

LOJİSTİK SEKTÖRÜNDE ÇOK AMAÇLI KAPI ATAMA PROBLEMLERİ İÇİN BİR KARAR DESTEK SİSTEMİ

Zehra KAMIŞLI ÖZTÜRK*, Kıymet Özge GÜNGÖR, Bengül LEPKİ

Anadolu Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, Türkiye

Anahtar Kelimeler

*Analitik Serim Süreci (ASS)
Hedef Programlama
Kapı Atama Problemi
Karar Destek sistemi
Lojistik*

Özet

Lojistik sektöründe ürünlerin tam zamanında müşteriye teslim edilmesi sürecinde, en az taşıma maliyeti ile kat edilen mesafenin en kısa sürede alınması amacına yönelik yapılan en önemli çalışmalardan biri de sisteme gelen ya da sistemden çıkan taşıma araçlarının uygun depo kapılarına uygun sırada atanmasıdır. Bu çalışmada, bir lojistik ağındaki verimliliğin artırılması için bu sürelerin kısaltılması ve buna bağlı olarak da maliyetlerin en küçüklenmesi konusunda araçların rotalanması dışındaki diğer gecikmeler ele alınmıştır. Dolayısıyla, depo içindeki ürün yerleşimi temel alınacak şekilde, araçların kapılara atanması ile depo içi forkliftler tarafından kat edilen mesafenin azaltılması ve buna bağlı olarak da araç yükleme sürelerinin en küçüklenmesi hedeflenmiştir. Bu doğrultuda lojistik firmalarında belirlenen birden fazla amaç ve hedef bulunduğu problemin modellenmesinde çok amaçlı hedef programlama ve hedef önceliklerinin belirlenmesine yönelik Analitik Serim Süreci (ASS) metodu kullanılmıştır. Çalışma kapsamında bir işletmenin lojistik süreçlerini yürüten firmanın dağıtım süreci ele alınmış, gerçek hayat probleminin büyük ve dinamik boyutta olması sebebiyle, araçların en uygun kapıda ve sırada yüklemeye alınmalarını sağlayacak atama işlemi, bir karar destek sistemi şeklinde geliştirilmiştir.

A DECISION SUPPORT SYSTEM FOR MULTI OBJECTIVE DOOR ASSIGNMENT PROBLEM AT LOGISTIC INDUSTRY

Keywords

*Analytical Network Process (ANP)
Goal Programming
Door Assignment Problem
Decision Support System
Logistics*

Abstract

One of the most important study of logistic industry is assigning incoming or outgoing trucks to appropriate doors and door-sequences to minimize total transportation cost and total travel time in the customers' order delivery process. In this study to increase the efficiency in a logistics network, the delays and the costs related to them are tried to be minimized. Therefore, we aim to minimize also the vehicle loading times by reducing the distances traveled by forklifts between the warehouse and doors. For this purpose, the multi-objective goal programming method is used for modelling the problem because of the fact that the logistics firms have multiple goals and objectives. The Analytical Network Process (ANP) is also used to determine the goal priorities. Here, a firms' distribution channel engaged in a company's logistics processes has been examined. Because of the fact that real life problems are big dimensional and have a dynamic structure, a decision support system is developed to assign the vehicles to appropriate doors and sequence.

1. Giriş

Kapı atama problemi, ilgili kaynakların en fazla verimi elde edecek şekilde faaliyetlere atanmasını ele alan bir atama problemi türüdür. Lojistik alanında araçlar için

en kısa mesafe ve en az bekleme sağlanarak sistemin verimini arttırmaya yönelik çalışmaları kapsamaktadır.

Yolcu ve servis elemanlarının en kısa sürede en fazla işlemi gerçekleştirmesini sağlama amacıyla genellikle

* İletişim yazarı: zkamisli@anadolu.edu.tr, +90-222-335-0580/7126

havaalanı işletmeleri, uçakları en uygun yolcu alma, bırakma ve servis görme kapılarına atama işlemini yapmaktadır. Böylece zaman ve kaynak kayıpları ortadan kaldırılarak verimli bir sistem elde edilmiş olur. Lojistik sektöründe ise, özellikle son zamanlarda ele alınmaya başlanan ve işletmeler için karın enbüyüklenmesi konusunda önemli bir etkiye sahip olan üretim merkezi ile dağıtım noktaları arasındaki en uygun eşleşmeyi sağlayacak sistemlerin geliştirilmesinde kullanılmaktadır. Buna ek olarak, lojistiğin ana faaliyeti olan ürün yükleme ve boşaltma noktalarında çapraz sevkiyat yönteminin yaygın olarak kullanılmaya başlanması, yine bu noktalarda kapı atama yöntemlerini gerekli hale getirmektedir.

Kapı atama problemlerinde genel olarak, sisteme gelen araçların en kısa sürede yüklenebilmesi için depo alanında yükleme mesafelerinin kısaltılması amacıyla araçların deponun hangi kapılarına hangi sırada atanacağı belirlenmektedir. Aynı şekilde boşaltılan araçlar için de ürünlerin taşınacağı depo alanlarına yakın olmalarını sağlayacak atamaların yapılmasını hedeflemektedir. Böylece en büyük maliyet kalemlerinden stok bulundurma ve işçilik maliyetleri azaltılırken, işlem süreleri de kısaltılarak müşteri memnuniyeti sağlanmış olur.

Bu çalışmada birden fazla amacı aynı anda gerçekleştirmek üzere, hangi aracın hangi depo kapısına ve kapının kaçınıcı sırasına atanacağını belirleyen bir karar destek sistemi (KDS) geliştirilmiştir.

İkinci bölümde konu ile ilgili yazın taraması verilmiş, üçüncü bölümde de KDS'nin çözücü tabanını oluşturan çok amaçlı matematiksel model ve amaç fonksiyonunun skalerleştirilmesi için gerekli ağırlıkların elde edilmesi için kurulan ASS modeli verilmiştir. Geliştirilen KDS bir lojistik firmasında uygulanmış, elde edilen sonuçlar ve KDS'nin ara yüzleri dördüncü bölümde verilmiştir. Beşinci bölümde ise sonuç ve tartışmalar yer almıştır.

2. Bilimsel Yazın Taraması

Bilimsel yazında yer alan çalışmalar incelendiğinde ele alınan problem türü genellikle "Gate Assignment" adıyla havayolu sektöründe uygulama bulmuş olsa da bu çalışmada özellikle dağıtım lojistiğinde yer alan kapı atama uygulamaları incelenmiştir.

Haghani ve Chen (1998) çalışmalarında havaalanında farklı zaman aralıklarındaki gelen ve giden uçuşlar için yolcuların yürüyüş mesafelerini en küçükleyen bir model oluşturulmuştur. Mümkün olan en kısa sürede yolcu yürüyüş mesafelerini en küçüklemek amacı doğrultusunda havaalanı kapı atama problemi bir karesel atama problemi olarak modellenmiştir. Yan ve Tang (2007) rastgele oluşan uçuşlardaki gecikmelere duyarlı havaalanı kapı atama problemi için sezgisel bir model geliştirmiştir. Bu çalışmada bir havaalanı için kapı atamayı ele alırken şirket profili ve istekleri

doğrultusunda amaç fonksiyonunu 4 farklı bileşene ayırmışlardır. Bu amaçlar yolcu yürüyüş mesafesi ve zamanı, yolcu bekleme zamanı, kapıların boş zamanı, çakışan uçuş sayıları, toplam yolcu yürüme mesafesi ve gecikme cezaları, kapı önceliği kombinasyonları, çekme faaliyetleri ile çizelgelerde oluşan mutlak sapmaların en aza indirilmesidir. Problemin tam sayılı doğrusal programlama modeli kurulmuş ve teorik olarak çözüm elde edilebilmiştir. Gerçek hayatta problem boyutunun büyüklüğü sebebiyle sezgisel geliştirilmesi sonuç olarak önerilmiştir.

Peck (1983) kapı atama problemini matematiksel olarak ele alan ilk araştırmacılarıdır. Tam sayılı programlama ile kapı atamasını, en küçük toplam transfer zamanı amacıyla simule etmiştir. Tsui ve Chang (1990) ise kapıları bir tarafta gelen araçların boşaltım yaptığı, diğer tarafta ise çıkacak araçların yükleme yaptığı dikdörtgen şeklinde dizilmiş kapılar olarak tasarlamışlardır. Ayrıca her kapı gidilecek bir yer için sabitlenmiştir (bu yere gitme periyodu değişmedikçe). Çalışmada, problemin tam sayılı doğrusal programlama modeli kurulmuştur.

Yu ve Egbelu (2008) çalışmalarında, yükleme kapılarında stok varken araçların tamamlanma sürelerinin minimize edilmesi için giriş ve çıkış yapacak araçların çizelgelenmesi üzerine matematiksel ve sezgisel yöntemleri kullanmıştır.

Shakeri vd. (2008) ise hızlı taşınması gereken tüketim ürünleri (FMCG) için farklı tedarikçilerin siparişlerine göre bir çapraz sevkiyat modeli geliştirmiştir. Guignard vd. (2012) çalışmalarında çapraz sevkiyatta kapı atama problemi ikinci dereceden 3 boyutlu atama problemi (GQ3AP) olarak ele alınmıştır. Miao vd. (2009) araç sayısı kapı sayısından fazla, zaman kısıtları mevcut ve araçların geliş gidiş zamanları, operasyon zamanları ve çapraz sevkiyat için gereken kapasite gibi kısıtları da göz önünde bulundurarak toplam maliyeti enküçüklemek amacıyla yasaklı arama ve genetik algoritma meta sezgisellerini kullanılmıştır.

Chen vd. (2011) Çin'de yaptığı çalışmada, tır gelişleri üzerinde zaman pencereleri kontrol programı etkileri ve kapılardaki tır kuyukları davranışlarını ve konteynır terminallerinde kapılardaki yoğunluğu azaltacak bir model önermiştir. Bu model üç adımda çözülmektedir: (1) Zaman penceresi atamasına dayanan tır gelişlerinin tahmin edilmesi. (2) Tır sıraları uzunluklarının tahmin edilmesi. (3) Zaman pencereleri düzenlemelerinin optimize ederek sistemin toplam maliyetinin en küçüklenmesi. Oluşturulan modellerin çözülmesi için meta sezgisellerden yararlanılmıştır.

Saharidis ve Golias (2012), gelen araçların ürünlerini boşaltacakları kapılara geldiklerinde kapının bir önceki araç tarafından boşaltılmamasından kaynaklanan park alanındaki beklemelerinin engellenmesini amaçlamıştır.

Liao vd. (2012), çok kapılı çapraz sevkiyat için gelen tırların toplam ağırlıklı terminden sapmasını en küçükleyen optimal kapı ataması ve optimal sırasının belirlenmesi amacı üzerine bir çalışma yapmışlardır. Problem tavlama benzetimi, tabu araştırması, arı kolonisi optimizasyonu, diferansiyel evrim ve iki farklı hibrit diferansiyel evrim algoritması olmak üzere altı farklı meta sezgisel algoritma ile çözülmüştür. Kuo (2013) ise gelen ve giden araçları en uygun şekilde kapılara atanması için VNS algoritması temelli bir çözüm algoritması önermiş, elde edilen sonuçları tavlama benzetimi ile karşılaştırmıştır.

Berghman ve Leus (2015), Toyota Bulgaristan deposu için iki amaçlı kapı atama problemini ele almışlardır. Birinci amaç araçlara verilen geç kalma ağırlıklı puanlarının, dolayısıyla da gecikmelerinin en küçüklenmesidir. İkinci amaç ise gelen ve giden tüm araçların toplam tamamlanma zamanının en küçüklenmesidir. Işın araması ve yasaklı arama algoritmaları ile probleme çözüm aranmıştır.

Nassief vd. (2016) toplam malzeme taşıma maliyetini en küçüklemek amacıyla, çapraz sevkiyat için gelen ve giden araçların hangi kapılara atanacağını belirlemek için karma tama sayılı bir matematiksel model önermiştir. 10 ile 30 arasında değişen kapı sayısı için geliştirilen model temelinde bir sezgisel algoritma önermişlerdir.

Çapraz sevkiyat çizelgeleme ve araç kapı atama problemleri ile ilgili detaylı bilgiye erişmek isteyen okuyucular, Boysen ve Fliedner (2010) ile Belle vd. (2012)'nin konuyla ilgili yazın araştırmalarını inceleyebilirler.

Bilimsel yazın taraması sonucunda ilgili problemi çok amaçlı olarak ele alan çalışma sayısının çok fazla olmadığı görülmüştür. Ayrıca, problem boyutunun büyümesiyle birlikte doğrudan meta sezgiseller ile çözüm arandığı fakat matematiksel modelleme ile kesin çözümün aranmadığı belirlenmiştir. Bu çalışma ile problem çok amaçlı olarak ele alınmış ve sezgisel bir algoritma ile çözüm aramadan önce problemin matematiksel modeli kurularak kesin çözüm araştırılmıştır.

3. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada ele alınan kapı atama problemi yaklaşımı, lojistik firmalarının yükleme kapılarında araçların uygun kapılara ve uygun sırada atanması amacıyla kullanılmaktadır. Kapı atama probleminin genel amacı faaliyetleri en kısa mesafedeki kaynaklara atamayı gerçekleştirmektir. Ancak çalışmada, birden çok amacın ele alınması ve bu amaçların atamalar değişikçe birbirini etkilemesi çok amaçlı karma tamsayılı atama probleminin de ele alınmasını gerektirmiştir. Amaçlara ek olarak, işletmelere ait esaslar ve amaçları gerçekleştirmeye yönelik bazı kısıtların hedef olarak gerçekleştirilmesi uygun görülmüştür. Böylece problem, öncelikle çok amaçlı

hedef programlama yöntemi kullanılarak modellenmiştir.

3.1. Matematiksel Model

Araçla eşleşerek sisteme girilmiş olan her siparişin mutlaka depodan çıkarak araca yüklenmesi için bir depo kapısında işlem görmesi gerekmektedir. Araçların kapılara atanmasının gerçekleştirilmesinde her kapının her sırası için belirli bir anda sadece bir sipariş işlem görebilecektir. Yalnız burada dikkat edilmesi gereken her kapının her sırası değer almak zorunda değildir bazı sıralar boş kalabilecektir.

Toplam işlem (araç yükleme) sürelerinin en küçüklenebilmesi için her işlemin süresi bulunmalıdır. İşlem sürelerinin iki adımda hesaplanmasının daha uygun bir yaklaşım olacağı düşünülerek önce her kapı için ilk işlem süresi hesaplanacak, sonrasında ise ilk işlemin ardından gelen diğer işlemler sırasıyla hesaplanarak ele alınacaktır.

Tüm atamalar gerçekleştirilirken en önemli kısıt ise kapıların kapasitesidir. Bir zaman diliminde sadece bir siparişin işlem görmesi kısıtı dışında bir planlama döneminde her kapı için belirli bir kapasite söz konusudur. Eğer bir kapasite konulmazsa ürünlerin yoğunluğuna göre belirli kapılarda yığılma görülebilir ve sonuç olarak da siparişlerin teslim tarihleri aksayabilir. Bunu engelleyebilmek için bir gün yani 24 saatlik planlama dönemi için işlem sürelerinden yola çıkılarak her kapının kapasitesi sınırlandırılmıştır.

Tüm çalışmalar lojistik firmalarının müşterilerine daha iyi hizmet sunması için yapılmaktadır. Tedarik zinciri bakımından hizmetin kalite ölçütü olarak ilk sırada yer alan konu zamanında teslimdir. Bu kural göz önüne alınarak atamalar gerçekleştirilirken siparişlerin müşteriye son teslim tarihi aksatılmadan gidebilecek şekilde yapılabilmesi de bir diğer kısıt oluşturmaktadır.

Yukarıda sözü edilen kısıtlar altında siparişlerin ürün yoğunluğuna göre depoda buldukları konumlardan kapılara olan mesafeleri hesaplanarak yükleme esnasında personelin en az mesafeyi kat ederek yüklemeyi yapmasını sağlamak ve işlem süreleri toplamını azaltmak amaçları, planlama dönemini aksatmadan her siparişin karşılanması ve siparişlerin zamanında müşteriye teslim edilmesi hedefleri amaç fonksiyonunda birleştirilmiştir.

Problemin modellenebilmesi için gerekli indis kümeleri, parametre ve karar değişkenleri izleyen şekilde belirlenmiştir. "j. aile" kavramı müşteri talebine bağlı olarak paletli ve dökme yükleme gibi farklı yükleme türlerine göre belirlenmiştir. "mekik" kavramı da depo içerisinde ürünlerin bulunduğu bölümlerdir.

İndis Kümeleri:

Aile indisleri kümesi: $J=\{j \mid j=1,2,3\}$
 Kapı indisleri kümesi: $K=\{k \mid k=1,2,3,4\}$
 Ürün indisleri kümesi: $L=\{l \mid l=1, \dots, 10\}$
 Sıra indisi kümesi: $M=\{m \mid m=1, \dots, 10\}$
 Mekik indisleri kümesi: $N=\{n \mid n=1, \dots, 10\}$

Parametreler:

c_j : j . ailedeki işin işlem süresi
 y_{nl} : n . mekikteki l . ürün miktarı
 f_{nk} : n . mekik ile k . kapı arasındaki mesafe matrisi
 e : forkliftin bir metre mesafeyi aldığı süre
 t_{nk} : n . mekik ile k . kapı arasındaki mesafeyi kat etme süresi
 u_{jl} : j . siparişteki l . ürün miktarı
 AT_j : j . siparişin (aracın) geliş anı
 d_j : j . siparişin teslim tarihi
 r_j : j . siparişin müşteriye ulaşması için kat etmesi gereken yolu aldığı süre
 w_1, w_2, w_3, w_4 : amaç fonksiyonu ağırlıkları (öncelikleri)

Karar Değişkenleri:

$$x_{jkm} = \begin{cases} 1, & j. \text{ sipariş } k. \text{ kapıda } m. \text{ sırada işlem görürse} \\ 0, & d. d \end{cases}$$

p_{jkm} : j . siparişin k . kapıda m . sırada işleme başlayabilme zamanı
 d_1^+ : planlama döneminden pozitif yönde sapma miktarı
 d_1^- : planlama döneminden negatif yönde sapma miktarı
 d_2^+ : teslim süresinden pozitif yönde sapma miktarı
 d_2^- : teslim süresinden negatif yönde sapma miktarı

Amaç fonksiyonu:

$$\begin{aligned} \text{Enk } w_1 * \sum_j \sum_k \sum_m \sum_l \sum_n x_{jkm} \cdot (u_{jl} \cdot t_{nk} \cdot y_{nl}) \\ + w_2 * \sum_j \sum_k \sum_m p_{jkm} + (c_j \\ * x_{jkm}) + w_3 * (d_1^+ + d_1^-) \\ + w_4 * (d_2^+ + d_2^-) \end{aligned} \quad (1)$$

Kısıtlar:

$$\sum_j x_{jkm} \leq 1 \quad \forall (k, m) \quad (2)$$

$$\sum_k \sum_m x_{jkm} = 1 \quad \forall j \quad (3)$$

$$p_{jkm} \geq AT_j \cdot x_{jkm} \quad \forall (j, k) \text{ ve } m = 1 \quad (4)$$

$$p_{jkm} \geq \sum_{g \neq j} \sum_{h < m} x_{jgm} \cdot c_j - M \cdot (1 - x_{jkm}) \quad \forall (j, k, m) \text{ ve } m > 1 \quad (5)$$

$$\sum_j \sum_m x_{jkm} \cdot c_j + d_1^+ - d_1^- = 24 \quad \forall k \quad (6)$$

$$d_j - (p_{jkm} + x_{jkm} \cdot c_j) + d_2^+ - d_2^- = r_j \quad (7)$$

$$\begin{aligned} x_{jkm} = 0 \text{ veya } 1 \quad \forall (j, k, m) \\ p_{jkm} \geq 0 \quad \forall (j, k, m) \\ d_1^+, d_1^-, d_2^+, d_2^- \geq 0 \end{aligned} \quad (8)$$

Bu problemde birden fazla amaç eniyilenmek istenmektedir. Bu amaçlar sırasıyla, gelen araca yüklenecek olan ürünlerin depo içi taşıma mesafelerinin enküçüklenmesi; yükleme işlem sürelerinin enküçüklenmesi; planlama dönemindeki süre sapmalarının enküçüklenmesi ve teslim sürelerindeki sapmaların enküçüklenmesidir. Eşitlik (1)' de verilen amaç fonksiyonu, bu dört amacın ağırlıklı toplamalarının enküçüklenmesidir.

Eşitlik (2) ile her kapı ve her sıraya sadece bir siparişin atanması garantilenmektedir. Her ailedeki her siparişin sadece bir kapıya atanması da Eşitlik (3) ile sağlanmaktadır.

Eşitlik (4), her kapı için sisteme giren ilk siparişin işlem (araç yükleme) süresinin hesaplanmasını sağlamaktadır. İlk siparişin işlem süresinden hareketle bundan sonraki siparişlerin işlem sürelerinin hesaplanması da Eşitlik (5) ile sağlanmaktadır.

Her kapı için bir planlama döneminde kapasitenin aşılmaması için hedef kısıtı kullanılmaktadır. Eşitlik (6)'da, d_1^+ ve d_1^- değişkenleri sırasıyla bir planlama dönemi olan 24 saati pozitif yönde ve negatif yönde süre sapmasına izin vermektedir. Bunun amacı bir siparişin tamamlanma zamanının kısa bir süre aşılmasına izin vererek kapının boş kalmasını engellemektir ve aynı zamanda bu kısıt ile siparişin atanması sağlanmaktadır.

Eşitlik (7)'de ise siparişin müşteriye teslim edilmesi gereken tarihten siparişin toplam işlem süresi çıkarılarak, bu süre aracın siparişi ulaştıracağı mesafeyi alacağı süreye eşitlenmektedir. Burada yine hedef programlama kısıtı kullanılarak sapmalara izin verilmiştir. Karar değişkenlerinin işaret kısıtları da Eşitlik (8)'de verilmiştir.

3.2. Amaç Fonksiyonu Ağırlıklarının Belirlenmesi

Çok amaçlı hedef programlama olarak kurulan modelin dört amaç fonksiyonu bulunmaktadır. Sistemin tam olarak yansıtılabilmesi için bu dört amacın önem derecelerinin belirlenmesi ve bu doğrultuda ağırlıklandırılması sonucun gerçekçi ve doğru olmasını sağlayacaktır. Bu doğrultuda yapılan araştırma ve çalışmalar neticesinde amaç fonksiyonu kalemlerinin sonuçlarının da birbirinden ve sistem içindeki sayısal ve sayısal olmayan ölçütlerden etkilendiği görülmüştür. Bu nedenle, Saaty (1996) tarafından geliştirilen, hem sayısal hem de sayısal olmayan ölçütleri değerlendirme özelliği bulunan çok ölçütlü karar verme tekniklerinden Analitik Serim

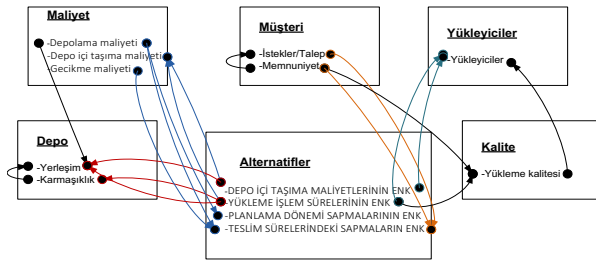
Süreci (ASS) yöntemi ile amaç fonksiyonu ağırlıkları belirlenmiştir.

ASS yönteminin aşamalarına (Saat, 1996) göre önce ölçütlerin belirlenmesi gerekmektedir. Ana ölçüt ve alt ölçütler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Ana ve Alt Ölçütler

Ana Ölçüt	Alt Ölçüt
MÜŞTERİ	İstekler Memnuniyet
MALİYET	Depolama maliyeti Depo içi taşıma maliyeti Gecikme maliyeti
DEPO	Yerleşim Karmaşıklık
KALİTE	Yükleme kalitesi
YÜKLEYİCİLER	Yükleyiciler

Değerlendirme için belirlenen ölçüt ve alt ölçütleri içeren ASS modeli Şekil 1'de verilmiştir. Ağırlıklandırılacak amaç fonksiyonlarının her biri ASS modelinin seçeneklerini (alternatifler) oluşturmaktadır.



Şekil 1. ASS İlişki Şeması

Ağırlıkların elde edilebilmesi için önce ilişkiler belirlenmiş ve ardından ikili karşılaştırmalar yapılmıştır. Karşılaştırmalar sektörde ilgili konu uzmanlarından oluşan bir grup tarafından yapılmış ve tek bir değer elde edebilmek için değerlendirmelerin geometrik ortalamaları alınmıştır. Super Decision paket programının alpha-1.5.2 versiyonu ile Tablo 2'de verilmiş olan sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 2. ASS Sonucu Elde Edilen Ağırlıklar

AMAÇ FONKSİYONU	KATSAYI (W_i)
Enk teslim zamanı sapması	0,416
Enk depo içi taşıma maliyeti	0,001
Enk planlama dönemi sapması	0,015
Enk yükleme işlem süresi	0,568

Elde edilen amaç fonksiyonları ağırlıkları modele yansıtıldığında, Eşitlik (9)'da verilen, ağırlıklı toplam

skalerleştirme yöntemi ile elde edilmiş olan amaç fonksiyonu elde edilmiştir.

$$\min z = 0,001 * \sum_j \sum_k \sum_m \sum_l \sum_n x_{jkm} \cdot (u_{jl} \cdot t_{nk} \cdot y_{nl}) + 0,568 * \sum_j \sum_k \sum_m P_{jkm} + (C_j * x_{jkm}) + 0,015 * (d_1^+ + d_1^-) + 0,416 * (d_2^+ + d_2^-) \quad (9)$$

Her bir amaç fonksiyonunun birimi farklı olduğundan, çözüm aşamasında normalleştirme yapılarak amaç fonksiyonları aynı birim üzerinden değerlendirilmiştir.

4. Araç-Kapı Atama Karar Destek Sistemi

Çalışma kapsamında bir işletmenin lojistik süreçlerini yürüten firmanın dağıtım süreci ele alınmış, gerçek hayat probleminin büyük ve dinamik boyutta olması sebebiyle, araçların en uygun kapıda ve sırada yüklemeye alınmalarını sağlayacak atama işlemi, bir karar destek sistemi (KDS) şeklinde geliştirilmiştir. İşletmelerde genel olarak, verilerin MS Office Excel üzerinden görüntülenebilir olması sebebiyle geliştirilecek yazılımın Visual Basic Applications (VBA) uygulaması ile yapılmasına karar verilmiştir. Ayrıca programın kullanışlı ve anlaşılır olabilmesi için form tasarımı ile ara yüzler geliştirilmiş, çözüm için gerekli veriler Excel sayfalarında tablo ve matris biçimlerinde depolanmıştır.

VBA makro kodlaması sayesinde günlük yapılan planların dinamik bir şekilde verileri değiştirilerek sisteme kayıt edilebilmekte ve bu veriler üzerinden mevcut durumda kişiye bağlı olarak gerçekleştirilen atamalar çok daha hızlı ve belirlenen maliyet ölçütleri doğrultusunda kişiye bağlılıktan ve rassallıktan kurtarılarak gerçekleştirilebilmektedir. Program dahilinde siparişler ana ekrandan girilerek kaydedildiğinde "planı oluştur" butonu ile makro kodları devreye girmekte böylece her sipariş için en uygun kapı ve sıra bilgisi bir çizelge halinde kullanıcıya sunulmaktadır. Herhangi bir yanlış veri girişi düzeltilebilmekte ve sonuçlar etkin bir şekilde elde edilebilmektedir. Plan menüsü olarak adlandırılmış olan sipariş veri girişi ekranında (Şekil 2) kullanıcılar, öncelikle ilgili tarih için gelen toplam sipariş sayısını girerler. Ardından, her bir sipariş için hangi müşterinin siparişi olduğu bilgisini veren "sipariş adı" girilir ve siparişin türü (paletli, karma paletli veya dökme) seçilir. Sipariş ailelerinin türüne göre araçların yükleme süreleri değişeceğinden bu seçim programın doğru çalışması açısından önemlidir. Teslim zamanından sapmaların doğru belirlenebilmesi için de siparişlerin geliş ve çıkış (teslim) zamanları programa parametre olarak girilmektedir.

Şekil 2. Sipariş Veri Giriş Ekranı

Ele alınan problemin gerçek hayat problemi olması sistemin oldukça dinamik ve çok sayıda parametre içermesi sonucunu doğurmuştur. Problemin çözümünde 9 farklı ürün çeşidi kullanılmıştır. Bu ürünlerin mekiklerdeki yerleri ve palet adetleri “ürün – mekik” matrisinde tanıtılmıştır. Bu mekiklerin her kapıya olan mesafesi “mekik – kapı” matrisinde yer almaktadır (Şekil 3). Her siparişteki ürün miktarları ise “sipariş – ürün” matrisi (Şekil 4) kullanılarak hesaba katılmıştır.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Kapı/Ürün	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
2	A	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	
3	B	15	10	15	20	25	30	35	40	45	50	
4	C	20	15	10	15	20	25	30	35	40	45	
5	D	25	20	15	10	15	20	25	30	35	40	
6	E	30	25	20	15	10	15	20	25	30	35	
7	F	35	30	25	20	15	10	15	20	25	30	
8	G	40	35	30	25	20	15	10	15	20	25	
9	H	45	40	35	30	25	20	15	10	15	20	
10	I	50	45	40	35	30	25	20	15	10	15	
11	J	55	50	45	40	35	30	25	20	15	10	
12												
13												

Şekil 3. Mekik-Kapı Mesafesi Giriş Ekranı

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	ID/ÜRÜN	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
2	1	3	2	5	1	8	8	10	3	3	9	
3	2	4	8	8	6	9	8	3	4	9	9	
4	3	9	10	3	4	9	4	4	10	3	6	
5	4	9	3	3	5	5	10	5	10	2	2	
6	5	1	5	3	8	3	4	1	3	8	2	
7	6	10	8	10	2	2	4	3	5	1	4	
8	7	3	3	2	4	4	4	5	2	2	5	
9	8	8	11	4	1	11	11	2	5	9	3	
10	9	1	6	3	2	11	8	10	6	3	1	
11	10	7	6	11	8	2	8	11	10	11	9	
12	11	9	5	10	4	4	6	5	7	3	10	
13	12	4	2	7	4	6	10	10	1	1	5	

Şekil 4. Siparişteki Ürün Miktarları Veri Giriş Ekranı

Araçların uygun kapı ve sıraya atanması için gerekli tüm verilerin girişinin ardından Şekil 2’de verilen “Planı Oluştur” düğmesine tıklanarak KDS’nin model tabanında yer alan çözüm algoritması çalıştır ve elde edilen araç-kapı atama sonuçları Şekil 5 ve 6’da bölümlenerek verilmiş “Günlük Yükleme Planı” ekranında raporlanır. Bu raporda, programın çalıştırıldığı gün için hangi kapıda, saat kaçta, hangi müşterinin siparişinin yükleneceği bilgisi verilmektedir. Ele alınan gerçek sistemde, siparişler araçla eşleşerek planlandığı için araç bilgisi siparişle birlikte hareket etmektedir. Örneğin, saat 10:00 ile 17:00 arasında 1 nolu kapıda ilk sırada D Mağazacılık müşterisinin siparişleri, ikinci sırada A Mağazacılık’ın siparişleri yüklenecektir.

GÜNLÜK YÜKLEME PLANI		
1. KAPIDAN SAAT	1	2
08.00		
09.00		
10.00	D Mağazacılık	C Mağazacılık
11.00	D Mağazacılık	C Mağazacılık
12.00	D Mağazacılık	C Mağazacılık
13.00	D Mağazacılık	C Mağazacılık
14.00	D Mağazacılık	C Mağazacılık
15.00	D Mağazacılık	C Mağazacılık
16.00	D Mağazacılık	C Mağazacılık
17.00	D Mağazacılık	C Mağazacılık
18.00		
19.00		
20.00	A Mağazacılık	
21.00	A Mağazacılık	
22.00	A Mağazacılık	
23.00	A Mağazacılık	
24.00	A Mağazacılık	B Mağazacılık
00.00	A Mağazacılık	B Mağazacılık
01.00	A Mağazacılık	B Mağazacılık

Şekil 5. Araç-Kapı Atama Sonuçları-1

4 nolu kapının atama sonuçlarına göre, sırasıyla T, E, AV, AR, P, AB ve AP Dağıtım Merkezleri’nin siparişleri atanmıştır (Şekil 6).

Şekil 6. Araç-Kapı Atama Sonuçları-2

Görüldüğü gibi kullanıcı için karışıklığa sebep olmayacak sade ve kullanışlı ara yüzler ile sistem çalışmaktadır. Ara yüzün sade ve işlevli olması bu programı herkesin kolaylıkla kullanabilmesini sağlarken pratik bir uygulama haline dönüşmesini sağlamaktadır.

Çok amaçlı modelin çözümü ve sonuçların değerlendirilebilmesi için farklı örnek büyüklükleri denenmiştir. Matematiksel modelin çözümü için GAMS 23.3 optimizasyon yazılımının CPLEX çözücüsü kullanılmıştır. Problemin karmaşık yapısı ve boyut büyüklüğünden dolayı en iyi çözüm 5 tür sipariş, 4 kapı, 8 farklı ürün ve 8 mekik büyüklüğündeki bir problem için elde edilmiştir. Parametre sayısı arttıkça makul sürelerde en iyi çözüm elde edilememektedir. Araçların kapılara atanması problemi günlük olarak ve kısa sürede çözülmesi gereken bir problem olduğundan, geliştirilen matematiksel model temelinde, depo içi taşımaları, teslim zamanından sapmaları ve sipariş türüne göre değişen yükleme işlem sürelerini mümkün olduğunca en küçükleyecek bir sezgisel algoritma önerilmiştir. KDS'nin model tabanında çalışan algoritmanın akış şeması Şekil 7'de verilmiştir.

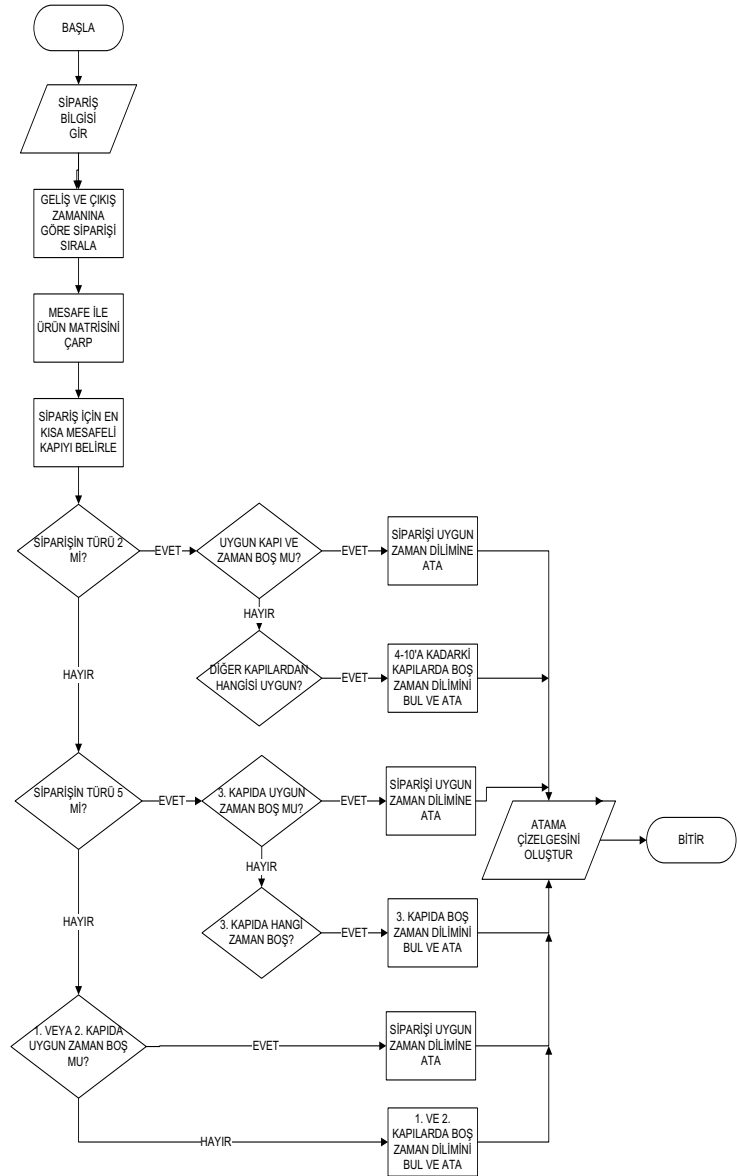
Elde edilen sonuçlar Tablo 3'te verilmiştir. Mevcut sistemde kişiye bağlı rassal atama sonucunda belirli bir günde araçların yüklenmesi için toplamda depo içi 70730 metre kat edilmişken, aynı veriler karar destek sistemine girilerek plan oluşturulduğunda 62955 metre kat edilerek işlemler yapılmıştır. Böylece bir gün içerisinde 7775 metre için harcanan enerji, zaman ve iş gücünden tasarruf edilmiştir. Bunun yanı sıra program kullanılmadan kişisel olarak gerçekleştirilen plan sonucunda toplam gecikme süresi 37 saati bulurken yazılım sonucundaki planda 20 saat gecikme ile teslimatlar tamamlanacaktır. Burada en önemli

konu gecikmeler olduğu için sadece bir günlük planda elde edilen 17 saatlik azalma müşteri memnuniyeti dolayısıyla da şirket profili için büyük önem kazanmaktadır.

Tablo 3. Elde Edilen İyileşmeler

Yöntem	Sipariş sayısı (adet/gün)	Sonuç (mesafe)	Tasarruf (mesafe)	Gecikme (zaman)	Tasarruf (zaman)
Mevcut durumda	5	7345 m	-	-	-
Matematiksel model	5	7319 m	26 m	-	-
Mevcut durumda	50	70730 m	-	37 saat	-
Karar destek sistemi	50	62955 m	7775 m	20 saat	17 saat

Tüm bunların yanı sıra, KDS ile atama işlemi kişiye bağıllıktan kurtarılarak hızlı ve güvenilir sonuçlar elde edilmesi sağlanmıştır.



Şekil 7. Araç-Kapı Atama Sezgisel Algoritmasının Akış Şeması

5. Sonuç ve Tartışma

Yapılan araştırma ve çalışmalar sonucunda siparişlerin geliş anları ve işlem süreleri göz önünde bulundurularak kapı atama probleminin modellenebileceği görülmüştür. Burada uygun kapı seçimi için ürünlerin siparişlerdeki yoğunluğu ve bu ürünlerin yüklenmesi için depo içinde kat edilen mesafeler dikkate alınmasının doğru bir yaklaşım olduğu kanıtlanmıştır. İşletme açısından geliştirilen sistemin kullanılması ekstra bir maliyet içermeksizin bir kontrol mekanizması sağlamaktadır. Bu bağlamda yapılan işler daha gerçekçi veriler ile sistemde göz ardı edilmiş fakat maliyet ve zaman kaybına neden olabilecek ölçütler doğrultusunda sistemin işlemesi sağlanmıştır. Çalışmanın en önemli katkılarından biri de gerçek hayat problemini çok amaçlı olarak ele alması olmuştur.

Sürdürülebilirlik daimi olma yeteneği iken lojistik sektöründe sürdürülebilirlik ise günümüz koşullarındaki pazar ihtiyaçlarının eksiksiz karşılanmasını, ileriki yıllarda da dış ticaretin getirdiği yeniliklerin lojistiğe adaptasyonu ile sürekli artan müşteri beklentilerini karşılamaya yönelik yeni servis kollarının oluşturulmasını sağlamaktadır. Bu çalışma ile yukarıda bahsedilen sürdürülebilir lojistik amaçlarının gerçekleştirilebilmesi için bir adım atılmıştır. Bu kapsamda müşteri beklentilerini tam zamanında karşılayabilmek amacıyla araçların en erken zamanda sistemden çıkabilmesini sağlayacak atamaların yapılması için çalışılmıştır. Ayrıca, tedarik zincirindeki maliyetlerin direk ürün maliyeti üzerine etkisi olduğundan yapılan iyileştirmeler ile ek maliyetler ortadan kaldırılarak müşteriler için çalışırken, hem rakiplerden önde ve farklı olmak hem de tüm gerekli sosyal, güvenlik, sağlık, çevresel ve mevzuata uygun sürdürülebilir bir sistem olmasına katkı sağlanmaktadır. Araçların en uygun kapıda işlem görmesiyle depodaki forklift rotalarının düzenli olması sağlanarak oluşabilecek iş kazaları azaltılabilecektir. Buna ek olarak işlem süreleri azaltılmaya çalışıldığı için personelin gereksiz hareketlerden kaçınması da sağlanacaktır. Bunlar da günümüzde önemli bir konu olan iş sağlığı ve güvenliği doğrultusunda çalışanların korunmasını sağlayacaktır. Zaman boyutu hem üretim hem de servis sektörleri açısından çok önemli bir yere sahip olduğundan çalışmanın ana amacı olan harcanan sürelerin en küçükleme ile zamandan tasarruf edilmesi söz konusudur. Yeni sistem ile bu durumların ortadan kaldırılması başta işletme olmak üzere müşteri ve tükenebilir enerji kaynakları açısından fayda sağlayacaktır.

Ayrıca sektörel olarak ülkemizde lojistik faaliyetleri son yıllarda önem kazanmış olmasına karşın bu gibi çalışmaların uygulamasının az olması dikkat çekmektedir. Geliştirilen sistemin herhangi bir firmaya uygulanabilmesi söz konusu olacaktır.

Teşekkür

Bu çalışma için SARP A.Ş. ve Halil Gürkan Arıkan Bey'e teşekkürlerimizi sunarız.

Conflict of Interest / Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

No conflict of interest was declared by the authors.

Kaynaklar

- Belle, J.V., Valckenaers, P., Cattrysse, D., 2012. Cross-docking: State of the Art. *Omega*, 40, 827-846.
- Berghman, L., Leus, R., 2015. Practical Solutions for a Dock Assignment Problem with Trailer Transportation. *European Journal of Operational Research*, 246 (3), 787-799.
- Boysen, N., Fliedner, M., 2010. Cross Dock Scheduling: Classification, Literature Review and Research Agenda. *Omega*, 38, 413-422.
- Chen, G., Govindan, K., Yang, Z., 2011. Managing Truck Arrivals with Time Windows to Alleviate Gate Congestion at Container Terminals. *International J. Production Economics*, 141, 179-188.
- Guignard, M., Peter, M.H., Pessoa, A.A., da Silva, D.C., 2012. Algorithms for the Cross-dock Door Assignment Problem. *Metaheuristics*, 2012.
- Haghani, A., Chen, M.C., 1998. Optimizing Gate Assignments At Airport Terminals. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 32 (6), 437-454.
- Kuo, Y., 2013. Optimizing Truck Sequencing and Truck Dock Assignment in a Cross Docking System. *Expert Systems with Applications*, 40, 5532-5541.
- Liao, T.W., Egbelu, P.J., Chang, P.C., 2013. Simultaneous Dock Assignment and Sequencing of Inbound Trucks Under a Fixed Outbound Truck Schedule in Multi-Door Cross Docking Operations. *International Journal of Production Economics*, 141 (1), 212-229.
- Miao, Z., Lim, A., Ma, H., 2009. Truck Dock Assignment Problem with Operational Time Constraint within Crossdocks. *European Journal of Operational Research*, 192, 105 - 115.
- Nassief, W., Contreras, I., As'ad, R., 2016. A Mixed-Integer Programming Formulation and Lagrangean Relaxation for the Cross-Dock Door Assignment Problem. *International Journal of Production Research*, 54 (2), 494-508.

- Peck, K.E., 1983. Operational Analysis of Freight Terminals Handling Less Than Container Load Shipments. Technical Report: 83-09998, University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana, IL 61801.
- Saaty, T.L., 1996. Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process. Pittsburgh, Pennsylvania: RWS Publications. ISBN 0-9620317-9-8.
- Shakeri, M., Low, M. Y. H., Li, Z., 2008. A Generic Model for Crossdock Truck Scheduling and Truck-to-Door Assignment Problem. The IEEE International Conference on Industrial Informatics (INDIN 2008), 857-864.
- Saharidis, G.K.D., Golias, M.M., 2012. Discrete Time Formulation for The Assignment Problem Applied in Cross Docking Facilities. 91st Transportation Research Board Annual Meeting, Washington, D.C.
- Tsui, L.Y., Chang, C.H., 1990, A Microcomputer Based Decision Support Tool for Assigning Dock Doors in Freight Yards. Computer Industrial Engineering, 19 (1-4), 309-12.
- Yu, W., Egbelu, P.J., 2008. Scheduling of Inbound and Outbound Trucks in Cross Docking System with Temporary Storage. European Journal of Operation Research, 184, 377-396.
- Yan, S., Tang, C.H., 2007. A Heuristic Approach for Airport Gate Assignments for Stochastic flight Delays. European Journal of Operational Research, 180, 547-567.