



İSKENDERUN TEKNİK

ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**YÜKSEK
LİSANS
TEZİ**

**KLASİK ZAMAN SERİSİ
YÖNTEMLERİ İLE KONTEYNER
ELLEÇLEME TAHMİNİ**

Banu AKKAN

**DENİZ ULAŞTIRMA MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**



KLASİK ZAMAN SERİSİ YÖNTEMLERİ İLE KONTEYNER ELLEÇLEME TAHMİNİ



**KLASİK ZAMAN SERİSİ YÖNTEMLERİ İLE KONTEYNER
ELLEÇLEME TAHMİNİ**

Banu AKKAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
DENİZ ULAŞTIRMA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

OCAK 2023

Banu AKKAN tarafından hazırlanan “KLASİK ZAMAN SERİSİ YÖNTEMLERİ İLE KONTEYNER ELLEÇLEME TAHMİNİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile İskenderun Teknik Üniversitesi Deniz Ulaştırma Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Vahit ÇALIŞIR
Deniz Ulaştırma Mühendisliği Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....
.....

Başkan: Prof. Dr. Erol EĞRİOĞLU
İstatistik Anabilim Dalı, Giresun Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....
.....

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Samet GÜRGEN
Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Anabilim Dalı, İskenderun
Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....
.....

Tez Savunma Tarihi: 23/01/2023

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....
Doç. Dr. Ersin BAHÇECİ
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

İskenderun Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülediğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu,
 - Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
 - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
 - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Banu AKKAN
27/01/2023

KLASİK ZAMAN SERİSİ YÖNTEMLERİ İLE KONTEYNER ELLEÇLEME TAHMİNİ
(Yüksek Lisans Tezi)

Banu AKKAN

İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

Ocak 2023

ÖZET

Bu çalışmada Türkiye'deki bütün limanlarda gerçekleşen ortalama konteyner elleçleme miktarının öngörüsü yapılmıştır. Konteyner elleçleme hacimlerinin öngörüsü, konteyner akışındaki planlamanın yapılmasını sağlayacak ve böylece liman işletmelerin hizmet kalitesinin iyileştirilmesine katkı sunacaktır.

Bu tez çalışmasında, Türkiye'deki limanlarda Ocak 2004-Aralık 2021 dönemine ait aylık gerçekleşen konteyner elleçleme miktarına ait veriler kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan zaman serisi hem trende hem de mevsimselliğe sahip bir zaman serisi olmakla birlikte seride baskın trend olmasından dolayı Mevsimsel Naive, Holt-Winters Toplamsal, Holt-Winters Çarpımsal, ETS ve SARIMA yöntemleri ile öngörü gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, ilgili zaman serisinin analizinde en iyi test kümesi sonucuna sahip olan model hata kareler ortalaması (HKOK) ve ortalama mutlak yüzdellik hata (OMYH) kriterleri doğrultusunda belirlenmiştir.

Sonuç olarak tüm analiz bulguları incelendiğinde 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 : Konteyner, elleçleme, zaman serisi analizi

Sayfa Adedi : 57

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Vahit ÇALIŞIR

CONTAINER HANDLING FORECASTING WITH CLASSICAL TIME SERIES
ANALYSIS
(M. Sc. Thesis)

Banu AKKAN

ISKENDERUN TECHNICAL UNIVERSITY
INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES

January 2023

ABSTRACT

In this study, the average amount of container handling in all ports in Turkey has been forecasted. The forecast of container handling volumes will enable the planning of container flow and thus support the improvement of the service quality of the enterprises.

In this thesis, data on the monthly container handling amount for the period of January 2004-December 2021 at Turkish ports were used. Although the time series used in the study is a time series with both a trend and seasonality, since it is the dominant trend in the series, predictions were made with Seasonal Naive, Holt-Winters Additive, Holt-Winters Multiplicative, ETS and SARIMA methods. 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 (RMSE) and mean absolute percent error (MAPE) criteria.

As a result of 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.

Key Words : Container, handling, time series analysis
Page Number : 57
Supervisor : Assist. Prof. Dr. Vahit ÇALIŞIR

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasını hazırlamamda kıymetli görüş ve önerilerini paylaşarak büyük katkı sunan değerli danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Vahit ÇALIŞIR'a teşekkürlerimi ve sonsuz saygılarımı sunarım.

Tez çalışması sürecinde desteklerini esirgemeyen değerli hocalarım Prof. Dr. Eren BAŞ'a, tez çalışmamın sonuçlanmasında katkı sunan değerli jüri üyelerim Prof. Dr. Erol EĞRİOĞLU ve Dr. Öğr. Üyesi Samet GÜRGEN'e teşekkür ederim.

Ayrıca tüm yaşamım boyunca maddi ve manevi yardımlarını eksik etmeyen, kıymetli Aileme teşekkürü bir borç bilmekteyim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	viii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	xi
1. GİRİŞ	1
2. DENİZCİLİK KAVRAMI VE DENİZ YOLU TAŞIMACILIĞI	3
2.1. Türkiye’de Deniz Yolu Taşımacılığı	4
2.2. Limanların Sınıflandırılması ve Ülkemiz Limanları	9
3. LİTERATÜR TARAMASI	12
4. MATERYAL VE YÖNTEMLER	20
4.1. Zaman Serisi Kavramı ve Çalışmada Kullanılan Verilerin Eldesi	20
4.2. Kullanılan Yöntemler	31
4.2.1. Mevsimsel Naive Yöntemi	31
4.2.2. Holt Winters Üstel Düzleştirme Yöntemi	31
4.2.3. ETS (Otomatik Üstel Düzleştirme) Modelleri	32
4.2.4. Otomatik SARIMA Yöntemi	33
5. UYGULAMA VE BULGULAR	35
6. TARTIŞMA	46
7. SONUÇ VE ÖNERİLER	50
KAYNAKLAR	51

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Dünyada konteyner elleçlemede ilk on ülke sıralaması (TEU)	8
Çizelge 2.2. Türkiye’de en fazla yük elleçleyen ilk 10 liman başkanlığı (TEU)	8
Çizelge 2. 3. Limanların sınıflandırılması.....	10
Çizelge 5.1. “Ellec” zaman serisi için tüm yöntemler ile elde edilen HKOK ve OMYH hata kriteri değerleri	39
Çizelge 5.2. “Ellec” zaman serisinin Mevsimsel Naive yöntem ile tahmin edilmesiyle elde edilen artıklarının Ljung-Box testi uygulaması	39
Çizelge 5.3. “Ellec” zaman serisinin SARIMA yöntemi ile tahmin edilmesiyle elde edilen artıklarının Ljung-Box testi uygulaması.....	40
Çizelge 5.4. “Ellec” zaman serisinin Holt Winters Toplamsal üstel düzleştirme yöntemi ile tahmin edilmesiyle elde edilen artıklarının Ljung-Box testi uygulaması	41
Çizelge 5.5. “Ellec” zaman serisinin Holt Winters Çarpımsal üstel düzleştirme yöntemi ile tahmin edilmesiyle elde edilen artıklarının Ljung-Box testi uygulaması	42
Çizelge 5.6. “Ellec” zaman serisinin ETS yöntemi ile tahmin edilmesiyle elde edilen artıklarının Ljung-Box testi uygulaması	43
Çizelge 5.7. Güven sınırları dahil öngörülen “Ellec” zaman serisi	45
Çizelge 6.1. Güven sınırları dâhil öngörülen “Ellec” zaman serisi ve ilan edilen resmi değerler	49

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Deniz yolu taşımacılığının ihracatta payının yıllara göre % değişimi	5
Şekil 2.2. Yıllara göre toplam konteyner elleçleme miktarları (TEU)	6
Şekil 4.1. 2004 yılına ait aylara göre toplam konteyner elleçleme miktarı (TEU).....	22
Şekil 4.2. 2005 yılına ait aylara göre toplam konteyner elleçleme miktarı (TEU).....	22
Şekil 4.3. 2006 yılına ait aylara göre toplam konteyner elleçleme miktarı (TEU).....	23
Şekil 4.4. 2007 yılına ait aylara göre toplam konteyner elleçleme miktarı (TEU).....	23
Şekil 4.5. 2008 yılına ait aylara göre toplam konteyner elleçleme miktarı (TEU).....	24
Şekil 4.6. 2009 yılına ait aylara göre toplam konteyner elleçleme miktarı (TEU).....	24
Şekil 4.7. 2010 yılına ait aylara göre toplam konteyner elleçleme miktarı (TEU).....	25
Şekil 4.8. 2011 yılına ait aylara göre toplam konteyner elleçleme miktarı (TEU).....	25
Şekil 4.9. 2012 yılına ait aylara göre toplam konteyner elleçleme miktarı (TEU).....	26
Şekil 4.10. 2013 yılına ait aylara göre toplam konteyner elleçleme miktarı (TEU).....	26
Şekil 4.11. 2014 yılına ait aylara göre toplam konteyner elleçleme miktarı (TEU).....	27
Şekil 4.12. 2015 yılına ait aylara göre toplam konteyner elleçleme miktarı (TEU).....	27
Şekil 4.13. 2016 yılına ait aylara göre toplam konteyner elleçleme miktarı (TEU).....	28
Şekil 4.14. 2017 yılına ait aylara göre toplam konteyner elleçleme miktarı (TEU).....	28
Şekil 4.15. 2018 yılına ait aylara göre toplam konteyner elleçleme miktarı (TEU).....	29
Şekil 4.16. 2019 yılına ait aylara göre toplam konteyner elleçleme miktarı (TEU).....	29
Şekil 4.17. 2020 yılına ait aylara göre toplam konteyner elleçleme miktarı (TEU).....	30
Şekil 4.18. 2021 yılına ait aylara göre toplam konteyner elleçleme miktarı (TEU).....	30
Şekil 5.1. 2004-2020 yılları arasındaki aylar bazında limanlarımızda gerçekleştirilen toplam elleçleme miktarlarına ait zaman serisi grafiği	35
Şekil 5.2. 2004-2020 yılları arasında aylar bazında elde edilen “Ellec” zaman serisi için otokorelasyon grafiği.....	36

Şekil 5.3. 2004-2020 yılları arasında aylar bazında elde edilen “Ellec” zaman serisi için kısmi otokorelasyon grafiği	36
Şekil 5.4. 2004-2020 yılları arasında aylar bazında elde edilen “Ellec” zaman serisi için mevsimsellik grafiği	37
Şekil 5.5. 2004-2020 yılları arasında aylar bazında elde edilen “Ellec” zaman serisine ait birinci fark için otokorelasyon grafiği.....	38
Şekil 5.6. 2004-2020 yılları arasında aylar bazında elde edilen “Ellec” zaman serisine ait birinci fark için kısmi otokorelasyon grafiği	38
Şekil 5.7. “Ellec” zaman serisinin Mevsimsel Naive yöntem ile çözümlenmesinde artık analizi için grafikler	40
Şekil 5.8. “Ellec” zaman serisinin SARIMA yöntemi ile çözümlenmesinde artık analizi için grafikler.....	41
Şekil 5.9. “Ellec” zaman serisinin Holt Winters Toplamsal üstel düzleştirme yöntemi ile çözümlenmesinde artık analizi için grafikler	42
Şekil 5.10. “Ellec” zaman serisinin Holt Winters Çarpımsal üstel düzleştirme yöntemi ile çözümlenmesinde artık analizi için grafikler	43
Şekil 5.11. “Ellec” zaman serisinin ETS Yöntemi ile çözümlenmesinde artık analizi için grafikler	44
Şekil 5.12. “Ellec” zaman serisinin SARIMA yöntemi ile öngörüsü.....	44

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

TEU

Twenty-Foot Equivalent Unit

Kısaltmalar

Açıklamalar

GKH

Göreceli kareler hatası

GMH

Göreceli mutlak hata

HKOK

Hata kareleri ortalamasının karekökü

ISO

International organization for standardization

OECD

Organisation for economic co-operation and development

OKH

Ortalama kare hata

OKHK

Ortalama karesel hatanın karekökü

OMH

Ortalama mutlak hata

OMÖH

Ortalama mutlak ölçekli hata

OMS

Ortalama mutlak sapma

OMYH

Ortalama mutlak yüzdelik hata

SA

Sinir ağı

SARIMA

Otoregresif hareketli ortalama modelleri

TURKLİM

Türkiye liman işletmecileri derneği

UTİKAD

Uluslararası taşımacılık ve lojistik hizmet üretenleri derneği

YSA

Yapay sinir ağı

1. GİRİŞ

Son yıllarda küresel ticaret hacmindeki artış beraberinde ekonomik girdinin temelinde en önemli kaynak noktalardan biri olan limanların da önemini arttırmaktadır. Özellikle son yarım yüzyılda 20 kat büyüyen denizyolu taşımacılığı ile yük taşıma türleri arasında, en etkin bir şekilde gelişim sağlayan tür konteyner taşımacılığı olarak karşımıza çıkmaktadır. 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 tahmine dilen 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 ve Çetin, 2017).

Öngörü çalışmaları, 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 değeri tespit etme ile sürdürülebilir ilave yatırımların da önüne açabilecek potansiyeli bünyesinde 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.

Ülkemizde gerçekleştirilen çalışmalar irdelendiğinde Türkiye'nin aylık konteyner elleçlemesine yönelik kısa dönemli öngörülerin çok kısıtlı olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle bu çalışmada, jeopolitik konumu nedeniyle kavşak noktası olan ülkemizde, liman işletmeciliğinde yöneticilere rehber olması amacıyla trend ve mevsimsellik içeren yapıya sahip veri setleri için de alternatif öngörü metodu oluşturulmuştur. Çalışma için kısa dönemli öngörülerde diğer yöntemlere göre çok daha iyi sonuçlar veren ve Türkiye'nin 2004-2021 yıllarına ait veri setine uygun olan Mevsimsel Naive, Holt-Winters Toplamsal, Holt-Winters Üstel Düzleştirme, ETS (Otomatik üstel düzleştirme) ve SARIMA yöntemleri kullanılmış ve yapılan analizler sonucunda en uygun yöntem olduğuna karar verilen SARIMA yöntemi ile 2022 yılına ait değerler tahmin edilmiştir. Çalışmanın ikinci bölümünde denizcilik kavramı, deniz yolu taşımacılığını, özellikle konteyner ile ilgili bilgileri içeren dünya ve Türkiye'den toplanmış istatistiksel bilgiler yer alırken üçüncü bölümde literatür çalışmalarına yer verilmiştir. Çalışmanın dördüncü bölümünde uygulamada kullanılacak zaman serisi ile ilgili bilgiler ve kullanılacak yöntemler tanıtılmıştır. Beşinci bölümde uygulamalar ve araştırma bulgularına yer verilerek, son bölümde literatür çalışmalarıyla tartışılarak sonuçlar ifade edilmiştir.

2. DENİZCİLİK KAVRAMI VE DENİZ YOLU TAŞIMACILIĞI

Kavram olarak denizcilik irdelendiğinde tarihsel süreçten beri süre gelen iki alt olgunun askerlik ve ticaret olduğu ifade edilmektedir (Pultar, 2019). Yaşadığımız gezegen dünyanın büyük bir kısmının su küre ile çevrili olması, karalar aşırı ülkeler arasındaki ticaretin deniz yolu ile yapılmasına neden olmuştur. Küresel düzeyde denizcilik sektörünün özellikle coğrafik keşiflerin yaşandığı 15. yy, sanayi devriminin yaşandığı 18. yy. Baltık Borsasının kuruluşu ile 20. yy'da Bretton Woods'ta uygulanan serbest ticaret ekonomisi ile iktisadi ve teknolojik gelişimin oynadığı etkin rol bilinmektedir (Tunalı ve Akarçay, 2018).

Tarihi süreci oldukça eskiye dayanan denizcilik sektörünün hem ulusal hem de uluslararası taşımacılıkta barındırdığı bileşenleri ve ilave destekleyici çalışma alanlarıyla birlikte önemli bir ekonomik sektör haline geldiği ifade edilmektedir (Esmer, 2020). Özellikle günümüz şartlarında aktif olarak gerçekleştirilen uluslararası sevkiyatların yüzde 80'inden fazlasının deniz yolu ile taşındığı düşünüldüğünde; geçmişe yönelik kıyaslamada deniz yolu taşımacılığının özellikle kıtalararası ticaretin en önemli aktörü olarak ifade edilmesine olanak sağlamaktadır (Erdönmez ve İncaz, 2016). Ayrıca, hâlihazırdaki ticari akışta 70 binin üzerinde ticaret gemisi varlığı, 5000'in üzerinde yük limanı ve her yıl yaklaşık 12 milyar ton yükün aktif olarak yer değiştirmesi, deniz yolu taşımacılığının önemini daha da arttırmaktadır (Esmer, 2020). Deniz yolu taşımacılığı diğer taşıma türleriyle kıyaslandığında; havayolu taşımacılığına oranla 14 kat, taşımacılığına oranla 3,5 kat ve karayolu taşımacılığına oranla 7 kat maliyet azaltması önemli bir avantajdır. Dahası, üretimin en önemli unsuru olan sanayi hammaddelerinin yüksek oranlarda ve tek seferde ilgili hedef limanlar arasında taşınabilir olması, deniz yolu taşımacılığının önemini daha da arttırmaktadır (TÜBİTAK, 2021). Dolayısıyla, bu çıkarımlar doğrultusunda denizciliğin küresel rekabet ortamında en önemli ticari sektör olduğunu rahatlıkla ifade edebilmekteyiz.

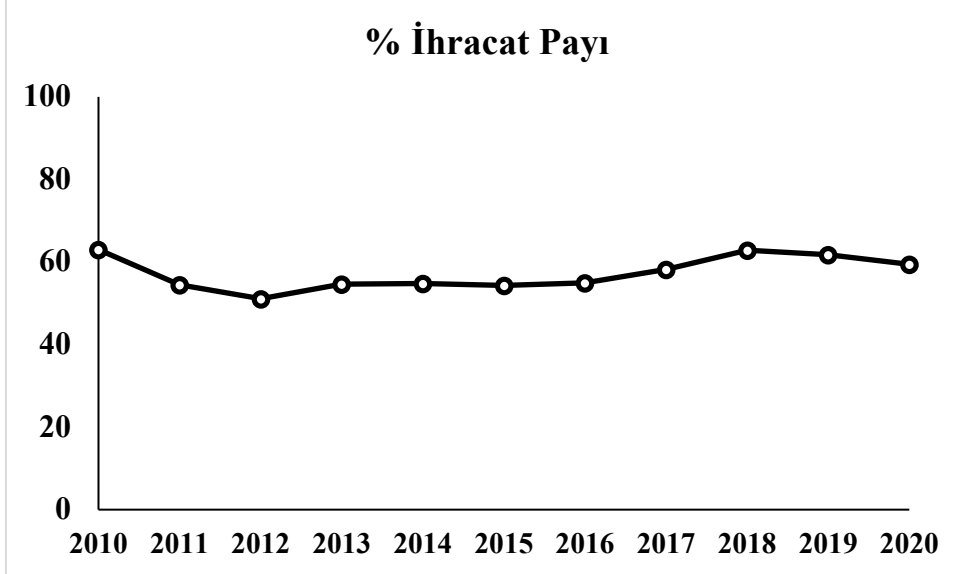
Denizcilik gemilerle birlikte, deniz yolu taşımacılığını, limanları ve bunlar arasındaki etkileşimleri de konu edinmektedir (Goss, 2002). Ayrıca, deniz yolu taşımacılığı ve limanların, bu sektörün ana karakterleri olduğu ve ticari gelişim ile refahın katalizörü olarak görüldüğü ifade edilmektedir (Notteboom, 2013). Deniz yolu taşımacılığının bir diğer önemli ana elemanı ise limanlardır. Limanlar, deniz yolunun karayolu, havayolu ve demiryolu gibi diğer taşıma yollarına bağlandığı, ulusal ve uluslararası ticaretin aracısı olmasının yanı sıra endüstriyel aktivitelerin de görüldüğü önemli kavşak noktalarıdır.

Modern deniz ticareti ise hem trafikteki malların hacmi hem de maddi değerleri açısından geniş ve tamamlayıcı bir ekonomik faaliyettir. Bu faaliyette nakliye aracı olarak kullanılan gemiler ile aktarma aracı olarak kullanılan modern limanların oldukça büyük ve yüksek teknolojik yatırımlar isteyen bir sektör olduğu bilinmektedir. Dünya ekonomisinin temel bir dalı olarak ifade edilen deniz yolu taşımacılığının aynı zamanda zaman-mekân kavramı çerçevesinde coğrafyalar ve insan toplulukları arasında da değer bağları oluşturduğu ve çok boyutlu bir hizmet olarak değerlendirilmesi gerekmektedir (Puşçacı ve Puşçacı, 2018)

2.1. Türkiye’de Deniz Yolu Taşımacılığı

Ülkemiz sahip olduğu jeopolitik ve coğrafik konumu nedeniyle kara, demiryolu, hava ve deniz taşımacılığında lojistik açıdan çok kritik bir alanda yer almaktadır. Ayrıca, ekonomik faaliyetleriyle küresel piyasaya yön veren Asya ve Avrupa kıtasının bağlantı noktasında yer alması sebebiyle global ticarete de önemli bir pozisyona sahiptir. Beraberinde sahip olduğumuz iş gücü potansiyeli, genç nüfus oranı ve düşük maliyet iyi bir lojistik altyapısı sunmaktadır (YASED, 2012). Ekonomi odaklı ele alındığında ülkemizde deniz yolu taşımacılığının ihracattaki payı ciddi orandadır (UTİKAD, 2020; Şekil 2.1). Ortalama %57,2 olan bu oran aynı zamanda denizyolu taşımacılığının ülkemiz ekonomisi için ne derece önem arz ettiğini de ifade etmektedir. Ülkemizin jeopolitik ve coğrafik konumu sayesinde dış ticaret işlemleri farklı taşıma türleri ile gerçekleşmesi mevcut potansiyelimizi de ortaya koymaktadır. Rakamlar bazında değerlendirme yaptığımızda 169,5 Milyar \$ ‘ı ihracat, 219,4 Milyar \$’ı ise ithalat olmak üzere toplam 388,9 Milyar \$’lık dış ticaret hacmi gerçekleştirilmiştir. Ticaret Bakanlığı’nın 2020 yılına ait değerlendirmelerine göre Avrupa Birliği ülkelerinin ihracat içerisindeki payı %47,9, Yakın ve Ortadoğu ülkelerinin %18,4, ve diğer ülkelerin ise %33,7’lik bir orandır (CSBB, 2022).

Coğrafik konumumuz gereği üç tarafımızın denizlerle çevrili olması ve Asya kıtası gibi ticari üretim üssü ile Avrupa kıtası arasında yer almamız nedeniyle hem ihracatta hem de ithalatta taşıma türlerinin içinde deniz yolu taşımacılığı büyük orana sahiptir. Hatta son zamanlarda artış eğilimi gösteren dış ticaret ile denizyolu taşımacılığının payı ithalatta %60’ın üstünde seyrettiği rahatlıkla ifade edilebilmektedir. Ayrıca, deniz yolu taşımacılığında birim yük başına daha uygun maliyetle uzak mesafeli yerleşim yerlerine ve bölgelere konteyner vb. ile avantajın sağlanması bir diğer tercih sebebi olmasını sağlamaktadır (Kara ve ark., 2009).



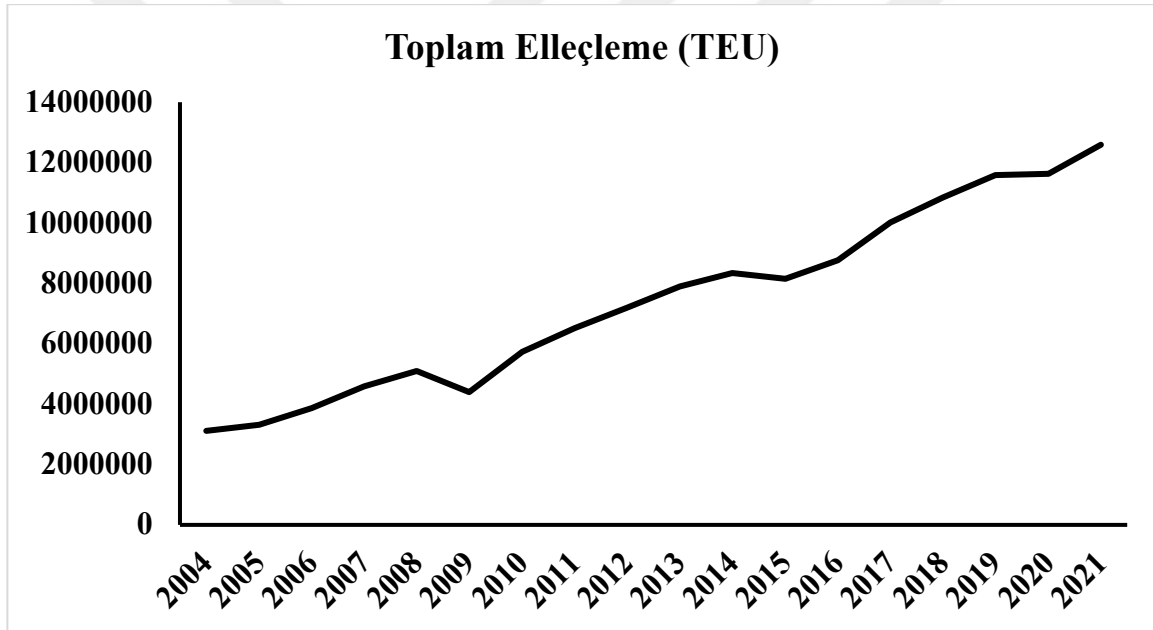
Şekil 2.1. Deniz yolu taşımacılığının ihracatta payının yıllara göre % değişimi

Denizcilik Genel Müdürlüğüne göre limanlarımızda elleçlenen yük miktarının 2019 yılına göre %2,6 oranında artış göstererek 2020 yılında 496 642 652 ton olarak gerçekleştiği rapor edilmiştir. Özellikle 2019 yılı Mart ayında başlayan COVID-19 küresel salgın tedbirleri kapsamında aynı yılın ikinci çeyreğinde geçen yılın aynı çeyreğine göre düşüş gerçekleştiği ifade edilse de limanlarımızın bu yılı geçen yıla göre elleçleme miktarlarını toplamda yaklaşık 12 500 000 ton artırarak rekor tazelediği belirtilmiştir. COVID-19 küresel salgını nedeniyle Clarkson Research isimli araştırma şirketinin verilerine göre 2020 yılında dünya konteyner taşımacılığında %4'lük bir düşüş göstereceği ifade edilmiş (UNCTAD, 2020), ancak aynı zaman dilimi içerisinde limanlarımızda elleçlenen konteyner miktarının bir önceki yıla göre %0,3 artarak 11 626 650 TEU olarak gerçekleşmiştir. Ülkemiz limanlarında 2020 yılında en fazla konteyner elleçlemesi gerçekleşen ilk 5 liman başkanlığında toplam 9 356 700 TEU konteyner elleçlenmiş olup oran olarak limanlarımızda elleçlenen toplam konteynerlerin %80,5'ine karşılık gelmektedir.

2020 yılında dış ticaret amaçlı denizyolu taşımacılığında elleçlenen toplam yük miktarı bir önceki yıla göre %3,5 artışla 365 442 296 ton, ancak denizyolu taşımacılığında elleçlenen toplam konteyner miktarı bir önceki yıla göre %0,4 azalarak 9 098 697 TEU olarak kayıt edilmiştir. İlaveten, limanlarımızda gerçekleştirilen ihracat amaçlı yükleme miktarı bir önceki yıla göre %5,5 artarak 138 902 823 ton, ithalat amaçlı boşaltma miktarı ise bir önceki yıla göre %2,3 artarak 226 539 473 ton olara, yine limanlarımızda gerçekleştirilen ihracat amaçlı konteyner yüklemeleri bir önceki yıla göre %0,5 artarak 4 618 225 TEU, ithalat

amaçlı konteyner boşaltmaları ise bir önceki yıla göre %1,3 azalışla 4 480 472 TEU olarak gerçekleşmiştir. Ayrıca, liman başkanlıklarınca yetkilendirilen tartı aleti operatörleri tarafından Doğrulanmış Brüt Ağırlık (DBA) Belgesi düzenlenerek gemilere yüklenen dolu konteyner sayısının 2019 yılına göre %14,3 artarak 2 434 004 adet olarak gerçekleştiği de kayıt edilmiştir (UAB, 2022).

Ülkemiz limanlarının toplam elleçlenen konteyner miktarlarını içeren Şekil 2.2’de gösterilmiştir (UAB, 2022). Grafikte bir önceki yıla göre 2009, 2011, 2013 ve 2015 yılları hariç artışın yaşandığı görülmekle birlikte, en yüksek artışın %18,77 ile 2007 yılında, en yüksek azalışın ise %13,58 ile 2011 yılında tespit edilmiştir.



Şekil 2.2. Yıllara göre toplam konteyner elleçleme miktarları (TEU)

Dünyada konteyner elleçlemede 2010 yılından 2017 yılına kadar Mısır’ın açık ara birinciliği 2017 yılında itibaren 2021 yılına kadar ikinci olarak, 2021 yılında ise üçüncü olarak sürmüştür. 2010 ve 2011 yıllarında 6 ve 5. Sırada yer alan Yunanistan’ın, 2012 yılından itibaren günümüze kadar ilk üç sırada yer aldığı görülmektedir. Benzer şekilde diğer bir Akdeniz ülkesi olan İtalya’nın da 2019 yılından önde ilk dört sırada yer aldığını söyleyebilmekteyiz (UAB, 2022; Çizelge 2.1).

Ülkemizde en fazla yük elleçleyen ilk 10 liman başkanlığı incelendiğinde; 2012 yılından beri Ambarlı ve Mersin Limanlarının açık ara ilk iki sırada yer aldığı, Kocaeli (İzmit) Limanının 2012 yılı hariç diğer tüm yıllarda üçüncü sırada yer aldığını ifade edebilmekteyiz.

Ayrıca, 2019 yılı ve sonrasında sıralamada bir trendin yakalandığı ve sıralamanın Ambarlı, Mersin, Kocaeli, Tekirdağ, Aliğa, Gemlik, İskenderun, İzmir, Antalya ve Samsun Limanı şeklinde olduğunu söyleyebilmekteyiz. Ayrıca, Bölgesel olarak limanlarımızda elleçlenen yükün %38'inin (189,8 milyon ton) Marmara Bölgesinde, %36'sının (175,5 milyon ton) Akdeniz Bölgesinde, %17'si (85,8 milyon ton) Ege Bölgesinde ve %9'u Karadeniz Bölgesinde gerçekleşmiştir (TURKLİM, 2021; Çizelge 2.2).



Çizelge 2.1. Dünyada konteyner elleçlemede ilk on ülke sıralaması (TEU)

	2010/sıra	2011/sıra	2012/sıra	2013/sıra	2014/sıra	2015/sıra	2016/sıra	2017/sıra	2018/sıra	2019/sıra	2020/sıra	2021/sıra
Mısır	1 185 907/1	1 207 353/1	1 122 973/1	1 230 870/1	1 275 693/1	1 186 594/1	1 258 403/1	1 242 965/2	1 135 056/2	13 297 861/2	1 102 769/2	1 150 079/3
İtalya	882 628/2	703 332/2	504864/4	557 863/3	523 932/4	518 358/3	623 085/3	669 738/3	622 660/4	5 452 677/7	517 415/6	630 837/5
Belçika	543 473/3	662 677/3	659 89/2	548 852/4	597 956/3	514 126/4	404 136/5	421 523/7	389 221/8	6 375 053/5	583 834/5	600 166/6
İsrail	355 735/4	313 682/7	410058/7	432 410/6	360 938/8	373 898/5	387 320/6	492 374/5	766 527/3	7 083 877/4	960 121/3	1 152 745/2
Çin	344 334/5	484 253/4	473837/5	488 883/5	506 243/5	347 804/7	515 694/4	519 800/4	424 117/7	4 363 490/8	486 668/7	454 947/8
Yunanistan	242 608/6	346 236/5	631 603/3	778 278/2	846 363/2	992 313/2	1 034 345/2	1 311 562/1	1 479 950/1	13 949 776/1	1 310 997/1	1 199 475/1
İspanya	230 324/7	345 631/6	445351/6	375 782/8	408 725/6	332 742/8	364 563/7	425 739/6	517 237/5	8 622 340/3	852 753/4	793 851/4
Rusya Fed.	204 215/8	254 083/8	311275/8	394 988/7	354 937/9			348 637/9	346 319/10	3 563 135/10	385 741/9	415 981/9
Singapur	186 544/9									3 890 874/9		
Malta	128 322/10	225 630/10	266690/10	341 561/9	370 247/7	354 189/6	321 771/9	379 451/8	362 570/9			
Gürcistan		227 177/9	278 869/9	327 278/10	345 973/10	277 512/10					326 451/10	
Lübnan						300 620/9	304 529/10	308 834/10				
Romanya							343 307/8					
Suudi Arabistan									503 124/6	5 663 790/6	399 186/8	489 736/7
ABD												348 790/10

Çizelge 2.2. Türkiye’de en fazla yük elleçleyen ilk 10 liman başkanlığı (TEU)

	2012/sıra	2013/sıra	2014/sıra	2015/sıra	2016/sıra	2017/sıra	2018/sıra	2019/sıra	2020/sıra	2021/sıra
Ambarlı	3 023 960/1	3 318 129/1	3 444 926/1	3 061 501/1	2 780 168/1	3 122 504/1	3 169 535/1	3 104 883/1	2 887 807/1	2 942 549/1
Mersin	1 250 873/2	1 367 134/2	1 483 945/2	1 428 300/2	1 406 400/2	1 553 841/2	1 662 361/2	1 854 312/2	1 948 695/2	2 106 936/2
Kocaeli	630 153/5	807 756/3	899 104/3	988 906/3	1 143 007/3	1 315 991/3	1 597 621/3	1 715 194/3	1 800 642/3	1 967 945/3
Tekirdağ	1 627/10	1 602/10	784/10	129 259/9	680 270/5	936 481/4	1 084 196/4	1 413 961/4	1 444 035/4	1 812 024/4
Aliğa	413 573/6	466 010/6	536 517/6	580 251/6	641 844/7	794 342/6	944 705/5	1 132 480/5	1 275 520/5	1 389 367/5
Gemlik	686 245/4	669 305/5	708 365/4	685 605/4	693 163/4	799 122/5	854 698/6	861 657/6	843 119/6	911 611/6
İskenderun	83 207/8	148 017/8	185 359/8	228 297/7	375 033/8	448 082/8	512 299/8	680 120/7	710 587/7	678 459/7
İzmir	695 799/3	683 608/4	678 756/5	649 567/5	679 905/6	637 902/7	610 908/7	541 679/8	436 385/8	516 375/8
Antalya	179 351/7	216 221/7	188 932/7	178 389/8	172 064/9	199 892/9	190 840/9	150 678/9	109 408/9	116 954/9
Samsun	27 303/9	33 362/9	48 443/9	54 987/10	52 106/10	65 927/10	69 235/10	67 426/10	106 281/10	100 881/10

Türkiye Uluslararası Taşımacılık ve Lojistik Hizmet Üretenleri Derneği (UTİKAD) tarafından yayınlanan Lojistik Sektör Raporunda 2020 yılının 3. çeyreği verilerine göre, taşınan malların değeri bazında son 10 yıllık dönem çerçevesinde denizyolu taşımacılığı ithalat ve ihracatta diğer ulaşım türleri arasında en büyük paya sahip olduğu ifade edilmektedir. 2010-2019 yılları arasında ithalat alanında denizyolu taşımacılığının %62-70 oranında bir paya olduğu, ancak 2020 yılının ilk üçeyreğinde bu oranın %60 seviyesinin altında olan %58,10 oranına gerilediği ifade edilmiştir. Aynı raporda, ihracat taşımalarında ise 2010-2018 yılları arasında denizyolu taşımacılığı oranının artış trendi taşıdığı söylenmektedir. 2010 yılında %51,41 olan denizyolu taşımacılığı payının en yüksek pay olan %63,31'e 2018 yılında yükseldiği, 2019 yılında ise %60,82'lik bir orana düşüş yaşadığı, hatta 2020 yılının ilk üçeyreğinde bu oran %59,86 olarak kayıt edilmiştir. Raporda, düşüşlerin yaşanma nedeni olarak COVID-19 pandemi süreci gösterilmektedir (UTİKAD, 2020).

2.2. Limanların Sınıflandırılması ve Ülkemiz Limanları

Küresel ticaretin bel kemiği olan deniz taşımacılığı, küresel taşımacılığın yaklaşık %90'undan sorumludur (UNCTAD, 2018). Limanlar, deniz taşımacılığı ağındaki gemi rotaları ile birbirine bağlanan ana hat noktalarıdır. Benzer şekilde, modern küresel tedarik zinciri konseptinde, limanların işlevi sıradan operasyon merkezlerinden (yükleme, boşaltma ve depolama) tüm tedarik zincirini düzenleyen küresel tedarik zincirinin önemli düğümlerine kaymıştır (Han, 2018). Bu evrim, küresel ticareti entegre eden ve farklı taşıma modları arasındaki bağlantıyı kolaylaştıran konteyner fikrinin ortaya çıkmasıyla da yankılanan son yıllarda liman talebini önemli ölçüde artırdı (Rashed vd., 2018). Bu fonksiyonun yanı sıra limanlar, gemilerin atıklarının da toplandığı kıyı tesisleridir (Yaşar, 2005). Dünya ticaretinin mevcut pazar ürünlerinin döngüsünü ve taşınımını sağlamada, ihtiyaç duyulan bölgelere eriştirilmesinde lojistik bir merkez işlevi olan limanlar, aynı zamanda küresel ekonomik güç göstergesinin de en önemli unsurlarından biridir (Erkmen ve Özkaynak, 2015). Ancak, dünyanın büyük limanlarının çoğu coğrafi olarak şehirlerle çevrilidir ve bu da fiziksel genişlemelerini kısıtlar. Bu nedenle, limanlar, toplam lojistik maliyetini azaltmak için verilen hususlar dikkate alınarak, harici ve dahili önlemlerle verimliliklerini artırmaya zorlandığı bilinmektedir (Wu ve Goh, 2010). Ayrıca, limanların verimli ve etkin bir biçimde işletilmesi, yük elleçleme faaliyetlerinin uluslararası standartlarda yürütülmesi büyük önem taşımaktadır (Esmer ve Karataş Çetin, 2003). Bu ticari eylemlerin yanı sıra limanlar, bir

şehrin oluşumunda, gelişiminde ve fonksiyonel işleyişinde büyük bir role sahip olup, çok farklı biçimde sınıflandırmaya tabiidir (Koldemir ve Kahraman, 2020, Çizelge 2.3). Ancak genel olarak; faaliyet alanlarına, yük tiplerine, mülkiyet yapılarına ve verdikleri hizmet tiplerine göre gruplandırılabilir (Esmer ve ark., 2013). Üç tarafı denizlerle çevrili olan ülkemizin toplam kıyı uzunluğu 8 333 km olup, bu uzunluğun 2 805 km'sini Ege kıyıları, 1 795 km'sini Karadeniz kıyıları, 1 577 km'sini Akdeniz kıyıları ve 927 km'sini Marmara kıyıları oluşturmaktadır. Endüstriyel gelişimin en fazla olduğu Marmara Bölgesinde bu gelişime paralel olarak önemli ticari limanlarımız da yer almaktadır (Lojiport, 2020).

Çizelge 2.3. Limanların sınıflandırılması

Faaliyet Alanlarına Göre Limanlar	Yük Tiplerine Göre Limanlar	Mülkiyet Yapısına Göre Limanlar	Verdikleri Hizmete Göre Limanlar
a) Kıtalararası limanlar	a) Genel kargo limanı	a) Kamu limanları	a) Ana liman
b) Ulusal limanlar	b) Konteynır limanı	b) Kamu-özel limanları	b) Aktarma limanı
c) Bölgesel limanlar	c) Çok amaçlı liman:	c) Özel limanlar	c) Uğrak limanı
d) Yerel limanlar	d) Ro-Ro limanı		d) Besleme limanı
	e) Dökme yük limanı		
	f) Sıvı yük limanı		

Ülkemizdeki liman yerleri Ayvalık Limanı, Ambarlı Limanı, Altınel Limanı, Alidaş Limanı, Aliğa Limanı, Bodrum Limanı, Bartın Limanı, Bandırma Limanı, Çeşme Limanı, Çanakkale Limanı, Ceyhan (Botaş) Limanı, Dikili Limanı, Derince Limanı, Finike Limanı, Fethiye Limanı, Güllük Limanı, Giresun Limanı, Gemlik Limanı, Hopa Limanı, Haydarpaşa Limanı, İzmir Limanı, İskenderun Limanı, İnebolu Limanı, Kuşadası Limanı, Kemer Limanı, Kaş Limanı, Karaköy Limanı, Mudanya Limanı, Mersin Limanı, Marmaris Limanı, Ortadoğu Limanı (Antalya), Ordu Limanı, Rize Limanı, Sinop Limanı, Samsun Limanı, Tuzla Limanı, Turgut Reis Limanı, Trabzon Limanı, Tekirdağ Limanı, Taşucu Limanı, Yalıkavak Limanı, Zonguldak Limanı ve Zeytinburnu Limanı şeklindedir. Denizyolu taşımacılığında temel unsurlarımızdan biri olan ülkemiz limanlarından en önemlilerinin özellikleri irdelendiğinde; en büyük liman olan Ambarlı, aynı zamanda kargo tonajı bakımından 5. sırada yer almaktadır. 21 adet rıhtımıyla Mersin Limanı, senkron bir biçimde 30'a yakın gemiye yükleme-boşaltma faaliyetini yerine getirmekte olup, yıllık ortalama 15 000 000 ton yük sevkiyatı kapasitesine sahiptir. Ayrıca, üzerinde demiryolu ağı vardır. İzmir Limanı ise yılda yaklaşık 3 640 gemiye faaliyet sunma kapasitesine sahiptir. Karadeniz

Bölgemizde yer alan ve üzerinde demiryolu ağı bulunan Samsun Limanı yılda 1 130 gemiye hizmet sunma kapasitesine sahip olup, yıllık 2 380 000 ton rıhtım kapasitesine erişebilmektedir. Doğu Karadeniz Bölgesi'nin en büyük Limanı olan Trabzon limanı ise, yıllık 5 000 000 ton kapasite ve 3,5 ton depolama alanı sunmaktadır. Mersin ve İzmir Limanı'ndan sonra Türkiye'nin 3. büyük limanı konumunda yer alan Haydarpaşa Limanı, Marmara Bölgesi'nin en büyük konteyner limanıdır. Bu liman yıllık 52 800 tonluk kapasitesine sahiptir. Bandırma Limanı ise 2 771 000 tonluk kapasitesinin yanı sıra yıllık ortalama 4 280 gemiye faaliyet sunma kapasitesine sahiptir. Yıllık gemi kapasitesi 862 ton olan Derince limanı, otomotiv sektörü açısından oldukça önemlidir. İskenderun Limanı ise kıta sahanlığı en geniş olan limandır. Demir yolu ağı bulunan bu limandan, çoğunlukla ağır yük gemileri hizmet almaktadır (Lojiport, 2020).

Terminal sayısı bakımından limanlarımız değerlendirildiğinde; 69 terminal ile en fazla terminal Doğu Marmara Bölgesinde yer almaktadır. Bu bölgeyi sırasıyla Doğu Akdeniz Bölgesi 57 terminal, Batı Karadeniz Bölgesi 45 terminal, Kuzey Batı Marmara Bölgesi ise 33 terminal ile takip etmektedir. Güney Ege Bölgesi'ndeki limanlarımız konteyner hizmeti veremez iken, Güney Ege ve Batı Akdeniz Bölgesi'ndeki Limanlarımızda Ro-Ro hizmeti verilmemektedir. Diğer yandan, konteyner gemilerine hizmet veren limanlarımız incelendiğinde ülkemizde toplam 28 adet değişik formda (iskele, rıhtım) liman yer almaktadır. Bu limanların önemli bir kısmı konteyner yükleri dışında diğer yüklere de hizmet sunmaktadır. Ayrıca, işletme izinlerinde konteyner gemilerine yönelik faaliyetler bulunmakla birlikte, konteyner hizmeti sunmayan limanlar da mevcuttur. Elleçlenen toplam konteyner hacmi açısından sıralama yapıldığında; birinci sırada %59,5 ile Marmara Bölgesi limanları, %24,4 ile Akdeniz Bölgesi limanları, %15,2 ile Ege Bölgesi limanları ve %0,9 ile Karadeniz Bölgesi limanları yer almaktadır (TURKLİM, 2021).

3. LİTERATÜR TARAMASI

Seabrooke ve ark. (2003), Hong Kong limanına yönelik talebi tahmin etmede regresyon analizini kullanarak deniz taşımacılığına olan talebin azalan bir oranda artacağını rapor etmiştir. Ayrıca, komşu limanların varlığının Hong Kong limanının büyümesini yavaşlattığını, ancak rakip Shenzhen limanlarının hizmetlerine olan talep arttıkça, ilgili ücretler ve masrafların da artacağını ifade etmektedir. Sonuç olarak, Hong Kong ve Shenzhen limanları arasındaki fiyat farkının azalmasına ek olarak, Hong Kong limanının, daha yüksek hizmet kalitesi ve daha basit gümrük prosedürleri ile avantajlı olduğunu belirtmektedir.

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 SARIMA modelini kullanarak konteyner hacmini tahmin etmiştir. Araştırmacılar, konteyner hacmini en doğru öngörecektir yöntemi tespit etmek için tahmin değerlerini kıyaslamıştır. Performans karşılaştırmasında her model için OMH, OMYH, OKHK değerleri dikkate alınmıştır. Sonuç olarak, bu modellere aylık veriler uygulayarak ve için OMH, OMYH ve OKHK'ya dayalı tahmin sonuçlarını karşılaştırarak, genel olarak klasik ayrıştırma modelinin, mevsimsel değişikliklerle konteyner verimini tahmin etmek için en iyi model olduğu ortaya çıkartılmıştır.

Schulze ve Prinz (2009), Alman limanlarındaki konteyner aktarmalarını Mevsimsel SARIMA modeli ve Holt-Winters üstel yumuşatma yaklaşımıyla irdelemişlerdir. Modeller, özellikle kullanılan üç aylık verilerin mevsimsel davranışını dikkate alacak şekilde tasarlanmıştır. Araştırmaya ait zaman serileri 1989'un ilk çeyreğinden 2006'nın dördüncü çeyreğini içermekte olup, 2007 ve 2008 yılları için ayrıntılı üç aylık tahminler sunulmuştur. Ortalama kare hatası ve Theil's U gibi tahmin hatası ölçümlerine göre, SARIMA modelinin daha uygun olduğu; öngörü sonuçlarına göre toplamda ve özellikle Asya ve Avrupa destinasyonları için Alman konteyner elleçlemesinde daha da güçlü bir büyümeye işaret ettiği vurgulanmıştır.

Chen ve Chen (2010), Tayvan limanlarının konteyner çıkış miktarlarını genetik programlama (GP), ayrıştırma yaklaşımı (x-11) ve SARIMA yöntemleri için zaman serisi

olarak 29 yıllık geçmiş verileri kullanmıştır. Araştırmacılar, öngörülen ve gerçek veriler arasındaki OMYH seviyeleri, her üç yaklaşım için de %4'ün içinde, GP modeli öngörülerinin ise diğer yöntemlere nazaran %32-36 daha iyi sonuç verdiğini belirtmiştir. Sonuç olarak, GP modeline göre 2008 yılında Tayvan'ın ana limanlarındaki konteyner hacminin yavaş yavaş artacağını öngörülmüştür.

Kara (2011), İzmir (Alsancak) Limanı gelecek talep tahmini amacıyla konteyner ve karışık yük trafik verilerini kullanılmış ve zaman serisi yöntemiyle İzmir (Alsancak) Limanının 2016 yılına kadar gelecek yük trafiğini tahmin etmiştir. Araştırmacı tarafından, veri setinin fazla olmaması ve uzak gelecekte sağlıklı kestirimler yapılamayacağını düşünülmesinden dolayı, gözlenmiş verilerin istatistiksel özelliklerini taşıyan yapay verilerin üretilerek, bu verilerden kestirimde kullanılması yolunu tercih edilmiştir. Zaman serisi olarak Ocak,1998 ile Ağustos 2011 tarihleri arasında İzmir Limanına ait, toplam karışık yük için aylık yükleme ve boşaltma (genel kargo, katı, sıvı, konteyner) trafik verileri, Box Jenkins tarafından geliştirilen ARIMA yöntemi ile analiz etmiştir. Sonuç olarak, İzmir (Alsancak) Limanı'na ait toplam 164 aylık (konteyner+ karışık) yük trafiği verileri kullanılarak zaman serisi yöntemiyle yine İzmir (Alsancak) Limanı'nın gelecek 60 aylık yük trafiği tahminlenmiş ve geriye dönük tahminlerde elde edilen değerler gerçek verilere oldukça yakın görülerek kurulan modelin yeterli olduğu ifade edilmiştir.

Kim ve ark. (2011), Kore'nin tüm konteyner elleçleme hacmini, dinamik bir analiz tekniği olan ARIMA modeli ve Sistem Dinamiği (SD) yöntemi kullanılarak öngörmüştür. Zaman serisi olarak Kore'nin 1990-2010 aralığında tüm konteyner elleçleme hacmi aylık rakamları kullanılmıştır. Sonuç olarak; araştırma bulgularında ARIMA yöntemiyle öngörülen sonuçların, Kara, Ulaştırma ve Denizcilik Bakanlığı'nın tahmini ile önemli bir farklılığa sahip olduğu ifade edilmiştir.

Tür ve ark. (2013), Antalya Limanı'nda elleçlenen konteyner miktarını bulanık sinir ağı ile modellenerek ileriye yönelik elleçleme tahminleri gerçekleştirmiştir. Bu amaç için Port Akdeniz'den 2008-2011 yıllarına ait 4 yıllık (48 aylık) konteyner elleçleme verileri kullanılmıştır. Elde edilen bulgular, bulanık sinir ağı tabanlı modelinin, lineer regresyon modeline göre daha doğru sonuç verdiğini ve veri setinin daha uzun olduğu durumlarda tahmin modelinin çok daha tutarlı ve doğru sonuçlar vereceği yönündedir.

Xie ve ark. (2013), Ocak 2001-Aralık 2012 arasında kayıt edilen aylık verilerden faydalanarak limanlardaki konteyner hacim tahmini için üç farklı yöntem test etmişlerdir. Araştırmacılar test ettikleri yöntemlerin öngörü performanslarını karşılaştırmak için OKHK, HO (Hareketli Ortalama) ve OMYH değerlerini kullanmışlardır. Önerilen hibrit yaklaşımların, öngörü performansına ilişkin ölçüm kriterleri açısından geleneksel yöntemlere kıyasla daha iyi tahmin performans sergilediği gösterilmiştir.

Min ve Ha (2014), zaman serisi olarak 1994'ten 2010'a kadar üç aylık verilerle bir Mevsimsel ARIMA (Otoregresif Entegre Hareketli Ortalama) tekniğini kullanarak tüm Kore limanlarının konteyner hacimlerini tahmin etmek için bir model geliştirmiştir. SARIMA modelinin tahmin doğruluğunu doğrulamak için, tahmini hacimler, gerçek hacimlerle birlikte SARIMA modelinden elde edilmiştir. Ayrıca, SARIMA modelinin tahmin edilen hacimleri, bir tahmin modeli olarak üstünlüğü göstermek için bir ARIMA modelininkilerle karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, SARIMA Modelinin yüksek düzeyde tahmin doğruluğuna sahip olduğunu ve tahmin doğruluğu açısından ARIMA modelinden üstün olduğunu gösterilmiştir.

Twrdy ve Batista (2016), Markov zinciri yıllık büyüme oranı modeli, eğilim bileşeniyle zaman serisi modeli, gri sistem modelini kullanarak Kuzey Adriyatik limanlarında (Koper, Trieste, Venedik, Ravenna ve Rijeka) konteyner hacmi tahmin etmiştir. Veri seti olarak limanlardaki 1990-2013 arasındaki yıllık konteyner hacimlerini kullanan araştırmacılar, elde ettikleri öngörü değerlerinin karşılaştırması için OMH, OMYH, OKHK değerlerini hesaplamıştır. Sonuç olarak, bir liman sistemi içindeki dahili ilişkilerin tanımlanması için bir teknik olarak tanıtılan LVM'nin, yalnızca konteyner aktarım hızı verileriyle iyi çalıştığı belirtilmiştir. Ayrıca, bu durumun LVM'nin bir tahmin aracı olmadığı gerçeğinden kaynaklandığı, ancak araştırmacılara gözlemlenen süre boyunca sistemde geliştirilen ilişkiler ve sistem kapasitesi hakkında bazı bilgiler verdiği ifade edilmiştir.

Bal ve Çalışır (2018), 2018'in son üç ayını ve 2019 yılını kapsayan zaman dilimi için Türkiye'deki ithalat ve ihracat konteynerlerin toplamına yönelik aylık öngörü yaparak liman yöneticilerine liman operasyonlarında karar alma noktasında katkı sağlamak amacıyla yapmış oldukları çalışmada; zaman serisi olarak Deniz Ticareti Genel Müdürlüğü İstatistik Bilgi Sisteminden 2004-2018 yıllarına ait aylar bazında ihracat ve ithalat toplam TEU istatistiklerini kullanmışlardır. 2004 yılının ilk ayından 2017 yılının son ayına kadar olan

veri seti model oluşturmak amacıyla kullanılmış, oluşturulan bu modelden 2018 yılının ilk dokuz ayı için öngörü yapılarak, 2018'in ilk dokuz ayına ait gerçek değerler ile modelin tutarlılığı test edilmiştir. Araştırmacılar tarafından tutarlı görülen model aracılığıyla 2018 ve 2019 yılı için aylık öngörü gerçekleştirmiştir. Sonuç olarak, elde edilen 9 model arasında kısa dönemli öngörülerde ARMA modeli seçilmiş ve bu model üzerinden öngörüde bulunulmuştur.

Farhan ve Ong (2018), Mevsimsel otoregresif entegre hareketli ortalama (SARIMA) modellerinin, belirli bir konteyner limanında güvenilir mevsimsel konteyner hacmi tahminleri sağlamak için kullanabileceğini belirterek, mevsimsel değişiklikleri göz önünde bulundurarak konteyner limanlarında konteyner hacmini tahmin etmede SARIMA modellerinin kullanımını araştırmıştır. 1999-2007 yılları arasında aylık konteyner limanı trafik verilerinden oluşan bir veri seti kullanımı sonucunda SARIMA modellerinin büyük uluslararası limanlarda güvenilir çıktı tahminleri üretebildiği bulunmuştur.

Güzey (2019), Türkiye'deki bir limanın 2017 yılından sonraki iki yılda farklı operasyon türleri için (genel kargo, konteyner, araç) yük elleçleme hacimlerini istatistiksel tahmin yöntemleri ve makine öğrenme yöntemlerinden faydalanarak tahmin etmiş ve performanslarını analiz etmiştir. Bu amaç için Ocak 2012-Aralık 2017 arasındaki dönem için Türkiye'de bir limandan toplanan 72 aylık (ilk 5 yıl eğitim veri seti ve son yıl test veri seti) veri seti kullanılmıştır. Araştırma bulgularına göre, Toplamsal Holt Winter's, konteyner ve araç elleçleme hacimleri için en iyi tahmin yöntemi, genel kargo için ARIMA yönteminin en iyi tahmin değerlerini sağladığı tespit edilmiştir.

İncaz ve Karaköprü (2021), konteyner elleçlemede COVID-19 pandemisinin Ambarlı Limanına etkisi ve geleceğe yönelik tahmin analizini Tek Üstel Düzleştirme Yöntemiyle gerçekleştirmiştir. 2010-2020 yıllarında toplam elleçlenen konteyner miktarının (TEU) zaman serisi olarak kullanıldığı çalışmada, Ambarlı Limanı'ndan elleçlenen konteyner hacminin önümüzdeki beş yıl içinde ortalama 3029595 TEU civarında olacağı, bu hacmin de Ambarlı Limanı'nın son 10 yılda taşıdığı ortalama TEU sayısı civarında olduğu rapor edilmiştir.

Altın ve Eroğlu (2020), Antalya'da bulunan Port Akdeniz Limanı yük talep tahminini, konteyner bazında ve mevsimsel farklılıklar dikkate alarak, Ocak 2018-Aralık 2019 (24 ay)

dönemi için analiz etmiştir. Zaman serisi olarak Ocak 2008-Aralık 2017 (120 ay) aralığına ait konteyner istatistiklerinden faydalanılmış ve Gri Tahmin ile BoxJenkins yöntemlerini kullanmıştır. Gri Model (1,1) ve ARIMA (0,1,0)x(0,1,1)₁₂ modelleri ile elde edilen analiz sonuçlarına göre; Gri Model (1,1)'in OMYH ve OMH değerlerine göre, ARIMA (0,1,0)x(0,1,1)₁₂ modelinin HKOK, OKH ve sapma değerlerine göre daha iyi ve uygun tahmin değerleri verdiği kaydedilmiştir.

Darendeli ve ark. (2020), yapmış oldukları çalışmada, Türkiye'nin en büyük deniz taşımacılığı ve lojistik şirketinin gelecekteki konteyner slot rezervasyonlarını optimize edebilmesi amacıyla doğru konteyner taleplerini doğru bir şekilde tahmin etmek için makine öğrenmesi yöntemlerini kullanarak çeşitli tahmin modellerini geliştirmiştir. Araştırmacılar veri seti olarak şirketin iç talep verilerini ve gayri safi yurtiçi hasıla (GSYİH), enflasyon oranı ve döviz kuru gibi çeşitli dış verilerini kullanmıştır. Lineer Regresyon, Boosted Decision Tree Regresyon, Decision Forest Regresyon ve Yapay Sinir Ağı Regresyon algoritmalarına dayalı dört tahmin modeli oluşturularak, bu yöntemlerin performansları belirleme katsayısı OMH, OKH, GMH ve GKH göre değerlendirilmiştir. Analiz sonuçları Boosted Decision Tree Regresyon ve Decision Forest regresyon yöntemlerinin en iyi tahmin doğruluğunu sağladığını göstermiştir.

Polat (2020), liman İşletmelerinde TEU hareketlerinin göz önüne alınarak, yapay zeka ve istatistiksel yöntemlerle tahminleme ve kıyaslama üzerine yapmış olduğu çalışmada; örnekle bir konteyner limanına ait olan verileri, MATLAB programı kullanılarak yapay sinir ağıları metodu ile tahminlemiştir. Araştırmacı ayrıca, istatistiksel tahmin yöntemlerinden, ağırlıklı hareketli ortalama metodu ve üstel düzeltme metodu ile yine aynı veriler üzerinden, tahmin yaparak 3 metodun sonucunu kendi aralarında kıyaslamıştır. Sonuç olarak, YSA yöntemin OMYH, OKH ve OMS sonucunun, AHO ve Üstel düzeltme tahmin yöntemlerine göre daha küçük olduğu ve gerçeğe daha yakın tahminler ürettiği tespit edilmiştir.

Koyuncu ve ark. (2021), COVID-19'un deniz ticareti üzerindeki derin etkisi, mevsimsel değişimler dâhil ve hariç olmak üzere 89 büyük uluslararası konteyner limanında RWI/ISL Kapsayıcı Verim Endeksini SARIMA ve ETS modelleriyle açıklamaya çalışmışlardır. Zaman serisi olarak Ocak 2007'den Şubat 2020'ye kadar toplanan aylık RWI/ISL verileri kullanılmıştır. 2020 yılının ilk ayı zaman serisinde bir dönüm noktası olduğundan, 2020 yılının ilk üç ayı Ocak 2007-Aralık 2019 dönemini ait verilerden tahmin edilmiştir.

Araştırmacılar modelleme aşamasında R programlama dilinden faydalanarak, SARIMA modelinin RWI/ISL tahmini için ETS modeline göre daha uygun ve verimli olduğunu göstermiştir. Ayrıca, üç aylık tahmin sonuçlarında düşüşün devam edeceği tespit edilmiştir.

Shankar ve ark. (2020), Singapur Limanlarındaki konteyner çıktı verilerini kullanarak uzun kısa süreli bellek (LSTM) ağlarını uygulamış ve çıktı sonuçlarını, ARIMA, basit üstel yumuşatma, Holt-Winter's, hata-eğilim-mevsimsellik, trigonometrik regresyonlar (TBATS), sinir ağı (SA) ve ARIMA+SA ile öngörülerini ile kıyaslamıştır. Sonuç olarak, LSTM'nin diğer tüm kıyaslama yöntemlerinden daha iyi performans gösterdiğini belirtmiştir.

Lertthaitrakul ve ark., (2021), Bangkok Limanı'nın giden konteynerlerinin hacmini tahmin ederek üstel yumuşatma ve ARIMA yöntemlerini karşılaştırmışlardır. Zaman serisi olarak, Ocak 2011'den Aralık 2020'ye kadar olan verilerin kullanılması sonucunda elde edilen HKOK çıktıları, ARIMA tahmin yönteminin bu zaman serisi veri seti için Üstel Düzeltme yönteminden daha uygun olduğu, ancak her iki modelin de birlikte kullanılabileceği yönündedir.

Milenkovic ve ark. (2021), model geliştirme ve test için Barselona Limanı aylık konteyner trafik gözlemlerinden oluşan zaman serilerini kullanarak metasezgisel temelli sinir ağı aracılığıyla; konteyner trafiğinin tüm bileşenlerini (transit, yüklü, boşaltılmış ve boş), bir diğer ifadeyle toplam konteyner trafiğini öngörmüş ve geleneksel ARIMA tekniğiyle mukayese etmiştir. Zaman serisi olarak Ocak 2010 ile Aralık 2016 arasındaki dönemi kapsayan konteyner veriminin aylık gözlemleri kullanmışlardır. Bu verilerin ilk 72 aylık gözlemleri eğitim veri seti olarak, kalan 12 gözlem ise seçilen modellerin tahmin kabiliyetini doğrulamak amacıyla kullanılmıştır. Her bir zaman serisi, her bir model için OMH, HKOK ve OMYH değerlerine göre kıyaslanmış ve en iyi performansa sahip modeller belirlenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, geliştirilen parametrik olmayan yöntemlerin, tüm zaman serileri için ARIMA tekniğinden önemli ölçüde daha iyi performans sergilediği, GA-FANN yönteminin, toplam, transit ve yüksüz konteyner akışları durumunda SA-FANN'den daha iyi performans gösterdiği, SA-FANN yönteminin ise, yüklü ve boş konteyner akışları için çok daha düşük performans ölçüm değerlerine sahip olduğu şeklinde ortaya çıkartılmıştır.

Özdemir (2021), denizcilik sektörü de dâhil olmak üzere birçok sektörde, özellikle çok sayıda aktif dinamik faktör nedeniyle mevcut pandemi ile geleceği planlamanın zor

olduğunu, bu nedenle “YSA” modellerinin tahmin doğruluğu ve güvenilirliğini çeşitli algoritmalarla karşılaştırarak, Türk limanlarında elleçlenen TEU bazındaki aylık konteyner sayısına dayalı navlun talep tahminlerini belirlemeyi amaçlamıştır. Zaman serisi olarak Ocak 2005 ile Aralık 2018 arasında Türkiye limanlarında elleçlenen aylık konteyner hacmi verilerini kullanılmış ve EViews 5 yazılımı ile artırılmış Dickey-Fuller testlerini yapmıştır. “Üstel yumuşatma” ve “Box-Jenkins” zaman serisi yöntemleri ile geliştirilen 12 gecikmeli YSA modelinin en yüksek doğruluğu sağladığını ortaya çıkarmıştır.

Ubaide ve ark. (2021), Avustralya denizcilik endüstrisinde konteyner sevkiyat talebi (ithalat) tahminine yönelik gerçekleştirdikleri araştırmada, kısa vadeli ve uzun vadeli ithalat talebini öngörmede, mevsimsel oto-regresif entegre hareketli ortalama (SARIMA), Holt-Winters'ın mevsimsel yöntemi ve Facebook's Prophet olmak üzere üç tahmin modelini karşılaştırmıştır. Zaman serisi olarak 2016-2018 yılları arasındaki talep verileri kullanılmıştır. Modellerin karşılaştırılmasında OMYH, OKHK ve 2 kat ileriye doğru çapraz değerleri dikkate alınmıştır. Seçilen metriklerden analiz edilen sonuçlara göre, Facebook's Prophet yönteminin konteyner sevkiyat talep tahmini için hem kısa hem de uzun vadeli talep tahmininde Holt-Winters'ın mevsimsel yönteminden ve SARIMA'dan daha iyi performans gösterdiği tespit edilmiştir.

Şen ve Ark. (2021), Türkiye'de Limanlarda Yük Taşımacılığı Veri Analizi için T.C Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı'ndan alınan Türk limanlarındaki son 15 yıla ait yük istatistik verileri kullanılmış ve bu veriler üzerinde Lineer Regresyon Yöntemi ve Yapay Sinir Ağları (YSA) Yöntemini kullanılarak zaman serisi analizini gerçekleştirmiştir. Sonuç olarak, YSA yönteminin gerçeğe daha yakın sonuçlar verdiği ifade edilmiştir.

Atak (2022), yapmış olduğu araştırmada günümüzde küresel ticaretin kilit unsuru olarak görülen deniz taşımacılığında 65 konteyner terminali kaza raporunu, Bulanık C-ortalama kümeleme algoritması ile kök neden analizi kapsamında kümelendirerek farklı makine öğrenmesi teknikleri ile yorumlamıştır. Bulgulara göre Bulanık C-ortalamalar kümelemesinin, konteyner terminal operasyonlarında modellerin açıklama gücü üzerinde olumlu bir etkisi olduğunu göstermektedir.

Fiskin ve ark. (2022), yapmış oldukları araştırmada, yurtiçi kargo hacimlerinin tahmin modelini oluşturmak amacıyla SARIMAX ile makine öğrenmesi modelleri MLP, LSTM ve

NARX ve hibrit model SARIMAX-ANN kullanmıştır. Zaman serisi olarak Türkiye'nin yurtiçi kargo hacimlerine dayalı 177 aylık veri seti (YSA tabanlı modellerde 141 eğitim, 18 doğrulama ve 18 test verisi) kullanan araştırmacılar, SARIMA-MLP modellerinin, en azından sevkiyatın zaman serisi tahminleri için uygun bir alternatif olarak değerlendirilebileceğini göstermiştir. Ayrıca, 4,81 OMYH ile SARIMAX-MLP'nin, LSTM ile SARIMAX modellerinden daha iyi performans gösterdiği ifade edilmiştir.

Kılınç ve ark. (2022), Türkiye'deki limanlarda gerçekleşen konteyner ve yük elleçleme miktarının Yapay Sinir Ağları (YSA) Doğrusal Olmayan Dışsal Girdili Otoregresif Ağ (NARX) Modeli ile öngörmüştür. Araştırmacılar Ocak 2004-Ekim 2020 dönemine ait aylık verilerden oluşan zaman serisini kullanmışlardır. Konteyner elleçleme ve yük elleçleme miktarı iki bağımlı değişken, Döviz Sepeti Kuru (USD-EURO), Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GSYH), Tüketici Güven Endeksi, Brent Petrol, İhracat, İthalat ve Sanayi Üretim Endeksi bağımsız değişkenler olarak kullanılarak; Yapay Sinir Ağları (YSA) Doğrusal Olmayan Dışsal Girdili Otoregresif Ağ (NARX) Modeli ile öngörü gerçekleştirilmiştir. Araştırmacılar, Temmuz 2020-Aralık 2021 dönemi için hesaplanan 18 aylık öngörü değerlerinden ilk 4 ay ile tahmin ve gerçek değer karşılaştırılmış ve OMYH, OMH, HKOK ve OMS performans ölçütleriyle değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, NARX sinir ağları modelinin birden fazla değişken ile çalışabilme imkânı sunması ve durağanlığını yitirmiş değişkenlerin doğrusal olmayan ilişkilerini de yüksek performans ile öngörmek amacıyla gerçeğe çok yakın değerler verdiği ifade edilmiştir.

4. MATERYAL VE YÖNTEMLER

4.1. Zaman Serisi Kavramı ve Çalışmada Kullanılan Verilerin Eldesi

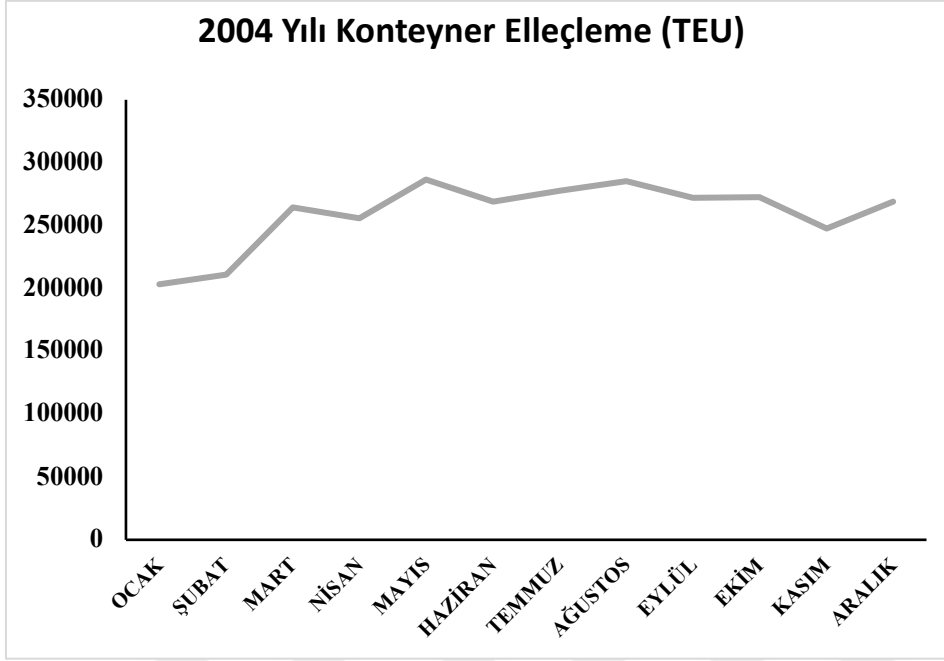
Bir zaman serisi, belirli bir zaman periyodu boyunca ardışık sırada meydana gelen bir veri noktaları dizisidir. Bir zaman serisi trend, mevsimsel, düzensiz ve konjonktürel hareketler olmak üzere dört şekilde gruplanabilir. Trend, serinin uzun bir süre boyunca artma veya azalma eğilimini gösterir. Trend, zaman serisinin artan uzun vadeli bir model mi yoksa azalan bir uzun vadeli model mi sergilediğine bağlı olarak pozitif veya negatif olabilir. Mevsimsellik, zaman serileri her yıl aynı ay (veya aylar) boyunca veya her yıl aynı çeyrekte gösterdiği düzenli dalgalanmalar olarak ifade edilebilir. Düzensiz bileşen, bir zaman serisinin mevsimsel ve trend bileşenleri tahmin edildikten ve çıkarıldıktan sonra kalan bileşendir. Konjonktürel bir diğer ifadeyle çevresel hareketler, zaman serisinin trend doğrusu veya eğrisi etrafındaki uzun dönem dalgalanmalarıyla açıklanmaktadır (Özek, 2010). Ayrıca, zaman serileri elde edilme biçimine göre de farklı şekilde gruplandırılabilir. Bunlar; belirli periyotlarda benzer davranış sergileyen mevsimsel ve mevsimsel olmayan zaman serileri, ortalama değere olan yakınlığına göre durağan ve durağan olmayan zaman serileri ve zaman serisinin gözlenmesine göre sürekli ya da kesikli zaman serileri olarak isimlendirilebilir. Zaman serileri, aykırı verileri yakalama, tahminleme, eksik verileri tamamlama ve hata düzeltme amacıyla kullanılabilir (Seker, 2015). Zaman serilerinde tahmin yöntemleri tek değişkenli tahmin yöntemleri ve çok değişkenli tahmin yöntemleri olmak üzere ikiye ayrılır. Tek değişkenli tahmin modellerinde, tek bir değişkenden faydalanılarak analiz ve geleceğe yönelik tahmin yapılır. Çok değişkenli tahmin yöntemlerinde ise farklı zaman serileri arasında analiz yapılarak, bu değişkenler arasındaki sebep sonuç ilişkisi ifade edilir (Arslan, 2021). Tahmin amaçlı bir zaman serisi analizinde, öncelikle eldeki serinin zaman yolu grafiği çizilerek serinin trendliği, konjonktürel dalgalanma içerip içermediği ve mevsimsel hareketleri olup olmadığı irdelenir. Bu özelliklerden bir ya da birkaçı varsa bunlardan arındırılarak seri temiz dizi haline getirilir (Mercan, 2016). Sonraki aşamada ise uygun model grubu seçilerek uygulama gerçekleştirilir değerlendirilir (Özmen, 1986).

Bu araştırmada kullanılacak olan veri seti T.C. Ulaştırma ve Alt Yapı Bakanlığı Denizcilik İstatistikleri Bilgi Sisteminden temin edilmiştir. 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 olduğu gibi kullanılmıştır. Çalışmanın amacı ülkemiz limanlarının 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 üstel düzleştirme, Holt-Winters çarpımsal üstel düzleştirme, ETS (Otomatik üstel düzleştirme) ve SARIMA yöntemleri kullanılmıştır.

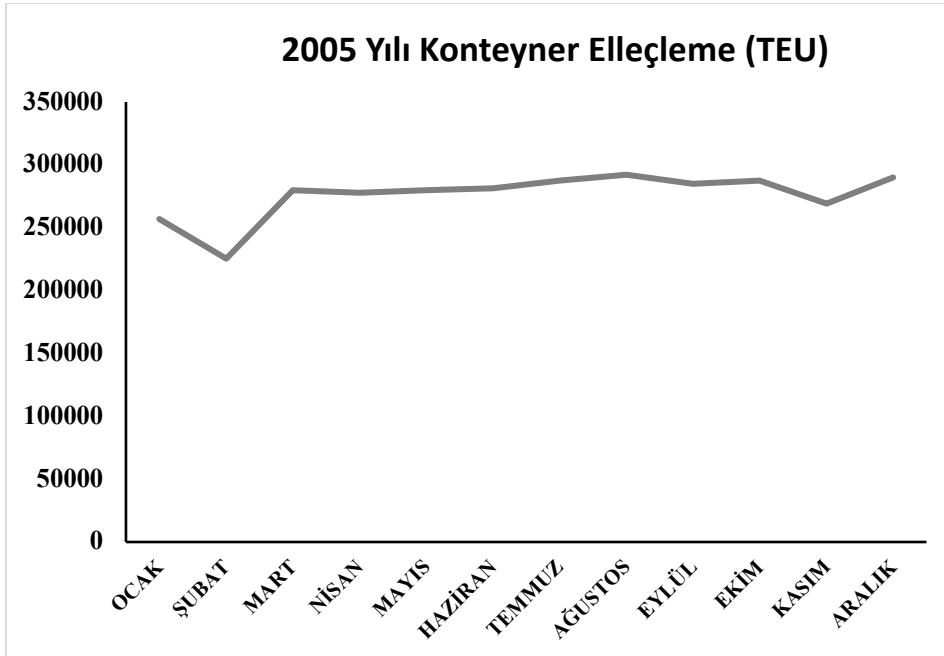
Çalışmada öncelikle 2004'ün ilk ayından 2020 yılının son ayına kadar olan veri seti eğitim verisi olarak, son yıl olan 2021 yılına ait veri seti ise test kümesi olarak belirlenmiştir. Bu aşamada; Box vd., (1976) istatistiksel olarak güvenilir ve doğrulanabilen titiz bir modeli belirlemek ve uydurmak için geliştirdiği sistematik yaklaşım izlenilmiştir. Üç adımdan oluşan bu süreç: (i) model tanımlama, (ii) öngörü ve tanı testi ve (iii) öngörüye uygulama. Bu adımlar, bir dizi geçici model öneren yinelemeli bir süreçte gerçekleştirilmiştir. Bunlar için parametreler tahmin edilmiş, ardından aşağıdakileri sağlamak için bir dizi tanı testi ve görsel inceleme yapılmıştır: (a) modelin verilere uygunluğunun yeterliliği, (b) parametrelerin önemi ve tersinirlik koşulunun sağlanması, (c) artıkların rastgeleliği ve (d) modellerin güvenilir tahminler üretme kabiliyetini kontrol etmek için çapraz doğrulama, burada HKOK ve OMYH hesaplanmıştır. Bu kriterlere göre en iyi yöntem seçilmiş ve seçilen bu yöntem üzerinden 2022 yılının tüm ayları için aylık öngörü yapılmıştır.

Bu araştırmadaki zaman serilerini oluşturan verilere ait grafiklerin yıllar ekseninde aylık konteyner elleçleme miktarı (TEU) değişimini gösteren grafikler aşağıdaki gibidir. 2004 yılında ülkemiz limanlarından toplam 3113855 TEU konteyner elleçlenmiş olup, en yüksek hacim Mayıs ayında 286562 TEU, en düşük Ocak ayında 203254 TEU olarak kayıt edilmiştir (Şekil 4.1).



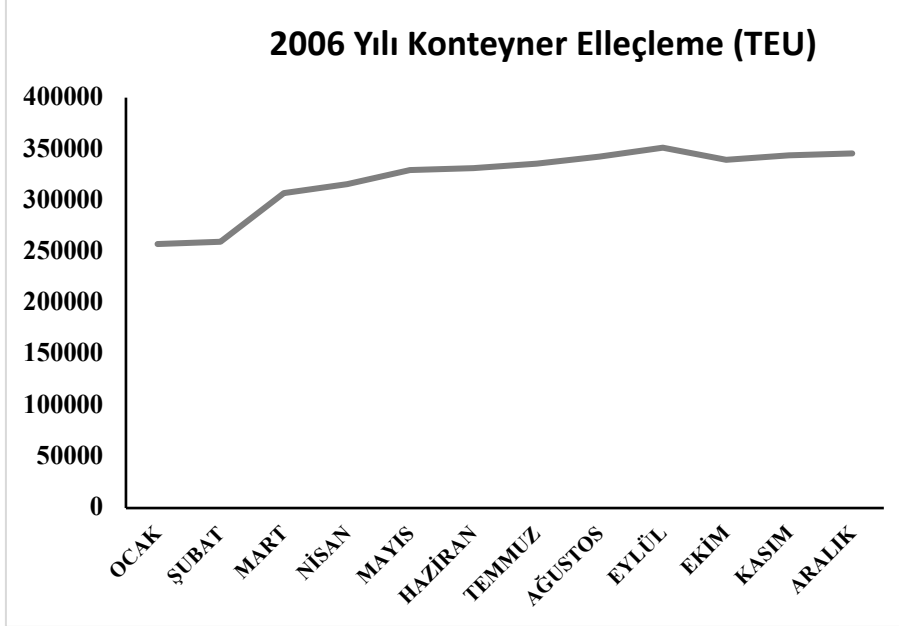
Şekil 4. 1. 2004 yılına ait aylara göre toplam konteyner elleçleme miktarı (TEU)

2005 yılında ülkemiz limanlarından toplam 3312208 TEU konteyner elleçlenmiş olup, en yüksek hacim Ağustos ayında 292152 TEU, en düşük Şubat ayında 225391 TEU olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.2).



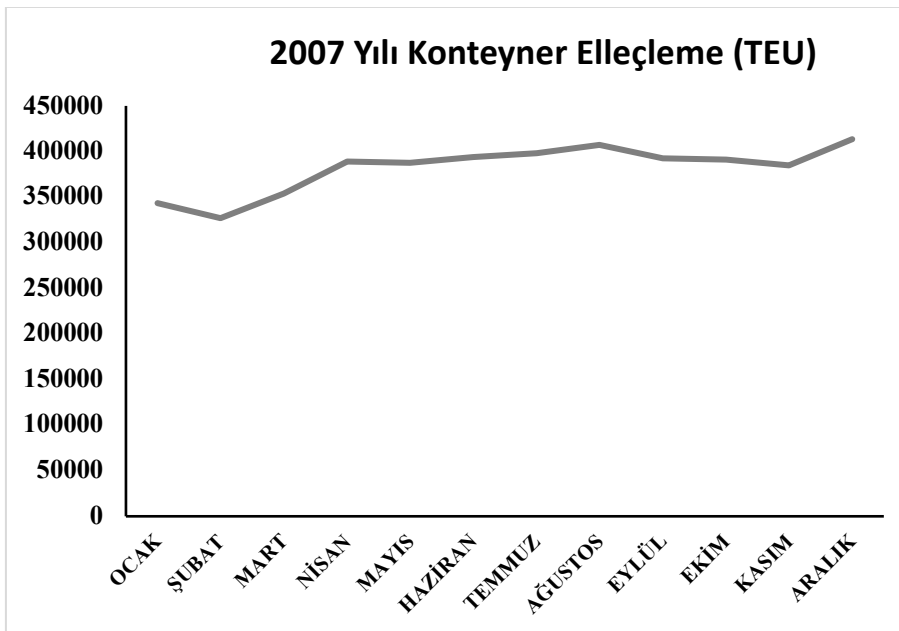
Şekil 4. 2. 2005 yılına ait aylara göre toplam konteyner elleçleme miktarı (TEU)

2006 yılında ülkemiz limanlarından toplam 3858052 TEU konteyner elleçlenmiş olup, en yüksek hacim Eylül ayında 351227TEU, en düşük Ocak ayında 257321 TEU olarak belirlenmiştir (Şekil 4.3).



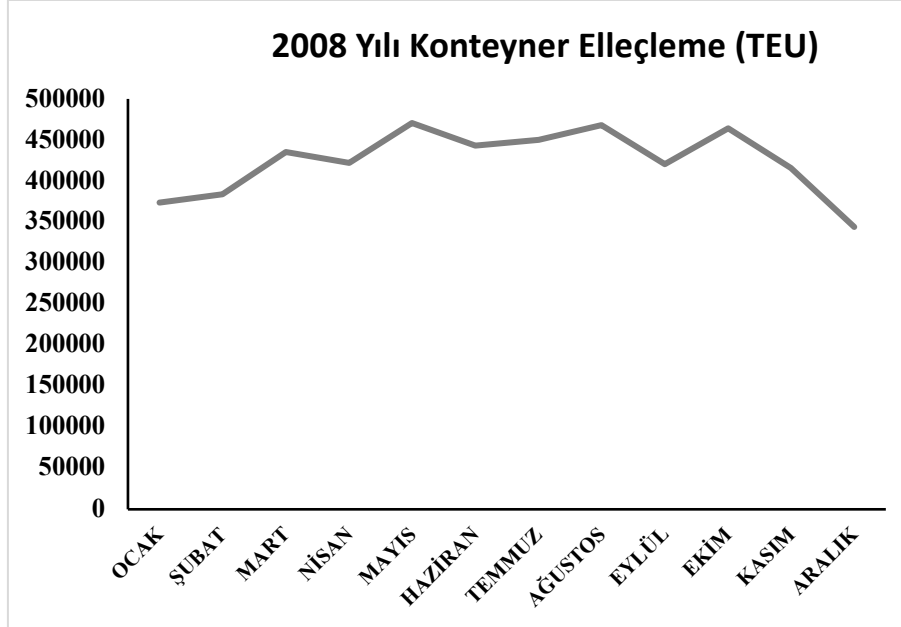
Şekil 4. 3. 2006 yılına ait aylara göre toplam konteyner elleçleme miktarı (TEU)

2007 yılında ülkemiz limanlarından toplam 4582267 TEU konteyner elleçlenmiş olup, en yüksek hacim Aralık ayında 413506 TEU, en düşük Şubat ayında 326901 TEU olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.4).



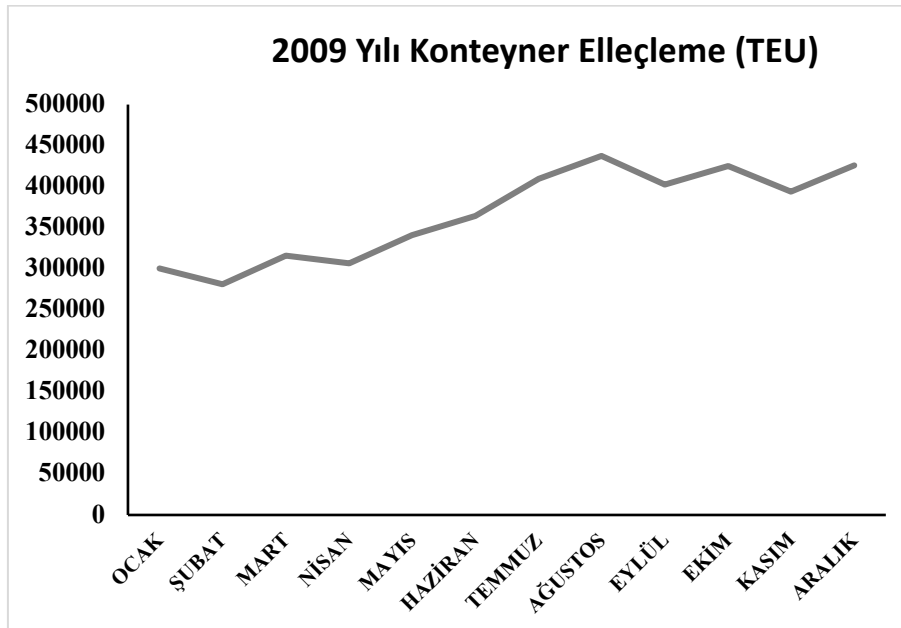
Şekil 4. 4. 2007 yılına ait aylara göre toplam konteyner elleçleme miktarı (TEU)

2008 yılında ülkemiz limanlarından toplam 5091621 TEU konteyner elleçlenmiş olup, en yüksek hacim Mayıs ayında 470635 TEU, en düşük Aralık ayında 343998 TEU olarak belirlenmiştir (Şekil 4.5).



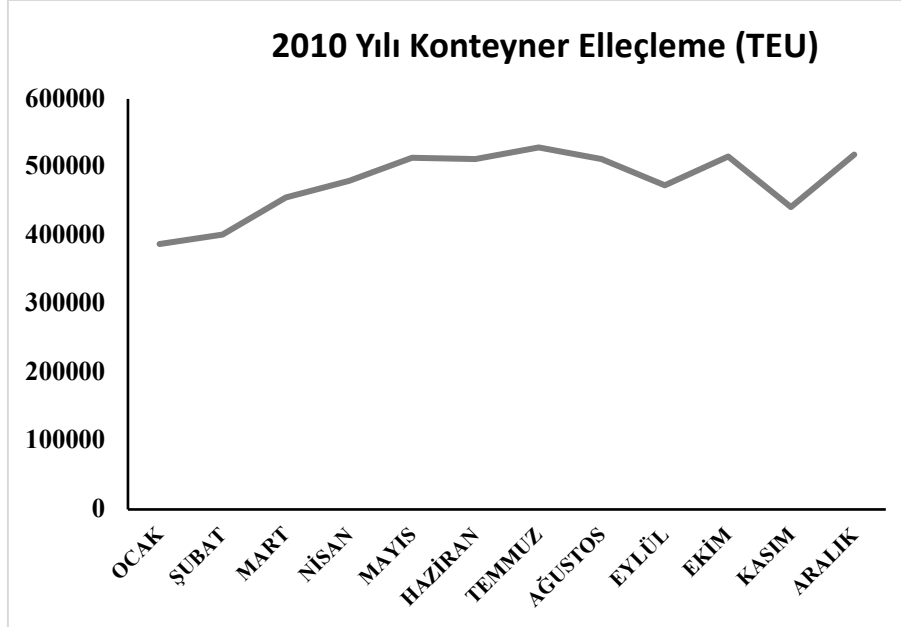
Şekil 4. 5. 2008 yılına ait aylara göre toplam konteyner elleçleme miktarı (TEU)

2009 yılında ülkemiz limanlarından toplam 4404442 TEU konteyner elleçlenmiş olup, en yüksek hacim Ağustos ayında 437465 TEU, en düşük Şubat ayında 281062 TEU olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.6).



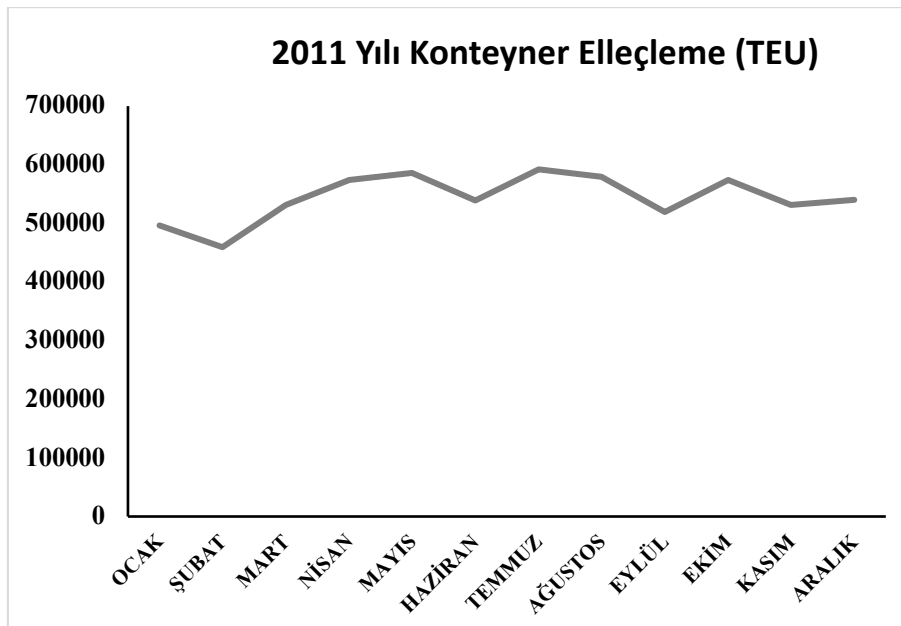
Şekil 4. 6. 2009 yılına ait aylara göre toplam konteyner elleçleme miktarı (TEU)

2010 yılında ülkemiz limanlarından toplam 5743455 TEU konteyner elleçlenmiş olup, en yüksek hacim Temmuz ayında 529081 TEU, en düşük Ocak ayında 387918 TEU olarak belirlenmiştir (Şekil 4.7).



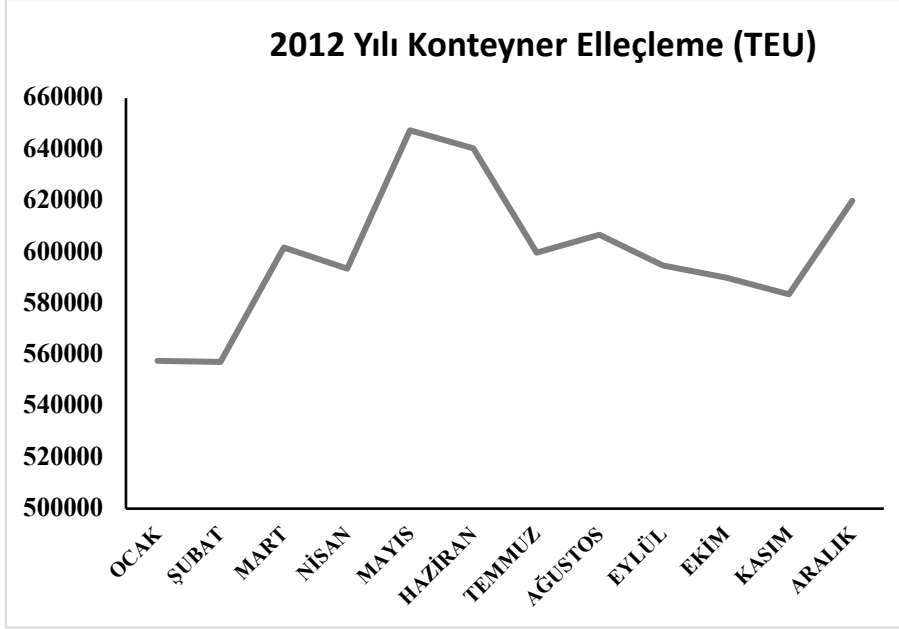
Şekil 4. 7. 2010 yılına ait aylara göre toplam konteyner elleçleme miktarı (TEU)

2011 yılında ülkemiz limanlarından toplam 6523506 TEU konteyner elleçlenmiş olup, en yüksek hacim Temmuz ayında 592088 TEU, en düşük Şubat ayında 459396 TEU olarak kayıt edilmiştir (Şekil 4.8).



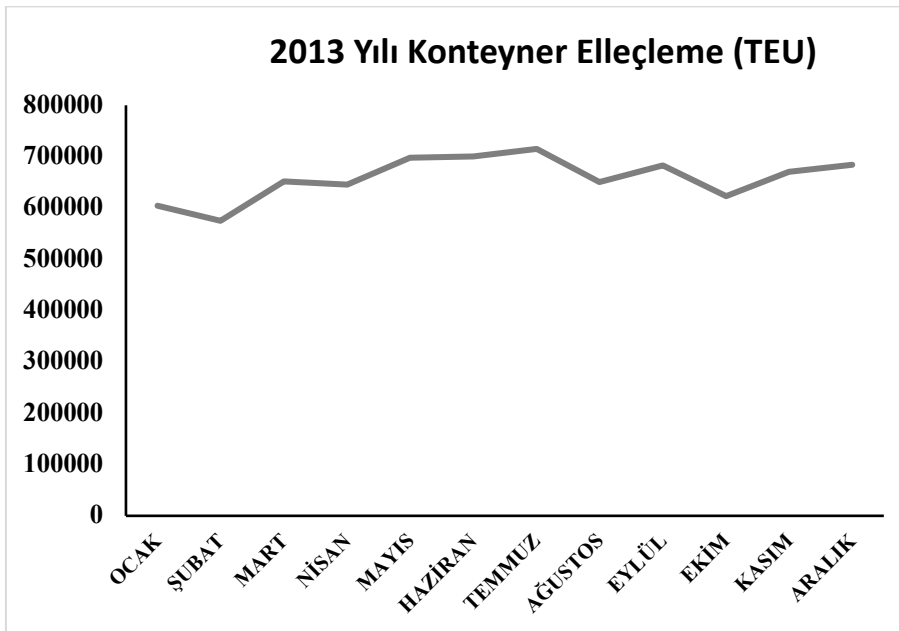
Şekil 4. 8. 2011 yılına ait aylara göre toplam konteyner elleçleme miktarı (TEU)

2012 yılında ülkemiz limanlarından toplam 7192396 TEU konteyner elleçlenmiş olup, en yüksek hacim Mayıs ayında 647444 TEU, en düşük Şubat ayında 557180 TEU olarak belirlenmiştir (Şekil 4.9).



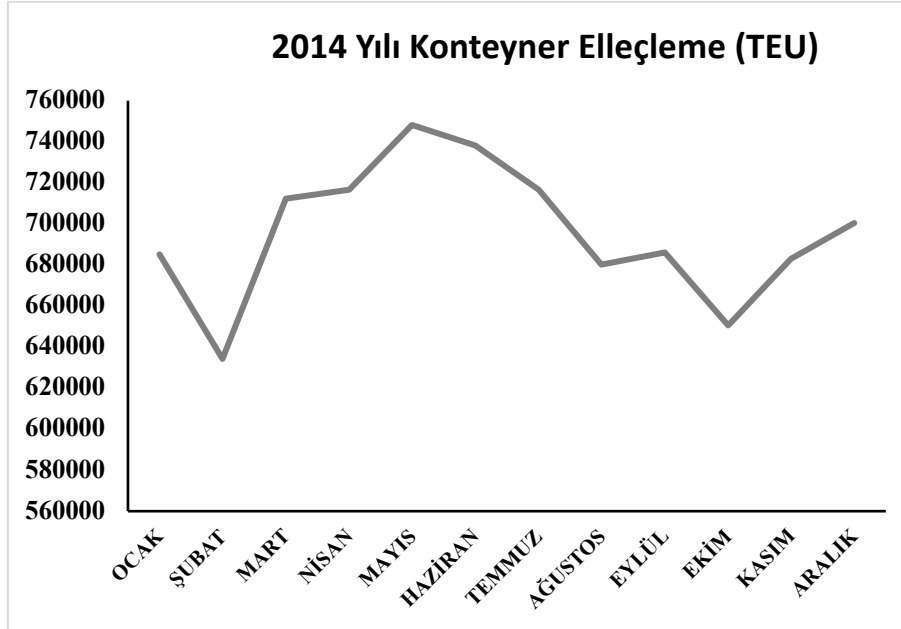
Şekil 4. 9. 2012 yılına ait aylara göre toplam konteyner elleçleme miktarı (TEU)

2013 yılında ülkemiz limanlarından toplam 7899933 TEU konteyner elleçlenmiş olup, en yüksek hacim Temmuz ayında 715010 TEU, en düşük Şubat ayında 574889 TEU olarak kayıt edilmiştir (Şekil 4.10).



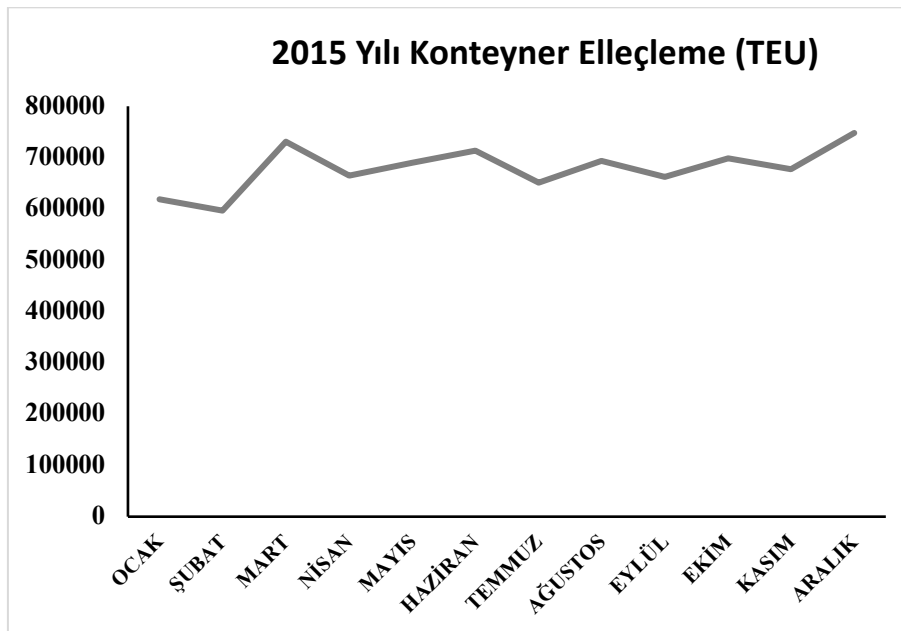
Şekil 4. 10. 2013 yılına ait aylara göre toplam konteyner elleçleme miktarı (TEU)

2014 yılında ülkemiz limanlarından toplam 8351122 TEU konteyner elleçlenmiş olup, en yüksek hacim Mayıs ayında 748157 TEU, en düşük Şubat ayında 634199 TEU olarak belirlenmiştir (Şekil 4.11).



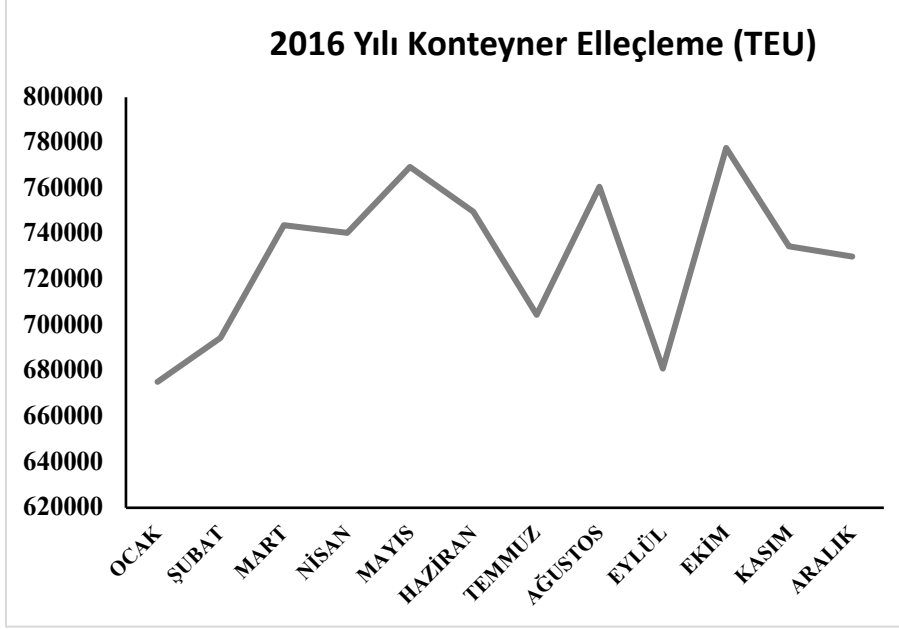
Şekil 4. 11. 2014 yılına ait aylara göre toplam konteyner elleçleme miktarı (TEU)

2015 yılında ülkemiz limanlarından toplam 8146398 TEU konteyner elleçlenmiş olup, en yüksek hacim Aralık ayında 747986 TEU, en düşük Şubat ayında 596597 TEU olarak kayıt edilmiştir (Şekil 4.12).



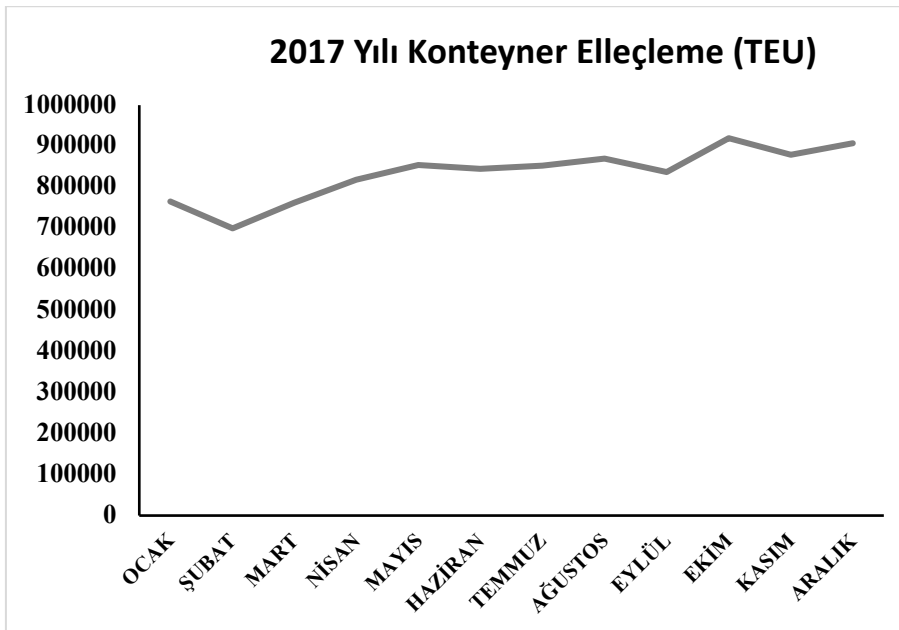
Şekil 4. 12. 2015 yılına ait aylara göre toplam konteyner elleçleme miktarı (TEU)

2016 yılında ülkemiz limanlarından toplam 8761974 TEU konteyner elleçlenmiş olup, en yüksek hacim Ekim ayında 777768 TEU, en düşük Ocak ayında 675210 TEU olarak belirlenmiştir (Şekil 4.13).



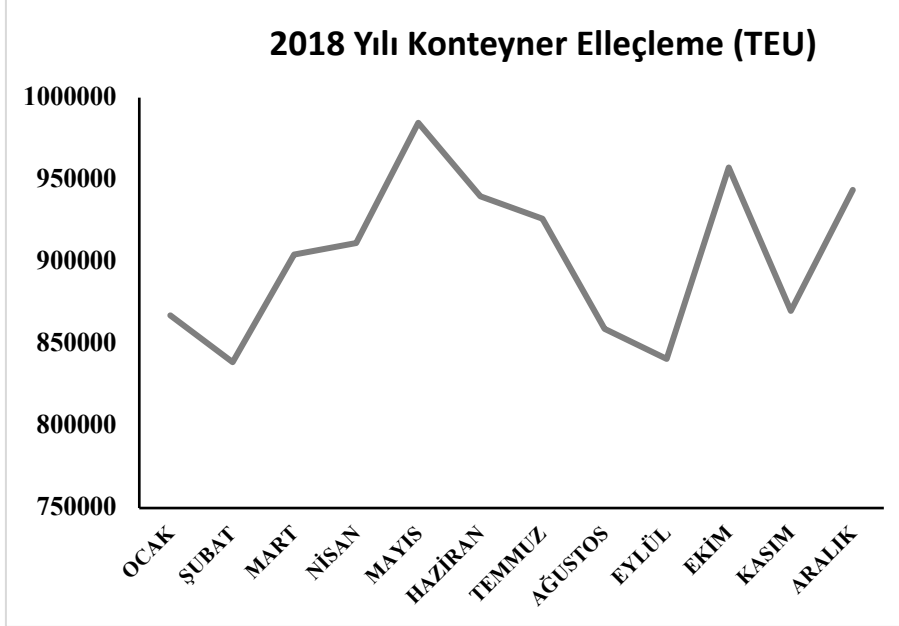
Şekil 4. 13. 2016 yılına ait aylara göre toplam konteyner elleçleme miktarı (TEU)

2017 yılında ülkemiz limanlarından toplam 10010536 TEU konteyner elleçlenmiş olup, en yüksek hacim Ekim ayında 919523 TEU, en düşük Şubat ayında 699814 TEU olarak kayıt edilmiştir (Şekil 4.14).



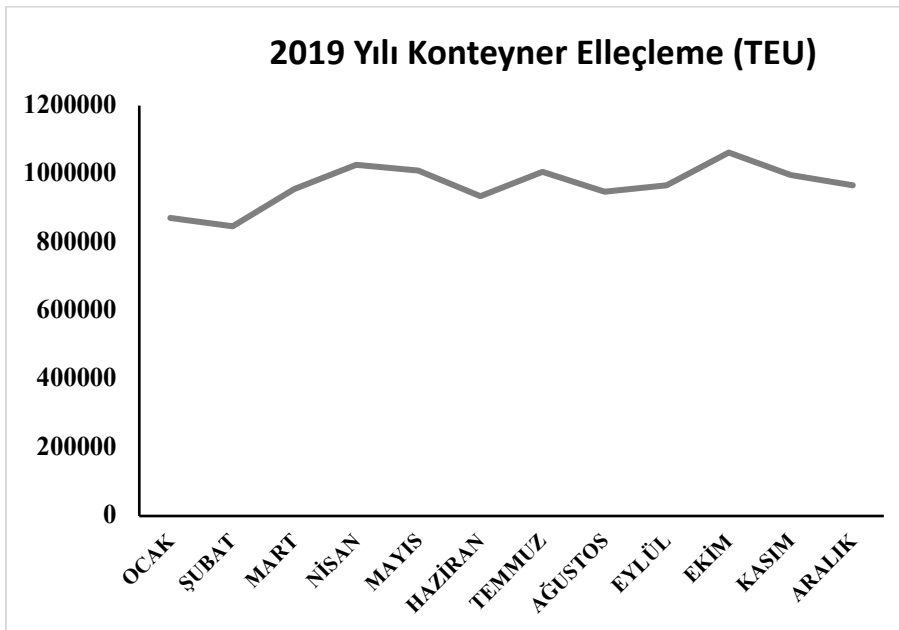
Şekil 4. 14. 2017 yılına ait aylara göre toplam konteyner elleçleme miktarı (TEU)

2018 yılında ülkemiz limanlarından toplam 10843998 TEU konteyner elleçlenmiş olup, en yüksek hacim Mayıs ayında 984679 TEU, en düşük Şubat ayında 838860 TEU olarak belirlenmiştir (Şekil 4.15).



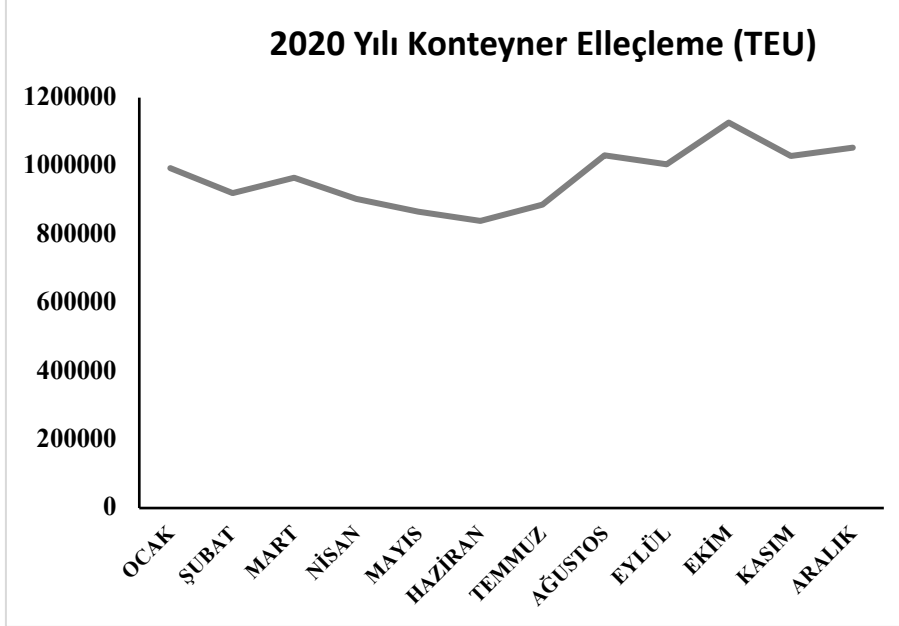
Şekil 4. 15. 2018 yılına ait aylara göre toplam konteyner elleçleme miktarı (TEU)

2019 yılında ülkemiz limanlarından toplam 11591838 TEU konteyner elleçlenmiş olup, en yüksek hacim Ekim ayında 1062772 TEU, en düşük Şubat ayında 847100 TEU olarak kayıt edilmiştir (Şekil 4.16).



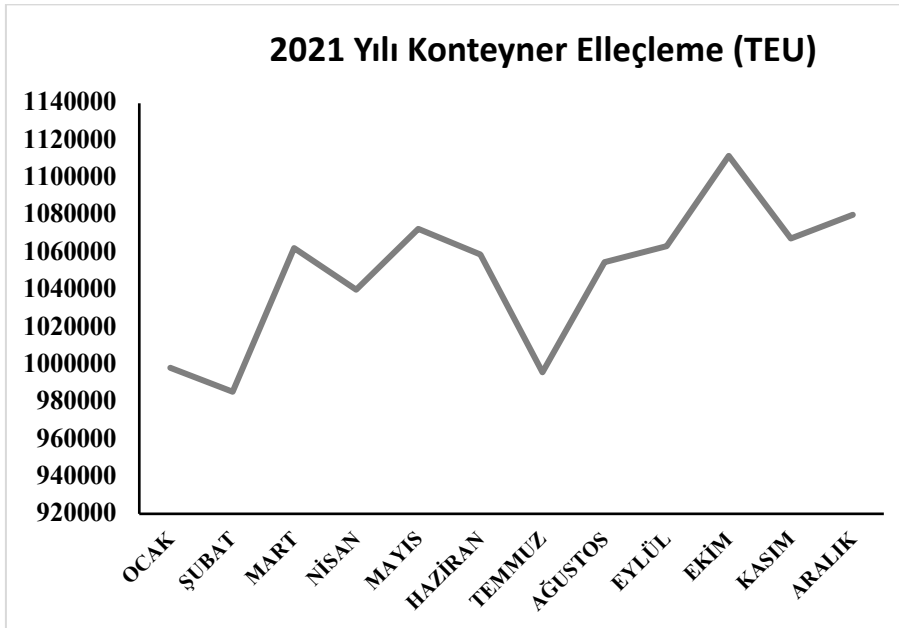
Şekil 4. 16. 2019 yılına ait aylara göre toplam konteyner elleçleme miktarı (TEU)

2020 yılında ülkemiz limanlarından toplam 11626650 TEU konteyner elleçlenmiş olup, en yüksek hacim Ekim ayında 1127121 TEU, en düşük Haziran ayında 839568 TEU olarak belirlenmiştir (Şekil 4.17).



Şekil 4. 17. 2020 yılına ait aylara göre toplam konteyner elleçleme miktarı (TEU)

2021 yılında ülkemiz limanlarından toplam 12591470 TEU konteyner elleçlenmiş olup, en yüksek hacim Ekim ayında 1111830 TEU, en düşük Şubat ayında 985428 TEU olarak kayıt edilmiştir (Şekil 4.18).



Şekil 4. 18. 2021 yılına ait aylara göre toplam konteyner elleçleme miktarı (TEU)

4.2. Kullanılan Yöntemler

Bu tez çalışmasında kullanılan yöntemler; Mevsimsel Naive, Holt-Winters Üstel Düzleştirme, ETS ve SARIMA yöntemleridir. Analiz aşamasında Hyndman ve Khandakar (2008) ve Hyndman ve vd. (2021) tarafından hazırlanan “forecast” paketindeki bazı fonksiyonlarından yararlanılmıştır. Elde edilen zaman serilerinde serinin durağanlığı Dickey-Fuller Testi kullanılarak kontrol edilmiştir.

$$Y_t = \alpha_t Y_{t-1} + u_t \quad (4.1)$$

Eşitlik xx’de yer alan formülde $\alpha < 1$ ise seri durağan, $\alpha \geq 1$ ise seri durağan olmayan seri olarak belirlenir. Eğer seride durağanlık mevcut değilse fark derecesi parametresi (I) kullanılarak durağanlık sağlanır (Johnson ve Montgomery, 1974).

4.2.1. Mevsimsel Naive Yöntemi

Mevsimsel bir bileşene sahip bir zaman serisini analiz etmede en sık kullanılan yöntemlerden biri olan Mevsimsel Naive yöntemi, her tahmini aynı mevsimdeki son gözlemlenen değere eşit olacak şekilde ayarlayan bir tahmin yöntemidir. Örneğin, aylık verilerle, gelecekteki tüm Ekim değerleri için elde edilecek tahmin, son gözlemlenen Ekim ayındaki değerine eşittir (Hyndman vd., 2017).

$$\hat{x}_{t+h} = x_{t+h-s(k+1)} \quad (4.2)$$

Eş. (4.2)’ de s : mevsimsel periyodu, k : $(h - 1)/s$ sayısının tam kısmı ve h : da öngörü adım sayısını ifade etmektedir.

4.2.2. Holt Winters Üstel Düzleştirme Yöntemi

Holt yöntemi bir zaman serisinin sadece trend içerdiği durum için kullanılabilen bir tahmin yöntemi olmakla birlikte Holt (1957) ve Winters (1960), Holt yönteminin mevsimsellik içeren zaman serislerinde de kullanılabilmesi için Holt yöntemini genişletmiştir. Bu genişletilme Holt yöntemine ait tahmin denklemlerine, mevsimsel bileşen için bir güncelleme denklemi ilave edilerek gerçekleştirilmiş ve böylelikle Holt Winters üstel düzleştirme yöntemi önerilmiştir. Holt Winters üstel düzleştirme yöntemi bir zaman serisinin hem trend hem de mevsimsellik içerdiği durumda kullanılacak 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 Eş. (4.3) – Eş. (4.6) ile verilmiştir.

$$\hat{x}_{t+h} = \hat{L}_t + h\hat{b}_t + s_{t+h-m(k+1)} \quad (4.3)$$

$$\hat{L}_t = \lambda_1(x_t - s_{t-m}) + (1 - \lambda_1)(\hat{L}_{t-1} + \hat{b}_{t-1}) \quad (4.4)$$

$$\hat{b}_t = \lambda_2(\hat{L}_t - \hat{L}_{t-1}) + (1 - \lambda_2)\hat{b}_{t-1} \quad (4.5)$$

$$s_t = \lambda_3(x_t - \hat{L}_{t-1} - \hat{b}_{t-1}) + (1 - \lambda_3)s_{t-m} \quad (4.6)$$

Holt Winters çarpımsal üstel düzleştirme yöntemine ait tahmin denklemleri Eş. (4.7) – Eş. (4.10) ile verilmiştir.

$$\hat{x}_{t+h} = (\hat{L}_t + h\hat{b}_t)s_{t+h-m(k+1)} \quad (4.7)$$

$$\hat{L}_t = \lambda_1(x_t/s_{t-m}) + (1 - \lambda_1)(\hat{L}_{t-1} + \hat{b}_{t-1}) \quad (4.8)$$

$$\hat{b}_t = \lambda_2(\hat{L}_t - \hat{L}_{t-1}) + (1 - \lambda_2)\hat{b}_{t-1} \quad (4.9)$$

$$s_t = \lambda_3(x_t/(\hat{L}_{t-1} - \hat{b}_{t-1})) + (1 - \lambda_3)s_{t-m} \quad (4.10)$$

4.2.3. ETS (Otomatik Üstel Düzleştirme) Modelleri

Otomatik üstel düzleştirme yöntemi olarak adlandırılan ETS modelleri, seviye, trend, mevsimsel bileşenlerinden ve bir hata teriminden oluşan bir zaman serisi modelleri ailesidir. ETS yöntemleri hata, trend ve mevsimsel bileşenleri bir arada modelleyen en genel ve esnek modellerdir. ETS hata, trend ve mevsimselliğin (Error, Trend, Seasonal) baş harflerinden kısaltılmıştır. 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. Tüm kombinasyonlar göz önünde bulundurulduğunda ETS ile toplam 18 farklı model oluşumu sağlanabilir (Hyndman ve Athanasopoulos 2018).

4.2.4. Otomatik SARIMA Yöntemi

SARIMA (mevsimsel otoregresif entegre hareketli ortalama) modeli, Geogre Box ve Gwilym Jenkins (1970) tarafından önerilen bir zaman serisi tahmin yöntemi olarak ifade edilen ARIMA modeli temelinde, Hyndman ve Khandakar (2008) tarafından geliştirilmiştir. ARIMA bir diğer ifadeyle Box-Jenkins modeller grubu; şçicilikte durağan model grubu olarak AR(p), MA(q) ve ARMA(p, q), durağan olmayan model grubu olarak ise, ARIMA(p, d, q) ve SARIMA(p, d, q) (P, D, Q) tipleri olarak değerlendirilir (Özmen, 1986). Orijinal serinin belirgin zaman dalgalanma eğilimi ve mevsimsel özellikleri varsa, bir diğer ifadeyle; durağan olmayan zaman serisi mevsimsel AR ve mevsimsel MA süreçlerine sahip ise; "mevsimsel ARIMA" modelleri olarak adlandırılıp, SARIMA (P,D,Q) veya ARIMA(P,D,Q)s olarak ifade edilmektedir.

Bu modelde mevsimsellik, stokastik mevsimselliği ifade etmektedir. Box-Jenkins yaklaşımına göre, bu bileşen durağanlığı bozan bir unsur olduğu için, durağanlığın sağlanabilmesi için serinin "D" adet mevsimsel farkının alınması önerilmektedir. Bu modellerde veriler sadece mevsimsel gecikmelerde ve katlarında bağımlı, mevsim içinde ise bağımsız olmaktadır. İlaveten, mevsim etkisi taşıdığı tespit edilen seriler, "mevsimsel olmayan" ve "mevsimsel olan" kısım olarak modelleneceklerinden dolayı, modellerde bu ayrıma uygun olarak mevsimsel olan ve mevsimsel olmayan parametreler olarak ifade edilmelidir. Dolayısıyla uygulamada ilk aşamada mevsimsel olan ve olmayan parametrelerin "belirlenmesi" gerekmektedir (Akgül 2003).

Modelin temel ifade şekli ARIMA(p,d,q)(P, D, Q)s şeklinde olup eşitlikte; p, q: ARIMA modelinin standart özbağlanımsal ve hareketli ortalama derecesine, P ve Q: mevsimsel özbağlanımsal ve hareketli ortalama derecelerine, D ve d: serinin durağanlaşmasını sağlayan fark alma derecelerine, s: ise mevsimsel periyoda karşılık gelmektedir (Kalkavan, 2021). Geri kaydırma işlemcisi yardımı ile aşağıdaki Eş. (4.11)'de;

$$\Phi_p(B)\Phi_p(B^s)(1 - B)^d(1 - B^s)^D y_t = \Theta_q(B^s)\theta_q(B)\varepsilon_t \quad (4.11)$$

$\Phi_p(B)$: p dereceden otoregresif polinoma

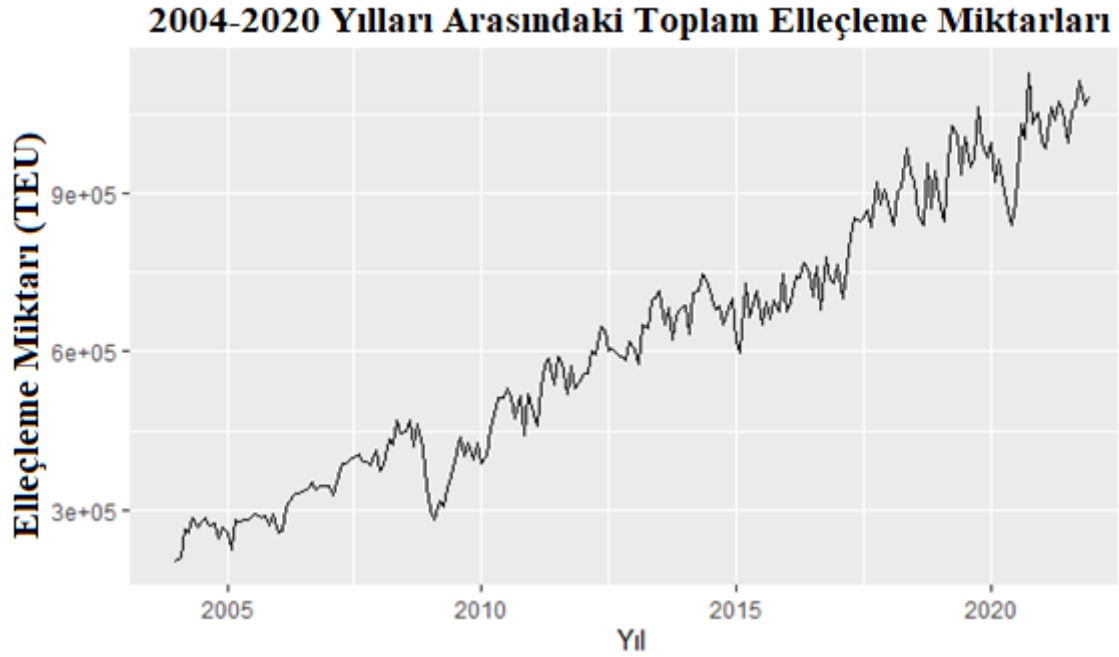
$\Phi_p(B^s)$: p dereceden mevsimlik otoregresif polinoma

$(1 - B)^d$: d dereceden fark alma işlemine,
 $(1 - B^s)^D$: D dereceden mevsimli fark alma işlemine,
 y_t : durağan olmayan zaman serisine,
 $\theta_Q(B^s)$: Q dereceden mevsimlik hareketli ortalama polinomuna,
 $\theta_q(B)$: q dereceden hareketli ortalama polinomuna,
 ε_t : ortalaması sıfır ve sabit bir varyansa sahip korelasyonsuz rassal kalıntılara,
s: mevsimsel gözlem değerine karşılık gelmektedir.

Uygulama R programında “Otomatik SARIMA” için gerekli işlemler “forecast” paketindeki “auto.arima” fonksiyonu kullanılarak yapılmıştır.

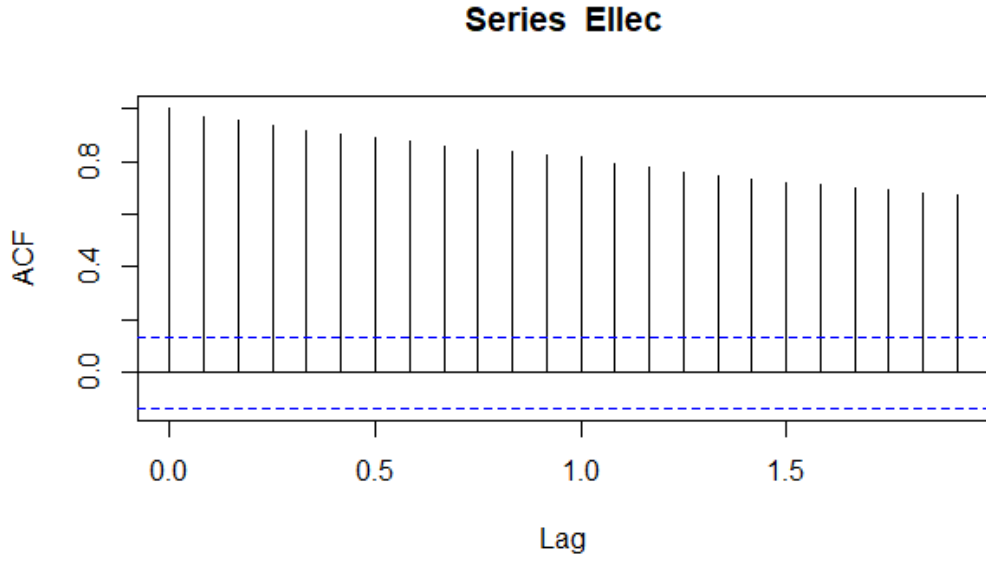
5. UYGULAMA VE BULGULAR

Bu tez çalışmasında 2004-2020 yılları arasındaki aylar bazında limanlarımızda gerçekleştirilen toplam elleçleme miktarlarına (TEU) ait zaman serisinin (Ellec) analizi gerçekleştirilmiştir. İlgili zaman serisinin grafiği Şekil 5.1 ile verilmiştir.

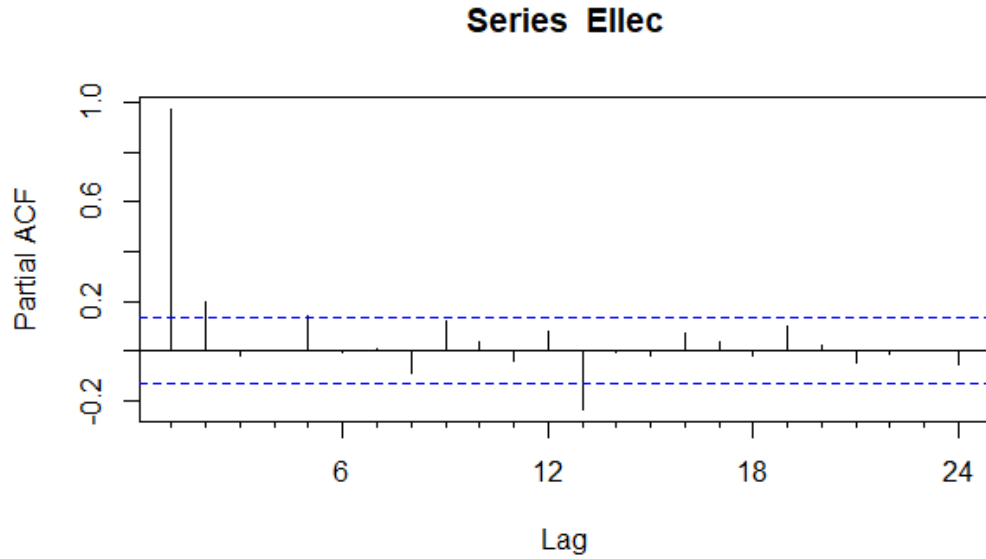


Şekil 5.1. 2004-2020 yılları arasındaki aylar bazında limanlarımızda gerçekleştirilen toplam elleçleme miktarlarına ait zaman serisi grafiği

Şekil 5.1 ile verilen zaman “Ellec” zaman grafiği incelendiğinde ilk bakışta veride açıkça trend olduğu görülmektedir. Buna rağmen trendliği test etmek amacıyla “Ellec” zaman serisine ait otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon grafikleri Şekil 5.2 ve Şekil 5.3’deki gibi elde edilmiştir.

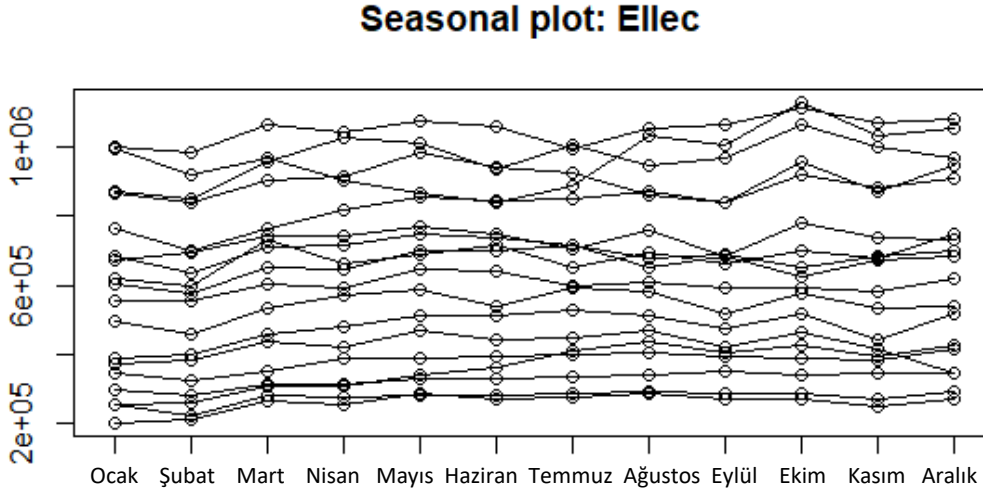


Şekil 5.2. 2004-2020 yılları arasında aylar bazında elde edilen “Ellec” zaman serisi için otokorelasyon grafiği



Şekil 5.3. 2004-2020 yılları arasında aylar bazında elde edilen “Ellec” zaman serisi için kısmi otokorelasyon grafiği

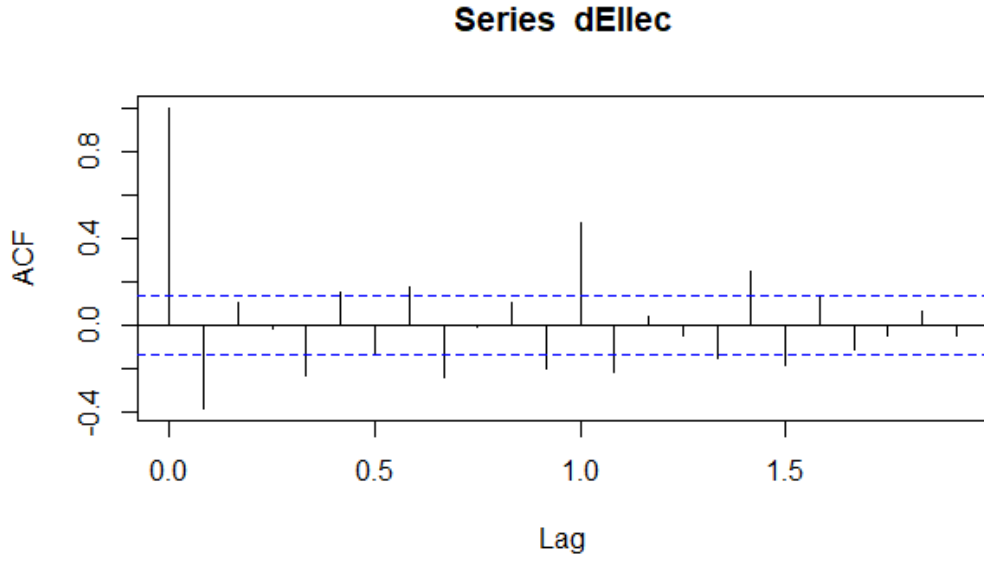
“Ellec” zaman serisinin otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon grafikleri incelendiğinde serinin trende sahip olduğu açıkça görülmektedir. Ayrıca, ilgili serinin mevsimselliğinin test edildiği grafik Şekil 5.4’deki gibidir.



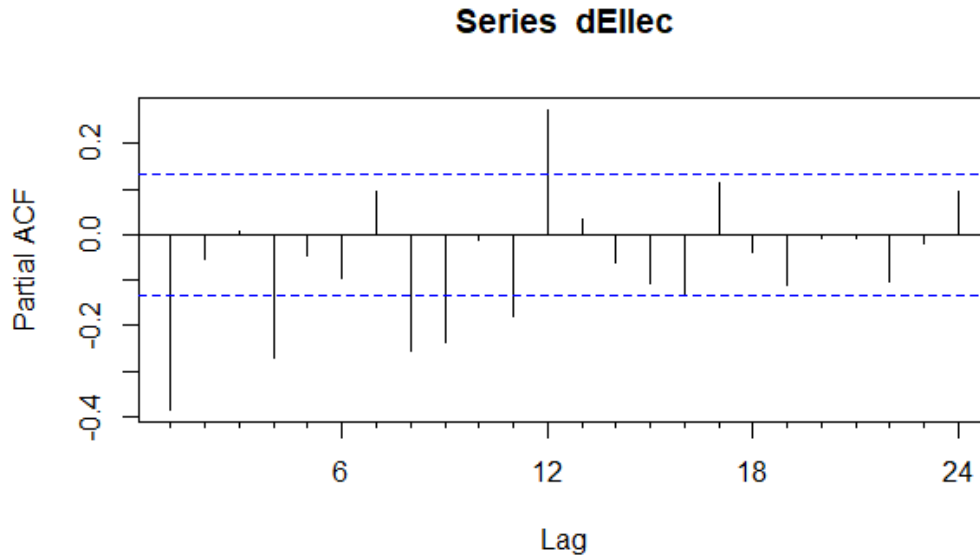
Şekil 5.4. 2004-2020 yılları arasında aylar bazında elde edilen “Ellec” zaman serisi için mevsimsellik grafiği

Şekil 5.4 ile verilen “Ellec” zaman serisi için mevsimsellik grafiği incelendiğinde ilgili serinin mevsimsellik de içerdiği görülmektedir. Dolayısıyla, “Ellec” zaman serisi hem trende hem de mevsimselliğe sahip bir zaman serisi olmakla birlikte seride baskın trend olduğu da söylenebilmektedir.

İlgili zaman serisi hem trende hem de mevsimselliğe sahip olduğundan; bu zaman serisinin analizi Mevsimsel Naive, Holt-Winters Toplamsal, Holt-Winters Çarpımsal, ETS ve SARIMA yöntemleri ile gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemlerden SARIMA yöntemine ait parametrelerin belirlenebilmesi için ilgili serinin birinci farklarına ait korelasyon ve kısmi otokorelasyon grafiği elde edilmiştir. İlgili grafikler Şekil 5.5 ve 5.6 ile görselleştirilmiştir.



Şekil 5.5. 2004-2020 yılları arasında aylar bazında elde edilen “Ellec” zaman serisine ait birinci fark için otokorelasyon grafiği



Şekil 5.6. 2004-2020 yılları arasında aylar bazında elde edilen “Ellec” zaman serisine ait birinci fark için kısmi otokorelasyon grafiği

İlgili grafikler incelendiğinde SARIMA modeli $SARIMA(0,1,1)(1,0,1)_{12}$ olarak seçilebilmektedir.

Öncelikle “Ellec” zaman serisini “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 değerleri sonuçları

Çizelge 5.1’de verilmiştir. HKOK ve OMYH hata kriterlerine ait değerler Eş. (5.1) ve Eş. (5.2) ile hesaplanmıştır.

$$HKOK = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (x_t - \hat{x}_t)^2}{n}} \quad (5.1)$$

$$OMYH = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{x_t - \hat{x}_t}{x_t} \right| \quad (5.2)$$

Eş. (5.1) ve Eş. (5.2) de, n , x_t ve \hat{x}_t sırasıyla; öğrenme örneği sayısı, gözlenen değer ve öngörü değerini göstermektedir.

Çizelge 5.1. “Ellec” zaman serisi için tüm yöntemler ile elde edilen HKOK ve OMYH hata kriteri değerleri

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

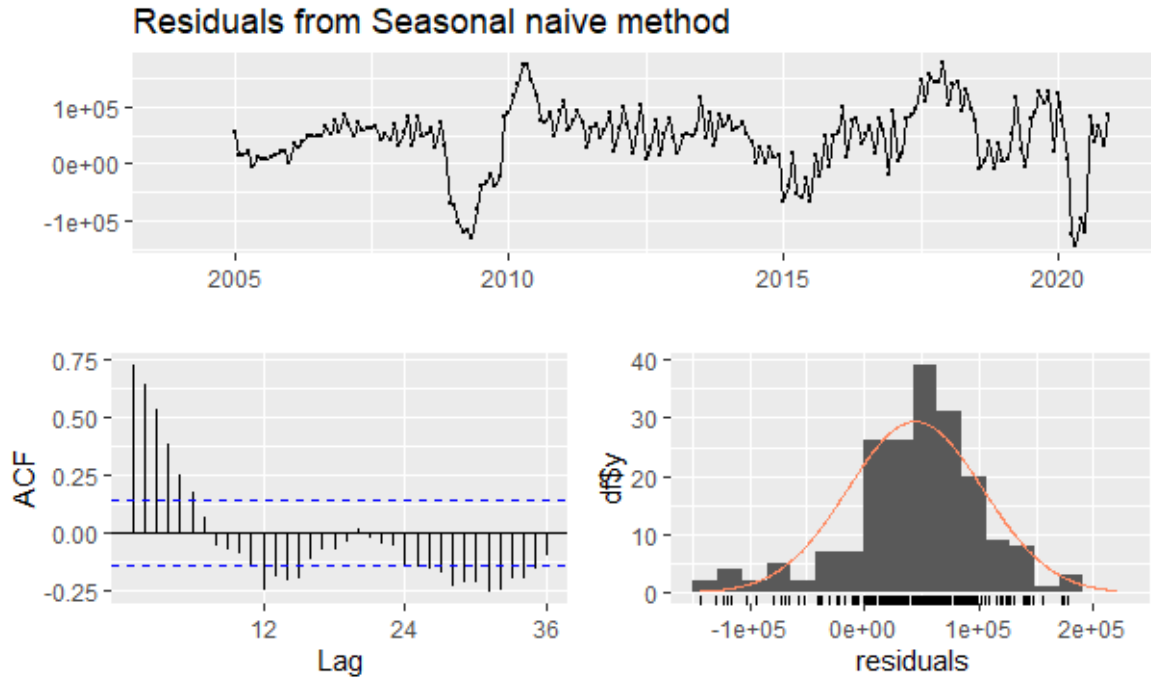
Ayrıca, her bir yöntemden elde edilen artıkların ak gürültü olup olmadığını anlamak için artık analiz yapılmıştır.

Mevsimsel Naive yöntem ile elde edilen artıkların ak gürültü olup olmadığı; Çizelge 5.2’de verilen Ljung-Box test istatistiği sonuçlarına göre ve Şekil 3.7 ile verilen artıkların plot grafiği, otokorelasyon katsayıları ve histogram grafiği incelenmek suretiyle değerlendirilmiştir.

Çizelge 5.2. “Ellec” zaman serisinin Mevsimsel Naive yöntem ile tahmin edilmesiyle elde edilen artıklarının Ljung-Box testi uygulaması

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 5.7. “Ellec” zaman serisinin Mevsimsel Naive yöntem ile çözümlenmesinde artık analizi için grafikler

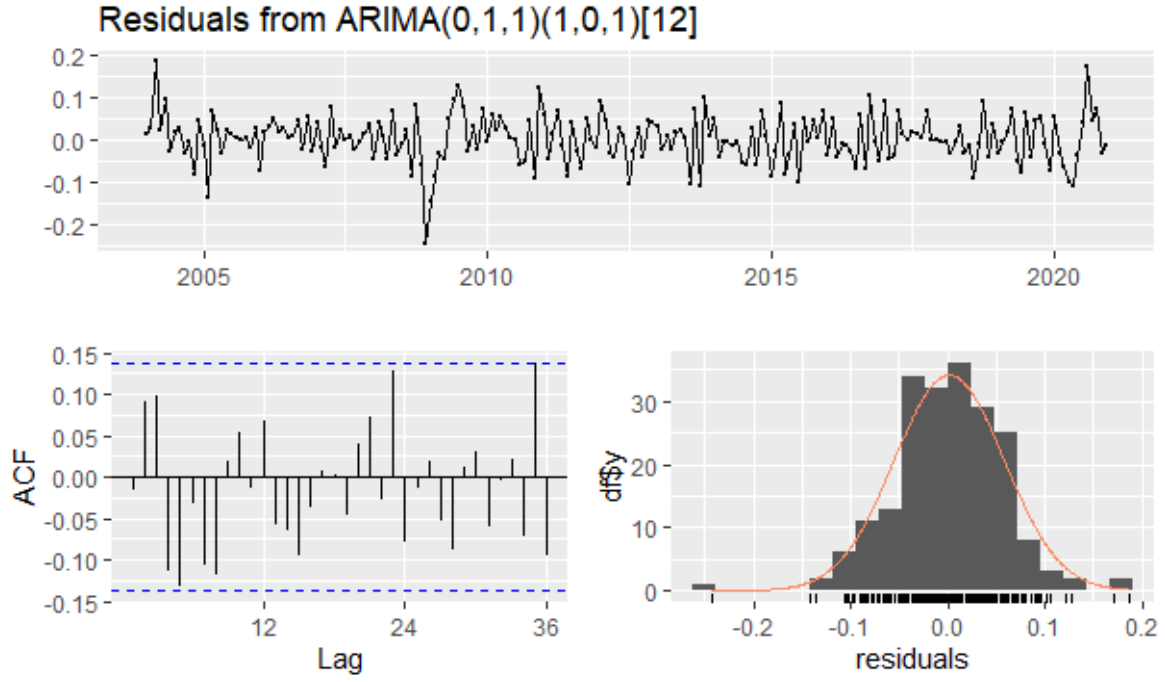
Şekil 5.7 ile verilen grafikler incelenirse artıkların otokorelasyonlarının genelde güven sınırları içinde kalmadığı da görülmektedir.

SARIMA yöntemi ile elde edilen artıkların ak gürültü olup olmadığı; Çizelge 5.3’de verilen Ljung-Box test istatistiği sonuçlarına göre ve Şekil 5.8 ile verilen artıkların plot grafiği, otokorelasyon katsayıları ve histogram grafiği incelenmek suretiyle değerlendirilmiştir.

Çizelge 5.3. “Ellec” zaman serisinin SARIMA yöntemi ile tahmin edilmesiyle elde edilen artıklarının Ljung-Box testi uygulaması

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 5.8. “Ellec” zaman serisinin SARIMA yöntemi ile çözümlenmesinde artık analizi için grafikler

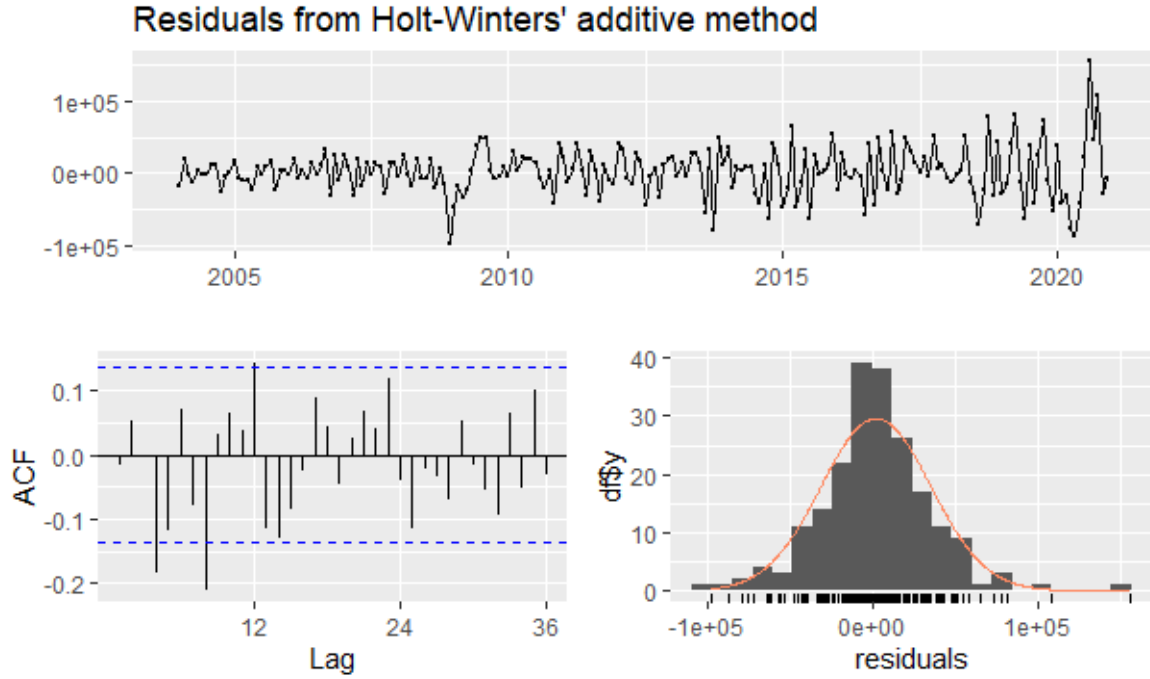
Şekil 5.8 ile verilen grafikler incelenirse artıkların otokorelasyonlarının genelde güven sınırları içinde kaldığı da görülmektedir.

Holt Winters Toplamsal Üstel Düzleştirme yöntemi ile elde edilen artıkların ak gürültü olup olmadığı; Çizelge 5.4’de verilen Ljung-Box test istatistiği sonuçlarına göre ve Şekil 5.9 ile verilen artıkların plot grafiği, otokorelasyon katsayıları ve histogram grafiği incelenmek suretiyle değerlendirilmiştir.

Çizelge 5.4. “Ellec” zaman serisinin Holt Winters Toplamsal üstel düzleştirme yöntemi ile tahmin edilmesiyle elde edilen artıklarının Ljung-Box testi uygulaması

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 5.9. “Ellec” zaman serisinin Holt Winters Toplamsal üstel düzeltirme yöntemi ile çözümlenmesinde artık analizi için grafikler

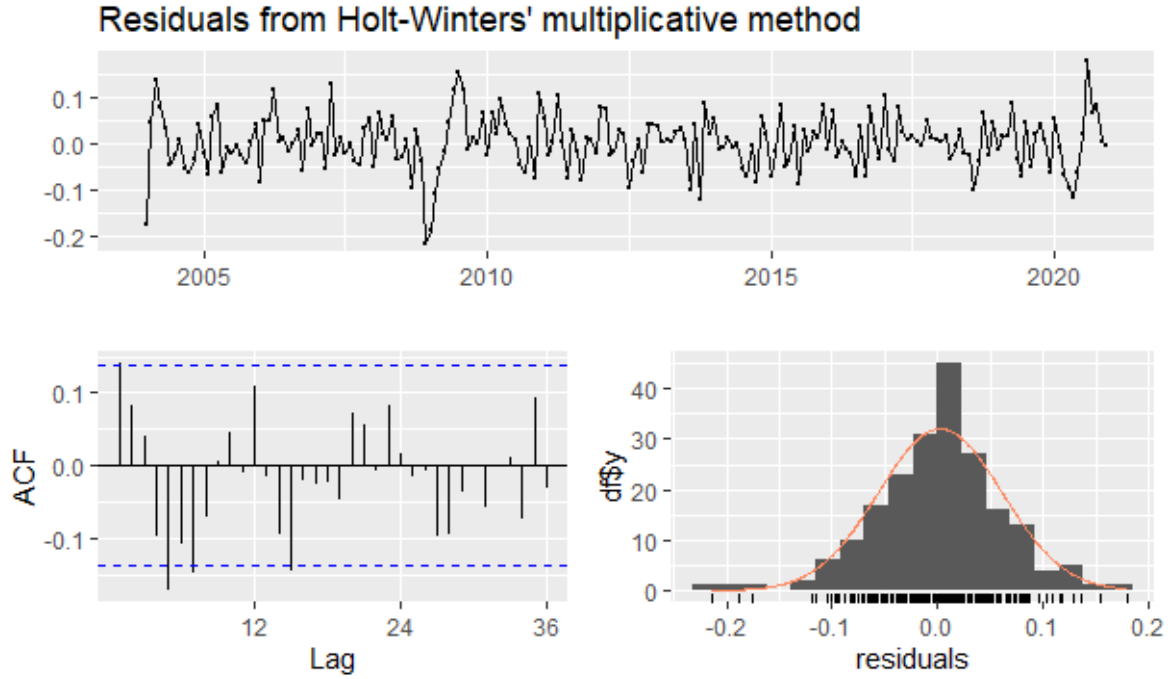
Şekil 5.9 ile verilen grafikler incelenirse artıkların otokorelasyonlarının genelde güven sınırları içinde kalmadığı da görülmektedir.

Holt Winters Çarpımsal Üstel Düzeltirme yöntemi ile elde edilen artıkların ak gürültü olup olmadığını; Çizelge 5.5’de verilen Ljung-Box test istatistiği sonuçlarına göre ve Şekil 5.10 ile verilen artıkların plot grafiği, otokorelasyon katsayıları ve histogram grafiği incelenmek suretiyle değerlendirilmiştir.

Çizelge 5.5. “Ellec” zaman serisinin Holt Winters Çarpımsal üstel düzeltirme yöntemi ile tahmin edilmesiyle elde edilen artıklarının Ljung-Box testi uygulaması

Ljung-Box test	Q* = 36,758, df = 8, p-value = 1,275e-05
	Model df: 16. Total lags used: 24

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.



Şekil 5.10. “Ellec” zaman serisinin Holt Winters Çarpımsal üstel düzeltirme yöntemi ile çözümlenmesinde artık analizi için grafikler

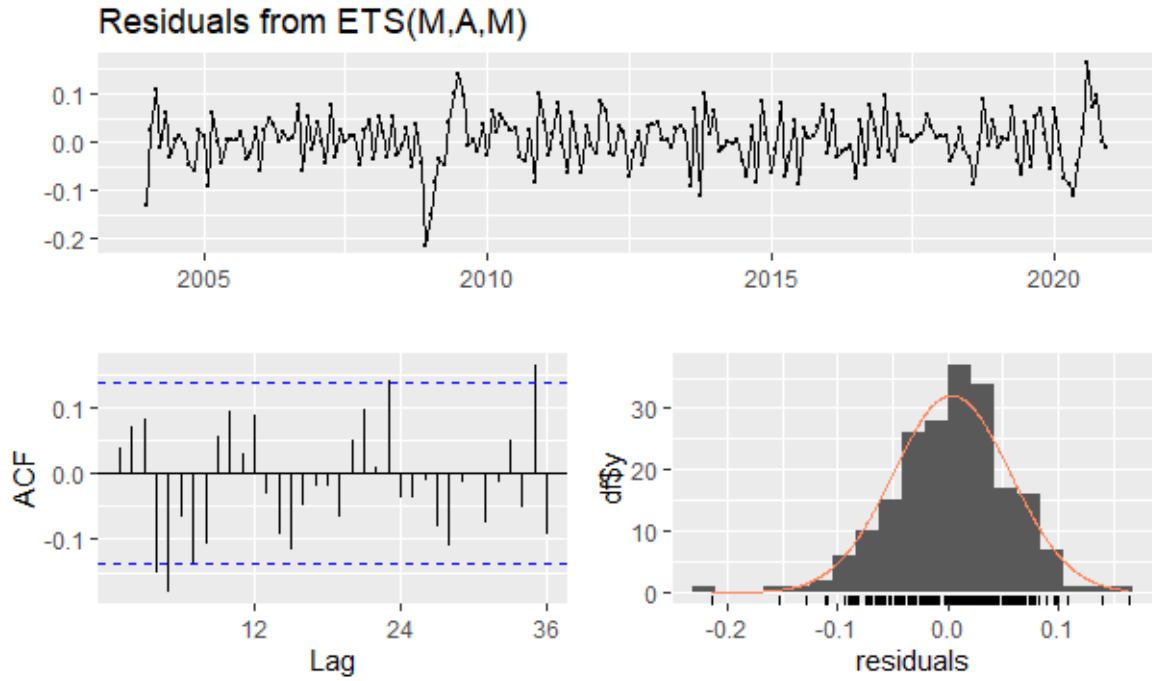
Şekil 5.10 ile verilen grafikler incelenirse artıkların otokorelasyonlarının genelde güven sınırları içinde kalmadığı da görülmektedir.

ETS (Otomatik Üstel Düzeltirme) yöntemi ile elde edilen artıkların ak gürültü olup olmadığı; Çizelge 5.6’de verilen Ljung-Box test istatistiği sonuçlarına göre ve Şekil 5.11 ile verilen artıkların plot grafiği, otokorelasyon katsayıları ve histogram grafiği incelenmek suretiyle değerlendirilmiştir.

Çizelge 5.6. “Ellec” zaman serisinin ETS yöntemi ile tahmin edilmesiyle elde edilen artıklarının Ljung-Box testi uygulaması

Ljung-Box test	$Q^* = 41,031$, $df = 8$, $p\text{-value} = 2,057e-06$
	Model df : 16. Total lags used: 24

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.

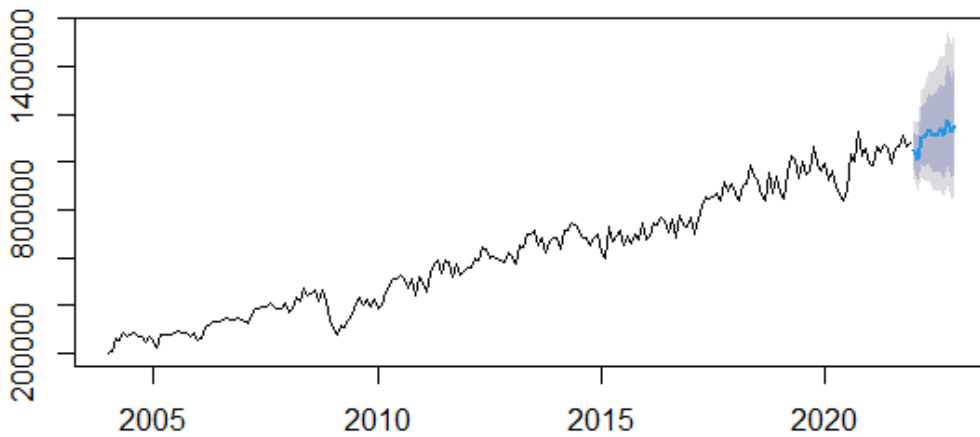


Şekil 5.11. “Ellec” zaman serisinin ETS Yöntemi ile çözümlenmesinde artık analizi için grafikler

Şekil 5.11 ile verilen grafikler incelenirse artıkların otokorelasyonlarının genelde güven sınırları içinde kalmadığı da görülmektedir.

“Ellec” zaman serisi için tüm analiz sonuçları incelendiğinde analiz aşamasında kullanılan yöntemler arasında en uygun yöntemin *SARIMA* yöntemi olduğu açıkça görülmektedir. *SARIMA* yöntemini kullanarak “Ellec” zaman serisi için “2022 yılına” ait öngörülerini grafiği Şekil 5.12 ile verilmiştir.

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



Şekil 5.12. “Ellec” zaman serisinin SARIMA yöntemi ile öngörüsü

Son olarak Çizelge 5.7’de “Ellec” zaman serisi için 2022 yılına ait öngörü değerleri %95 alt ve üst güven sınırı ile özetlenmektedir.

Çizelge 5.7. Güven sınırları dahil öngörülen “Ellec” zaman serisi

Dönem	Öngörü	%95	
		Alt Sınır	Üst Sınır
Ocak 2022	1 045 942	935 134,6	1 169 880
Şubat 2022	1 012 601	881 202,6	1 163 592
Mart 2022	1 104 294	939 566,5	1 297 901
Nisan 2022	1 104 040	920 963,1	1 323 511
Mayıs 2022	1 133 334	928 705,2	1 383 051
Haziran 2022	1 109 249	894 229,4	1 375 969
Temmuz 2022	1 109 465	880 918,7	1 397 306
Ağustos 2022	1 132 242	886 282,3	1 446 460
Eylül 2022	1 108 827	856 343,5	1 435 752
Ekim 2022	1 177 283	897 649	1 544 028
Kasım 2022	1 124 143	846 719,3	1 492 462
Aralık 2022	1 151 551	857 261	1 546 868

6. TARTIŞMA

COVID-19 pandemisi başta olmak üzere, küresel iklim krizi ve diğer sosyoekonomik etkiler Küresel ticari deniz taşımacılığını etkileyen en önemli unsurlar olarak düşünülmektedir. Özellikle iklim değişikliğiyle birlikte deniz taşımacılığında alışageldik 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 ve ark., 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 önemlidir. İlaveten, günümüzde en popüler deniz lojistiği modu olan deniz taşımacılığının konteynerleştirilmesiyle, liman operasyonları ve dolayısıyla liman yönetimi, dünya ekonomilerinin büyümesiyle doğrudan bağlantılıdır (Mangan vd., 2008; Le vd., 2014).

Doğusel (2021) Kocaeli Limanları yük talep tahminleri üzerine gerçekleştirmiş olduğu çalışmada veri olarak 2009-2020 yılları arası Türkiye'deki toplam yük (ton) ve toplam elleçlenen konteyner (adet) verilerini bağımlı değişkenler, yine aynı yıllardaki Türkiye'ye ait GSYİH, ithalat, ihracat ve nüfus rakamları bağımsız değişkenler olarak kullanmıştır. Araştırmacı yapmış olduğu değerlendirme sonucunda toplam yük bakımından Kocaeli limanlarının uzun vadede yeni bir kapasite artırımına gereksinim duymadığını, konteyner açısından ise hâlihazırda 3 700 000 TEU olan kapasitenin 2033 yılından itibaren gereksinimleri karşılayamayacağı ve Kocaeli'nde konteyner kapasitesinin artırılmasına ihtiyaç olacağı sonuçlarını ifade etmiştir. Gökkuş ve ark. (2017) İstanbul, İzmir ve Mersin limanlarındaki konteyner trafiğini dört farklı yöntemle tahmin etmiş ve 2023 yılında bu limanlarda konteyner trafiğinin sırasıyla %60, %67 ve %95'e çıkacağını öngörmüşlerdir. Kılınç vd., (2022) Ocak 2004-Ekim 2020 dönemine ait aylık verilerin dikkate alındığı bir çalışmada; konteyner elleçleme ve yük elleçleme miktarı ile ilgili gerçekleştirilen öngöründe Döviz Sepeti Kuru (USD-EURO), Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GSYH), Tüketici Güven Endeksi, Brent Petrol, İhracat, İthalat ve Sanayi Üretim Endeksinden faydalanılmıştır. 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. Fiskin ve ark. (2022) yurtiçi kargo hacimlerini öngördüğü araştırmada; 4,81 OMYH ile SARIMAX-MLP'nin, 6,14 OMYH ile ve 6,52 OMYH ile Fourier ayrıştırması ile LSTM ile en yakın SARIMAX modellerinden daha iyi performans gösterdiği tespit edilmiştir. Rashed vd., (2017) Hamburg-Le Havre menzili içinde merkezi bir konumda yer alan, toplam iş hacmi (199 000 000 ton) bakımından Avrupa'nın en büyük ikinci limanı ve 2014 yılında konteyner hacmi (9 milyon TEU) bakımından üçüncü büyük limanı olan Antwerp Limanına ait Ocak 1995'ten Mart 2015'e ait aylık konteyner çıktısına (yükü ve yüksüz) ilişkin bir zaman serisini analiz etmiştir. Üç amaca hizmet etmek için iki yaklaşımın uygulandığı çalışmada: kısa vadeli tahminler oluşturmak, şok dönemlerin konteyner çıktı üretme süreci üzerindeki etkisini değerlendirmek ve kapsayıcı veriminin davranışı hakkında bilgi sağlamak için SARIMA ve ARIMAX modellerini test etmişlerdir. Modellerin karşılaştırılmasında, ARIMAX'ın Nisan 2011–Mart 2015 doğrulama örneği için en düşük OMYK değeri 6,22 ve 12 aylık kısa dönem için ARIMA modelinin OMYK değeri 5,84 olarak tespit edilmiştir. Sonuç olarak, 2008 mali krizi sonrasında konteyner hacminin kriz öncesi seviyeye dönmek için ısrarcı olduğu, ayrıca AB endüstriyel güven göstergesinin 2 ay boyunca konteyner verimine öncülük ettiği ortaya çıkartılmıştır. Jin ve Ding (2018) Ocak 2001'den Şubat 2017'ye kadar ülkedeki büyük limanların yurt içi konteyner hacmine ilişkin aylık verilerine ait zaman serilerinden faydalanarak, Mart 2017'den Aralık 2020'ye kadar yurt içi konteyner hacmine ilişkin öngörü gerçekleştirmişlerdir. Araştırmacılar, dizilerin otokorelasyonu ve kısmi otokorelasyonuna göre SARIMA, (2, 1, 2) (2, 1, 1)₁₂ uygun model bulmuş ve yapmış oldukları öngörü sonucunda; yurt içi konteyner hacmine ilişkin verimin gelecekte artmaya devam edeceğini, her yılın Şubat ayında azalacağı ve Aralık ayında artacağını belirtmiştir. Mo vd., (2018) Çin limanlarında yapmış olduğu öngöründe Ocak 2001'den Aralık 2015'e kadar Çin'deki Xiamen ve Şanghai Limanlarının aylık konteyner çıktı verilerini zaman serisi olarak kullanmıştır. Ocak 2001'den Aralık 2014'e kadar olan veriler eğitim seti, 2015 yılın ait veriler ise test seti olarak kullanılmıştır. Araştırmacılar, ilk önce orijinal zaman serisini doğrusal trendlik gösteren ve doğrusal olmayan varyasyon gösteren şekilde üzere iki gruba ayırmıştır. Ayrıca, doğrusal trendin, uzun vadeli ekonomik büyümenin neden olduğu ve SARIMA modeli tarafından tahmin

edilen konteyner verimindeki artışla, doğrusal olmayan varyasyonun ise esas olarak ekonomik sistemdeki çeşitli faktörlerin düzensiz değişiklikler ve şoklarla açıklandığını ifade etmiştir. Analiz aşamalarında doğrusal trende sahip veri seti için SARIMA (1,1,1) (0,1,2)₁₂ ve SARIMA (1,0,1) (2,1,1)₁₂'nin sırasıyla Şanghai ve Xiamen Limanlarında en iyi tahmin performansını sağlayabildiği bulunmuştur. Araştırmacılar, doğrusal olmayan alt dizileri öngörmenin karmaşıklığını göz önünde bulundurarak artık alt dizileri öngörmek için üç doğrusal olmayan tekli model, SVR, BP ve GP'yi kullanmıştır. Ardından, doğrusal olmayan alt diziler üzerinde geliştirilmiş GMDH sinir ağı tarafından seçici kombinasyon tahmini kurmuş ve kombinasyon öngörü sonucunu elde etmiştir. Doğrusal olmayan bu artık alt dizilerdeki OMYH değerinin %100'den büyük olabileceğinden dolayı, modellerin öngörü performansını değerlendirmek için HKOK, OMÖH ve D_{stat} kullanılmıştır. Sonuç olarak, iki bölüm öngörülere entegre edildiğinde; Çin'deki Xiamen ve Şanghai Limanlarının konteyner üretim verilerin ampirik analiz sonuçları, HFMG (hibrit GMDH) modelinin tahmin performansının, SARIMA modelinin yanı sıra SARIMA-SVR, SARIMA-GP ve SARIMA-BP gibi bazı hibrit öngörü modellerinden daha iyi öngörü sonuçlarına sahip olduğunu göstermiştir. Ayrıca, önerilen hibrit modelin, konteyner çıktı tahmininin doğruluğunu geliştirmek, liman taşımacılığı kapasite tahsisi ve fiyatlandırma stratejisi gibi günlük liman operasyon ve yönetim faaliyetlerine yardımcı olmak, gelecek planlaması ve geliştirmeye rehberlik etmesi için uygulanabilir olduğu belirtilmiştir. Chan vd., (2018) 2015 yılında konteyner sayısı bakımında (TEU) dünyada 4. sırada yer alan Ningbo-Zhoushan (Ningbo) Limanına ait zaman serisinden farklı tahmin modellerinin performansını karşılaştırmıştır. 2004 ve 2015 yılları arasındaki konteyner çıktılarını içeren bu zaman serisi, dördü geleneksel regresyon tabanlı yöntemler, diğer ikisi ise makine öğrenimi tabanlı olan altı tahmin modelle anali edilmiştir. Araştırma bulguları, Destek Vektör Regresyonu (SVR) yönteminin, HKOK 14,91, OMH 44,25, OMYH 2,38 ile diğer 5 modele kıyasla daha iyi öngörü yaptığı yönündedir. Araştırmacılar, özellikle bu çalışmadaki gözlem sayısının az olduğu gerçeği göz önüne alındığında, SVR'nin kapsayıcı verimi için tahmin modelleri oluşturmak için umut verici bir yöntem olduğu fikrini ileri sürmüştür. Sadeghi Gargari vd., (2022) İran'ın en büyük limanı olan Rajae limanının son 10 yıllık stratejik planlaması tarafından sağlanan tahmini uzun vadeli navlun oranı girdisine dayanarak, 2020-2025 yılları arasındaki konteyner gemi trafiğini öngörmek için SARIMA ve SA modellerini uygulamıştır. Zaman serisi olarak 1999-2019 yılları arasında bu liman için aylık konteyner trafik verilerinden oluşan bir veri seti kullanılmıştır. Tahmin modelleri OKH ve OMÖH değerlerine göre kıyaslanmıştır. Ayrıca naif yöntemden faydalanılmıştır.

En düşük OKH ve OMÖH değerleri 0,8053 ve 0,5372 ile SA modelinde tespit edilmiştir. Sonuçlar, veri hesaplama deneyimine ve trendine dayalı olarak SA modelinin SARIMA modelinden daha iyi çalıştığını ortaya koydu. Shardeo vd., (2021) Hindistan'ın üç büyük limanındaki konteyner trafiğini öngörmek için, son 20 yılın (1999-2019) konteyner trafiğinin yıllık Gri tahmin modeli ve ARIMA modeli ile analiz etmiştir. Modellerin doğrulukları karşılaştırıldığında gri tahmin modelinin sırasıyla 10,52 ve 4,80 OMYH ile Tuticorin ve Cochin limanları için ARIMA modelinden daha iyi öngöründe bulunduğunu rapor etmiştir. Araştırmacılar ayrıca, bir limandaki konteyner trafiğinin tahmini, liman planlama ekibinin ve yöneticilerinin liman sisteminin altyapı yatırımını ve optimizasyonunu analiz etmesine yardımcı olduğunu vurgulamaktadır.

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. Ayrıca, Çizelge 6.1'deki veriler irdelendiğinde resmi açıklanan değerler ile öngörü değerleri arasındaki doğruluk oranının oldukça yüksek düzeyde seyrettiği tespit edilmiştir.

Çizelge 6.1. Güven sınırları dâhil öngörülen “Ellec” zaman serisi ve ilan edilen resmi değerler

Dönem	Öngörü	Alt Sınır	Üst Sınır	Resmi Açıklanan Değer (UAB, 2022)
Ocak 2022	1 045 942	935 134,6	1 169 880	1 111 995
Şubat 2022	1 012 601	881 202,6	1 163 592	1 006 456
Mart 2022	1 104 294	939 566,5	1 297 901	1 068 757
Nisan 2022	1 104 040	920 963,1	1 323 511	1 067 296
Mayıs 2022	1 133 334	928 705,2	1 383 051	1 071 130
Haziran 2022	1 109 249	894 229,4	1 375 969	1 061 798
Temmuz 2022	1 109 465	880 918,7	1 397 306	980 019
Ağustos 2022	1 132 242	886 282,3	1 446 460	1 040 663
Eylül 2022	1 108 827	856 343,5	1 435 752	947 246
Ekim 2022	1 177 283	897 649	1 544 028	1 002 626
Kasım 2022	1 124 143	846 719,3	1 492 462	966 543
Aralık 2022	1 151 551	857 261	1 546 868	1 041 659

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sonuç olarak bu tez çalışması kapsamında elde edilen çıktıların; Lewis'ın (1982) performans ölçütü değerlendirmesinde yer alan OMYH değerinin %10'un altında yer alarak "çok iyi model" sınıfına girdiğini ifade edebilmekteyiz. Ayrıca, çalışması kapsamında gerçekleştirilen mevcut öngörü ile Türkiye'nin jeopolitik konumunu daha etkili şekilde kullanabilmesi ve rakipleriyle olan 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 liman işletmelerinin gerçekleştirecekleri faaliyetlerde planlamalarını daha gerçekçi ve düzenlenebilir stratejiler doğrultusunda yönlendirmesi, rakiplerine göre avantajlı konuma gelmelerine ve pazar paylarını arttırmalarına katkı sunabilecektir.

Mevcut çalışma sonucunda; çeşitli veri setleri ile ülkemiz liman başkanlıkları bazında konteyner elleçleme miktarı ve/veya konteyner cinsleri bazında elleçleme miktarı olan benzer çalışmaların türetilmesi düşüncesi ortaya konulmaktadır. Benzer şekilde mevcut çalışmaya ait veri setinin başka yöntemler ile tahminlenerek bu çalışmada elde edilen değerler ile karşılaştırılabileceği de ifade edilmektedir.

KAYNAKLAR

- Akgül, I. (2003). *Zaman serisi analizi ve ARIMA modelleri*. Der Yayınları, İstanbul.
- Altın, F. G. ve Eroğlu, Ş. Ç. (2020). Monthly Container demand forecast for port of Antalya using gray prediction and Box-Jenkins Methods. *Mehmet Akif Ersoy University Journal of Economics and Administrative Sciences Faculty*, 7(3), 540-562.
- Arslan, B. (2021). *Karşılaştırmalı istatistiksel yöntemler ile Türkiye elektrik piyasasında fiyat tahmin ve analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi.
- Atak, U. (2022). Analysis of container terminal accidents using fuzzy c-means. *Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi*, 5(1), 109-115.
- Bal, E. T. ve Çalışır, V. (2018). Konteyner Elleçleme İçin Ekonometrik Tahminleme: ARMA Modeli Uygulaması. *Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*, 9(16), 2067-2096.
- Box, G. E. P. ve Jenkins, G. M. (1970). *Time series analysis: Forecasting and control*. San Francisco: Holden-Day.
- Box, G.E.P., Jenkins, G.M. ve Reinsel, G.C. (1976) *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. Oakland, California: Holden-Day.
- Chan, H. K., Xu, S. ve Qi, X. (2019). A comparison of time series methods for forecasting container throughput. *International journal of logistics research and applications*, 22(3), 294-303.
- Chen, S. H. ve Chen, J. H. (2010) Forecasting container throughputs at ports using genetic programming. *Expert Systems with Applications*, 37(3), 2054-2058.
- Darendeli, A., Alparslan, A., Erdoğan, M.S. ve Kabadurmuş, Ö. (2021). Container Demand Forecasting Using Machine Learning Methods: A Real Case Study from Turkey. In: Durakbasa, N.M., Gençyılmaz, M.G. (eds) *Digital Conversion on the Way to Industry 4.0*. ISPR 2020. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham.
- Doğusel, V. (2021). Kocaeli Limanları Yük Talep Tahmini. *Deniz Taşımacılığı ve Lojistiği Dergisi*, 02(02), 82-90.
- Erdönmez, E. S., İncaz, S. (2016). 2018 Yılına Kadar AB Denizyolu Taşımacılığının Stratejik Hedefleri ve Önerilerinin Türkiye'ye Yansıması. *Journal of Emerging Economics and Policy*, 1,111-125.
- Erkmen, T. ve Özkaynak, S. (2015). Liman İşletmeciliğinde Sürdürülebilir Liman Ekonomisi Stratejisi. II. Ulusal Liman Kongresi, İzmir, s.1-18.
- Esmer, S. (2003). *Ege ve Marmara Bölgesi limanları arz-talep projeksiyonu*. (Yüksek Lisans Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.

- Esmer, S. (2020). Deniz Taşımacılığı ve Lojistiği. *Akademisyen Kitabevi A.Ş.* Ankara.
- Esmer, S. ve Karataş Çetin, Ç., 2013. *Liman İşletme Yönetimi*, 379-415. Denizcilik İşletmeleri Yönetimi (Editörler: Cerit, A. G., Deveci, A., Esmer, S.), Beta Yayınları, Yayın No: 2956.
- Farhan, J. ve Ong, G. P. (2018). 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.
- Goss, R. O. (2002). An Early History of Maritime Economics. *International Journal of Maritime Economics*, 4(4), 390-404.
- Gökkuş, Ü., Yıldırım, M. S. ve Aydın, M. M. (2017). Estimation of container traffic at seaports by using several soft computing methods: a case of Turkish Seaports. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 131-148.
- Güzey, H. (2019). *Bir Liman İşletmesi için Kapasite Yeterlilik Analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Han, C.H. (2018). Assessing the impacts of port supply chain integration on port performance. *Asian J. Shipp. Logist.* 34, 129–135.
- 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. & Athanasopoulos, G. (2018). *Forecasting: principles and practice*. OTexts. Melbourne, Australia.
- Hyndman, R. J. ve Khandakar, Y. (2008). Automatic time series forecasting: the forecast package for R. *Journal of Statistical Software*, 26(3), 1-22.
- Hyndman, R. J. Athanasopoulos, G. (2017). *Forecasting: Principles and Practice*. OTexts: Melbourne, Australia.
- Hyndman, R., Athanasopoulos, G., Bergmeir, C., Caceres, G., Chhay, L., O'Hara-Wild, M., Petropoulos, F., Razbash S., Wang, E. ve Yasmeeen, F. (2021). Forecast: Forecasting functions for time series and linear models. R Package Version 8.14, <https://pkg.robjhyndman.com/forecast/>.
- İncaz, S. ve 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.
- İnternet: CSBB (2022). Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı. <https://www.sbb.gov.tr/2020-yili-aralik-ayi-dis-ticaret-verileri->

- Lertthaitrakul, W., Khumsawat, P. ve 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.
- Lewis, C. D. (1982). *Industrial and Business Forecasting Methods*, Butterworths Publishing, Londra.
- Lojiport. (2020), *Türkiye’de Faaliyet Gösteren Limanlar*, 01.09.2021 tarihinde <https://www.lojiport.com> adresinden alındı.
- Mangan, J., C. Lalwani, ve B. Fynes. (2008). Port-centric Logistics. *International Journal of Logistics Management*, 19 (1),29-41.
- Mercan, Y. (2016). *Kırklareli’nde 2010-2014 arası kardiyovasküler ve solunum sistemi hastalıkları nedeni ile acil polikliniklere başvuruların ve ölümlerin hava kirliliği ve meteorolojik parametreler ile ilişkisi*. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi.
- Milenković, M., Milosavljević, N., Bojović, N. ve Val, S. (2021). Container flow forecasting through neural networks based on metaheuristics. *Oper. Res. Int. J.*, 21, 965-997.
- Min, K. C. ve Ha, H. K. (2014). Forecasting the Korea's port container volumes with SARIMA model. *Journal of Korean Society of Transportation*, 32(6), 600-614.
- Mo, L., Xie, L., Jiang, X., Teng, G., Xu, L. ve Xiao, J. (2018). GMDH-based hybrid model for container throughput forecasting: Selective combination forecasting in nonlinear subseries. *Applied Soft Computing*, 62, 478-490.
- Notteboom, T. (2013). Maritime Transportation and Seaports. In J.P. Rodrigue, T. Notteboom and Jon Shaw (Eds). *The SAGE Handbook of Transportation Studies* (pp.83-102). Los Angeles/London/New Delhi/Singapore/ Washington DC. SAGE.
- OECD. (2011). *Strategic Transport Infrastructure Needs to 2030*. OECD Publications, Paris.
- Özdemir, Ü. (2021). Model Proposal for Future Estimates in Maritime Industry: The Case of Container Handling in Turkish Ports. *Journal of ETA Maritime Science*, 9(1), 13-21.
- Özek, T. (2010). *Zaman Serisi Modelleri Üzerine Bir Simülasyon Çalışması*. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Özmen, A. (1986), *Zaman serisi analizinde Box-Jenkins yöntemi ve banka mevduat tahmininde uygulama denemesi*. Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.
- Peng, W. Y. ve Chu, C. W. (2009) A comparison of univariate methods for forecasting container throughput volumes. *Mathematical and Computer Modeling*, 50(7), 1045-1057.

- Polat, Ö. (2020). *Liman İşletmelerinde Teu Hareketlerinin Göz Önüne Alınarak, Yapay Zeka ve İstatistiksel Yöntemlerle Tahminleme*. Yüksek Lisans Tezi, Toros Üniversitesi, Mersin.
- Pultar, M. (2019). *Türk Gemici Dilinin Kaynakları*. Gemici Dili Çalıştayı. 18 Ocak 2019. Deniz Kuvvetleri Komutanlığı Yayın Evi Sertifika 29993.3-15.
- Puşcaci, V. ve Puşcaci, R. M. (2018). Some considerations on management of the maritime transportation. *Journal of Accounting and Management*, (8)2, 60-69.
- Rashed, Y. (2016). *Container Throughput Modelling and Forecasting: An Empirical Dynamic Econometric Time Series Approach* (Doctoral dissertation, Universiteit Antwerpen (Belgium)).
- Rashed, Y., Meersman, H., Sys, C., Van de Voorde, E. ve Vanelslender, T. (2018). A combined approach to forecast container throughput demand: scenarios for the Hamburg-Le Havre range of ports. *Transp. Res. Part A Policy Pract.* 117, 127–141.
- Sadeghi Gargari, N., Panahi, R., Akbari, H., ve Ng, A. K. Y. (2022). Long-Term traffic forecast using neural network and seasonal autoregressive integrated moving average: case of a container port. transportation research record. T ransportation Research Record, 2676(8), 236-252.
- Saka, M. ve Çetin, O. (2017). Konteyner Taşımacılığı İçin Yeni Bir Model Önerisi: Köseköy Kuru Limanı. III. Ulusal Liman Kongresi, 1-20.
- Schulze, P. M. ve Prinz, A. (2009). Forecasting container transshipment in Germany. *Applied Economics*, 41(22), 2809-2815.
- Seabrooke, W., Hui, E.C.M., Lam, W.H.K. ve Wong, G.K.C. (2003) Forecasting cargo growth and regional role of the port of Hong Kong. *Cities*, 20(1), 51–64.
- Seker, S. E. (2015). *Zaman Serisi Analizi (Time Series Analysis)*. YBS Ansiklopedi, 2(4), 23-31.
- Shankar, S., Ilavarasan, P. V., Punia, S. ve Singh, S.P. (2020). Forecasting container throughput with long short-term memory networks. *Industrial Management & Data Systems*, 120(3), 425-441.
- Shardeo, V., Patil, A., Dwivedi, A., ve Madaan, J. (2021). Analysis of grey model for container traffic forecasting at Indian major ports. Proceedings of the 11th Annual International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Singapore.
- Şen, H., Yaşayanlar, A. ve Denizhan, B. (2021). Türkiye’de Limanlarda Yük Taşımacılığı Veri Analizi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (22), 436-444.
- Tunalı, H. ve Akarçay, N. (2018). Deniz Taşımacılığı ile Sanayi Üretimi İlişkisinin Analizi: Türkiye Örneği. *İktisadi İdari ve Siyasal Araştırmalar Dergisi*, 3(6),111-122.

- TURKLİM (2021). Türkiye Limancılık Sektörü 2021 Raporu, Türkiye Liman İşletmecileri Derneği.
- TÜBİTAK (2021), Vizyon 2023 Ulaştırma ve Turizm Paneli Raporu Temmuz-2003, 01.03.2022 tarihinde https://www.tubitak.gov.tr/tubitak_content_files/vizyon2023/ut/utp_son_surum.pdf adresinden alındı.
- Tür, R., Küçükosmanoğlu, A., ve Küçükosmanoğlu, Ö. (2013). Antalya limanı konteyner trafiğinin bulanık sinir ağı ile tahmini. *Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi*, 5(2), 109-120.
- Twrdy, E. ve Batista, M. (2016). Modeling of container throughput in Northern Adriatic ports over the period 1990-2013. *Journal of Transport Geography*, 52, 131-142.
- 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.
- UNCTAD (2018). Review of Maritime Transport. United Nations, New York.
- Winters, P. R. (1960). Forecasting sales by exponentially weighted moving averages. *Management Science*, 6(3), 324–342.
- Wu, Y.C.J. ve Goh, M., 2010. Container port efficiency in emerging and more advanced markets. *Transp. Res. Part E Logist. Transp. Rev.* 46, 1030–1042.
- Xie, G. Wang, S., Zhao, Y. ve Lai, K.K. (2013). Hybrid approaches based on LSSVR model for container throughput forecasting: A comparative study. *Applied Soft Computing*, 13, 2232-2241.
- YASED, Uluslararası Yatırımcılar Derneği. (2012). 2023 Hedefleri Yolunda Bilgi ve İletişim Teknolojileri, 2012, s. 1-168.
- Yaşar, O. (2005). Çanakkale Boğazı doğu kıyılarında çevre dostu bir liman: Çanakkale Kepez Limanı. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*, 5(2), 1-26.

DİZİN

A

ARIMA · 33

C

COVİD-19 · 5, 9, 15, 16, 21, 46

Ddenizcilik · 2, 3, 17
Denizcilik · 1, 3, 5, 13, 18, 20,
52, 56
denizyolu taşımacılığı · 1, 3, 9

EETS · iv, v, viii, 2, 16, 31, 32, 37,
38, 39, 43, 44

HHolt Winters · 32
Holt-Winters Çarpımsal · iv, 2,
37, 38, 39
Holt-Winters Toplamsal · iv, 2,
37, 38, 39

Kkonteyner · iv, viii, xiv, 1, 2, 4, 5,
6, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17,
18, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 26,
27, 28, 29, 30, 46, 50, 56
Konteyner · 20

Lliman · iv, 1, 2, 3, 5, 6, 9, 10, 11,
12, 14, 16, 46, 48, 50, 56
Liman · viii, xv, 3, 6, 8

MMevsimsel Naive · iv, vii, viii, 2,
21, 31, 37, 38, 39, 40, 49

Ööngörü · iv, 2, 14, 17, 31, 39, 45,
46, 47
Öngörü · 1, 45, 49

SSARIMA · iv, v, vii, viii, xv, 2,
12, 14, 15, 16, 18, 19, 21, 31,
33, 34, 37, 38, 39, 40, 41, 44,
47, 48, 49, 52, 53, 54

TTerminal · 11
trend · iv, v, 2, 20, 31, 32, 35, 37



TEKNOVERSİTE



teknoversite **AYRICALIĞINDASINIZ**

İSTE

