Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Cilt 23, Sayı 4, 2018 ARAŞTIRMA

DOI: 10.17482/uumfd.455356

ULUSLARARASI DENİZ-DEMİR YOLU KOMBİNE YÜK TAŞIMACILIĞI OPERASYONLARI İÇİN BİR KARAR DESTEK SİSTEMİ VE UYGULAMASI

Yaşanur KAYIKCI [*]
Aysun MUTLU [**]
Bülent ÇATAY [**]

Alınma:27.08.2018; düzeltme: 14.12.2018; kabul:18.12.2018

Öz: Kombine 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 olmakla beraber fiyatlandırma politikası ayrıntılı incelenmemiştir. Günümüzde kombine taşımacılıkta genellikle sabit fiyat politikası uygulanmaktadır. 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 sunulmuştur. Ship2Rail adlı projenin operasyonel planlama çıktılarını sunmak amaçlı hazırlanan bu web tabanlı platformu oluşturan kullanıcı arayüzü, mantık arayüzü ve veri tabanlarını içeren bir prototip tasarımı betimlenmiştir. Buna temel teşkil eden varlık-ilişki 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: Kombine Taşımacılık, Çok Türlü Taşımacılık, Dinamik Fiyatlandırma, Karar Destek Sistemi, Uluslararası Yük Taşımacılığı, Deniz-Demir Yolu

A Decision Support System and its Application for International Sea-Rail Multimodal Freight Transportation Operations

Abstract: Multimodal transportation generally refers to international freight transport using a combination of at least two different transport modes rather than a single such as trucks used in road transportation. Multimodal transportation has been studied in the literature to develop more effective and efficient methods to carry freight; yet, pricing policy has not been examined thoroughly. The fixed price is the main policy adopted in freight transport sector in Turkey. However, revenues at the operational level may be increased by applying dynamic pricing approaches, which have been commonly used in the airline and hospitality sectors. In this study, a revenue-driven web-based decision support system is developed for international sea-rail multimodal freight transport operations. A web-based prototype is designed that involves the user interface, logic interface and database to present the operational planning outputs of the project entitled Ship2Rail. The underlying ER model is described and the working principles of the data model used in the database design is explained. Furthermore, the elements of fixed and dynamic pricing policies depending on the demand behavior and time constraint are discussed.

Keywords: Combined Transportation, Multimodal Transportation, Dynamic Pricing, Decision Support System, International Freight Transport, Sea-Rail

[*] Türk-Alman Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, 34820, Beykoz, İstanbul
[**] Sabancı Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, 34956 Tuzla, İstanbul

İletişim Yazarı: Yaşanur Kayıkcı (yasanur@tau.edu.tr)

1. GİRİŞ

Kombine taşımacılık, artan yük taşıma taleplerini karşılamak üzere tek türlü (unimodal, genellikle kara yolu kullanılan) yapılan taşımacılığın yanında bir alternatif olarak taşımacılık sektörüne katılmıştır. Dinamik bir süreç olan çok türlü (multimodal) taşımacılık, yani kombine taşımacılık, nakliyede taşıma birimlerinin (aktarılabilir konteynerler, treylerler, yarı römorklar ve benzer kaplar) çıkış terminalinden (başlangıç noktası) hedef terminaline (bitiş noktası) kadar kara yolu, demir yolu, deniz yolu, iç su yolu, hava yolu gibi taşıma türleri (taşıma modelleri) arasından en az iki farklı taşıma türünün kullanılması ile kapıdan kapıya (ya da terminalden/terminale veya limana ya da limandan/ limana veya terminale) yapılan yük taşımacılığı olarak ifade edilir (UBAK, 2014). Bu çalışmada Türkçe literatürde de yaygın kullanılması sebebiyle, çok türlü taşımacılık kavramını ifade eden kombine taşımacılık ismi kullanılmıştır. Kombine taşımacılıkta, taşıma türlerinin organizasyonu farklı kombinasyonlarda mümkün olabilmektedir: kara-demir yolu, iç su-kara yolu, deniz-kara yolu, deniz-demir yolu gibi. Taşıma türleri arasında yapılan aktarma işleminde taşıma birimleri değiştirilemez ve içerisindeki yükler elleçlenemez (Kayıkcı, 2014). Burada ürünlerin taşıma birimlerinden çıkarılmasına gerek olmadan doğrudan bir taşıma türünden diğerine geçmesini sağlayan özel taşıma birimleri kullanılmaktadır.

Taşımacılık zinciri esas itibari ile üç temel bölümden oluşmaktadır, sırasıyla bu bölümler: ön nakliye (pre-haulage), ana nakliye (main-haulage) ve son nakliye (end-haulage)'dir. Bu üç temel bölüm birbirlerine taşıma türü değişikliğini mümkün kılan, gelen yükün/kargoların indirildiği, bitiş noktasına göre gidenlerin ise yüklendiği, gün içinde yüklerin kısa zaman aralıkları ile saklandığı, araçlar arası yük/kargo transferi yapıldığı aktarma merkezleri (hub, işlem merkezleri) ile bağlanmıştır. Bu aktarma merkezleri deniz yolu terminali, demir yolu terminali, kombine taşımacılık merkezi olabilmektedir. Kombine taşımacılık, tek bir taşımacılık türünün 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, yollarda oluşan yıpranma ve aşınmalar ve bunun yanında sınır geçişlerinde gümrük bekleme sürelerinin uzunluğu, kısıtlı kara yolu geçiş belgeleri kotaları ve kota bağlantılı yüksek transit geçiş ücretleri gibi ana sorunlar; deniz ve demir yolu taşımacılığına verilen önemi daha da arttırmıştır (Kayıkcı, 2014). 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 gerektirmektedir. Farklı bakış açısı ile operasyonel planlama yapılması ve çok türlü taşımacılık hizmeti için uygun bir fiyatlandırma stratejisinin belirlenmesi kombine taşımacılığın daha rekabetçi bir yapıya sahip olmasını sağlayacaktır.

Bu çalışmada, sadece deniz-demir yolu üzerinden yapılan taşımacılık zinciri dikkate alınmış olup, kara yolu ve diğer taşıma türleri araştırma dışında bırakılmıştır. Bu taşımacılıkta, ana taşıma olarak deniz yolu ve demir yolu taşıma türleri beraber kullanılmaktadır. Taşıma araçlarından, gemi ve tren taşımacılığı hizmetlerini veren kombine taşımacılık operatörlerinin, ulaştırma hizmetini bir arada, senkronize ve işbirliği içerisinde sağlayabilmesi için aynı web tabanlı platform altında birleşip göndericilerin nakliye talepleri doğrultusunda bir geliştirilmiş karar destek sistemi ile en uygun rota ve fiyat kararına ulaşıp, 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

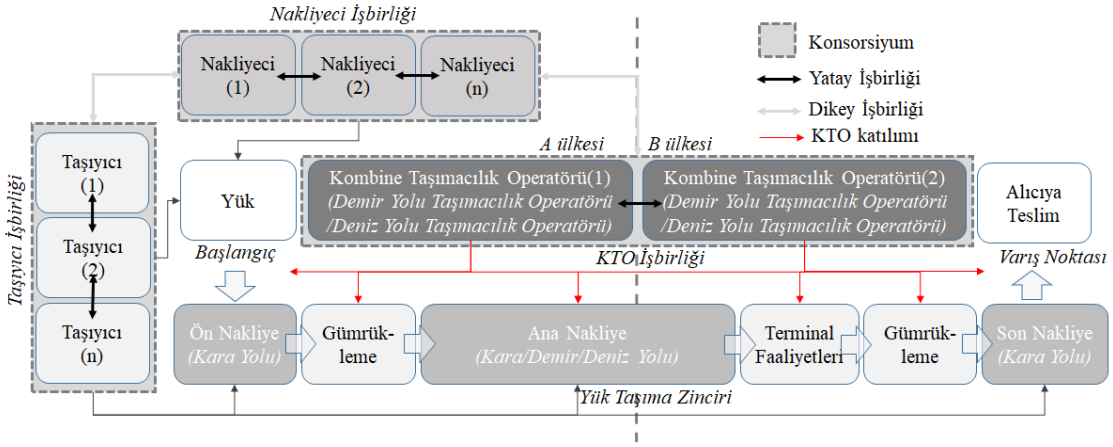
diyagramları ayrıntılı şekilde tanıtılmıştır. Kombine taşımacılık için kullanılan bu sistemin sabit ve dinamik fiyatlandırma süreçlerini etkileyen kıstaslar ve veri tabanının yönetim biçimine temel teşkil eden varlık-ilişki modelinin çalışma prensipleri irdelenmiştir. Bunların ışığında web tabanlı ortak platform değerlendirilmiş, sonuç olarak gelecek çalışmalar için öneriler sunulmuştur.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Yük taşımacılığı, her modern tedarik zincirinin temel bir parçasıdır, çünkü yük taşımacılığı 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 ve diğ., 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 kombine taşımacılık için, Kombine Taşımacılık Operatörleri (KTO) olarak adlandırılan bir paydaş zincire dâhil olur. Tüm kombine taşımacılık zincirinin operasyonları tek bir demir ya da deniz/iç suyolu yük operatörü olan KTO tarafından yönetileceği gibi birden fazla demir ve deniz yolu yük operatöründen oluşan bir KTO konsorsiyumu tarafından da operasyonlar yönetebilmektedir. Kurulan konsorsiyumun kim/kimler tarafından koordine edileceği, konsorsiyumun alacağı karara bağlıdır (Kayikci, 2014). KTO konsorsiyumu ya zincir boyunca ya da zincirin tamamı ve/veya bir kısmı için, ya da sadece bir kısmına ilişkin olarak karar verebilme yetisine sahiptir. Burada, Kombine Taşımacılık Belgesi (KTB) olarak adlandırılan bir sözleşme kapsamında, yük, satıcının kapısından ya da çıkış terminalinden alınarak alıcının kapısına ya da hedef terminale teslim edilir (Kayikci, 2014). KTO'lar, sektörde ulusal ve uluslararası ticaret ve taşımacılık uygulamaları çerçevesinde çok türlü taşımacılık operasyonları sunabilen şirketlerdir (Lu, 2013). Çoğu durumda, nakliyeci, bir yükün gönderimini başlatan, bazen de navlun maliyetini belirleyen sorumlu şirkettir (Cruijssen, 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 verimlilik artışının yanı sıra sürdürülebilirlik ve çevre koruma konusunda faydalı ve etkili oluşu ülkelerin ulaştırma politikaları ve mevzuatları ile de desteklenmektedir (Kelle ve diğ., 2018). Böylelikle bu parametreye, rekabet avantajı için bir basamak daha eklemiştir (Pruzan-Jorgensen ve diğ., 2010).

Birbirleriyle etkileşime giren çeşitli aktörler tarafından kurulan bu çok türlü taşımacılık sistemi iki kademeden oluşur: Karar Destek Sistemi (KDS) ve operasyonel faaliyetler. Bu sistem bir sürü paydaşı içerdiğinden ve gerçek zamanlı karar verilmesi gerektiğinden, kapsamlı bir incelemeye ve operasyon yönetimine ihtiyaç duyan karmaşık bir sisteme dönüşür (Crainic ve diğ., 2017). Göndericiler başka bir deyişle yüklenici ya da 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. Kombine taşımacılıkta, müşterinin karar vermesi gereken tek şey KTO'dur ve seçilen KTO kalkış noktasından varış noktasına kadar servis sağlama sorumluluğunu üstlenir. Burada KTO'ler için başlangıç ve bitiş noktası bir terminal ve/veya liman ya da liman ve/veya terminal olmaktadır. Talebi karşılamak için gerekli taşımacılık zincirini kurup, rotaları seçip, gerekli sayıda araçtan oluşan sistemi düzenlerler (Crainic ve diğ., 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 ülkelerin ve hatta kıtaların geçildiği uzun mesafeler için (300 km'den büyük) özellikle demir yolu ve/veya deniz yolu gibi diğer taşımacılık türlerinin kullanılmasıyla gerçekleştirilmektedir. Kara yolu taşımacılığı ön nakliye ve son nakliye ye karşılık gelirken, çoğunlukla tüm seyahatin geri kalanına kıyasla çok daha kısa süren kısmını içermektedir. Taşınan mesafeler 300 km'den fazla ise, kamyonla taşınmanın bir günden daha uzun olması durumunda çok türlü taşımanın ana nakliye sırasında rekabetçi olduğu bilinmektedir (SteadieSeifi ve diğ., 2014).



Şekil 1:
Yük taşıma zinciri üzerinde KTO iş birlikleri.

Bu taşıma zincirinde, taşıyıcılar, nakliyatçılar ve tüm KTO'ler arasında işbirliği kurulabilmektedir. Şirketlerin rekabet gücünü artırmak için hem dikey hem de yatay işbirlikleri önemlidir. Özellikle ana nakliye üzerinde operasyonel faaliyetlerde bulunan birçok KTO arasında verimlilik artışı ve maliyet optimizasyonu sağlanması amacıyla yatay işbirliklerine ihtiyaç duyulmaktadır, bu sayede kombine yük taşımacılığı zinciri üzerinde faaliyet gösteren birçok demir yolu ve/veya deniz yolu operatörü bir araya gelerek işbirliği vasıtasıyla elde edilecek faydadan yararlanmak amacıyla koalisyonlar kurmaktadırlar (Dahlberg ve diğ., 2018). Akademide de yatay işbirlikleri ve çeşitleri uzun yıllardır incelenmekte olup, faydaları, sisteme nasıl entegre edilebileceği konusundaki çalışmalar gittikçe artmaktadır (Serrano-Hernandez ve diğ., 2017). 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 ve diğ., 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 iş birliklerinin sürdürülebilir olması bilgi paylaşımının ve ortak fedakarlıkların üst seviyede olmasına bağlıdır, dolayısıyla ortak paydaşlar arasında karşılıklı güven ve şeffaflığın sağlanması gereklidir (Caris ve diğ., 2008).

Mevcut literatür *birden fazla taşıma türünün kombine edilerek kullanımını* farklı isimlerle ortaya koymaktadır. Farklı durumlarda, koşullarda ve ulaştırma ağlarının kullanılmasına bağlı

olarak, dört genel isim üzerinde fikir birliğine varılmıştır: *multimodal* (çok türlü, çok modlu), *intermodal* (türler arası), *ko-modal* (co-modal) ve *eş zamanlı* (senkromodal, synchromodal). Ayrıca buna ilave olarak, beşinci isim Reis (2015) tarafından, farklı açıdan bakılarak sınıflandırılıp, sürdürülebilirliği gözeten *kombine taşımacılık* olarak literatüre eklemiştir. Bu isimlerin her biri orijinal kavram olan çok türlü taşımacılığı bünyelerinde barındırırken, sahip oldukları diğer özellikler sebebiyle edindikleri anlam farklılıklarıyla birbirlerinden ayrılmaktadırlar (Mutlu ve diğ., 2017). Bu çalışmada Türkçe literatürde de yaygın kullanılması sebebiyle, çok türlü taşımacılık kavramını ifade eden kombine taşımacılık ismi kullanılmıştır.

Kombine taşımacılık genel olarak bazı kısıtlamalara tabidir: (1) Kombine taşımacılık genel olarak en az 300 km'lik (bir günden uzun kara yolu taşımacılığı) taşıma mesafesinde rekabet edilebilir seviyeye gelmektedir (Lowe, 2005; Tavasszy ve van Meijeren, 2011). (2) Kombine taşımacılık sektörü özellikle büyük nakliyat firmaları tarafından yapılan çeşitli ikili ilişki ve sözleşme müzakerelerine maruz kalmaktadır; bu durum fiyatlandırma açısından saydamlığı önlemektedir (Kayikci, 2014; Rodrigue ve diğ., 2006). (3) Bu tür taşımacılık sektörü özellikle gemi, konteyner, vagon, liman/terminal ekipmanları gibi çok yüksek yatırım altyapısı gerektiren, sermaye yoğunluğu olan bir sektördür. Bu nedenle yüksek sabit maliyetler ve ölçek ekonomileri ile karakterize edilir (Kayikci, 2014; Evren ve Ögüt, 2006). (4) Kombine taşımacılık operatörleri sık sık piyasa dalgalanmaları, ticaret dengesizlikleri veya talep değişiklikleri sebebiyle kapasitelerinin çok altında çalışmaya maruz kalabilmektedirler (Kayikci, 2014).

Bu bağlamda, kombine yük taşımacılığında etkin bir kapasite yönetimi ve yer tahsisi, KTO'nun işbirliği içinde çalışmalarını sağlayabilmek amacıyla kritik bir önem arz etmektedir. KTO'lar gelir yönetiminin yer tahsisi ve fiyatlandırma stratejilerini kullanarak kârlarını enbüyükleyebilmektedirler. Son yıllarda, çeşitli matematiksel optimizasyon modellerinin (Udomwannakhet ve diğ., 2018) yanında verilerin sisteme dahil edildiği, web tabanlı, mobil platformların entegre edildiği farklı çözüm yöntemleri üzerinde yapılan çalışmalar artmıştır (Ambra ve diğ., 2018; Rosano ve diğ., 2018).

2.1. Deniz-Demir Yolu Kombine Yük Taşımacılığı

Deniz-demir yolu kombine taşımacılık zinciri çok düğümlü kalkış (başlangıç noktası) ve varış (bitiş noktası) bağlantısı ile oluşturulmuştur. Burada belirli bir sayıdaki deniz yolu ve demir yolu operatörleri işbirliği yaparak, her düğüm için haftalık bir bütünleşik nakliyat hizmeti sunmaktadırlar. Bu hizmet belirli bir güzergâhı izler. Güzergâh en az bir bütün hattan oluşmaktadır. Bu hat iki bitişik düğümle tanımlanır. Düğümlerden biri demir yolu bağlantısını (tren terminali) diğeri ise deniz yolu bağlantısını (deniz terminali) işaret etmektedir (Armstrong ve Meissner, 2010). Bu sistem kullanıcılar için kesintisiz bütünleşik bir rezervasyon olanağı sağlar. Bir nakliyeci deniz-demir yolu kombine taşımacılığı için rezervasyon yapınca ortak sistem bu rezervasyon için gemi üzerinde ve aynı zamanda tren vagonu üzerinde istenilen yer tahsisinin yapılmasını sağlamaktadır. Gelir yönetiminin buradaki amacı, her hat boyunca en uygun taşınacak maksimum yük miktarını bularak geliri en üst seviyeye çıkartabilmektir. Kombine taşımacılık operatörleri, taşıma araçları olan gemi veya tren üzerinde mevcut olan toplam slot (yer) kapasitesini tanımlarlar (Kayikci, 2014). Burada slot her bir taşıma birimi için taşıma aracı üzerinde ayrılan yeri ifade etmektedir. Bu kapasite nakliyeci sınıfına göre hizmet sunulan hat boyunca dağıtılacak maksimum kapasitedir. Burada yer kapasitesinin yönetiminden kaynaklı problemler ortaya çıkmaktadır; örneğin mevcut gemi ve tren kapasitenin her varış-kalkış düğümü çifti için nakliyeci sınıfına göre nasıl dağıtılacağını gibi. Bu nedenle, gelir yönetimi karar verme aşamasında bazı dengelerin kurulması durumuyla yüzleşir; bunun için çeşitli senaryoların analiz edilmesi gerekmektedir. Örneğin, düşük kapasite kullanımına karşın yüksek gelir, yüksek kapasite kullanımına karşın düşük gelir veya rezervasyon iptaline karşın

kapasite artırımı gibi. Bu senaryolar deniz-demir yolu kombine taşımacılığı operatörlerini ortak faaliyetleri için stratejik ve operasyonel kararlar almaya yöneltecektir.

Deniz-demir yolu kombine taşımacılığının gerçekleştirilmesi için yarı römork, kamyon, konteyner gibi taşıma birimlerini taşıyan konteyner gemileri, konteyner taşıyan vagonları, RoRo gemileri, RoLa vagonları gibi özel taşıma araçları gerekmektedir. RoRo, İngilizce "Roll-on-Roll-off" kelimesinden türetilmiştir. Tekerlekli araç taşımacılığında kullanılan özel gemilerin adıdır. RoLa, "raylı kara yolu" anlamına gelen, Almanca "rollende Landstrasse" kelimesinden türetilmiştir. Bu nakliye sisteminde komple kamyonlar ya da yarı römorklu kamyonlar özel tasarlanmış vagonlar üzerinde taşınırlar. Son dönemlerde yarı römork ve konteynerlerin demir yolu ile taşınabilmesi için uygun sistemlerin (ISU - İnnovatif Yarı Römork Elleçleme Ekipmanı sistemi gibi) geliştirilmesi çalışmaları yoğunluk kazanmıştır. Bunlar, özellikle vinçle elleçlenemeyen taşıma birimlerinin vagonlara yükleme ve boşaltılması için geliştirilmiştir.

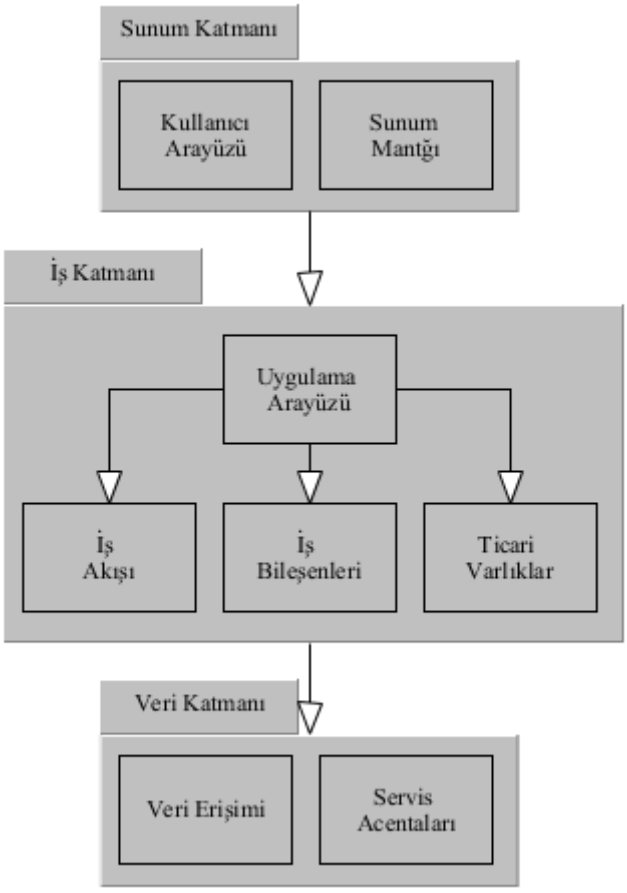
Rotalama ve planlama süreçleri sırasında kapasite yönetimi, özellikle deniz-demir yolu ulaşım ayaklarında, çok türlü taşımacılığın sürdürülebilirliği için çok önemli bir başarı faktörüdür. Kombine yük taşımacılığında kârlılığı muhafaza edebilmek için kullanılan taşımacılık araçlarının yani yük gemileri ve trenlerin mevcut kapasitelerinin yolculuk başına en az %70 seviyesinde bir doluluk oranında kullanılması gerekmektedir (Kayikci, 2014). Bu oranın altında kalındığında KTO'lar zarar edebilmektedirler. 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 fiyatlandırmayla 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 ve diğ., 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 edileceğine veya reddedileceğine karar verip; seçilen gemi, tren ve kamyonlar ile yükü taşımak için rota planlanmasının yapılmasına dayanmaktadır. Yük taşıma türünün seçimi, kombine taşımacılığı tercih ederken karşılaşılan en problemli konulardan biridir. Karar verme sürecinin başlıca etkenleri maliyet, ulaşım süresi, taşımanın güvenilirliği ve taşıma hizmetin sıklığıdır. Bunlara ek olarak, taşıma hatları, terminal ve limanların kapasite kısıtları ile yükün kabul, gönderim ve teslim süreleri de önemli etkenler arasındadır. Bu çalışmanın bakış açısı sadece deniz ve demir yollarını kapsar ve kombine 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 ve diğ., 2017). Senkromodalite servis sağlayanlara kazançlı olduğu gibi, tedarik zincirinin her katmanına hatta çevreye verilen zararı önemli ölçüde azaltarak sürdürülebilirliğe fayda sağlar (Dong ve diğ., 2018). 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

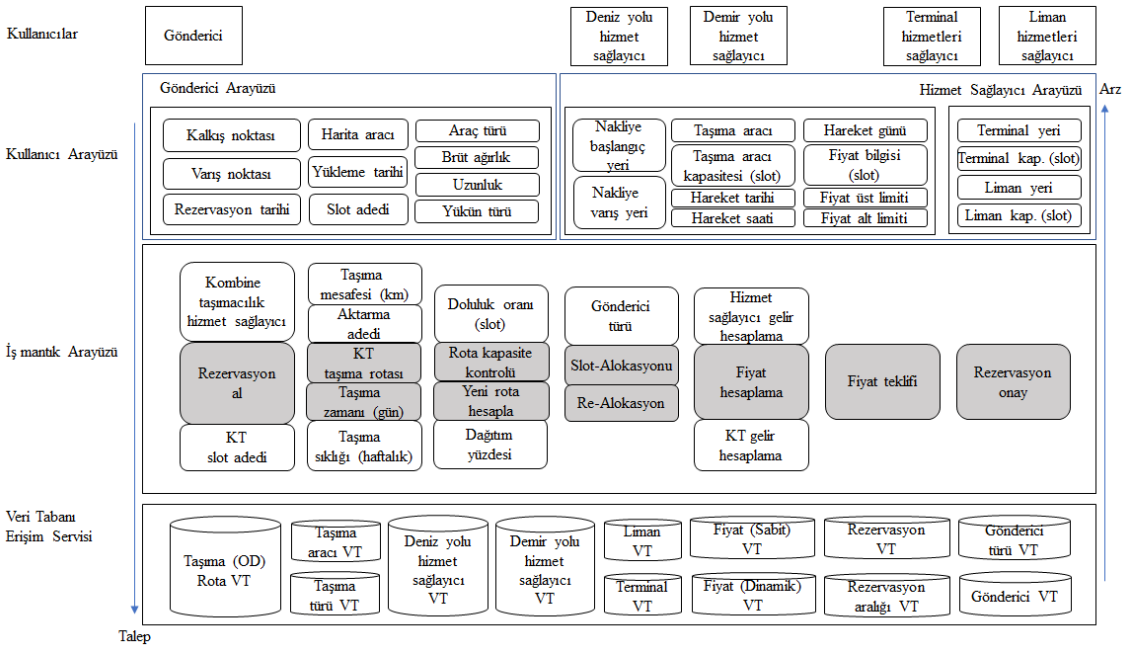
Bu çalışmada web tabanlı bir KDS platformu geliştirilmiş olup, uygulama henüz pilot aşamasındadır ve denemeler yapılarak sistem geliştirilmeye devam etmektedir. KDS'nin esas amacı kullanıcılara (gönderici ve hizmet sağlayıcılar) karar verirken destek sağlayabilmektir. Genel olarak KDS ile sistemde karşılaşılan sorunların tespitini yapmak, analizler oluşturabilmek, analizlerin raporlarını oluşturmak ve problemin sonucuna göre alternatif çözümler üretip sunabilmek amaçlanmaktadır. 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 iş mantık ya da 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 acentelerini ihtiva etmektedir.



Şekil 2:
KDS model diyagramı.

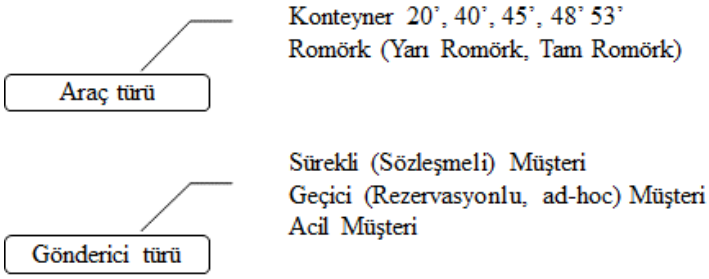
Şekil 3'te bu çalışmaya konu olan web tabanlı KDS platformunun çalışma prensibi açıklanmaktadır. İlk katman olan sunum katmanında, bilgilerin girildiği gönderici ve hizmet sağlayıcı olarak iki *kullanıcı arayüzü* mevcuttur. Gönderici (taşıyıcı, yüklenici, nakliyeci) arayüzü Ship2Rail platformuna kalkış ve varış noktalarını, rezervasyon tarihini, taşıma aracının (kamyon, yarı römork, konteyner gibi) ve taşınacak yükün (frigorifik, tehlikeli madde, dökme

yük gibi) 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 olarak 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.

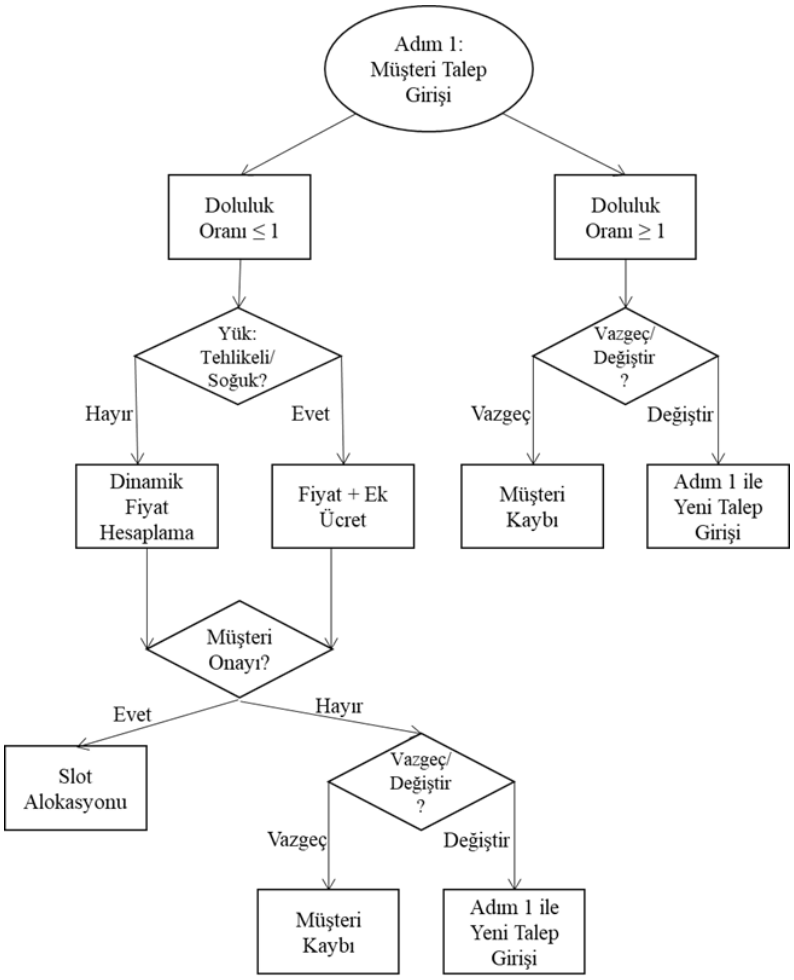


Şekil 3:
Web tabanlı platform çalışma prensibi.

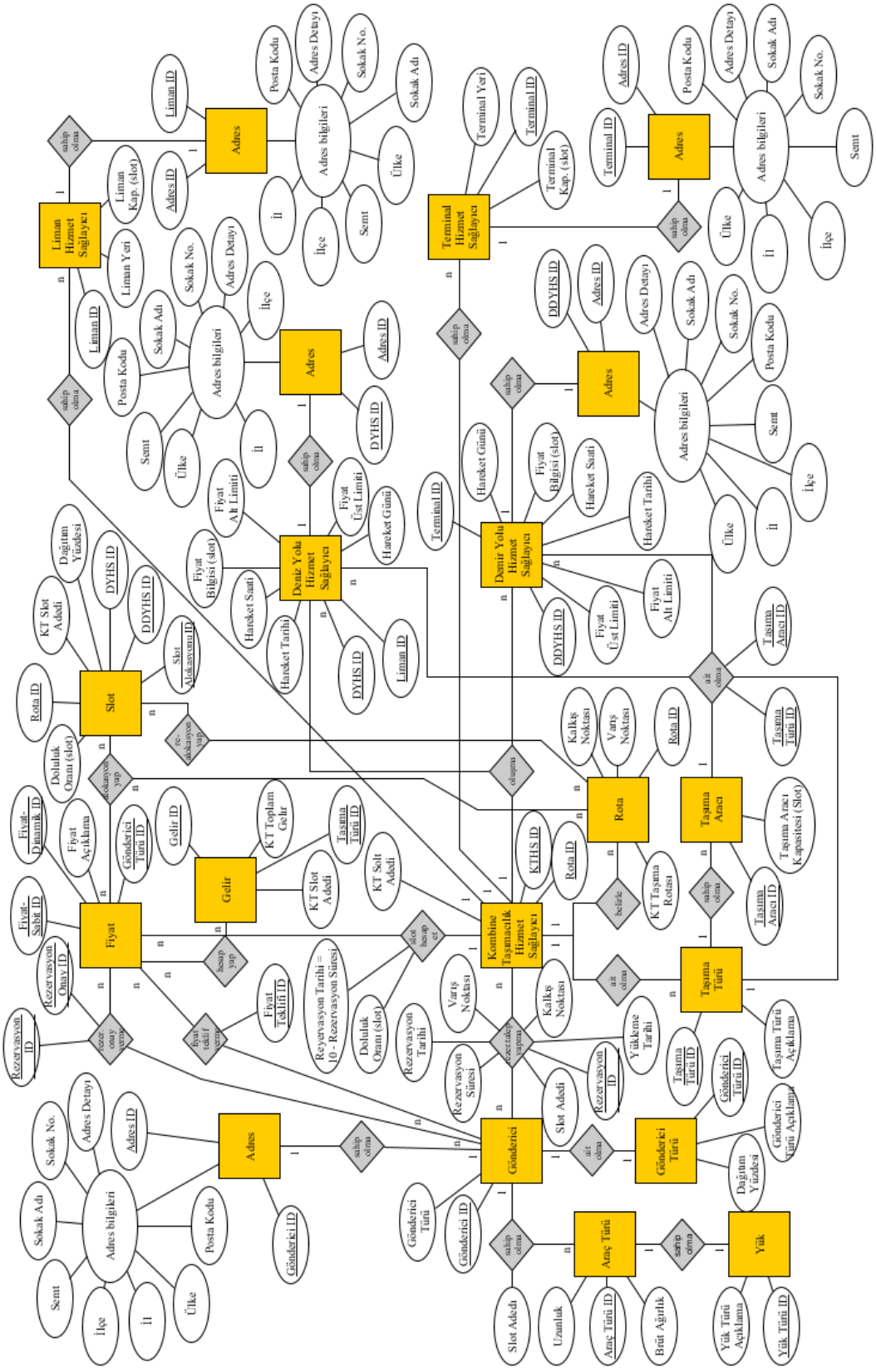
İkinci katman, iş katmanı iş mantık arayüzü iş akışı, bileşenler ve ticari kısıtları içermektedir. Öncelikle göndericinin rezervasyon talebi alınarak, göndericinin girdiği kalkış ve varış noktasına göre hizmet veren deniz-demir yolu hizmet sağlayıcılarının işbirliği ile oluşturulan kombine taşımacılık ve bu taşımacılığa ait toplam slot adedi belirlenir. En kısa taşıma zamanına göre taşıma rotası belirlenir. Aslında taşıma rotasının belirlenmesi tamamen müşterinin tercihine bağlıdır, sunulacak birbirinden üstün olmayan sonuçlar arasından müşterinin kendi tercihini 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 kıstasını önde tutar. Akabinde, doluluk oranına göre slot alokasyonu (yer tahsisi) yapılır. Burada taşıma talebinde bulunan nakliyeciler üç sınıfa ayrılmaktadırlar. Bu sınıflar talep durumlarına göre fiyatlandırma stratejilerini işaret etmektedir. Göndericinin türü, yani göndericinin sürekli müşteri, geçici müşteri ya da acil müşteri olmasına göre yer tahsisi önceden belirlenen oranlara göre yapılır.



Şekil 4:
Araç ve gönderici türleri



Şekil 5:
Dinamik fiyatlandırma ve slot alokasyonu akış şeması.



Şekil 6:
Web tabanlı ortak platformun varlık-ilişki modeli.

Genel düzende Şekil 4'te verilen gönderici türleri 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.

Veri katmanı, karar destek sistemine konu olan bütün bileşenlerin Veri Tabanını (VT) 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 (başlangıç ve bitiş noktaları), rezervasyon aralığı, fiyat bilgisinin de olduğu veri tabanları mevcuttur.

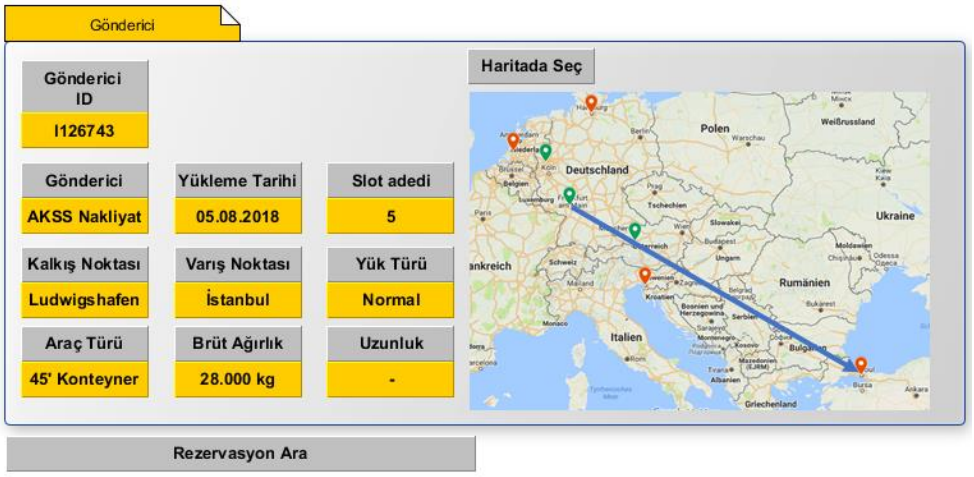
4. GELİR YÖNETİMİ VE DİNAMİK FİYATLANDIRMA

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 (Talluri ve Van Ryzin, 2005, Luo ve diğ., 2016). Web tabanlı KDS ile yapılan gelir yönetiminde amaç, hizmet sağlayıcılar açısından deniz-demir yolu kombine taşımacılığı ile elde edilen gelirleri dinamik fiyatlandırma uygulaması ile farklı gönderici türlerine göre maksimize edebilmektir. Dinamik fiyatlandırma ile toplam gelirde %1-2 arasında bir gelir artışı elde edilebilmektedir (Kayikci, 2014).

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 kaçıncı gününe geldiğine, talep edilen slot miktarına ve belirlenen rotanın giderlerine göre rastlantısal olarak ya da belirli bir korelasyon esasına göre kural olarak tespit edilir (Luo ve diğ., 2016). 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 6'da detaylıca oluşturulmuş varlık-ilişki modeli (İngilizce: Entity-Relationship Diagram, ER-model) tüm web tabanı içindeki iş akışını ve veri tabanı bağlantılarını göstermektedir. Girdi olarak hangi verilerin istenip tutulduğu, dinamik fiyatlandırma için hangi

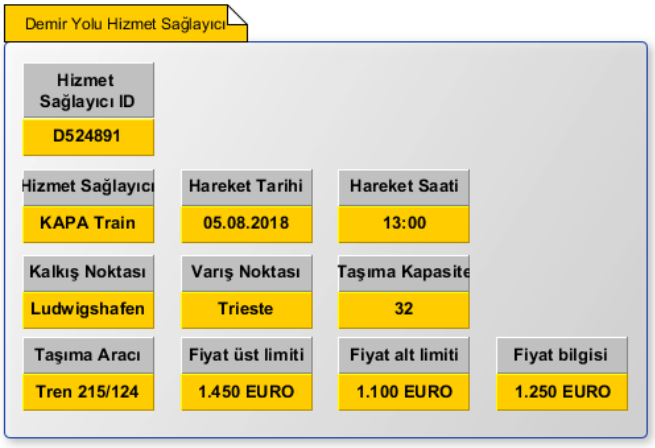
bağıntıların kurulduğu, slot alokasyonunun hangi bilgilerin sorgulanmasıyla karara bağlanıp kesinleştirildiği gibi modelin temelini oluşturan ilişkiler görülüp, bilgiler alınabilir.



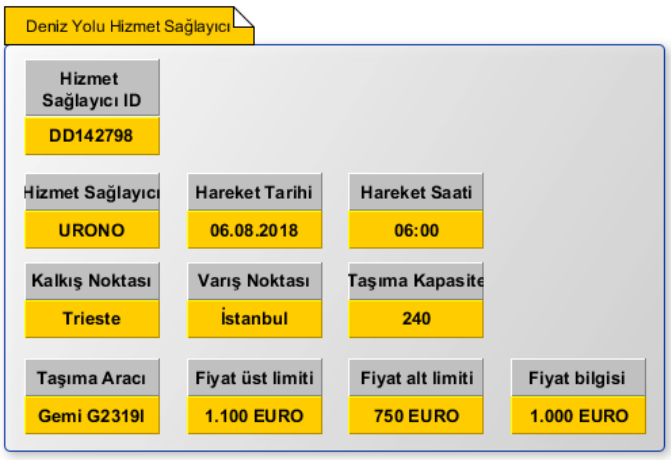
Şekil 7:
Gönderici rezervasyon talebi ekranı.

5. KDS UYGULAMASI

Geliştirilen KDS platformu için bir nakliyecinin rezervasyon talebinin bir deniz ve bir demir yolu hizmet sağlayıcılarının kapasite ve zaman planlamasına göre değerlendirildiği bir örnek seçilmiş ve bir pilot uygulama yapılmıştır. Burada kurulan KTO konsorsiyumu, platformu yöneten tarafsız teknoloji sağlayıcı tarafından yönetilmektedir. Yani kararlar bütün kombine taşımacılık paydaşları açısından eşit haklar gözetilerek verilmektedir. İlk olarak, web tabanlı KDS üzerinden nakliyecinin rezervasyon talebi Şekil 7'deki gibi ekrana girilmiştir. Gönderici sisteme kayıt yaptığında otomatik olarak bir Gönderici ID numarası almaktadır. Bunun yanında gönderilen yükün türü, kalkış ve varış noktaları ve yükleme tarihi girilmektedir. Ayrıca, yükün taşındığı aracın türü, ağırlığı ve uzunluğu da bildirilmelidir. Bu örnekte 45'lik bir konteyner araç türü olarak girilmiştir. Uzunluğu standart olduğu için sorulmamaktadır. Fakat ağırlığı gemi de yerleşeceği yerin hizmet sağlayıcı tarafından tespit edilebilmesi için girilmesi gerekmektedir. Bunun yanında, kalkış ve varış noktaları veri tabanından seçilmeden harita üzerinde de işaretlenebilmektedir.



Şekil 8:
Demir yolu hizmet sağlayıcı kapasite ve zaman planı ekranı.



Şekil 9:
Deniz yolu hizmet sağlayıcı kapasite ve zaman planı ekranı.

Deniz yolu ve demir yolu operatörleri kapasiteleri ve taşımacılık operasyonları için belirledikleri zaman planını web tabanlı KDS üzerinden kendileri için ayrılan sayfaya girerler. Hizmet sağlayıcılar deniz ya da demir yolu operatörü olmalarına göre D (demir yolu için) ve DD (deniz yolu için) ile başlayan Hizmet Sağlayıcı ID numaralarını kayıt yaptıkları anda otomatik olarak almaktadırlar. Liman ve terminal hizmeti sağlayıcıları için L ve T ile başlayan Hizmet Sağlayıcı ID numaraları verilmektedir. Kapasite ve zaman planı Şekil 8'de ve Şekil 9'da görüldüğü gibi deniz ve demir yolu operatörleri tarafından girilir. Burada, kalkış ve varış noktası, hareket tarihi ve saati, taşıma aracı ve toplam slot kapasitesi, slot başına alt ve üst fiyat limit bilgileri ve ortalama slot fiyatı bilgisi girilmektedir.

Gönderici rezervasyon talebini girdikten sonra, kalkış ve varış noktaları arasında mevcut olabilecek hatlar içerisinde nakliyeci için en uygunu, zaman, fiyat, mesafe, hizmet kalitesi gibi faktörlerin kıyaslandığı birçok amaçlı matematiksel model üzerinden tespit edilerek, göndericiye rezervasyon onayı için gönderilir. Burada rezervasyon tarihi ve hareket tarihi arasındaki farka, KTO'ların belirlediği fiyat alt-üst limitlerine ve belirlenen dinamik fiyatlama prensiplerine göre nihai toplam fiyat tespit edilir. Bu örnekte rezervasyon talebi hareket tarihinden yedi gün önce alınmış olup, kalkış ve varış noktaları arasında hizmet veren deniz-demir yolu operatörlerinin kapasite kullanım diğer değişle doluluk oranına göre her bir taşıma aracı üzerindeki slot adedi için bir dinamik fiyat belirlenmiştir. Kalkış ve varış noktaları arasındaki mesafe iki farklı taşımacılık türü ile gerçekleştirilecektir. Taşıma rotasının ilk etabı demir yolu ile Ludwigshafen'dan Trieste'ye yapılan taşımacılığı kapsarken, ikinci etap Trieste'den İstanbul'a olan deniz yolu hareketini içermektedir. Bu fiyat tamamen rezervasyon talebinin geliş tarihi, doluluk oranı, düzenli müşteriler için belirlenen seferde ayrılmış toplam slot adedi gibi kıstaslara bağlı olarak artan ya da azalan şekilde değişkenlik gösterecektir. Şekil 10'da göndericinin rezervasyon talebine karşılık hesaplanan toplam slot fiyatını içeren rezervasyon fiyat teklifi onay ekranı görülmektedir. Verilen bu teklife göre göndericinin rezervasyonu onaylaması beklenmektedir.



Şekil 10:
Rezervasyon fiyat teklifi onay ekranı.

Rezervasyon fiyat teklifinin gönderici tarafından nihai olarak onaylanmasından sonra kalkış ve varış noktalarını içeren ve bu rezervasyonu içeren taşımacılık rotası tespit edilir. Bu rota fiyat teklifi onayının ardından otomatik olarak bir rota ID numarası ile numaralandırılır. Şekil 11'de rezervasyon rota ekranı görülmektedir. Son olarak teklifin onaylanmasından sonra rezervasyon kabulünü gösteren nihai kabul ekranı Şekil 12'de görüldüğü gibi nakliyeciye gönderilmektedir. Gönderici yapmış olduğu rezervasyonu Rezervasyon ID veya Rota ID numaralarını girerek takip edebilmektedir.

Çalışmanın bundan sonraki evrelerinde hizmet sağlayıcılar için anlık gelir yönetimi bilgisini alabileceği raporlama ekranları mevcuttur. Bu şekilde hizmet sağlayıcılar planladıkları taşımacılık seferi başına karlılıklarını izleyebileceklerdir. Ayrıca belirledikleri ortalama sabit fiyat üzerinden karşılaştırmalar yapılarak, dinamik fiyatlandırma sonucu toplamda ne kadar kar/zarar edebileceklerini göreceklerdir. Burada özellikle hizmet sağlayıcılar tarafından sundukları kapasitelerin gidiş ve geliş güzergâhları açısından doluluk oranlarını artıracak planlama ve uygun rotalamaların yapılmasını sağlayacak kararlar alabilecektir. Bu haliyle kombine taşımacılık operatörleri için, daha sürdürülebilir bir iş modelinin gerçekleşebilmesi mümkün olacaktır.



Şekil 11:
Rezervasyon rota ekranı.



Şekil 12:
Rezervasyon Kabul Ekranı.

6. 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 engel sürdürülebilir ve efektif bir işleyişin hayata geçirilememesinden dolayı hizmet sağlayıcılarda büyük maddi kayıpların görülmesidir. Yapılan Ship2Rail (http://www.ship2rail.com/) isimli web tabanlı KDS 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 zekâ birleştirilerek karar verme sürecinin iyileştirilmesi de mümkün olacaktır.

Bu proje çerçevesinde geliştirilen matematiksel model başka bir çalışma çerçevesinde yayınlanacaktır, dolayısıyla bu çalışmada detaylı şekilde değinilmemiştir. Ship2Rail projesi hali hazırda sona ermiş olup, proje ile ilgili birkaç pilot çalışma gerçekleştirilmiş ve bunlardan biri bu çalışmada sunulmuştur. Projeye esas olan web tabanlı KDS platformu geliştirilmekte olup, ilerde lojistik, taşımacılık ve yöneylem araştırması derslerinde prototip olarak kullanılacaktır.

Deniz-demir yolu kombine taşımacılığın gelişmesi ülke için önem arz etmektedir. Kombine taşımacılık operatörleri, geliştirilen bu KDS çerçevesinde diğer bütün kombine taşımacılık zincirindeki paydaşlarla birlikte bütünleşik planlamalar yaparak, doluluk oranlarını gidiş ve geliş güzergâhlarında artırarak ve talep değişkenliğine bağlı olarak dinamik fiyatlandırma stratejisini iş modellerinde benimseyerek sadece verimliliklerini ve gelirlerini artırmakla kalmayacaklar ayrıca ülkenin lojistik performans endeksinin de arttırılmasında da önemli bir role sahip olacaklardır.

TEŞEKKÜR

Bu araştırma TÜBİTAK 2232 Burs Programı çerçevesinde 116C048 proje numarasıyla desteklenmiştir. İlk sonuçları 7. Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresinde sunulan araştırma bu makale için geliştirilip daha kapsamlı hale getirilmiştir.

KAYNAKLAR

1. Ambra, T., Caris, A., ve Macharis, C. (2018) Towards freight transport system unification: reviewing and combining the advancements in the physical internet and synchromodal transport research, *International Journal of Production Research*, 1-18. doi.org/10.1080/00207543.2018.1494392

2. Armstrong, A. ve Meissner, J. (2010) Railway revenue management: overview and models, Working Papers, MRG/0019, Department of Management Science, Lancaster University.

3. Caris, A., Macharis, C. ve Janssens, G. (2008) Planning problems in ıntermodal freight transport: accomplishments and prospects, *Transportation Planning and Technology*, 31(3), 277-302. doi.org/10.1080/03081060802086397

4. Crainic, T. G., Perboli, G. ve Rosano, M. (2017) Simulation of intermodal freight transportation systems: a taxonomy, *European Journal of Operational Research*, 270(2), 401-418. doi.org/10.1016/j.ejor.2017.11.061

5. Cruijssen, F. (2012) http://www.co3-project.eu/wo3/wp-content/uploads/2011/12/CO3-D-2-1-Framework-for-collaboration-full-report-2.pdf, Erişim Tarihi: 01.04.2018, Konu: *Collaboration Concepts For Comodality'(CO³)*, ArgusI BV.

6. Dahlberg, J., Engevall, S., ve Göthe-Lundgren, M. (2018) Consolidation in urban freight transportation - cost allocation models, *Asia-Pacific Journal of Operational Research*, 35(04). doi.org/10.1142/S0217595918500239

7. Dong, C., Boute, R., McKinnon, A., ve Verelst, M. (2018) Investigating synchromodality from a supply chain perspective, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 61, 42-57. doi.org/10.1016/j.trd.2017.05.011

8. Elmaghraby, W. ve Keskinocak, P. (2003) Dynamic pricing in the presence of inventory considerations: Research overview, current practices, and future directions, *Management Science*, 49(10), 1287-1309. doi.org/10.1287/mnsc.49.10.1287.17315

9. Ergun, Ö., Kuyzu, G., ve Savelsbergh, M. (2007) Shipper collaboration, *Computers & Operations Research*, 34(6), 1551–1560. doi.org/10.1016/j.cor.2005.07.026

10. Evren, G. & Ögüt, K.S. (2006) Kombine taşımacılık ve Ro-La, *Uluslararası Demiryolu Sempozyumu*, 13-16 Aralık 2006, Ankara, Türkiye.

11. Ghiani, G., Laporte, G. ve Musmanno, R. (2004) Introduction to Logistics Systems Planning and Control, John Wiley & Sons.

12. Gökçen, H. (2007) Yönetim Bilgi Sistemleri, Palme Yayıncılık.

13. Kayikci, Y. (2014) A collaborative slot allocation model for the sea-rail multimodal transport service providers based on revenue management, *21. International Annual EurOMA Conference (EurOMA 2014)*, 20-25 June 2014, Palermo, Italy.

14. Kelle, P., Song, J. Jin, M., Schneider, H. ve Claypool, C. (2018) Evaluation of operational and environmental sustainability tradeoffs in multimodal freight transportation planning, *International Journal of Production Economics*. doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.08.011

15. Lowe, D. (2005) Intermodal Freight Transport, Elsevier, Oxford, United Kingdom.

16. Lu, H., Chu, C. ve Che, P. (2010) Slot allocation planning for an alliance service with ship fleet sharing, *Asia Pacific Management Review*, 15(3), 325-339.

17. Luo, T., Gao, L. ve Akçay, Y. (2016) Revenue management for intermodal transportation: the role of dynamic forecasting, *Production and Operations Management*, 25(10), 1658-1672. doi.org/10.1111/poms.12553

18. Mutlu A., Kayikci Y. ve Çatay B. (2017) Planning multimodal freight transport operations: A literature review, *22. International Symposium on Logistics (ISL2017)*, Ljubljana, Slovenia, 553–560.

19. Pruzan-Jorgensen, P. ve Farrag, A., (2010) https://www.bsr.org/reports/BSR_Sustainability_Trends__Container_Shipping_Industry.pdf Erişim Tarihi: 08.04.2018, Konu: *Sustainability Trends in the Container Shipping Industry*, BSR.

20. Reis, V. (2015) Should we keep on renaming a+ 35-year-old baby?, *Journal of Transport Geography*, 46, 173-179. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2015.06.019

21. Rodrigue, J.P., Comtois, C. ve Slack, B. (2006) The Geography of Transport Systems, Routledge, New York.

22. Rosano, M., Demartini, C.G., Lamberti, F., ve Perboli, G. (2018). A mobile platform for collaborative urban freight transportation. *Transportation Research Procedia*, 30, 14-22. doi.org/10.1016/j.trpro.2018.09.003

23. Serrano-Hernández, A., Juan, A.A., Faulin, J., ve Perez-Bernabeu, E. (2017). Horizontal collaboration in freight transport: concepts, benefits and environmental challenges. *SORT-Statistics and Operations Research Transactions*, 41(2), 393-414. doi.org/10.2436/20.8080.02.65

24. Talluri, K. ve Van Ryzin, T.G. (2005) The Theory and Practice of Revenue Management. Springer Verlag, New York.

25. Tavasszy, L.A. ve van Meijeren, J. (2011) http://www.acea.be/uploads/publications/ SAG_17.pdf, Erişim Tarihi: 12.01.2018, Konu: *Modal Shift Target for Freight Transport Above 300 Km: An Assessment*. Discussion Paper – 17th ACEA SAG Meeting.

26. UBAK (2014) http://www.ubak.gov.tr/BLSM_WIYS/TMKDG/tr/doc/20150106_122025_ 64574_1_64896.pdf, Erişim Tarihi: 03.08.2018, Konu: *Türkiye Kombine Taşımacılık Strateji Belgesi*, UDH, Ankara.

27. Udomwannakhet, J., Vajarodaya, P., Manicho, S., Kaewfak, K., Ruiz, J. B., ve Ammarapala, V. (2018) A review of multimodal transportation optimization model, *5th International Conference on Business and Industrial Research (ICBIR2018)*, 333-338, Bangkok, Thailand, IEEE. doi.org/10.1109/ICBIR.2018.8391217

28. Van Woensel, T., SteadieSeifi, M., Dellaert, N.P., Nuijten, W. ve Raoufi, R. (2014) Multimodal freight transportation planning: A literature review, *European Journal of Operational Research*, 233 (1), 1-15. doi.org/10.1016/j.ejor.2013.06.055