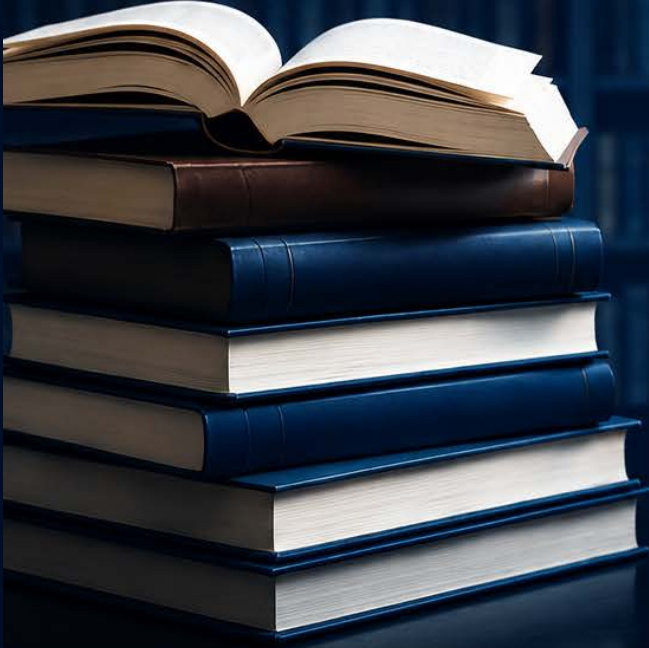


ULUSLARARASI TİCARET ALANINDA
GÜNCEL KONULAR VE
AKADEMİK DEĞERLENDİRMELER

Editör: Doç.Dr. Naci YILMAZ



yaz
yayınları

Uluslararası Ticaret Alanında Güncel Konular ve Akademik Değerlendirmeler

Editör

Doç.Dr. Naci YILMAZ

yaz
yayınları

2026

**Uluslararası Ticaret Alanında Güncel
Konular ve Akademik Değerlendirmeler**

Editör: Doç.Dr. Naci YILMAZ

© YAZ Yayınları

Bu kitabın her türlü yayın hakkı Yaz Yayınları'na aittir, tüm hakları saklıdır. Kitabın tamamı ya da bir kısmı 5846 sayılı Kanun'un hükümlerine göre, kitabı yayınlayan firmanın önceden izni alınmaksızın elektronik, mekanik, fotokopi ya da herhangi bir kayıt sistemiyle çoğaltılamaz, yayınlanamaz, depolanamaz.

E_ISBN 978-625-5450-57-9

Ekim 2026 – Afyonkarahisar

Dizgi/Mizanpaj: YAZ Yayınları

Kapak Tasarım: YAZ Yayınları

YAZ Yayınları. Yayıncı Sertifika No: 73086

M.İhtisas OSB Mah. 4A Cad. No:3/3
İscehisar/AFYONKARAHİSAR

www.yazyayinlari.com

yazyayinlari@gmail.com

İÇİNDEKİLER

Dış Ticaret Analizlerinde Birim Değerin Kullanım Alanları.....	1
<i>Hakkı ÖZBAŞ</i>	
Digital Transformation in Smart Ports: A Comparative Analysis of the Ports of Rotterdam, Singapore, And Antwerp-Bruges.....	22
<i>Gül SENİR GÜRBÜZ</i>	

"Bu kitapta yer alan bölümlerde kullanılan kaynakların, görüşlerin, bulguların, sonuçların, tablo, şekil, resim ve her türlü içeriğin sorumluluğu yazar veya yazarlarına ait olup ulusal ve uluslararası telif haklarına konu olabilecek mali ve hukuki sorumluluk da yazarlara aittir."

DIŞ TİCARET ANALİZLERİNDE BİRİM DEĞERİN KULLANIM ALANLARI

Hakkı ÖZBAŞ¹

1. GİRİŞ

Gümrük beyannamelerine dayanan uluslararası mal ticareti istatistikleri ürün sınıflandırması, ticaret değeri, net ağırlık veya tamamlayıcı miktar, ticaret ortağı, ticaret yönü ve taşıma modu gibi bilgileri içermektedir. Bu kayıtlardaki değer ve miktar bilgilerinden birim değer göstergeleri üretilmektedir. Birim değer, söz konusu kayıtlarda yer alan parasal değer in yine aynı kayıttaki fiziksel miktara oranlanmasıyla elde edilmektedir. Bu yönüyle belirli bir ürün grubunda gerçekleşen ticari işlemlerin ortalama değer düzeyini gösterir. Geniş bir ülke ve ürün kapsamına sahip olması, uzun dönemli erişilebilir olması ve düzenli güncellenmesi sayesinde, birim değerin dış ticaret araştırmalarında kullanılması mümkün hale gelmektedir (IMF, 2009; UN, 2011).

Birim değer, hesaplamanın gerçekleştirildiği ticaretin detay düzeyi ve araştırmanın amacıyla yakından ilişkili olarak farklı anlamlar ifade edebilmektedir. Daha sınırlı sayıda ürün grubunu temsil eden ve homojen bir ürün grubunda hesaplanan birim değer göstergesi, işlemlerin ortalama fiyat düzeyine yaklaşabilmektedir. Ancak aynı sınıflandırma kodu geniş veya heterojen nitelikteki farklı kalite, model, marka, satış koşulu, fiyatlandırma veya kullanım amacı taşıyan ürünleri kapsadığında ise hesaplanan değer, fiyatla birlikte ürün bileşimini de yansıtan

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Tarsus Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Dış Ticaret, ORCID: 0000-0002-0058-6334.

daha farklı anlamlar ifade edebilmektedir (IMF, 2009). Bu doğrultuda birbirine yakın anlamlar ifade eden birim değer düzeyi, birim değer endeksi ve doğrudan fiyat gözlemi birbirinden ayrılmalıdır. Birim değer düzeyi belirli bir ülke, ürün, pazar ve dönemdeki değer yoğunluğunu, birim değer endeksi bu yapının dönemler arasındaki değişimini izlerken ankete dayalı ihracat ve ithalat fiyat endeksleri ise özellikleri tanımlanmış ürünlerin fiyat hareketlerini takip etmeyi amaçlar (Silver, 2009).

Birim değer endeksleri fiyat hareketiyle ürün bileşimindeki değişimi birlikte yansıtabilmektedir. Miktar birimi farklılıkları, eksik veya tahmin edilmiş ağırlıklar, FOB-CIF değerlendirme farkı ve sıra dışı işlemler de hesaplamaları etkileyebilmektedir. Silver (2009), bu unsurların birim değer ve fiyat endeksleri arasında dönemlere göre değişen ayrışmalar oluşturduğunu göstermektedir. Bu nedenle göstergenin hangi araştırma sorusu için kullanıldığının tespiti önem taşımaktadır. Gümrük kayıtlarının ülke, ürün, pazar ve dönemleri kapsayan geniş yapısı ile basit hesaplanması, birim değeri ürün ve pazar düzeyindeki göreceli değer yapısının incelenmesinde erişilebilen en kapsamlı göstergelerden biri hâline getirmektedir.

Gümrük idareleri tarafından elektronik ortamda derlenen işlem kayıtları geniş bir ticaret evrenine ilişkin veri kümesini oluşturmaktadır. Bu veri kümesi sayesinde ürün düzeyinde, ülke, partner ülke, sevkiyat ve miktar özellikleri üzerinden ayrıntılı inceleme yapılması mümkündür. OECD için hazırlanan çalışmada, kapsamlı temizleme ve doğrulama işlemlerinden geçirilen gümrük verilerinden üretilen birim değer endekslerinin çeşitli dış ticaret fiyat göstergeleriyle uyumlu sonuçlar verebildiği gösterilmiştir (Miao & Wegner, 2022). Fast, Fleck ve Smith (2022) ayrıntılı ihracat verilerinin homojen ürün gruplarında resmî fiyat endekslerini tamamlayabilecek nitelikte sonuçlar ürettiğini ortaya koymuştur.

Birim değer, ihracatın ve ithalatın göreceli değer yapısının, ürün ve pazar konumlanmasının, endüstri içi ticaretin, kaliteyle ilişkili farklılaşmanın ve taşıma türü tercihlerinin incelenmesinde kullanılmaktadır (Greenaway, Hine, & Milner, 1994; Hallak, 2006; Harrigan, 2010). İşlenmemiş alüminyum ile alüminyum folyo, rafine bakır ile bakır tel, odun hamuru ile kâğıt, kakao ürünleri ve çikolata gibi girdi ile işlenmiş/nihai ürün arasındaki teknik bağın açık biçimde kurulabildiği uygulamalarda birim değer, değer zincirindeki konumlanmaya ilişkin tamamlayıcı bilgi sağlamaktadır. Bu kullanım, katma değer paylarını ülke-sektör düzeyinde hesaplayan ülkeler arası girdi-çıkıtı tablolarından farklı bir ölçüm düzeyine karşılık gelmektedir (OECD, 2025).

2. BİRİM DEĞER KAVRAMI VE HESAPLANMASI

2.1. Birim Değerin Tanımı

Birim değer, dış ticaret kaydındaki toplam parasal değer in fiziksel miktara bölünmesiyle hesaplanan ortalama değerdir. BM'nin uluslararası mal ticareti istatistikleri standardında miktar, net ağırlık ve ürüne uygun tamamlayıcı birim üzerinden tanımlanmaktadır (UN, 2011). Tamamlayıcı birim, ürünün niteliğine göre adet, litre, metrekafe, metreküf veya kilovat-saat olabilmektedir. Ağırlık her ürün için en açıklayıcı ölçü olmasa da birim değer genellikle parasal değer/ağırlık olarak yazılmaktadır.

Birim değer, hesabın yapıldığı ürün ayrıntısına bağılı olarak değişmektedir. Ayrıntılı ürün ve pazar düzeyindeki hesaplamalar daha benzer işlemleri karşılaştırırken, sektör ve ülke düzeyindeki göstergeler ürün bileşiminden daha fazla etkilenebilmektedir (IMF, 2009; Fast et al., 2022). Toplulaştırılmış birim değerler ise dış ticaret yapısındaki genel değişimin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır.

2.2. Birim Değerin Hesaplanması

Birim değer, $UV = V/Q$ biçiminde hesaplanır. Bu hesaplamada UV birim değeri, V ticaret değerini, Q ise aynı ticarete ait miktarı ifade etmektedir. Örneğin bir dönemde 12 milyon dolar değerinde ve 2 milyon kilogram miktarında ihracat yapılmışsa birim değer kilogram başına 6 dolardır. Hesaplanan gösterge, dönem boyunca gerçekleşen işlemlerin miktarla ağırlıklandırılmış ortalama birim değerini yansıtmaktadır.

Birim değer hesabında aynı ürün, ülke, ticaret yönü, dönem ve değerlendirme sınırına ait değer ve miktar verileri kullanılmalı, para birimi dönüşümü varsa esas alınan kur ve tarih belirtilmeli, farklı miktar birimleri birleştirilmemeli ve sıfır, eksik ya da olağan dışı küçük miktartlı kayıtlar kontrol edilmelidir (IMF, 2009; BM, 2011). Otomobilde adet, kumaşta metrekaire ve elektrikte kilovat-saat gibi ürüne uygun tamamlayıcı miktarın sunulduğu durumlarda bu birim tercih edilebilir (BM, 2011).

2.3. Birim Değer, Dış Ticaret Fiyatları ve Dış Ticaret Haddi

Birim değer gerçekleşen işlemlerin değer ve miktarı üzerinden hesaplanırken, dış ticaret fiyat endeksleri önceden belirlenmiş ürünlerin zaman içindeki fiyat hareketlerinden oluşur (IMF, 2009). İhracat veya ithalat fiyat endeksinde amaç, özellikleri belirlenmiş bir ürünün zaman içindeki fiyat değişimini izlemektir. Fiyat endeksleri anketler aracılığıyla seçilmiş firma ve ürünlerden düzenli fiyat toplayarak, birim değer bir dönemde kayda giren işlemler üzerinde hesaplanmaktadır (IMF, 2009). Fiyat endeksi daha sabit bir ürünü tanımlarken, birim değer daha geniş bir küme olan gerçekleşmiş ticaret bileşiminden elde edilir.

Saf fiyat hareketinin ölçülmesinde sabit özellikli ürünleri izleyen fiyat endeksi kavramsal olarak daha doğrudan bir ölçüyken, gümrük kayıtları pazarın çok daha geniş bir bölümündeki fiilî işlemleri, ürün giriş ve çıkışlarını ve hedef

pazar farklılıklarını kapsamaktadır. ABD Çalışma İstatistikleri Bürosunun (BLS) idari ihracat verileriyle yürüttüğü çalışma, Temmuz 2020'de ihracat fiyat anketinin yanıt oranını yüzde 45 olarak verirken gümrük işlemlerinin yaklaşık yüzde 90'ında değer ve miktar bilgisi bulunduğunu belirtmektedir (Fast et al., 2022). Bu karşılaştırma, fiyat anketinin ürün tanımındaki sürekliliğinin üstünlüğüne, gümrük verisinin ise işlem kapsamı açısından üstünlüğüne işaret etmektedir.

Resmî fiyat endeksleri farklı yöntemlerle üretilmektedir. Örneğin, Kanada'nın dış ticaret fiyat endeksleri gümrük verileri ve birim değer yaklaşımıyla hesaplanırken, Avustralya kalite değişiminin sınırlı olduğu bazı temel emtialarda ortalama birim değerleri fiyat vekili olarak kullanmıştır. Bu uygulamalar, birim değerlerin uygun ürün ve veri koşullarında resmî fiyat ölçümünün bir parçası olabildiğini göstermektedir. Homojen ürünlerde, ortak miktar birimleri ve düzenli işlem kayıtlarıyla hesaplanan birim değer endeksleri fiyat hareketlerinin izlenmesinde güvenilir sonuçlar verebilmektedir (Miao & Wegner, 2022; Fast et al., 2022).

Dış ticaret haddi ihracat ve ithalat fiyatlarının birbirine göre zaman içindeki değişimini ölçmektedir. Bu yönüyle birim değer tek bir ithalat veya ihracata ilişkin düzey göstergesi, dış ticaret haddi ise iki fiyat endeksinin oranına dayanan karşılaştırmalı bir gösterge özelliğine sahiptir. Dış ticaret haddi, fiyat endekslerinin yanı sıra ihracat ve ithalat birim değer endeksleri kullanılarak da hesaplanabilir (IMF, 2009). Bu hesaplamada her iki ticaret akımı için aynı temel döneme dayanan endeksler oluşturulur ve ihracat birim değer endeksi ithalat birim değer endeksine oranlanır. Birim değer düzeylerinin oranı belirli bir dönemdeki göreceli değer konumunu, endekslerin oranı ise zaman içindeki birim değer temelli dış ticaret haddini göstermektedir. Birim değer endeksleri ürün bileşimindeki değişimleri de içerdiği için elde edilen sonuç resmî fiyat

endekslerine dayanan dış ticaret haddinden farklı olabilmektedir (Silver, 2009).

2.4. Birim Değer Endeksleri

Birim değer endeksi, belirli ürün ve ticaret akımlarına ait birim değerlerin temel döneme göre değişimini göstermektedir. Temel dönemin 100 kabul edildiği bir endekste birim değer 100'den 115'e yükselmesi, ortalama değer düzeyinde yüzde 15 artış gerçekleştiğini ifade etmektedir. Bu yapı, farklı para ve miktar büyüklüklerine sahip ürünlerin dönemsel hareketlerinin ortak bir ölçekte izlenmesini sağlamaktadır.

Güçlü bir endeks üretiminde dönemler arasında eşleşen ürünler belirlenmekte, işlem ve ürün birim değerleri uygun ağırlıklarla birleştirilmekte ve ticaret yapısındaki güncel değişimler endekse yansıtılmaktadır. Fast ve diğerleri (2022), birim değerleri ağırlıklı geometrik ortalamayla ürün düzeyine taşımış, ürün değişimlerini üst gruplarda birleştirmiştir. Bu uygulama, ayrıntılı gümrük kayıtlarının sistemli bir veri hazırlama ve ağırlıklandırma süreciyle resmî fiyat endekslerini tamamlayabilecek göstergeler üretilebildiğini göstermektedir. Miao ve Wegner (2022) de düzey, zaman ve ülkeler arası dağılımı birlikte kullanan veri temizleme yaklaşımının sonuçları güçlendirdiğini göstermiştir. Bu örnekler, birim değer endeksinin veri hazırlama ve toplulaştırma kararlarıyla kurulan bir istatistik olduğunu ortaya koymaktadır.

2.5. Toplulaştırılmış Birim Değer Hesaplamaları

Toplulaştırılmış birim değerler, ticaret içindeki ağırlıkları dikkate alınan ürün düzeyindeki göstergelerin bir araya getirilmesiyle oluşturulmaktadır. Ortak fiziksel birimle ölçülen homojen ürünlerde toplam değer toplam miktara bölünebilmekte, farklı nitelikteki ürünlerde ise ticaret paylarını kullanan endeks yöntemleri tercih edilmektedir. Böylece küçük ticaret akımlarının büyük ürün gruplarıyla aynı ağırlığı alması önlenmekte ve toplam

gösterge gerçekleşen ticaret yapısına yaklaştırılmaktadır. Ürün ayrıntısı arttıkça aynı kod içindeki çeşitlilik genellikle azalmaktadır. Buna rağmen en ayrıntılı tarife kodu bile marka, model, sözleşme ve kalite farklarını bütünüyle ayırmakta yeterli değildir. IMF (2009) ile Silver (2009), ürün koduna ek olarak ülke, firma veya işlem özellikleriyle tabakalandırmanın bileşim etkisini azaltabileceğini belirtmektedir. Buna karşılık çok dar hücrelerde az sayıda işlem kalması birim değeri oynaklaştıracağından uygun toplulaştırma düzeyi, homojenlik ile yeterli işlem sayısı arasında kurulmalıdır.

Toplulaştırma yapılırken ürünlerin kullanım amacı da dikkate alınmalıdır. Miao ve Wegner'in (2022) çalışmasında aynı sektör içindeki ara ve nihai kullanım ürünleri için hesaplanan birim değer endeksleri arasındaki korelasyon 0,12 düzeyinde bulunmuştur. Bu sonuç, aynı sektörde yer alsa bile ara girdiler ile nihai ürünlerin farklı değer hareketlerine sahip olabildiğini göstermektedir.

3. DIŞ TİCARET ANALİZLERİNDE BİRİM DEĞERİN KULLANIM ALANLARI

3.1. İhracat ve İthalatın Değer Konumunun Karşılaştırılması

Aynı ürüne ait ihracat ve ithalat birim değerlerinin karşılaştırılması, ülkenin ihraç ettiği ve ithal ettiği ürünlerin göreceli değer düzeyini göstermektedir. İhracat birim değerinin ithalat birim değerine bölünmesiyle elde edilen oranın birden büyük olması, ihraç edilen ürün bileşiminin ithal edilenden daha yüksek birim değer taşıdığını, birden küçük olması ise ters yöndeki bir konumu ifade etmektedir. Böylece dış ticaret dengesiyle görülemeyen ürün içi değer farklılığı, miktar bilgisinden yararlanılarak ölçülebilmektedir.

Bununla beraber ihracatın çoğunlukla FOB, ithalatın navlun ve sigortayı da kapsamasından dolayı CIF değerle kaydedilmesi kayıt farkları oluşturabilmektedir (BM, 2011). Bu fark, ihracat/ithalat oranını aşağı çekebileceği için karşılaştırmada aynı yöndeki ticaret akımı içinde ülke veya dönem farklılıklarına odaklanmak ya da mümkünse her iki seriyi ortak FOB sınırına getirmek daha doğru bir sonuç verecektir.

3.2. Ürün ve Pazar Konumlanmasının İncelenmesi

Birim değer, aynı ürünü ihraç eden ülkelerin dünya piyasasında hangi değer aralıklarında yer aldığını belirlemek için bir araç niteliği taşımaktadır. Bir ülkenin ürün birim değeri dünya veya seçilmiş rakipler ortalamasına bölünerek göreceli değer göstergesi oluşturulabilir. Sonucun birin üzerinde olması ülkenin ilgili ürün-pazar karşılaştırma grubundan daha yüksek, birin altında olması daha düşük birim değerle işlem yaptığını işaret etmektedir. Bu ölçüm, ülkelerin pazarın düşük, orta veya yüksek değerli bölümündeki yerini izlemeye imkân vermektedir (Fontagné, Gaulier, & Zignago, 2008).

Hedef pazar ayrımı yapıldığında ülke ortalamasının gerisinde kalan değer farklılıkları görünür hâle getirilmektedir. Aynı ürünün pazarlar arasında değişen birim değeri, gelir düzeyi, talep yapısı, dağıtım kanalı ve sözleşme koşullarıyla ilişkilendirilebilmektedir. Hallak (2006), yüksek gelirli ülkelerin yüksek kaliteli ürünlere daha güçlü talep gösterdiğini ortaya koyarken Chen ve Juvenal (2022), uzman kalite puanlarıyla eşleştirilen Arjantin şarap ihracatında kalite ve kâr marjlarının ihracat fiyatı farklılıklarını birlikte açıkladığını belirlemiştir. Fontagné, Gaulier ve Zignago (2008), 200'den fazla ülke ile yaklaşık 5.000 HS6 ürünü kapsayan verileri dünya birim değeri dağılımına göre düşük, orta ve yüksek pazar segmentlerine ayırarak yaklaşımın geniş ölçekli ülke ve ürün karşılaştırmalarında uygulanabildiğini göstermiştir.

3.3. Kalite Farklılaşmasının Değerlendirilmesi

Dış ticaret verilerinde ülkeler ve ürünler için doğrudan bir kalite değişkeni bulunmamaktadır. Bu nedenle birim değer kaliteyle ilişkili farklılaşmanın incelenmesinde başlıca gözlenebilir göstergelerden biri olarak kullanılmaktadır. Hummels ve Klenow (2005), büyük ekonomilerin daha geniş ürün çeşidi ihraç ettiğini ve ihracat fiyatlarının da farklılaştığını göstererek birim değerleri çeşit ve kalite tartışmasına bağlamıştır. Hallak (2006) ise gelir düzeyi yüksek ülkelere yönelen ticarete kalite talebinin rolünü birim değerler üzerinden incelemiştir. Birim değer ile üretim kapasitesi arasındaki ilişki geniş gümrük verileri üzerinde de sınanmıştır. Schott'un (2004) aynı ürün ve yıl içindeki karşılaştırmalarında sermaye/işgücü oranındaki 10% artış birim değerde 4,4%, beceri göstergesindeki 10% artış ise 5% yükselişle ilişkilendirilmiştir. Ayrıca 28 imalat sanayisinin 26'sında sermaye yoğunluğu ile ürün birim değeri arasında pozitif ve anlamlı ilişki belirlenmesi, göstergenin üretim tekniği ve beceri donanımıyla bağlantılı ekonomik içerik taşıdığını desteklemektedir (Schott, 2004).

Yüksek birim değer, kaliteyle uyumlu bir işaret olmakla beraber tek başına kaliteyi doğrudan temsil etmemektedir. Aynı kod içindeki daha gelişmiş model, daha güçlü marka, daha iyi malzeme veya daha ileri işleme düzeyi birim değeri yükseltebilir. Üretim maliyeti, rekabetin düşük olması, döviz kuru, kâr marjı, sipariş hacmi, teslim şekli ve ürün karmaşıklığı da aynı birim değeri etkileyebilir. Bu nedenle birim değer önemli bir temsilci olsa da kalite göstergesi yerine kaliteyle ilişkili değer göstergesi veya kalite vekili olarak kabul edilebilir.

Kaliteyi birim değerden ayırmayı amaçlayan çalışmalar ek talep bilgisi kullanmıştır. Hallak ve Schott (2011), aynı fiyat düzeyinde daha yüksek ticaret fazlası sağlayan ülkenin ürünlerine daha yüksek talep bulunduğunu düşüncesinden hareketle fiyat ve

net ticareti birlikte değerlendirmiştir. Khandelwal (2010), fiyat ile pazar payını aynı model içinde kullanarak kaliteyi tahmin etmiş ve ürünlerin kalite bakımından farklılaşma derecesinin ürün grupları arasında değiştiğini göstermiştir.

Feenstra ve Romalis (2014), 185 ülkenin ikili ticaretindeki FOB ve CIF birim değerlerini fiyat ve kalite bileşenlerine ayıran kapsamlı bir model kurmuştur. Çalışma, birim değer farklılıklarının uluslararası kalite farklılaşması hakkında güçlü bilgi taşıdığını, kalite düzeltmesi sonrasında ülkeler arası fiyatların değiştiğini göstermektedir. Bu sonuç birim değer kullanımını desteklerken kalite yorumunun veri temizliği, ortak miktar birimi ve bir modele dayandırılması gerektiğini göstermektedir.

3.4. Dikey Endüstri İçi Ticaretin Belirlenmesi

Aynı ürün grubunda ihracat ve ithalatın birlikte gerçekleştiği endüstri içi ticaret, benzer veya farklı değer düzeylerindeki ürünlerin karşılıklı olarak satılmasına göre yatay ve dikey olarak ayrılmaktadır. Daha önce anıldığı üzere ticaret kalitesine ilişkin doğrudan verinin bulunmadığı bu alanda ihracat ve ithalat birim değerlerinin oranı bir sınıflandırma aracı olarak kullanılabilir. Böylece aynı ürün kodundaki iki ticaret yönünün değer aralığı tespit edilerek endüstri içi ticaretin şekli tespit edilebilmektedir. Greenaway, Hine ve Milner (1994), ihracat birim değerinin ithalat birim değerine oranı 0,85 ile 1,15 arasında kaldığında ticareti yatay, bu bandın dışında kaldığında dikey olarak sınıflandırmıştır. Fontagné, Freudenberg ve Gaulier (2006) ise gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeleri kapsayan küresel uygulamada yüzde 25'lik bandı kullanmış ve eşik genişledikçe yatay ticaret payının arttığını göstermiştir. Bu eşikler istatistiksel bir sınıflandırma kuralı olup değişmez bir sınıflama değildir. Ancak döviz kuru, FOB-CIF farkı, raporlama tarihi, ölçü birimi

ve aynı koddaki ürün bileşimi birim değeri değiştirebileceğinden bu etkiler dikkate alınarak yorumlanmalıdır.

3.5. Rekabet Gücü ve Görelî Değer Konumlanması

Birim değerin rekabet gücü analizindeki temel işlevi, değer düzeyi ile ticaret miktarının birlikte değerlendirilmesidir. Aiginger'in (1997) sınıflamasında ihracat birim değerinin ithalattan düşük, ihracat miktarının ise ithalat miktarından yüksek olması maliyet ve fiyat rekabetiyle ilişkilendirilmektedir. İhracat birim değeri ve miktarının ithalat karşılıklarından yüksek olması, daha pahalı ürünlerde miktar fazlası verildiğini gösterdiğinden başarılı kalite rekabeti ve üst segment uzmanlaşması olarak değerlendirilmektedir. Schott'un (2004) aynı ayrıntılı ürün içindeki yüksek birim değerleri sermaye, beceri ve üretim tekniğiyle ilişkilendiren bulguları bu yorumu güçlendirmektedir.

Birim değer ve pazar payının birlikte yükselmesi yüksek değerli segmentte güçlenmeyi, birim değer düşerken pazar payının artması fiyat rekabetine dayalı genişlemeyi göstermektedir. Birim değer yükselirken pazar payının azalması üst segmente yönelme ile maliyet artışının ayrıştırılmasını, her iki göstergenin gerilemesi ise görelî konum kaybının incelenmesini gerektirmektedir. Fontagné, Gaulier ve Zignago'nun (2008) düşük, orta ve yüksek HS6 pazar segmentleri bu konumlandırmayı desteklemektedir. Bu bölümde önerilen dört alan, Aiginger'in miktar dengesi ölçütünün pazar payı değişimine uyarlanmış biçimidir.

3.6. Taşıma Türü ve Değer Yoğunluğunun İncelenmesi

Taşıma maliyeti ürünün değeri ve fiziksel ağırlığıyla yakından ilişkilidir. Yüksek birim değerli, hafif veya zaman açısından hassas ürünlerde hava yolu tercihinin maliyet içindeki payı daha kolay karşılanabilir. Harrigan (2010), zaman hassasiyeti ile ürünlerin hava yoluyla taşınması arasındaki ilişkiyi

ABD ithalat verilerindeki değer/ağırlık oranları üzerinden incelemiştir. Hummels ve Schaur (2013) da taşıma süresinin ticaret engeli gibi çalıştığını ve firmaların zaman kazanmak için daha pahalı taşıma türlerine yönelebildiğini göstermiştir.

Birim değer bu alanda iki farklı işlev görmektedir. İlk olarak değer/ağırlık oranı, taşıma maliyetinin ürün değerine göre büyüklüğünü yaklaşık olarak göstermektedir. İkinci olarak aynı ürünün hava, deniz, kara veya demir yoluyla yapılan sevkiyatlarındaki birim değer farkı, hangi çeşitlerin hangi taşıma türüyle gönderildiğini ortaya koymaktadır. Fiankor ve diğerleri (2024), spesifik tarifeler ile tarımsal ihracat birim değerleri arasındaki ilişkinin taşıma türüne göre değiştiğini belirleyerek birim değer, ticaret politikası ve taşıma modu seçimi arasındaki bağın aynı analiz içinde incelenebildiğini göstermiştir.

4. VERİ SEÇİMİ, HESAPLAMA VE YORUMLAMA SORUNLARI

4.1. Ürün Sınıflandırması ve Topplulaştırma Düzeyi

Ürün sınıflandırması, birim değer hesabında hangi ticaret işlemlerinin aynı ürün kapsamında birleştirileceğini belirlemektedir. Geniş ürün gruplarında farklı malzeme, model, kullanım amacı ve kalite düzeyleri aynı hesaplama dâhil edildiğinden, elde edilen birim değer ürün bileşiminden daha fazla etkilenmektedir. Daha ayrıntılı ürün kodları benzer nitelikteki işlemleri bir araya getirmekte ve karşılaştırmanın ekonomik anlamını güçlendirmektedir. Bununla birlikte çok dar ürün gruplarında az sayıda işlem veya tek bir büyük sevkiyat dönem ortalamasını belirleyebilmektedir. Bu nedenle ürün ayrıntısı, ürünlerin benzerliği ile işlem sayısı ve ticaret kapsamı birlikte değerlendirilerek seçilmelidir (IMF, 2009; Fast et al., 2022).

Ülkeler arası karşılaştırmalarda ortak olarak kullanılabilen HS6 düzeyi uygun bir başlangıç noktasıdır. Tek ülkeye ait ayrıntılı gümrük kayıtlarında ise ulusal tarife satırları, firma veya işlem özellikleri kullanılarak daha homojen ürün grupları oluşturulabilmektedir. Hesaplamanın yeterli işlem sayısını koruyan en ayrıntılı ortak düzeyde yapılması ve sonuçların daha sonra uygun ticaret ağırlıklarıyla üst ürün gruplarına taşınması, ürün benzerliği ile veri kapsamının birlikte korunmasını sağlamaktadır. Seçilen ürün düzeyi, kapsanan ticaret değerinin payı, gözlem sayısı ve dönemler arasındaki işlem devamlılığıyla birlikte açıklanmalıdır.

Zaman serisi çalışmalarında ürün sınıflandırmasının dönemler arasında değişip değişmediği de kontrol edilmelidir. Bir ürün kodunun bölünmesi, başka bir başlığa taşınması veya birkaç kodun birleştirilmesi, ticaret yapısında değişim bulunmadığı hâlde birim değer serisinde sıçrama oluşturabilmektedir. Bu nedenle dönemler ortak bir HS sürümüne dönüştürülmeli, tam eşleştirme sağlanamadığında karşılaştırılabilir ürün kodları kullanılmalı ve kapsamda meydana gelen değişim raporlanmalıdır (Miao & Wegner, 2022).

4.2. Miktar Birimleri, Eksik Veriler ve Tamamlama Yolları

Birim değer paydasında net ağırlık veya ürüne uygun tamamlayıcı miktar kullanılmaktadır. Net ağırlık ülkeler ve ürünler arasında ortak bir ölçü sağlarken tamamlayıcı birimler ürünün ticari niteliğini daha doğrudan temsil edebilmektedir (BM, 2011). Aynı ürün için ülkeler farklı birim bildirdiğinde dönüşüm katsayıları dikkatle uygulanmalı, dönüşümü mümkün olmayan kayıtlar ayrı tutulmalıdır.

Uluslararası ticaret veri tabanlarında ticaret değeri bulunduğu hâlde net ağırlık veya tamamlayıcı miktar bilgisi eksik olabilmektedir. Ülkelerin miktar bildirim uygulamalarının

farklılaşması, bazı ürünlerde net ağırlık yerine adet, litre veya metrekare gibi tamamlayıcı birimlerin kullanılması ve miktar alanının bazı beyannamelerde boş bırakılması bu durumun başlıca nedenleridir. Veri tabanlarında doğrudan bildirilen miktarlarla istatistiksel yöntemlerle tahmin edilen miktarlar da bir arada bulunabilmektedir (BM, 2011; UNSD, 2009). UNSD'nin 2005-2008 dönemindeki 52,7 milyon kayıt için yaptığı incelemede net ağırlıkların yüzde 20,8'i tahmin edilmiş ve bu işlem net ağırlık kapsamını yüzde 77,5'ten yüzde 98,1'e yükseltmiştir (UNSD, 2009). Uluslararası ticaret verilerinin ülke, ürün ve işlem kapsamı zaman içinde genişlemesine rağmen güncel veri tabanlarında bazı ürünlere ait miktar bilgileri eksik kalabilmektedir (Fast et al., 2022; Miao & Wegner, 2022).

Eksik miktarın tamamlanmasında ilk olarak aynı ülkenin daha ayrıntılı ürün kayıtları incelenmelidir. Örneğin HS4 düzeyinde miktar bilgisi bulunmadığında, bu başlığa bağlı HS6 ürünlerinin değer ve miktarları toplanarak HS4 birim değeri hesaplanabilir. Bu işlem, alt ürünlerin ortak miktar birimiyle ölçülmesi durumunda uygulanmalıdır. HS6 kayıtlarından elde edilen toplam değer, yayımlanan HS4 ticaret değeriyle karşılaştırılmalı ve alt ürünlerin HS4 grubunu temsil etme oranı belirtilmelidir. Böylece hesaplanan birim değerinin ürün grubunun ne kadarlık bölümüne dayandığı açıkça gösterilir.

HS6 düzeyinde de kullanılabilir miktar bulunmadığında ticaret ortaklarının ayna kayıtlarından (mirror data) yararlanılması mümkündür. Örneğin Türkiye'nin Almanya'ya yaptığı ihracatta miktar bilgisi eksikse, Almanya'nın Türkiye'den yaptığı ithalata ait değer ve miktar kayıtları kullanılabilir. Birim değer hesaplanırken ayna kayıta yer alan değer ve miktar birlikte alınmalı; farklı ülkeler tarafından bildirilen değer ve miktarlar aynı hesapta birleştirilmemelidir. Ayna veriden elde edilen sonuçlar, doğrudan ihracatçı ülke beyanından hesaplanan birim değerden farklı biçimde işaretlenmelidir. Birden fazla ticaret

ortağının kayıtları kullanılıyorsa bu ülkelerin değer ve miktarları kendi içinde toplulaştırılmalı ve ayna verilerin toplam ticaret değerini temsil etme oranı ayrıca raporlanmalıdır.

İhracatçı ülke kayıtları FOB, ithalatçı ülkenin ayna kayıtları ise genellikle CIF değerlemeyle yapıldığından, doğrudan kayıt ile ayna kayıttan hesaplanan birim değer farklılaşabilmektedir (BM, 2011; Berthou & Emlinger, 2011). Araştırma, ürünün ihracatçı ülke sınırındaki değerine odaklanıyorsa FOB, hedef pazara ulaşma değerini inceliyorsa CIF verileri esas alınmalı ve kullanılan değerleme sınırı açıkça belirtilmelidir (Feenstra & Romalis, 2014). Olağan dışı yüksek veya düşük birim değerler, çok küçük miktarlardan, ölçü birimi farklılıklarından veya gerçek yüksek değerli işlemlerden kaynaklanabilmektedir. Bu kayıtlar doğrudan çıkarılmamalı, ürünün dönemsel dağılımı, ticaret değeri, miktar birimi ve komşu yıllardaki gözlemler dikkate alınarak incelenmelidir. Çıkarılan kayıtların toplam ticaret değeri içindeki payı ayrıca raporlanmalıdır (IMF, 2009).

4.3. Ürün Bileşiminin Etkisi

Bir ürün kodunda düşük ve yüksek birim değerli çeşitler birlikte yer alabilmektedir. Çeşitlerin kendi fiyatları değişmediği hâlde yüksek değerli çeşidin toplam miktardaki payı arttığında ürün grubunun ortalama birim değeri yükselmektedir. Bu yükseliş, gerçekleşen ticaretin daha yüksek değerli ürünlere doğru değişen bileşimini göstermektedir. Ancak elde edilen bu bulgu saf fiyat hareketi anlamına gelmemektedir (IMF, 2009; Silver, 2009). Araştırma fiyat hareketine odaklanıyorsa dönemler arasında karşılaştırılabilir ve mümkün olduğunca sabit bir ürün grubu kullanılmalıdır. Ürün veya pazar konumlanması inceleniyorsa bileşimdeki değişim, ülkenin daha yüksek birim değerli ürünlere yönelmesini gösteren ekonomik bir bilgi olarak diğer göstergelerle birlikte değerlendirilmelidir.

4.4. Birim Değerin Yorumlanma Sınırları

Birim değer, ortak miktar birimiyle ölçülen homojen ürünlerde fiyat hareketine yaklaşıırken, farklı çeşitleri kapsayan ürün gruplarında fiyat ile ürün bileşiminin ortak etkisini taşımaktadır. Bu nedenle göstergenin anlamı ürün ayrıntısı, fiziksel ölçü birimi ve araştırma amacıyla birlikte değerlendirilmelidir (IMF, 2009; Silver, 2009). Birim değer, özellikleri sabit tek bir ürünün doğrudan gözlenen satış fiyatı veya tüketicinin ödediği nihai fiyat olmadığı gibi yüksek birim değer tek başına yüksek teknik kalitenin kanıtı da değildir. Kaliteye ilişkin bir çıkarımda bulunmak için miktar, pazar payı veya talep bilgisine ihtiyaç duyulmaktadır (Hallak & Schott, 2011; Khandelwal, 2010). Öte yandan dönem içinde birim değerdeki artış da doğrudan verimlilik, kârlılık veya rekabet gücü artışı anlamına gelmeyebilir.

Toplam ihracat ve ithalat birim değer düzeylerinin oranı dış ticaret haddini ifade etmemekte, farklı ürün sepetlerinin belirli bir dönemdeki göreceli değerini göstermektedir. Birim değer temelli dış ticaret haddi, aynı temel döneme dayanan ihracat ve ithalat birim değer endekslerinin oranlanmasıyla hesaplanmaktadır (IMF, 2009). Ürün bileşimindeki değişimleri de taşıyan sonuç “birim değer temelli dış ticaret haddi” olarak adlandırılmalıdır (Silver, 2009).

Gözlenen birim değer farklılığı kalite, üretim maliyeti, döviz kuru, taşıma gideri, sözleşme koşulları ve ürün bileşiminden kaynaklanan etkileri birlikte taşıyabilmektedir. Bu etkilerin ayrıştırılmasında araştırma sorusuna uygun tamamlayıcı göstergeler kullanılmalıdır. Kalite değerlendirmesi pazar payı, miktar ve hedef pazar özellikleriyle, rekabet gücü değerlendirmesi pazar payı ve ticaret dengesiyle, katma değer değerlendirmesi ise mümkünse girdi-çıktı göstergeleriyle veya yurtiçi ara malı ve nihai ürün üretim miktarlarıyla

desteklenmelidir. Sonuçlar sunulurken önce doğrudan ölçülen değişim belirtilmelidir. “İhracat birim değeri 10% yükselmiştir” ifadesi gözlenen sonucu aktarmaktadır. “İhracat kalitesi 10% artmıştır” veya “rekabet gücü yükselmiştir” ifadeleri ise birim değer verisinin tek başına sağladığından daha geniş bir sonuç içermektedir. Tamamlayıcı göstergelerin aynı yönde bulgular sunması durumunda birim değer değişiminin kalite farklılaşması, daha yüksek değerli segmente yönelme veya rekabet gücüyle uyumlu olduğu ifade edilebilir. Bu ayrım, birim değer ölçtüğü ekonomik alanı açık biçimde ortaya koymaktadır.

5. SONUÇ

Birim değer, dış ticaret değerini fiziksel miktarla ilişkilendiren basit fakat çok katmanlı bir göstergedir. Gümrük beyannamelerinin ülke, ürün, pazar ve dönem ayrıntısını kullanması, geniş bir işlem evreni üzerinde karşılaştırma yapılmasını sağlamaktadır. Bu niteliği birim değeri özellikle doğrudan ürün kalitesi veya ürün düzeyinde değer zinciri konumu gibi makro verilerin bulunmadığı alanlarda gerçekleşmiş işlemlerden üretilebilen en kapsamlı ve uygulanabilir göstergelerden biri haline getirmektedir (BM, 2011; Fast et al., 2022).

Birim değer düzeyi belirli bir ürünün ülkeler, pazarlar ve ticaret yönleri arasındaki göreceli değer konumunu, birim değer endeksi ise bu yapının zaman içindeki değişimini göstermektedir. Bu göstergeler ihracat-ithalat karşılaştırması, ürün ve pazar konumlanması, kaliteyle ilişkili farklılaşma, endüstri içi ticaret, rekabet gücü ve taşıma tercihlerinde kullanılmaktadır. Gösterge mevcut gümrük kayıtlarından ek anket maliyeti gerektirmeden üretilebilmekte, geniş işlem kapsamına ulaşmakta ve farklı ayrıntı düzeylerine uyarlanabilmektedir. Güvenilir bir hesaplama için karşılaştırılabilir ürün hücresi kurulmalı, ortak miktar birimi

kullanılmalı, eksik veya tahmin edilmiş miktarlar belirlenmeli, FOB-CIF sınırı açıklanmalı ve sıra dışı gözlemler incelenmelidir (IMF, 2009; Miao & Wegner, 2022).

Birim değer, dış ticaret işlemlerinin değer yapısı, göreceli konumu ve ürün bileşimindeki değişim hakkında güçlü bilgiler barındırmaktadır. Birim değer, açıklama gücü, tamamlayıcı göstergelerle birlikte kullanıldığında daha da artmaktadır. Pazar payı, miktar, ürün çeşidi, ticaret dengesi, hedef pazar özellikleri ve uygun olduğunda talep temelli kalite tahminleri aynı değerlendirmeye eklendiğinde değer hareketinin ekonomik içeriği daha net biçimde ortaya çıkmaktadır. Bu yaklaşım sayesinde birim değer, fiyat, kalite ve rekabet gücüyle ilişkisi ölçüm kapsamına uygun biçimde kurulmaktadır. Böylece birim değer, gerçekleşmiş ticaret işlemlerinden üretilen, kapsamı yüksek ve araştırma sorusuna göre biçimlendirilebilen güçlü bir ölçüm aracı olarak kullanılmaktadır.

KAYNAKÇA

- Aiginger, K. (1997). The use of unit values to discriminate between price and quality competition. *Cambridge Journal of Economics*, 21(5), 571-592. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.cje.a013687>
- Berthou, A., & Emlinger, C. (2011). The Trade Unit Values database. *International Economics*, 128, 97-117. [https://doi.org/10.1016/S2110-7017\(13\)60005-0](https://doi.org/10.1016/S2110-7017(13)60005-0)
- Chen, N., & Juvenal, L. (2022). Markups, quality, and trade costs. *Journal of International Economics*, 137, 103627. <https://doi.org/10.1016/j.jinteco.2022.103627>
- Fast, D., Fleck, S. E., & Smith, D. A. (2022). Unit value indexes for exports: New developments using administrative trade data. *Journal of Official Statistics*, 38(1), 83-106. <https://doi.org/10.2478/jos-2022-0005>
- Feenstra, R. C., & Romalis, J. (2014). International prices and endogenous quality. *The Quarterly Journal of Economics*, 129(2), 477-527. <https://doi.org/10.1093/qje/qju001>
- Fiankor, D.-D. D., Dalheimer, B., Curzi, D., Hoffmeister, O., & Brümmer, B. (2024). Does it matter how we ship the good apples out? On specific tariffs, transport modes, and agricultural export prices. *Agricultural Economics*, 55(3), 498-514. <https://doi.org/10.1111/agec.12829>
- Fontagné, L., Freudenberg, M., & Gaulier, G. (2006). A systematic decomposition of world trade into horizontal and vertical IIT. *Review of World Economics*, 142(3), 459-475. <https://doi.org/10.1007/s10290-006-0076-6>
- Fontagné, L., Gaulier, G., & Zignago, S. (2008). Specialization across varieties and North-South competition. *Economic Policy*, 23(53), 52-91. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0327.2007.00193.x>

- Greenaway, D., Hine, R., & Milner, C. (1994). Country-specific factors and the pattern of horizontal and vertical intra-industry trade in the UK. *Weltwirtschaftliches Archiv*, 130(1), 77-100. <https://doi.org/10.1007/BF02706010>
- Hallak, J. C. (2006). Product quality and the direction of trade. *Journal of International Economics*, 68(1), 238-265. <https://doi.org/10.1016/j.jinteco.2005.04.001>
- Hallak, J. C., & Schott, P. K. (2011). Estimating cross-country differences in product quality. *The Quarterly Journal of Economics*, 126(1), 417-474. <https://doi.org/10.1093/qje/qjq003>
- Harrigan, J. (2010). Airplanes and comparative advantage. *Journal of International Economics*, 82(2), 181-194. <https://doi.org/10.1016/j.jinteco.2010.07.002>
- Hummels, D., & Klenow, P. J. (2005). The variety and quality of a nation's exports. *American Economic Review*, 95(3), 704-723. <https://doi.org/10.1257/0002828054201396>
- Hummels, D. L., & Schaur, G. (2013). Time as a trade barrier. *American Economic Review*, 103(7), 2935-2959. <https://doi.org/10.1257/aer.103.7.2935>
- IMF. (2009). *Export and import price index manual: Theory and practice*. Washington, DC. <https://doi.org/10.5089/9781589067806.069>
- Khandelwal, A. (2010). The long and short (of) quality ladders. *The Review of Economic Studies*, 77(4), 1450-1476. <https://doi.org/10.1111/j.1467-937X.2010.00602.x>
- Miao, G., & Wegner, E. (2022). *Using unit value indices as proxies for international merchandise trade prices* (OECD Statistics Working Papers No. 2022/01). Paris. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/27a5abd7-en>

OECD. (2025). *Development of OECD Inter-Country Input-Output Database, 2025 edition: Supplementary notes*. Paris.

<https://stats.oecd.org/wbos/fileview2.aspx?IDFile=a9868f6c-31ed-4943-95cd-6c42afa2c2a9>

Schott, P. K. (2004). Across-product versus within-product specialization in international trade. *The Quarterly Journal of Economics*, 119(2), 647-678. <https://doi.org/10.1162/0033553041382201>

Silver, M. (2009). Do unit value export, import, and terms-of-trade indices misrepresent price indices? *IMF Staff Papers*, 56(2), 297-322. <https://doi.org/10.1057/imfsp.2008.24>

UN (2011). *International merchandise trade statistics: Concepts and definitions 2010* (Statistical Papers, Series M No. 52, Rev. 3). New York, NY. <https://unstats.un.org/unsd/trade/imts/>

UNSD. (2009). *Quantity information of UN Comtrade* (ESA/STAT/AC.197/8). New York, NY: United Nations. <https://unstats.un.org/unsd/trade/EG-IMTS/EG-IMTS%20197.8%20-%20UN%20Comtrade%20Quantity%20Report.pdf>

DIGITAL TRANSFORMATION IN SMART PORTS: A COMPARATIVE ANALYSIS OF THE PORTS OF ROTTERDAM, SINGAPORE, AND ANTWERP-BRUGES

Gül SENİR GÜRBÜZ¹

1. INTRODUCTION

Ports are a highly critical link in transportation. Playing a key role in end-of-end maritime transport, ports support not only waterway transportation but also the entire supply chain and even the national economy of every country (Jun et al., 2018). Approximately 90% of global trade is carried out by sea (Buiza-Camacho et al., 2016; Sari & Pamadi, 2019; Wu et al., 2013, Yang & Mao, 2020). In the current era of rapid economic growth and market liberalization, ports face intensifying competition alongside a heightened necessity to address escalating environmental challenges (Bo & Junqing, 2020; Shuo et al., 2016). These challenges have progressively increased, making it mandatory for ports to become more modern day by day and to strive for transformation (Chen et al., 2019). With the advent of Industry 4.0, digital technologies such as the Internet of Things (IoT), big data, cloud computing, and artificial intelligence (AI) are being widely integrated into every stage of supply chains (Durán et al., 2019). Within this scope, smart ports have been designed to resolve problems concerning ports, such as operational errors, congestion, delays, lack of information, as well as environmental and energy issues (Molavi et al., 2020a).

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü, ORCID: 0000-0001-5454-2321.

The aim of this study is to address the concept of smart ports from a digital transformation perspective and to conduct a comparative analysis of the Ports of Rotterdam, Singapore, and Antwerp-Bruges, which hold pioneering positions in global smart port applications. The study evaluates the contributions of technologies implemented in these ports such as digital twins, the IoT, AI, big data analytics, automation systems, and Port Community Systems to operational efficiency, sustainability, and port management. Furthermore, it aims to highlight successful practices by comparing the smart port transformation strategies of these ports and to present insights that can contribute to future policies and practices regarding smart port transformation. This study examines the Ports of Rotterdam, Singapore, and Antwerp-Bruges comparatively by adopting a holistic perspective that encompasses the technological, operational, environmental, and governance dimensions of smart port transformation. It systematically outlines the digital transformation strategies and successful practices of these three pioneering ports, offering actionable insights for ports planning similar transformation processes. Consequently, the study not only provides an up-to-date and comparative assessment for smart port literature but also serves as a guiding resource for researchers, port managers, and policymakers.

2. THE CONCEPT OF SMART PORTS

Although “smart ports” represent a major focus in modern logistics, a definitive definition is still lacking. The consensus, however, centers on the deployment of advanced digital infrastructure such as real-time tracking, smart security, RFID, GPS, 3D scanning, and autonomous machinery (Durán et al., 2019; Fahim et al., 2021; Molavi et al., 2020b). In its most advanced form, this manifests as a fully automated environment

where entire port assets are interconnected via an IoT framework (Yang et al., 2018).

Evolving market expectations constitute the primary catalyst for the rise of smart ports (Molavi et al., 2020b). The advent of Industry 4.0 has compressed industrial cycles and amplified product complexity, thereby demanding a corresponding evolution in port operations. On the other hand, port operations and development face higher public pressure to adapt to social responsibility and environmental performance in connection with climate change and global warming issues (Lam & Notteboom, 2014; Monios et al., 2020). It is a clear fact that the environmental impacts resulting from port activities, such as air pollution, water pollution, and waste disposal, are immensely significant. Accordingly, creating a safe working environment and minimizing environmental impacts have become the core focus of modern seaports. Furthermore, to combat climate change along with the impacts of natural disasters, the necessity of an adaptation process that mitigates disruptions in ports is strongly emphasized (Verschuur et al., 2020). Leveraging new technologies to enhance competitiveness and resilience, smart port development has become a strategic direction toward sustainable development (Othman et al., 2022).

Ultimately, smart ports aspire to mimic cognitive decision-making to achieve highly rational, reliable, efficient, eco-friendly, and intelligent operations. These digital transformations not only augment overall efficiency and communication but also enhance crew well-being (Zhao et al., 2020). Additionally, smart port frameworks contribute significantly to environmental preservation by curbing pollution and mitigating excessive energy demands (El Sakty, 2016).

3. THE EVOLUTION OF SMART PORTS

According to the findings obtained from port evolution research, ports have evolved from first-generation to fifth-generation ports, characterized by their high-tech dynamic systems and features offering a broader spectrum of services (Lee & Lam, 2016). Figure 1 presents the architecture and evolution of smart ports. It is projected that the evolutionary trajectory of ports will advance toward smart ports with an increasing integration of high-level technologies (Cammin et al., 2020).

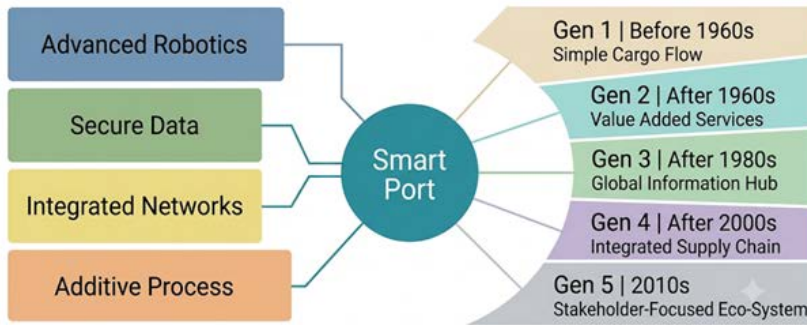


Figure 1. A modern and integrated overview of smart port architecture and evolution

Source: Adapted by the author.

Each port generation has emerged in response to various shifts in the global economy (Kaliszewski, 2018). In 1992, the United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD) developed a conceptual model to characterize these three generations (Beresford et al., 2004). Covering the period prior to the 1950s, first-generation ports represented basic port operations (Rajabi et al., 2018) specifically, the loading and unloading of vessels, as well as the transit of cargo and bulk commodities to establish the land-sea connection (Wong et al., 2017). During this generation, the port functioned independently; it was operated in isolation from commercial activities, such as

port marketing, and interface activities bridging land and maritime transport.

Second generation ports emerged between the 1960s and 1980s and were characterized by the onset of industrialization, computerization, and automation through the construction of industrial facilities connecting the port to its hinterland (Beresford et al., 2004). Thanks to the integration of commercial and industrial functions, the port transformed into a service center offering various value-added services (Wong et al., 2017). Although a close relationship developed between the port and its transport and trade partners, various port operations were not yet coordinated with one another.

Driven by the containerization of goods and intermodal transportation, a third generation emerged in the 1980s (Wong et al., 2017). Ports transformed into logistics hubs characterized by the development of international trade and intermodal transport platforms where ports and terminals were integrated (Li et al., 2018). This generation enabled the support and enhancement of international trade (Wong et al., 2017). The services provided represented a wide and diversified spectrum of value-added services, such as packaging, warehousing, handling, and distribution (Rajabi et al., 2018). The rapid evolution of ICT and the introduction of electronic data interchange (EDI) systems during this phase marked the genesis of bilateral electronic communications with port users, while environmental protection measures concurrently emerged (Beresford et al., 2004). These parallel developments catalyzed an unprecedented growth in traffic. Managing this surge required substantial infrastructure upgrades specifically in rail/road connectivity and storage capacity alongside systematic resource optimization. Moreover, the operationalization of EDI systems generated critical dependencies on internet-based communication and specialized

legal regulations to guarantee operational security (Kaliszewski, 2018).

The fourth generation marks the birth of the smart port, a period in which the port transforms into a connected network (Yau et al., 2020) as various stakeholders are interconnected by a common port authority (Wong et al., 2017). The port is also defined as a logistics platform that collects, stores, analyzes, and shares data in real-time (Li et al., 2018). Furthermore, through its digital interaction with other ports (Rodrigo González et al., 2020), it plays the role of a regional port also referred to as a "port hub" which transfers cargo via maritime routes to smaller peripheral ports and serves as a gateway for manufacturers. The fourth-generation port mobilizes smart technologies and innovative management practices (Rajabi et al., 2018). While many authors link the fourth-generation port to the emergence of Industry 4.0, others argue that the incorporation of sustainable development distinguishes this generation from its predecessors (Rodrigo González et al., 2020). This stage of port development requires highly qualified personnel along with the implementation of safety and security devices to ensure the smooth functioning of port operations (Kaliszewski, 2018).

Because the fourth-generation model falls short of reflecting contemporary port dynamics, literature introduced a fifth-generation paradigm in the 2000s, defined by continuous technological innovation (Lee et al., 2018; Li et al., 2018). Initially, Flynn et al. (2011) described these 5G ports as facilities entirely dedicated to customer satisfaction through operational excellence, a customer-centric approach supported by Lee and Hu (2012). Nevertheless, Wong et al. (2017) challenged this consensus, arguing that the identified transition was primarily organizational and failed to constitute a genuinely strategic revolution. They defined the fifth-generation port not merely as a facility emphasizing customer satisfaction, but as a port (a

customer port) that establishes partnerships through collaborative planning and decision-making (Wong et al., 2017). Lee et al. (2018) concluded that beyond being customer-oriented, a fifth-generation port must be capable of structurally managing and planning for the issues of local and regional communities (Lee et al., 2018).

Other authors define the fifth-generation port as a smart port that emphasizes not only its customers but also cares for society (Yau et al., 2020). According to Kaliszewski (2018), the value-added of the fifth generation lies in the port being both customer- and local community-centric. On the other hand, Karaş (2020) defined the fifth-generation port as a logistics hub in the form of a platform that interconnects all stakeholders to exchange real-time data to deliver efficient handling services. The fifth-generation port relies on smart and sustainable technologies and equipment to support data exchange and collaboration with multiple ports (Yau et al., 2020). According to Karaş (2020), only the ports of Rotterdam, Shanghai, and Singapore have reached the fifth generation to date.

Some authors have addressed the potential emergence of a sixth-generation port. According to a predictive study by Karaş (2020), the sixth generation will fundamentally rest upon three core pillars: i) achieving a handling capacity of up to 50,000 TEU container vessels with a maximum draft of 20 meters; ii) complete terminal automation; and iii) advanced intermodal connectivity management with the hinterland. Furthermore, the author expanded these characteristics by incorporating (iv) the optimization of storage areas and yard capacities through cutting-edge innovative technologies. Karaş (2020) noted that, as of today, no port globally has yet attained this generation.

3.1. The Port of Rotterdam

The Port of Rotterdam, located in the city of Rotterdam in the Netherlands, is recognized as the largest seaport in Europe, as well as one of the most advanced smart ports globally. Spanning a length of approximately 42 kilometers, the port serves as one of Europe's most vital logistics hubs and possesses a robust transportation network that integrates maritime, rail, road, and inland waterway transport. Within the scope of its digital transformation strategy, the port integrates advanced technologies such as digital twins, AI, the Internet of Things IoT, big data analytics, and autonomous systems into its operations, thereby ensuring the management of vessel traffic, the optimization of terminal operations, and the real-time monitoring of infrastructure. Furthermore, through its green hydrogen projects, practices aimed at reducing carbon emissions, and investments in energy transition, it is showcased as one of the most successful global examples of a sustainable smart port approach. Some examples of the initiatives undertaken by the Port of Rotterdam within the scope of the smart port concept are presented below:

1. TU Delft Application: The TU Delft application was developed to ensure the reliability of road transport and the security of goods supply. Thus, it aims to serve the hinterland optimally while the container handling volume expands. By sharing real-time information, demand and supply can be matched more flexibly, enabling more informed decision-making. This yields advanced route planning, shorter waiting times, and reduced CO₂ emissions. While cargo moves faster throughout the supply chain, equipment is utilized in an optimized manner.

2. Port Alert Application: Through the "Port Alert" application, truck drivers as well as planners at terminals and depots are provided with access to up-to-date information

regarding congestion, disruptions, and turnaround times. This system relies on data from more than 2,200 trucks that are tracked live via on-board computers. Port Alert is accessible across smartphones, desktop computers, and Port Alert TV.

3. Ship to Shore Initiative: Ship to Shore is part of the Green and Digital Corridor Program, a large-scale international initiative focused on accelerating the adoption of international standards to achieve more efficient and sustainable port calls and to enable paperless operational processes. Ship to Shore establishes a digital link between vessels and ports to streamline the port clearance process.

4. KING Platform: KING, a digital platform for dolphin bookings, has been developed. KING enhances the transparency and reliability of port visits by offering shipping agents 24/7 instant visibility into berth occupancy status. This integration delivers greater transparency, higher occupancy rates, and reduced waiting times. By the end of 2025, approximately 40 berths for dry and liquid bulk as well as containers were made digitally accessible.

5. eBDN (Electronic Bunker Delivery Note): eBDN is utilized to digitalize bunkering documentation through various technological solutions. Mass flow meters provide real-time and accurate measurements, making the bunkering process more transparent, efficient, and reliable in conjunction with eBDNs.

3.2. The Port of Singapore

The Port of Singapore is recognized as one of the busiest transshipment ports and most vital hubs for global maritime trade in the world. Due to its strategic location bridged between Asia, Europe, and the Americas, it plays a critical role in international supply chains. Singapore serves as one of the flagship terminals of PSA International, a leading port group with a global network spanning 179 locations across 45 countries. Featuring a total of

56 berths and a designed annual capacity of 46.5 million TEUs, it stands as the world's largest container transshipment hub. Some examples of the initiatives undertaken by the Port of Singapore within the scope of the smart port concept are presented below:

1. Smart Navigator: Assists customers in navigating their supply chains efficiently and effectively. The value-added benefits it provides include, global interactive maps and end-to-end visibility, live shipment tracking, integration of event data with live shipment data, actionable insights, Predictive Estimated Time of Arrival (ETA), projected routes, utilization of combined datasets, port congestion analysis.

2. Risk Monitor: Integrates real-time alerts, predictive tracking, and customizable dashboards to ensure instantaneous visibility across the entire supply chain. Tracking more than 60 distinct risk categories, the system can rapidly detect disruptions and anticipate delays. Engineered to transform uncertainty into control, this system provides the clarity needed to act faster and smarter. It delivers supplier analysis, trade data insights, and concentration risk modeling.

3. Video Analytics: To minimize accidents and achieve excellence in safety, 24/7 video analytics and sensors are deployed to detect safety violations and unsafe conditions during container lashing and internal port prime mover operations. Consequently, safety oversight is augmented in zones where human surveillance cannot actively observe or inspect compliance with safety protocols.

4. Smart Grid Management System (SGMS): Manages Battery Energy Storage Systems (BESS) and other distributed energy resources, such as solar energy generated on-site. By deploying various applications, including energy demand-side management and the provision of grid ancillary services the SGMS optimizes energy utilization in port operations through the

intelligent scheduling of BESS. Driven by its smart load forecasting capabilities, energy demand-side management reduces sudden fluctuations and peak levels in demand management.

5. OptETruck: resource matching algorithms and predictive modeling are leveraged to optimize the voyage planning of container trucking companies to maximize vehicle utilization. This smart approach directly lowers the carbon footprint of supply chain transportation by significantly reducing empty runs and operational inefficiencies.

6. Automated Guided Vehicles (AGVs): Already play a vital role in automating the yard and quay operations of Tuas Port, thanks to their exceptional maneuverability and versatility in retrieving and transporting containers. These driverless electric vehicles offer a greener and more sustainable alternative to diesel internal port prime movers, reducing carbon emissions by approximately 50%. The AGV fleet is projected to expand in tandem with large-scale port operations.

7. SmartBooking: Is an online service platform that supports digitalization efforts by seamlessly interconnecting stakeholders across Singapore's supply chain and logistics value chain. Through this single, end-to-end platform, users achieve higher visibility across the entire logistics flow, gaining easy access to information such as vessel schedules, container movements, and planned activities. By enabling the optimization of assets and resources while further streamlining processes, SmartBooking paves the way for a more efficient logistics ecosystem and an overall reduction in the carbon footprint.

8. iBOX (Intelligent Box Operation eXchange): A next-generation depot management solution that digitally connects to container depots across Singapore, is utilized. Integrated with SmartBooking for seamless data exchange, iBOX enhances

efficiency by providing better truck visibility between logistics facilities and container depots, the two primary nodes of container transportation.

9. OptEModal: Is an intermodal shipment management platform that enables the logistics community to track multimodal shipments and manage potential risks during transitions between different modes of transport. Co-created with stakeholders across the maritime and air cargo ecosystems, this platform addresses long-standing bottlenecks in intermodal logistics while enhancing cargo visibility, connectivity, and efficiency throughout the end-to-end supply chain. By integrating real-time data streams, OptEModal establishes a digital corridor that allows cargo to be seamlessly transferred between vessels and aircraft within 24 hours of its arrival at the port.

10. The ESS: Is an integral component of the Smart Grid Management System (SGMS), which has the potential to improve the energy efficiency of port operations by 2.5% and reduce the port's carbon footprint by 1,000 t\ CO_2e annually an environmental impact equivalent to removing approximately 300 vehicles from the roads each year. The EnOS platform utilizes machine learning to provide automated, real-time forecasts regarding the terminal's energy demand. This enables long-term asset planning, short-term scheduling, and real-time energy management within the terminal to mitigate overall energy costs and the carbon footprint. Whenever a surge in energy consumption is predicted, the 2-megawatt-hour battery-based ESS system is deployed to assist in meeting the demand.

3.3. The Port of Antwerp-Bruges

The Port of Antwerp-Bruges stands as one of the largest integrated ports in Europe and serves as a critical global logistics hub for containerized, bulk, break-bulk, and chemical cargo. Formed in 2022 through the merger of the ports of Antwerp and

Zeebrugge, the port has emerged as a leader in Europe's sustainable and digital port transformation. Providing employment for over 162,000 people directly and indirectly, it accounts for 4.5% of Belgium's Gross Domestic Product (GDP). Some examples of the initiatives undertaken by the Port of Antwerp-Bruges within the scope of the smart port concept are presented below:

1. Digital Twin: A digital replica that provides real-time information about the entire port, ranging from the exact positioning of vessels to wind energy production. Autonomous drones, smart sensors, and cameras render the port area safer, more efficient, and smarter. NxtPort makes data sharing more transparent and streamlined. Consequently, all actors within the logistics chain can access the right information at the right time.

2. Mobile Port: While autonomous trucks are already operating on public roads within the port, unmanned AGVs transport empty containers. Digital applications such as smart asphalt and inland waterway navigation contribute to a fluid and mobile port structure by monitoring and optimizing traffic conditions. Zedis, through this platform, port calls can be registered, and waste or dangerous goods declarations can be seamlessly completed.

3. Barge Traffic System (BTS): This web application ensures that inland waterway container transport processes within the Port of Antwerp-Bruges are conducted with total transparency. Via BTS, inland waterway operators can easily submit terminal time-slot requests to terminals. This eliminates unnecessary waiting times and provides precise visibility into the allocated time slot. Furthermore, BTS enables the flawless coordination of the overall sailing schedule across all terminals. Thanks to the BTS, terminal operators can generate the most ideal planning schedules. Reduced bureaucracy (administrative

workload) and shorter waiting times directly result in cost reductions. The application also proactively alerts users against potential scheduling conflicts.

4. e-Desk: Can digitally transmit customs declarations for outbound cargo to terminals and shipping agents, thereby ensuring that mandatory customs notifications are delivered in a timely manner. It completely digitalizes customs processes for outbound containers, Ro-Ro vehicles, and ferries. Through the E2E Rail TransPort Manager, the location of rail cargo can be visualized in real time. Utilizing clear and comprehensible listings within the digital application makes checking cargo status remarkably straightforward; consequently, any deviations or issues that may arise along the route can be detected much more rapidly.

5. The Inbound Release Platform (IRP): Is a digital platform that streamlines communication between supply chain actors and Belgian customs. The platform centralizes all legally mandated information required upon the entry of goods into the EU into a single repository. It digitalizes the complex declaration and inspection processes applied to goods arriving at ports, making the information flow transparent and reliable. It supports all cargo streams including Ro-Ro, ferry, container, project/break-bulk, and bulk cargo through a single, unified process.

6. The Port Dues Portal: Is a web application through which various digital activities within the scope of port official dues can be managed. This system ensures that the invoicing of maritime and inland waterway transport dues, as well as various services, is conducted much more efficiently. Utilizing Routescanner, finding direct routes for container, trailer, and intermodal unit transport to or from the Port of Antwerp-Bruges is both rapid and highly straightforward.

4. FINDINGS

As a result of the findings obtained within the scope of the study, Table 1, which was constructed to compare the three ports in terms of smart port dimensions, is presented below. In the study, the comparison regarding the utilization of digital technologies was conducted based on the dimensions of technology, operational efficiency, sustainability practices, and governance.

Table 1. Comparison of the ports of Rotterdam, Singapore, and Antwerp-Bruges in terms of smart port dimensions

Dimension	Port of Rotterdam	Port of Singapore	Port of Antwerp-Bruges
Technology Dimension	Digital Twin, IoT sensors, big data analytics, and AI applications are widely utilized.	AI-powered decision support systems, autonomous vehicles, and digital twin technologies are utilized.	IoT infrastructure, data-sharing platforms, and smart sensor systems are prominent.
Operational Dimension	Vessel traffic management, cargo planning, and terminal operations are optimized using real-time data.	Remote-controlled cranes, automated container handling systems, and AI-powered operational management are implemented.	Operational efficiency is enhanced through data sharing and process integration in port operations.
Sustainability Dimension	Carbon emission reduction, energy transition, and green hydrogen projects are carried out.	Energy efficiency, low-carbon port operations, and environmental monitoring systems are implemented.	Green logistics corridors, emission reduction, and sustainable transportation practices are supported.
Governance Dimension	There is strong collaboration among the port authority, private sector, and technology companies.	It operates in integration with state-supported port transformation strategies and national digitalization policies.	Data sharing and collaboration are facilitated among port stakeholders through the NxtPort platform.

While the Port of Rotterdam holds a pioneering position in digital twin technologies and data-driven port management, the Port of Singapore is recognized as a global benchmark in terms of automation and artificial intelligence integration. On the other hand, the Port of Antwerp-Bruges stands out in the dimensions of collaboration and governance, thanks to its platforms that facilitate data sharing among port community members. This situation demonstrates that the concept of a smart port is a multidimensional structure shaped not only by technological investments but also by sustainability targets, operational efficiency, and stakeholder coordination.

5. CONCLUSION

The development of smart ports, coupled with the advent of new Industry 4.0 technologies, is widely recognized as a strategic orientation toward sustainable growth for numerous ports. This situation has generated a growing interest in the concept of "smartness" across both academic and practical domains. Although existing studies have examined smart ports from a wide array of perspectives, a consensus has yet to be reached regarding the definition of a smart port across various fields.

Smart ports represent a next-generation port management paradigm that enhances operational efficiency, optimizes resource utilization, and promotes environmental sustainability by integrating digital technologies into port operations. Technologies such as AI, IoT, big data analytics, digital twins, automation systems, and blockchain not only augment the cargo handling capacity of ports but also accelerate decision-making processes, enhance supply chain visibility, and elevate customer service quality (Park et al., 2023). The integration of automation and AI-driven systems has the potential to facilitate faster

handling times, optimized resource allocation, and the mitigation of human errors. This finding suggests that the development of smart port indicators can facilitate more effective performance measurement and management, thereby fostering continuous improvement in port operations (Makkawan & Muangpan, 2021).

In this study, the ports of Rotterdam, Singapore, and Antwerp-Bruges, which hold pioneering positions in smart port applications, were evaluated comparatively. The results of the study indicate that while all three ports successfully execute their digital transformation strategies, they specialize in distinct areas. The Port of Rotterdam stands out with its digital twin technologies and data-driven port management; the Port of Singapore excels with its fully automated and AI-supported operations; and the Port of Antwerp-Bruges distinguishes itself through its digital platforms that enable data sharing across the port community, as well as its sustainable logistics practices. These variations demonstrate that smart port transformation is a multidimensional process shaped by a port's strategic objectives, infrastructure, and stakeholder structure, rather than a one-size-fits-all model.

Furthermore, the study reveals that smart port success does not solely depend on the deployment of advanced technologies; robust digital infrastructure, inter-organizational collaboration, effective data governance, qualified human resources, and sustainability-oriented strategic planning are also of critical importance. A holistic approach must be adopted to maximize the potential benefits of autonomous ports while minimizing risks; this approach will play a critical role in charting the future course of the maritime industry. Consequently, when planning digital transformation processes, ports need to evaluate technological investments alongside governance, environmental performance, and operational integration.

In conclusion, the experiences of the ports of Rotterdam, Singapore, and Antwerp-Bruges provide important empirical precedents for other ports aiming for smart port transformation. Especially for ports in developing countries, these practices serve as a guide for formulating digitalization strategies, enhancing operational efficiency, and advancing sustainable port management. Future studies are recommended to evaluate the economic, environmental, and social impacts of smart port applications using quantitative performance indicators and to enrich the literature through comparative analyses encompassing ports across different geographies.

REFERENCES

- Beresford, A. K. C., Gardner, B. M., Pettit, S. J., Naniopoulos, A., & Wooldridge, C. F. (2004). The UNCTAD and WORKPORT models of port development: Evolution or revolution?. *Maritime Policy & Management*, 31(2), 93–107.
- Bo, Y., & Junqing, M. (2020). Research on the construction of knowledge service model of port supply chain enterprise in big data environment. In *Journal of Physics: Conference Series*, 1550, (3), IOP Publishing.
- Buiza Camacho camacho, G., Del Mar Cerbán Jiménez, M., & González Gaya, C. (2016). Assessment of the factors influencing on a smart port with an analytic hierarchy process. *Dyna (Spain)*, 91(5).
- Cammin, P., Yu, J., Heilig, L., Voß, S. (2020). Monitoring of air emissions in maritime ports. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 87, 102479.
- Chen, J., Huang, T., Xie, X., Lee, P. T. W., & Hua, C. (2019). Constructing governance framework of a green and smart port. *Journal of Marine Science and Engineering*.
- Durán, C. A., Córdova, F. M., & Palominos, F. (2019). A conceptual model for a cyber social technological cognitive smart medium-size port. In Paper presented at the Procedia Computer Science.
- El-Sakty, Khaled (2016). Smart seaports logistics roadmap, Cairo: *Journal of Renewable Energy and Sustainable Development*, 2(2), 91–95.
- Fahim, P.B.M., An, R., Rezaei, J., Pang, Y., Montreuil, B., Tavasszy, L. (2021). An information architecture to enable track-and-trace capability in Physical Internet ports. *Computers in Industry*, 129.

- Flynn, M., Lee, P. T. W., & Notteboom, T. (2011). The next step on the port generations ladder: Customer centric and community ports. In T. Notteboom (Ed.), *Current Issues in Shipping, Ports and Logistics*, 497–510. University Press Antwerp.
- Jun, W.K., Lee, M.-K., Choi, J.Y. (2018). Impact of the smart port industry on the Korean national economy using input-output analysis. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 118, 480–493.
- Kaliszewski, A. (2018). Fifth and sixth generation ports (5 GP, 6GP)–evolution of economic and social roles of ports.
- Karaś, A. (2020). Smart port as a key to the future development of modern ports. *TransNav: International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*.
- Lam, J. S. L., & Theo Notteboom, T. (2014). The greening of ports: A comparison of port management tools used by leading ports in Asia and Europe. *Transport Reviews: A Transnational Transdisciplinary*, 34(2), 169–189.
- Lee, P. T. W., & Hu, K. C. (2012). Evaluation of the service quality of container ports by importance performance analysis. *International Journal of Shipping and Transport Logistics*, 4(3), 197–211.
- Lee, P. T. W., & Lam, J. S. L. (2016). Developing the Fifth-Generation Ports Model. In *Dynamic Shipping and Port Development in the Globalized Economy*, 186–210. Palgrave Macmillan, London.
- Lee, P. T. W., Lam, J. S. L., Lin, C. W., Hu, K. C., & Cheong, I. (2018). Developing the fifth-generation port concept model: An empirical test. *The International Journal of Logistics Management*.

- Li, S., Ma, Z., Han, P., Zhao, S., Guo, P., & Dai, H. (2018). Bring Intelligence to Ports Based on Internet of Things. In Paper presented at the International Conference on Cloud Computing and Security.
- Makkawan, K., & Muangpan, T. (2021). A Conceptual Model of Smart Port Performance and Smart Port Indicators in Thailand. *Journal of International Logistics and Trade*, 19(3), 133-146.
- Molavi, A., Lim, G. J., & Race, B. (2020a). A framework for building a smart port and smart port index. *International Journal of Sustainable Transportation*, 14(9), 686–700.
- Molavi, A., Shi, J., Wu, Y. W., & Lim, G. J. (2020b). Enabling smart ports through the integration of microgrids: A two-stage stochastic programming approach. *Applied Energy*, 258.
- Monios, J., Wilmsmeier, Gordon, & Deep, G. (2020). Adaptation to climate change in the maritime transport sector – a new paradigm for maritime economics. *Maritime Policy & Management*, 47(7), 853–872.
- Jun, W.K., Lee, M.-K., Choi, J.Y. (2018). Impact of the smart port industry on the Korean national economy using input-output analysis. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 118, 480–493.
- Othman, A., El-Gazzar, S., & Knez, M. (2022). A framework for adopting a sustainable smart seaport index. *Sustainability*, 14(8), 4551.
- Park, S., Yun, S., & Kim, S. (2023). Autonomous vehicle-loading system simulation and cost model analysis of Roll-on, Roll-off port operations. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11(8), 1507.

- Rajabi, A., Saryazdi, A. K., Belfkih, A., & Duvallet, C. (2018). Towards smart port: An application of AIS data. In Paper presented at the 2018 IEEE 20th International Conference on High-Performance Computing and Communications; IEEE 16th International Conference on Smart City; IEEE 4th International Conference on Data Science and Systems.
- Rodrigo González, A., González Cancelas, N., Molina Serrano, B., & Orive, A. C. (2020). Preparation of a smart port indicator and calculation of a ranking for the Spanish port system. *Logistics*, 4(2), 9.
- Sari, Y., & Pamadi, M. (2019). The Smart Port Concept of Batu Ampar Port in Batam. In Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.
- Shuo, C., Jian, W., & Ruoxi, Z. (2016). The Analysis of the Necessity of Constructing the Huizhou Smart Port and Overall Framework. In Paper presented at the 2016 International Conference on Intelligent Transportation, Big Data & Smart City.
- Verschuur, J., Koks, E. E., & Hall, J. W. (2020). Port disruptions due to natural disasters: Insights into port and logistics resilience. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 85.
- Wong, K. H., Shou, E. C., Zhang, H., & Ng, A. K. (2017). Strategy formulation of new generation ports: A case study of Hong Kong International Terminals Ltd. (HIT). *Research in Transportation Business & Management*, 100(22), 239–254.
- Wu, Y., Xiong, X., Gang, X., & Nyberg, T. R. (2013). Study on intelligent port under the construction of smart city. In Paper presented at the Proceedings of 2013 IEEE

International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics.

- Yang, B., & Mao, J. (2020). Knowledge Service Model of Port Supply Chain Enterprise Based on Ontology. In Paper presented at the Journal of Physics: Conference Series.
- Yang, Yongsheng; Meisu ZHONG; Haiqing YAO; Fang YU; Xiuwen FU & Octavian POSTOLACHE (2018). “Internet of things for Smart Ports: Technologies and Challenges”, IEEE Instrumentation and Measurement Magazine, 21(1), 34–43.
- Yau, K.L.A., Peng, S., Qadir, J., Low, YY., & Ling, M. H. (2020). Towards smart port infrastructures: Enhancing port activities using information and communications technology. IEEE Access, 8, 83387–83404.
- Zhao, D. Z., Wang, T. Y., & Han, H. S. (2020). Approach towards sustainable and smart coal port development: The case of Huanghua Port in China. *Sustainability*, 12(9), 3924.

ULUSLARARASI TİCARET ALANINDA
GÜNCEL KONULAR VE
AKADEMİK DEĞERLENDİRMELER

yaz
yayınları

YAZ Yayınları
M.İhtisas OSB Mah. 4A Cad. No:3/3
İscehisar / AFYONKARAHİSAR
Tel : (0 531) 880 92 99
yazyayinlari@gmail.com • www.yazyayinlari.com