiği Dergisi*, 2(02), 82-90. DOI: [10.52602/mtl.947252](https://doi.org/10.52602/mtl.947252)
- Farhan, J. & Ong, G.P. (2016).** Forecasting seasonal container throughput at international ports using SARIMA models. *Maritime Economics & Logistics*, 1-18.
- Fiskin, C.S., Turgut, O., Westgaard, S. & Cerit, A.G. (2022).** Time series forecasting of domestic shipping market: comparison of SARIMAX, ANN-based models and SARIMAX-ANN hybrid model. *Int. J. Shipping and Transport Logistics*, 14(3), 193-221.
- Holt, C.E. (1957).** *Forecasting seasonals and trends by exponentially weighted averages* (O.N.R. Memorandum No. 52). Carnegie Institute of Technology, Pittsburgh USA.
- Hyndman, R.J. & Khandakar, Y. (2008).** Automatic time series forecasting: the forecast package for R. *Journal of Statistical Software*, 26(3), 1-22. DOI: [10.18637/jss.v026.b03](https://doi.org/10.18637/jss.v026.b03)



- [10.18637/jss.v027.i03](https://doi.org/10.18637/jss.v027.i03)
- Hyndman, R., Athanasopoulos, G., Bergmeir, C., Caceres, G., Chhay, L., O'Hara-Wild, M., Petropoulos, F., Razbash, S., Wang, E. & Yasmeen, F. (2021).** Forecast: Forecasting functions for time series and linear models. R Package Version 8.14
- İncaz, S. & Karakopru, U.O. (2021).** Impact of COVID-19 Pandemic on Ambarlı Port in Container Handling and a Forecasting Analysis for Future. *Kent Akademisi*, *14*(4), 899-910.
- Kara, A. (2011).** *İzmir (Alsancak) Limanı Gelecek Talep Tahmini İçin Bir Yöntem Önerisi*. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Kılınç, G., Karaatlı, M. & Ömürbek, N. (2022).** Türkiye Limanlarındaki Konteyner Ve Yük Elleçleme Hacimlerinin YSA NARX Modeli ile Öngörülmesi. *Verimlilik Dergisi*, *2*, 251-266. DOI: [10.51551/verimlilik.896525](https://doi.org/10.51551/verimlilik.896525)
- Kim, J.K., Pak, J.Y., Wang, Y., Park, S.I. & Yeo, G.T. (2011).** A Study on forecasting container volume of port using SD and ARIMA. *Journal of Navigation and Port Research International Edition*, *35*(4), 343-349. DOI: [10.5394/KINPR.2011.35.4.343](https://doi.org/10.5394/KINPR.2011.35.4.343)
- Lertthaitrakul, W., Khumsawat, P. & Manirochana, N. (2021).** A Comparison Forecast Volume of Outbound Containers in Case of The Bangkok Port Between Exponential Smoothing and ARIMA Model. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, *12*(8), 3010-3016. DOI: [10.17762/turcomat.v12i8.4137](https://doi.org/10.17762/turcomat.v12i8.4137)
- Lewis, C.D. (1982).** *Industrial and Business Forecasting Methods*, Butterworths Publishing, Londra.
- OECD. (2011).** Strategic Transport Infrastructure Needs to 2030. OECD Publications, Paris.
- Peng, W.Y. & Chu, C.W. (2009).** A comparison of univariate methods for forecasting container throughput volumes. *Mathematical and Computer Modeling*, *50*(7), 1045-1057.
- Saka, M. & Çetin, O. (2017).** Konteyner Taşımacılığı İçin Yeni Bir Model Önerisi: Köseköy Kuru Limanı. III. Ulusal Liman Kongresi, 1-20.
- Schulze, P.M. & Prinz, A. (2009).** Forecasting container transshipment in Germany. *Applied Economics*, *41*(22), 2809-2815.
- Şen, H., Yaşayanlar, A. & Denizhan, B. (2021).** Türkiye'de Limanlarda Yük Taşımacılığı Veri Analizi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, *22*, 436-444.
- Shankar, S., Ilavarasan, P.V., Punia, S. & Singh, S.P. (2020).** Forecasting container throughput with long short-term memory networks. *Industrial Management & Data Systems*, *120*(3), 425-441. DOI: [10.1108/IMDS-07-2019-0370](https://doi.org/10.1108/IMDS-07-2019-0370)
- Twrdy, E. & Batista, M. (2016).** Modeling of container throughput in Northern Adriatic ports over the period 1990-2013. *Journal of Transport Geography*, *52*, 131-142. DOI: [10.1016/j.jtrangeo.2016.03.005](https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.03.005)
- UAB (2022).** T.C. Ulaştırma ve Alt Yapı Bakanlığı, *Konteyner İstatistikleri*. (Erişim tarihi: 12.06.2022).
- Ubaid, A., Hussain, F. & Saqib, M. (2021).** Container Shipment Demand Forecasting in the Australian Shipping Industry: A Case Study of Asia-Oceania Trade Lane. *Journal of Marine Science and Engineering*, *9*(9), 968-988. DOI: [10.3390/jmse9090968](https://doi.org/10.3390/jmse9090968)