

# DENİZ-DEMİR YOLU ULUSLARARASI KOMBİNE YÜK TAŞIMACILIĞI OPERASYONLARI İÇİN KARAR DESTEK SİSTEMİ

Aysun Mutlu<sup>1</sup>, Yaşanur Kayıçer<sup>2</sup>, Bülent Çatay<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Sabancı Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İstanbul, aysunmutlu@sabanciuniv.edu

<sup>2</sup>Türk-Alman Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, yasanur@tau.edu.tr

<sup>3</sup>Sabancı Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İstanbul, catay@sabanciuniv.edu

## ÖZET

*Kombine taşımacılık, diğer bir isimle çok türlü taşımacılık, uluslararası yük taşıma zincirinde genellikle tek tip taşıma türü olan kara yolu yerine, en az iki farklı taşıma türünün birleştirilmesi ile yapılan taşımacılığı ifade etmektedir. Literatürde kombine taşımacılık ile yüklerin nasıl daha etkili ve verimli taşınacağı araştırılmış, avantajları ile dezavantajları irdelenmiş olmakla beraber fiyatlandırma politikası ayrıntılı incelenmemiştir. Günümüzde uygulanan kombine taşımacılıkta esasen sabit fiyat politikası güdülmektedir. Ancak, hava yolu taşımacılığı ve otel yönetimi gibi sektörlerde görülen dinamik fiyatlandırma yaklaşımlarının kombine taşımacılık operasyonel planlamasında uygulanmasıyla geliri artırmak mümkün olabilmektedir.*

*Bu çalışmada, gelir yönetimine göre uluslararası deniz-demir yolu kombine yük taşımacılığı senkronize operasyonları için web tabanlı bir karar destek sistemi (KDS) sunulmuştur. Ship2Rail adlı projenin operasyonel planlama çıktılarını kullanıcıya sunmak amaçlı hazırlanan bu web tabanlı platformu oluşturan kullanıcı arayüzü, mantık arayüzü ve veri tabanlarını içeren bir prototip tasarımı betimlenmiştir. Buna temel teşkil eden ER modeli (Entity-Relationship Diagram, Varlık-Bağıntı Modeli) sunulmuş, veri tabanı tasarımı için kullanılan veri modelinin çalışma prensipleri açıklanmıştır. Ayrıca, talebe göre sabit ve dinamik fiyatlandırma politikalarını içeren senaryolarda gözetilen, farklılaşan unsurlar vurgulanmıştır.*

**Anahtar Kelimeler:** Çok Türlü Taşımacılık, Dinamik Fiyatlandırma, Karar Destek Sistemi, Uluslararası Yük Taşımacılığı

## DECISION SUPPORT SYSTEM FOR SEA-RAIL MULTIMODAL FREIGHT TRANSPORTATION OPERATIONS

### ABSTRACT

*Multimodal transportation refers mainly to international freight transport using a combination of at least two different transport types as transport mean, rather than unimodal road transportation. In the literature, multimodal freight transportation is investigated to discover more effective and efficient usage of multimodal transportation. Its advantages and disadvantages have been studied, but the pricing policy has not been examined in detail. In Turkey, the fixed price policy is mainly driven at the freight transport sector. However, it is possible to increase revenues at the operational level of multimodal transportation by applying dynamic pricing approaches which are methods usually appreciated in airline and hotel management.*

*In this study, a revenue-driven web-based decision support system for international sea-rail multimodal freight transport operations was presented. A prototype design that contains the user interface, logic interface and knowledge bases founding this web-based platform is prepared to present the operational planning outputs of the project named Ship2Rail. The underlying ER model (Entity-Relationship Diagrams) is presented and the working principles of the data model used for database design are explained. In addition, elements of fixed and dynamic pricing policies are compared and emphasized regarding to demand and time constraint.*

**Keywords:** Decision Support Systems, Dynamic Pricing, International Freight Transport, Multimodal Transportation

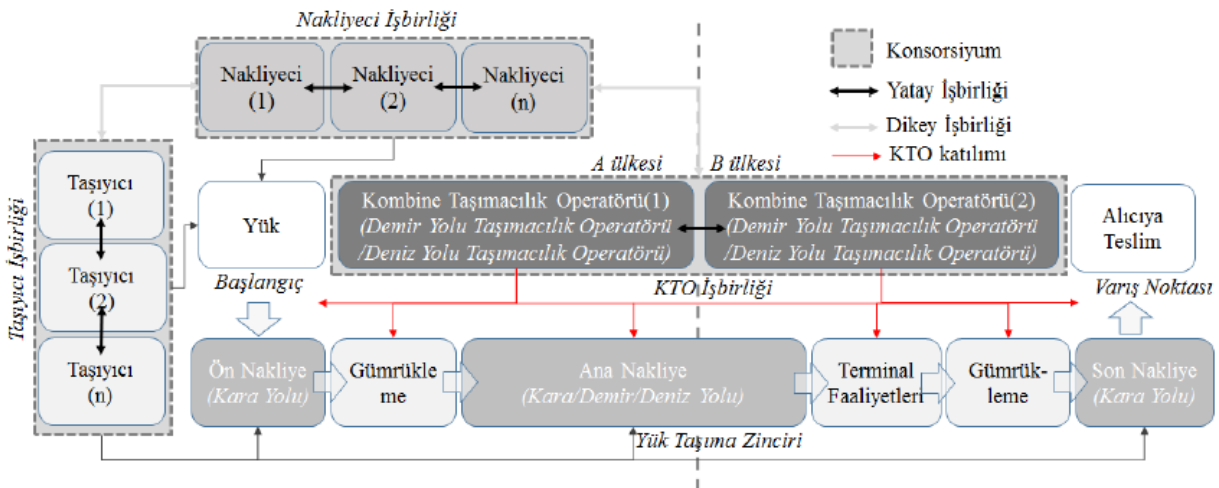
# 1. GİRİŞ

Kombine taşımacılık, artan yük taşıma taleplerini karşılamak üzere tek türlü (unimodal) yapılan taşımacılığın yanında bir alternatif olarak sektöre katılmıştır. Dinamik bir süreç olan çok türlü (multimodal) taşımacılık, genel olarak kara yolları, deniz yolları, hava yolları ve raylı sistemlerden en az ikisinin kullanılması ile kapıdan kapıya yapılan yük taşımacılığı olarak kabul edilir. Kombine taşımacılık, tek bir türün kullanılmasına göre daha esnek olması ve çevre dostu bir ulaşım sağlaması sebebiyle tercih edilmektedir. Son yıllarda artan çevre sorunları, karbondioksit salınımı, kara yollarındaki kaza oranları ve yol aşınmaları; deniz ve demir yolu taşımacılığına verilen önemi daha da arttırmıştır. Bu taşımacılık türlerinin kara yolu taşımacılığına göre karbon ayak izlerinin azaltılmasında önemli rol oynadığı saptanmıştır. Ayrıca, bu taşımacılık türlerinin verimliliği, gerekli ve doğru karar sistemlerinin bulunup uygulanmasıyla daha da artmaktadır. Aynı zamanda verimlilik, operasyonların planlanmasındaki koşul ve seçimlerle de doğru orantılıdır. Bu sayede, hem maliyetlerin, hem nakliyat süresinin azaltılması, hem de kullanıcının tercihine uygun ulaşım imkânlarının sağlanması amaçlanmaktadır. Bu konuda yapılan çalışmalar; birbirinden üstün olmayan, müşterinin tercihiyle belirlenecek uygulanabilir rotaların seçilmesi ve bununla birlikte yürütülen gelir yönetimi çalışmalarıyla özetlenebilir. Çok türlü taşımacılığın başarılı bir şekilde uygulanması, gelişen teknolojiye entegre olmayı ve yenilikçi kavramlar kullanmayı gerektirir: farklı bakış açısı ile operasyonel planlama ve çok türlü taşıma hizmeti için uygun bir fiyatlandırma stratejisi.

Bu bildiriye, deniz-demir yolu taşımacılık zinciri dikkate alınmakta olup gemi ve tren taşımacılığı hizmetlerini veren kombine taşımacılık operatörlerinin, kombine ve senkronize bir şekilde nakli sağlamak için aynı web tabanlı platform altında birleşip müşterilerin seçimine göre karar destek sistemi ile en uygun rota ve fiyat kararına ulaşım, hizmet vermesi amaçlanmaktadır. Bu web tabanlı platformun çalışma prensibi, karar destek sistemi kullanıcı arayüzü, iş mantık arayüzü ve veri tabanlarını içeren bir prototip tasarımı ve sistemin temelini oluşturan aktivite diyagramları ayrıntılı şekilde tanıtılmıştır. Çok türlü taşımacılık kullanılan bu sistemin sabit ve dinamik fiyatlandırma süreçlerini etkileyen kriterler ve veri tabanının yönetim biçimine temel teşkil eden ER modelinin çalışma prensipleri irdelenmiştir. Bunların ışığında web tabanlı ortak platform değerlendirilmiş, sonuç olarak gelecek çalışmalar için öneriler sunulmuştur.

## 2. LİTERATÜR TARAMASI

Yük taşımacılığı, her modern tedarik zincirinin temel bir parçasıdır, çünkü hammaddelerin, yarı mamullerin ve nihai ürünlerin üreticiden tüketiciye ulaştırılmasını sağlar. Şekil 1'de tasvir edildiği üzere, yük taşımacılığına katılan paydaşlar çoğunlukla taşımacılık talebinde bulunan nakliyeciler, nakliye araçlarını kontrol eden taşıyıcılar ve politikaları oluşturup, çeşitli ulaşım altyapıları yürüten hükümetlerdir (Ghiani vd., 2004). Bunlara ek olarak, aracılar (forwarder) da genellikle deniz yollarında nakliyecilerin müşterilere ulaşmasını kolaylaştırmada önemli bir rol oynamaktadır (Lu, 2013). En az iki taşımacılık türünün kombinasyonunu kullanarak yükleri başlangıçtan varış noktasına kadar ulaştırmayı amaçlayan çok türlü taşımacılık için, kombine taşımacılık operatörleri (KTO) adıyla sınıflandırılan bir paydaş zincire dahil olur. KTO'lar, sektörde ulusal ve uluslararası ticaret ve taşımacılık uygulamaları çerçevesinde çok türlü taşımacılık operasyonları sunabilen şirketlerdir (Lu, 2013). Çoğu durumda, nakliyeciler, bir yükün gönderimini başlatan, bazen de navlun maliyetini belirleyen sorumlu şirkettir (Crujssen, 2012). Genelde tedarik zincirinde kontrolü elinde tutan zincirin bu katılımcısı, maliyet düzeni, karbon izinin azaltılıp çevreyle dost bir ulaşımın sağlanması konularında elinde olan seçenekler üzerinde çalışmaktadır. Kombine taşımacılığın sürdürülebilirlik konusunda faydalı ve etkili oluşu ülkelerin ulaşım politikaları ve mevzuatları ile de desteklenmektedir. Böylelikle bu parametre, rekabet avantajı için bir basamak daha eklemiştir (Prusan-Jorgensen vd., 2010).



Şekil 1: Yük Taşıma Zinciri Üzerinde KTO İşbirlikleri

Birbirleriyle etkileşime giren çeşitli aktörler tarafından kurulan bu çok türlü ulaşım sistemi iki kademedен oluşur: karar destek sistemi ve operasyonel faaliyetler. Bu sistem pek çok aktör içerdiğinden ve gerçek zamanlı karar verilmesi gerektiğinden, kapsamlı bir incelemeye ve operasyon yönetimine ihtiyaç duyan karmaşık bir sisteme dönüşür (Crainic vd., 2017). Nakliyeciler talebi oluşturur, taşıyıcılar hizmet verir, ilgili makamlar kuralları belirler, her aktör kendi menfaatleri ve sistemin kazançları doğrultusunda karar verir ve buna göre stratejiler geliştirir. Çok türlü taşımacılıkta, müşterinin karar vermesi gereken tek şey KTO'dur ve seçilen KTO başlangıç noktasından varış noktasına kadar servis sağlama sorumluluğunu üstlenir. Talebi karşılamak için gerekli taşımacılık zincirini kurup, rotaları seçip, gerekli sayıda araçtan oluşan sistemi düzenlerler (Crainic vd., 2017). Bazı operatörler tek bir müşteriye özel hizmetler sunarken birçoğu konsolidasyon esasına göre çalışır ve araçlara sahip olabildiği gibi, ihtiyaca göre gerekli rotalarda araç kiralayabilirler.

Taşımacılık zinciri esas itibari ile üç bölümden oluşmaktadır, Şekil 1'de gösterildiği üzere sırasıyla bu bölümler: ön nakliye (pre-haulage), ana nakliye (main-haulage) ve son nakliye (end-haulage)'dir. Ön nakliye ve son nakliye çoğunlukla kısa mesafeler için kara yolu taşımacılığı ile sağlanırken, ana nakliye daha ziyade uzun mesafeler için demir yolu, deniz yolu gibi diğer taşımacılık türlerinin kullanılmasıyla gerçekleştirilmektedir. Taşınan mesafeler 300 km'den fazla ise, kamyonla taşınmanın bir günden daha uzun olması durumunda çok türlü taşınmanın ana nakliye sırasında rekabetçi olduğu bilinmektedir (SteadieSeifi vd., 2013). Bu taşıma zincirinde, taşıyıcılar, nakliyatçılar ve tüm KTO'lar arasında işbirliği kurulabilir. Şirketlerin rekabet gücünü artırmak için hem dikey hem de yatay işbirlik biçimleri önemlidir. Operatörlerin ve nakliyecilerin birlikte çalıştığı işbirliği, konsorsiyum oluşturması, en verimli işbirliği şekli olmasına rağmen kurması ve sürdürmesi en zor sistemdir. Bu sistemin maliyet unsurları belirlenmeli ve gelir dağılımı dikkatle düzenlenmelidir; çünkü gelir ve maliyet dağılımları, her operatörün risk ve katılımını göz önünde bulundurarak yapılmalıdır. Farklı paydaşların işbirliğinde performanslarını tanımlamak ve ölçmek, gelir tahsis etmede kilit noktalardan biridir. Ortaklıklarının özünde, nakliyecilerin taleplerini yerine getirirken her nakliye şirketinin maliyetlerini azaltması veya en azından maliyetleri paylaşması gerektiği yatmaktadır (Ergun vd., 2007). Bu işbirliği maliyetleri düşürür ve üretkenliği artırır. Boş konteyner sevkiyatlarının koordine bir şekilde dolu olanlarla değiştirilmesi ve depolama işleminin yapılmasını beklemek yerine yüklerin hızlı bir şekilde koordine edilip değiştirilmesi buna iyi birer örnektir. Öte yandan, bu işbirliklerinin sürdürülebilir olması bilgi paylaşımının ve ortak fedakarlıkların üst seviyede olmasına bağlıdır, dolayısıyla ortak paydaşlar arasında karşılıklı güven ve şeffaflığın sağlanması gereklidir (Caris vd., 2008).

Mevcut literatür "birden fazla taşıma türünün kombine edilerek kullanımı"ni farklı tanımlarla ortaya koymaktadır. Farklı durumlarda, koşullarda ve ulaştırma ağlarının kullanılmasına bağlı olarak, 4 genel tanım üzerinde fikir birliğine varılmıştır: multimodal (çok türlü), intermodal, ko-modal, eş zamanlı (synchronodal) olarak. Beşinci tanım olarak, Reis (2015), farklı açıdan bakarak sınıflandırıp, sürdürülebilirliği gözetken kombine taşımacılığı eklemiştir. Bu tanımların her biri orijinal kavram olan çok türlü taşımacılığı barındırıp ve ondan ayrılan başka özellik veya özellikler edinerek daha karmaşık bir süreç yapısı kazanır (Mutlu vd., 2017).

Rotalama ve planlama sırasında kapasite yönetimi, özellikle deniz-demir yolu ulaşım ayaklarında, çok türlü taşımacılığın sürdürülebilirliği için çok önemli bir başarı faktörüdür. Karlılığı korumak için yük gemileri ve trenlerin kapasitesi en azından yolculuk başına %70'in üstünde bir oranla kullanılmalıdır (Kayıkcı, 2014). Bu noktada, gelir yönetimi ve fiyatlama stratejileri özellikle KTO'lara yardımcı olabilir; kapasite kullanım oranını artırarak kârlarını artırmak, çok türlü taşımacılığın da sektörde rekabetçi olmasını sağlar. Gelir yönetiminin asıl amacı, maliyetlerin en aza indirgenmesi, alanların tahsisi ve dinamik fiyatlandırma ile geliri en üst düzeye çıkarmak için mümkün olan her ulaşım ayağı boyunca seyahat eden azami yükün bulunmasıdır. Dinamik fiyatlandırma yaklaşımını kolaylaştırmak ve geliştirmek için, mevcut talep verilerini ve talep yapısını analiz etmek ve zaman içinde biriken verilerin analizleri ile mevcut karar destek sistemlerinden yararlanmak teşvik edilir (Elmaghraby vd., 2003). KDS, basitçe, toplanmış bilgileri belirlenmiş işlemlerden geçirerek, çözümü ile bilgi sağlayan veya belirli kararlara ilişkin önerilerde bulunarak sonuca varmayı kolaylaştıran sistemlerdir (Gökçen, 2007).

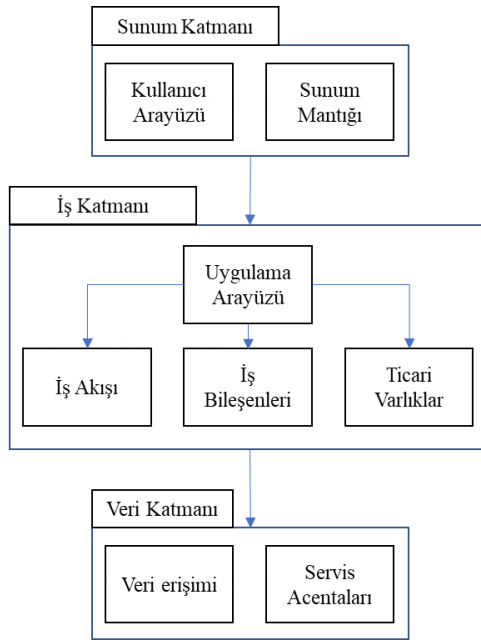
### 3. OPERASYONEL PLANLAMA

Operasyonel planlama, temel olarak, hangi yükün kabul edileceğini veya reddedileceğine karar verir; seçilen gemi, tren ve kamyonlar ile yükü taşımak için rota planlanmasından oluşur. Yükü taşıma türünün seçimi, çok türlü taşımayı tercih ederken karşılaşılan en problemleri konulardan biridir. Karar verme sürecinin başlıca etkenleri maliyet, ulaşım süresi, güvenilirliği ve hizmetin sıklığıdır. Bunlara ek olarak, taşıma yolları ve limanların kapasite kısıtları ile yükün kabul, gönderim ve teslim süreleri de önemli kısıtlardandır. Bu çalışmanın bakış açısı sadece deniz ve demir yollarını kapsar ve çok türlü taşımacılığın KTO'lar tarafından, müşterilerine uygun, tercih edilebilir fiyatlarla güvenli taşıma hizmeti sağlarken gelirini artırmasını hedefler. Dolayısıyla KTO'ların ortak bir tabanda buluşup kendi hizmetlerini sunması ve çok zor olsa da şeffaf bir iletişime açık olmaları, bu operasyonları kesintisiz ve birbiri ile senkronize bir şekilde gerçekleştirmelerini sağlayacaktır (Mutlu vd., 2017). Bu bağlamda da geçmiş verilerin doğru tutulması, gerekli kalemlerin saptanması ve veri analizlerinin modele girdi olarak eklenmesi, talebe bağlı doğru ve uygulanabilir taşıma

türü, operatör ve zaman çizelgesi belirlemek için en önemli adımdır. Bu karmaşık problemde karar vermeyi kolaylaştıracak, sistematik hale getirecek araçlara yani gelişen teknolojiyle birleştirilmiş, ihtiyaca uygun hazırlanmış web tabanlı KDS'lere ihtiyaç duyulmaktadır.

### 3.1. Web Tabanlı Karar Destek Sistemi

KDS'nin esas amacı kullanıcılara (gönderici, hizmet sağlayıcılar) karar verirken destek sağlamaktır. Genel olarak bu destek; sistemde karşılaşılan sorunların tespitini yapmak, analizler oluşturabilmek, analizlerin raporlarını oluşturmak ve problemin sonucuna göre alternatif çözümler üretip sunabilmektir. Bir KDS kendi içinde üç ana katmandan oluşmaktadır. Bunlar sırasıyla sunum katmanı, iş katmanı ve veri katmanıdır. Şekil 2'de bu katmanları içeren bir KDS model diyagramı verilmiştir. Sunum katmanı kullanıcı arayüzü ve sunum mantığını içermektedir. Burada web tabanlı platformu kullanan birimlerin bilgi girişlerinin yapıldığı bir arayüz bulunmaktadır. İş katmanı uygulama arayüzünü içeren, iş akışı, iş bileşenleri ve ticari varlıkları göstermektedir. Temel olarak iş mantığını oluşturacak iş süreçlerinin, bileşenlerinin ve kısıt oluşturabilecek varlıkların belirlenmesi yapılmaktadır. Veri katmanı ise KDS'ye konu olacak tüm veri tabanı erişimi ve servis acentalarını ihtiva etmektedir.

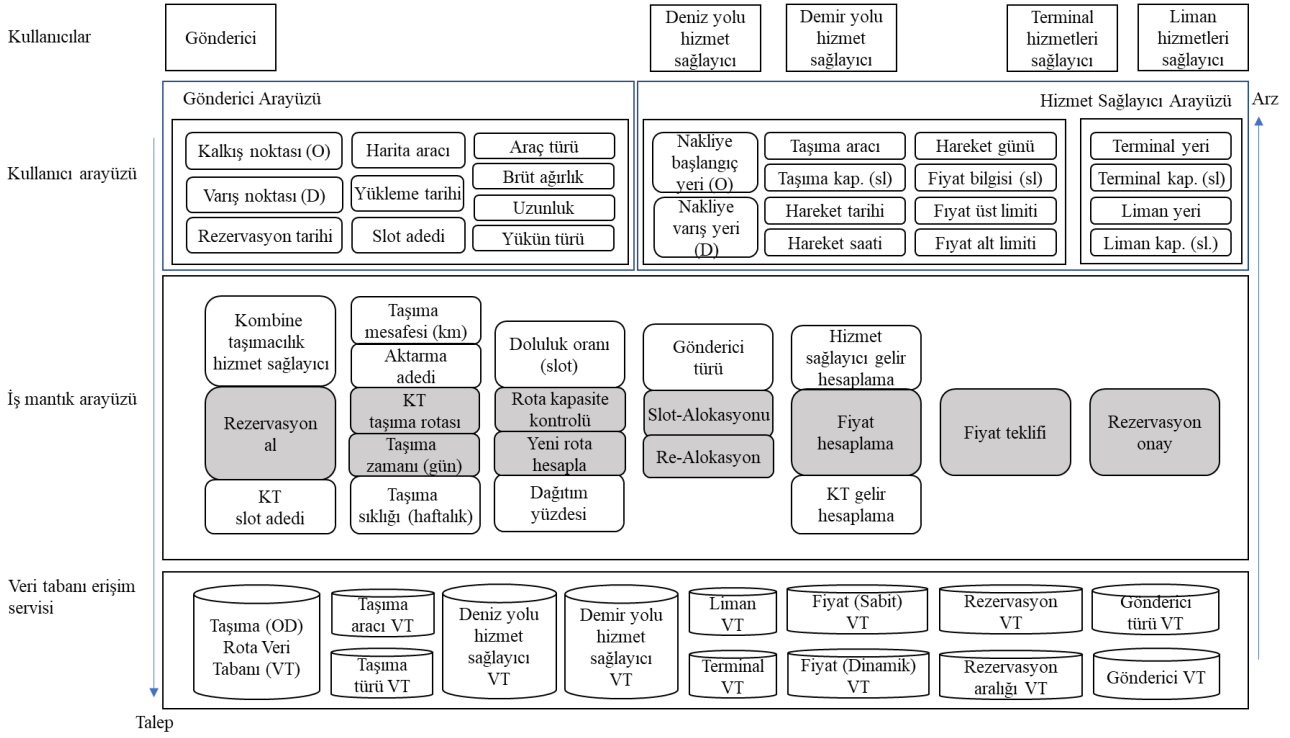


Şekil 2: Model Diyagramı

Şekil 3'te görülen web tabanlı KDS platformunun çalışma prensibi şu şekildedir. Sunum katmanında bilgilerin girildiği gönderici ve hizmet sağlayıcı olarak iki kullanıcı ara yüzü mevcuttur. Gönderici (taşıyıcı, yüklenici, nakliyecisi) arayüzü Ship2Rail platformuna kalkış ve varış noktalarını, rezervasyon tarihini, taşıma aracının (kamyon, yarı römork, konteyner) ve taşınacak yükün (frigorifik, tehlikeli madde, dökme yük) fiziksel özellikleri ve toplam slot adedinin girildiği bilgileri içermektedir. Bu bilgiler ile gönderici rezervasyon talebini girer. Hizmet sağlayıcı ise hizmet sağlayıcı arayüzü ile sunduğu nakliye hizmetinin başlangıç ve varış noktalarını, taşıma aracını (burada RoRo, konteyner gemi çeşitleri ya da RoLa, konteyner tren çeşitleri), taşıma aracının slot bazında toplam kapasitesini, fiyat bilgisini, dinamik fiyatlandırma için üst ve alt limiti, nakliye gönderimi ile ilgili hareket günü, hareket tarihi ve saati bilgisi vermektedir. Hizmet sağlayıcı arayüzüne deniz yolu ve demir yolu hizmet sağlayıcılarının yanında iç terminal ve liman hizmet sağlayıcılarından da oluşmaktadır. Terminal ve liman hizmet sağlayıcıları nakliyenin deniz ve demir yolu bağlantısı ile gönderimini yapabilmek için terminal ve liman yerini girerken ayrıca liman ve terminaldeki toplam slot kapasitesini de girmektedirler.

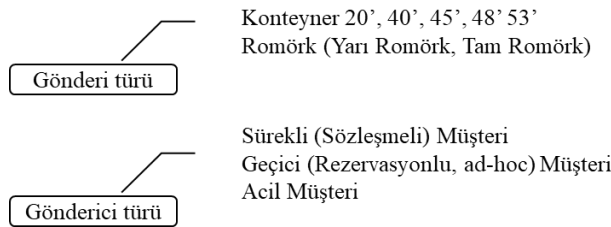
İş katmanı uygulama arayüzü iş akışı, bileşenler ve ticari kısıtları içermektedir. Öncelikle göndericinin rezervasyon talebi alınarak, göndericinin girdiği kalkış ve varış noktasına göre hizmet veren deniz-demir yolu hizmet sağlayıcılarının iş birliği ile oluşturulan kombine taşımacılık ve bu taşımacılığa ait toplam slot adedi belirlenir. En kısa taşıma zamanına göre taşıma rotası belirlenir. Aslında taşıma rotasının belirlenmesi tamamen müşterinin tercihinine bağlıdır, sunulacak birbirinden üstün olmayan sonuçlar arasından müşterinin kendi tercihinin seçebilmesi güvenilirliği ve memnuniyeti artırır. Örneğin bir müşteri göndereceği yükün en kısa sürede gitmesini isterken, bazısı en az sayıda aktarma yapmasını ister, diğerleri taşımanın doğaya zararının ve CO2 salınımının en az olması kriterini önde tutar.

Akabinde, doluluk oranına göre slot alokasyonu (yer tahsisi) yapılır. Burada göndericinin türü, yani göndericinin sürekli müşteri, geçici müşteri ya da acil müşteri olmasına göre yer tahsisi önceden belirlenen oranlara göre yapılır.



Şekil 3: Web tabanlı platform çalışma prensibi

Genel düzende müşteri türleri (Şekil 4) şu şekilde açıklanmaktadır: (1) Sürekli (sözleşmeli) müşteri: bu gönderici, sabit taahhüt sözleşmesi ve üzerinde anlaşılmış sözleşmeli piyasa fiyatı ile nitelendirilir. Bu gönderici türünde büyük nakliyatçı ve yüklenici firmaları rezervasyonlarının yerine getirilmesinde önceliğe sahiptirler ve onlar için gemi ve tren üzerinde belirli bir yer payı (taşıma piyasa payı) ayrılmaktadır. (2) Geçici (ad-hoc) müşteri: gönderici spot piyasa fiyatı ile yer satın alır. Normalde bu fiyat gemi ve trenin kalkmasından bir-iki hafta öncesine kadar sunulur. (3) Acil müşteri: doğal olarak daha yüksek ücret ödemeye istekli göndericiye alışılmış biçimde son dakika taşımacılık hizmeti sağlanır. Rezervasyon süreci, gemi ve trenin kalkışından iki-üç gün öncesine kadar devam eder. Taşıma ücretleri kalkışa yakın süre zarfında kapasitenin doldurulması için piyasa şartlarına ve ani talep dalgalanmalarına bağlı olarak daha yüksek veya daha düşük hale gelebilir. Eğer taşıma rotası üzerindeki kapasite tamamen kullanılmış ise aynı kalkış ve varış noktaları arasında diğer uygun rotaya göre tahsis işlemi yani re-alokasyon yapılır. Daha sonra gönderici sürekli müşteri ise sabit fiyat üzerinden, eğer geçici müşteri ise rezervasyon aralığına göre dinamik fiyat üzerinden, ya da acil müşteri ise hizmet sağlayıcıların belirlediği en yüksek fiyat limiti üzerinden fiyatlandırma yapılır. Hizmet sağlayıcının kombine taşımacılık açısından elde edeceği gelir hesaplanır. Buna göre fiyat teklifi göndericiye ulaştırılır. Göndericinin onayından sonra, rezervasyon onaylanır.



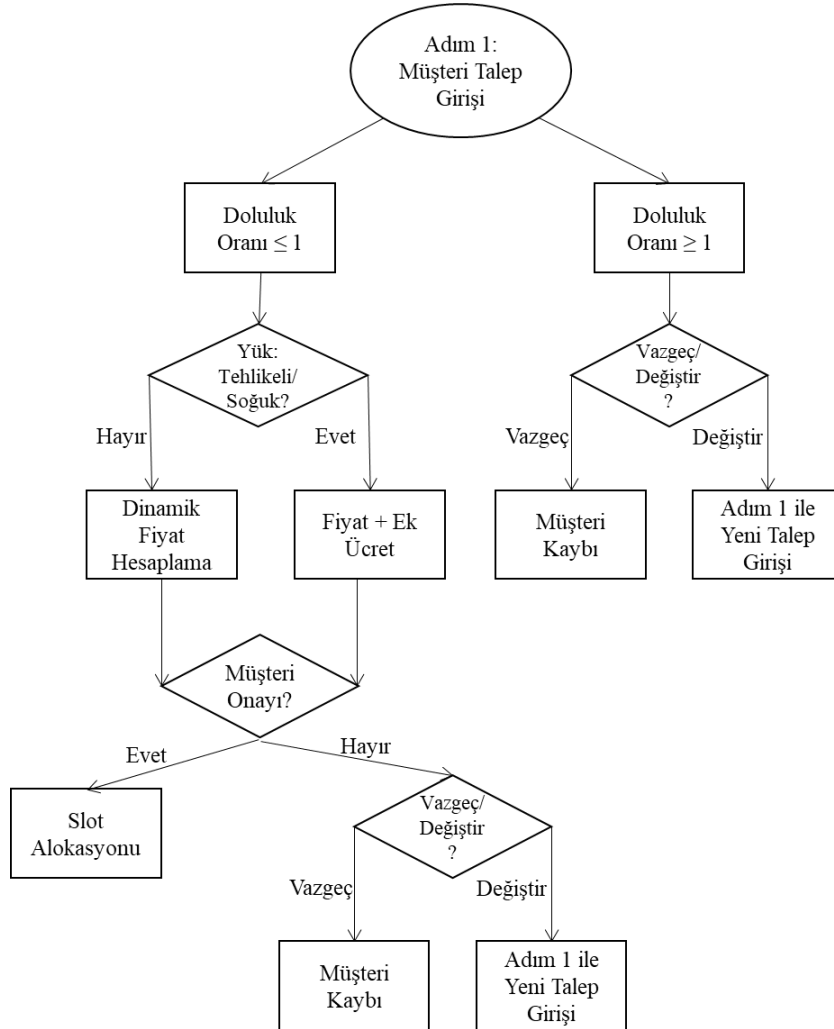
Şekil 4: Araç ve Gönderici Türleri

Veri katmanı, karar destek sistemine konu olan bütün bileşenlerin veri tabanını göstermektedir. Burada kayıtlı olan gönderici türleri, göndericilerin, deniz yolu hizmet sağlayıcılarının, demir yolu hizmet sağlayıcılarının, terminal ve liman hizmet sağlayıcılarının tüm detaylı bilgileri bulunmaktadır. Bunun yanında taşıma türleri, taşıma araçları, taşıma rotaları (OD), rezervasyon aralığı, fiyat bilgisinin de olduğu veri tabanları mevcuttur.

#### 4. GELİR YÖNETİMİ VE DİNAMİK FİYATLANDIRMA

Geleneksel olarak, gelir yönetiminin amacı kapasite kontrolü yaparak ve farklı sabit fiyat sınıflarını kullanarak geliri artırmaktır, ancak çevrimiçi rezervasyon sistemleri ile yapılan dinamik fiyatlandırma yaklaşımları, gerçek zamanlı ve anında fiyat değişimlerine ve müşteriye uygun fiyat politikalarının güdülmesine izin verir. Web tabanlı KDS ile yapılan gelir yönetiminde amaç, hizmet sağlayıcılar açısından deniz-demir yolu kombine taşımacılığı ile elde edilen gelirleri dinamik fiyatlandırma uygulaması ile maksimize edebilmektir. Dinamik fiyatlandırma ile toplam gelirden %1-2 arasında bir gelir artışı elde edilmesi hedeflenilmektedir.

Dinamik fiyatlandırma süreci şu şekilde çalışmaktadır. Gönderinin yapılacağı her bir tarihten geriye doğru on gün rezervasyon aralığı olarak tespit edilir. Her bir slotun en düşük ve en yüksek fiyatları sırasıyla sürekli ve acil müşteriler için tahsis edilir, bu en düşük ve en yüksek fiyat arasında kalan aralık ise dinamik fiyatlandırma için kullanılacak ve geçici müşteri yani rezervasyon süresi içinde talep belirten müşteri için tahsis edilecek fiyat aralıklarını gösterecektir. Burada slot fiyatı; talebin geldiği zamanda aracın doluluk oranına, rezervasyon aralığının kaçınıcı gününe geldiğine, talep edilen slot miktarına, ve belirlenen rotanın giderlerine göre rastlantısal olarak ya da belirli bir korelasyon esasına göre kural olarak tespit edilir. Bu dinamik fiyatlandırma ve slot alokasyonu akışı Şekil 5'te şematize edilmiştir. Bu çalışmada, Ship2Rail isimli web sayfasında, bir rastlantısal fiyat aralığı eldeki girdilerin analiz edilmesi sonucu belirlenmiştir. Mevsimsel değişkenlikler, hatların bakım onarım durumları, olası politik ve sosyoekonomik riskler, genel konjonktür de bu istatistiğin içerisine dahil edilmiştir.



Şekil 5: Dinamik Fiyatlandırma ve Slot Alokasyonu Akış Şeması

Şekil 6'da detaylıca oluşturulmuş Varlık-Bağıntı modeli tüm web tabanı içindeki iş akışını ve veritabanı bağlantılarını göstermektedir. Girdi olarak hangi verilerin istenip tutulduğu, dinamik fiyatlandırma için hangi bağıntıların kurulduğu, slot alokasyonunun hangi bilgilerin sorgulanmasıyla karara bağlanıp kesinleştirildiği gibi modelin temelini oluşturan ilişkiler görülebiliyor, bilgiler alınabilir.



## 5. DEĞERLENDİRMELER VE SONUÇ

Günümüzde deniz-demir yolu kombine taşımacılığı tamamen sabit fiyat esaslı ve senkronize olmayan bir şekilde yürütülmektedir. Bu durum bir sürü operasyonel sorunu beraberinde getirmektedir. En önemli handicap sürdürülebilir ve efektif bir işleyişin hayata geçirilememesinden dolayı hizmet sağlayıcılarda büyük maddi kayıpların görülmesidir. Ship2Rail (<http://www.ship2rail.com/>) projesi ile dinamik fiyat uygulanarak hizmet sağlayıcılar için sürdürülebilir bir gelir yönetiminin elde edilebilmesi amaçlanmıştır. Web tabanlı bu KDS ile dinamik fiyatlandırmanın belirlenen kurallar esas alınarak uygulanmasını sağlayıp, hizmet sağlayıcılar açısından uygun bir gelir yönetiminin oluşturulabilmesi gözetilmiştir. Bu uygulanan kurallar çok amaçlı matematiksel model ile sisteme eklenip optimize edilebileceği gibi zaman içinde toplanacak verilerle öğrenme ve yapay zeka birleştirilerek karar verme sürecinin iyileştirilmesi mümkün olacaktır.

## TEŞEKKÜR

Bu araştırma TÜBİTAK 2232 Burs Programı çerçevesinde 116C048 proje numarasıyla desteklenmiştir.

## KAYNAKLAR

- [1] Caris, A., Macharis, C., Janssens, G. (2008), "Planning Problems in Intermodal Freight Transport: Accomplishments and Prospects", *Transportation Planning and Technology*.
- [2] Crainic, T. G., Perboli, G., Rosano, M. (2017), "Simulation of intermodal freight transportation systems: a taxonomy". *European Journal of Operational Research*.
- [3] Cruijssen, F. (2012), "Collaboration Concepts For Comodality'(CO<sup>3</sup>)", ArgusI BV.
- [4] Elmaghaby, W., Keskinocak, P. (2003), "Dynamic pricing in the presence of inventory considerations: Research overview, current practices, and future directions", *Management science*, 49(10), 1287-1309.
- [5] Ergun, Ö., Kuyzu, G., and Savelsbergh, M. (2007), "Shipper collaboration", *Computers & Operations Research*, Vol. 34, pp 1551–1560.
- [6] Ghiani, G., Laporte, G., Musmanno, R. (2004), "Introduction to logistics systems planning and control", John Wiley & Sons.
- [7] Gökçen, H. (2007), "Yönetim bilgi sistemleri", Palme Yayıncılık.
- [8] Kayıkcı, Y. (2014), "A Collaborative Slot Allocation Model for the Sea-Rail Multimodal Transport Service Providers Based on Revenue Management", *EurOMA 2014*, 20-25 June 2014, Palermo, Italy.
- [9] Lu, H., Chu, C., Che, P. (2010), "Slot Allocation Planning for an Alliance Service with Ship Fleet Sharing", *Asia Pacific Management Review*, Vol. 15(3), pp. 325-339.
- [10] Mutlu A, Kayıkcı Y, Çatay B (2017), "Planning multimodal freight transport operations: A literature review", In: KS Pawar et al. (eds.) *Proc. of the 22nd International Symposium on Logistics (ISL 2017)*, Ljubljana, Slovenia:553–560.
- [11] Pruzan-Jorgensen, P., Farrag, A., (2010), "Sustainability Trends in the Container Shipping Industry", BSR.
- [12] Reis, V. (2015), "Should we keep on renaming a+ 35-year-old baby?", *Journal of Transport Geography*, 46, 173-179.
- [13] Van Woensel, T., SteadieSeifi, M., Dellaert, N.P., Nuijten, W., Raoufi, R. (2013), "Multimodal freight transportation planning: A literature review", *European Journal of OR*, Vol. 233, pp 1-15.