

ÇOKLU TAŞIMA PROBLEMİ ÜZERİNE BİR UYGULAMA: PETROKİMYA ŞİRKETİ DAĞITIM PLANLAMASI

Sinem TOKÇAER¹ ve Özgür ÖZPEYNİRCİ²

ÖZET

Günümüzde, taşımacılığın çevresel etkileri sıklıkla tartışılmakta ve karbon salınımı daha düşük olan taşıma şekillerine yönelim giderek artmaktadır. Bu taşıma türlerinde, nihai alıcıya teslimatın genellikle karayolu ile yapılması çoklu taşıma ağlarının kullanımını arttırmıştır.

Bu çalışmada bir petrokimya şirketinin gerçek hayat probleminden yola çıkılarak, denizyolu, demiryolu ve karayolu taşıma şekillerinin bir arada kullanıldığı ve çoklu taşımanın söz konusu olduğu bir dağıtım planlama problemi ele alınmıştır. Gemi kiralama ve demir yolu ile taşıma sözleşmelerinin yıllık olarak yapılması sebebiyle, söz konusu planlama problemi stratejik seviyede tasarlanmıştır. Probleme, maliyet ve operasyon adedi olmak üzere, birbiri ile çelişen iki amaç tanımlanmış ve bu doğrultuda matematiksel model oluşturulmuştur. Matematiksel model gerçek hayat verisi üzerinde test edilmiş ve epsilon kısıt esaslı dögüsel çözüm yöntemi ile maliyet-operasyon adedi ödünleşim eğrisi oluşturulmuştur. Bu çerçevede, bir takım yönetsel öngörüler ve kararlar ortaya konulmuş ve farklı stratejilerin sonuçları incelenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Çoklu Taşımacılık, Dağıtım Planlama, Çok Amaçlı Karar Verme

1. GİRİŞ

Günümüzde Çoklu Taşımacılığın önemi ve taşıma tercihleri içindeki payı giderek artmaktadır. Gelişmiş ekonomilerde, taşımacılığın olumsuz çevresel etkileri sıklıkla tartışılmakta ve ulusal ve uluslararası düzenlemeler ile daha çevre dostu taşıma türlerinin kullanımı teşvik edilmektedir. Bu düzenlemeler ile karbon salınımı ve çevresel atık miktarı göreceli olarak daha düşük olan, denizyolu ve demiryolu gibi ölçek ekonomisinden fayda sağlayan ulaştırma türlerinin kullanımı giderek artmaktadır. Her iki taşıma türünün altyapısal özellikleri

¹Araş.Gör., İzmir Ekonomi Üniversitesi, İşletme Fakültesi, İzmir
sinem.tokcaer@ieu.edu.tr

²Yrd.Doç.Dr., İzmir Ekonomi Üniversitesi, İşletme Fakültesi, İzmir
ozgur.ozpeynirci@ieu.edu.tr

sebebiyle son alıcıya ulaşımında karayoluna ihtiyaç duyması, çoklu taşıma sistemleri ve ağlarının kullanımını da kaçınılmaz olarak arttırmıştır.

Çoklu taşıma sistemleri genel tanım olarak birden fazla taşıma şeklinin kullanılması olarak ifade edilmektedir. (ECMT,UN/ECE) Tanımın alt unsur olarak söz konusu olan, taşıma işine dair sorumluluğun tek bir elde toplanması ve taşınan mal veya eşyanın, iki veya daha fazla taşıma sistemi kullanılarak son alıcıya ulaştırılmasıdır. Bu bağlamda, taşıma işi yükleyen kapısından alıcı kapısına kadar alt taşıyıcılar ile kontratlar yapılarak organize edilmekte ve tek bir taşıma sözleşmesi veya tek bir taşıma evrakı ile taşınmaktadır. Başka bir deyişle, çoklu taşıma söz konusu olduğunda, taşıma işini organize eden tarafın (taşıma işleri organizatörü vb.) farklı aşamalarda, farklı taşıma türlerine ait yönetsel görevleri ve sorumlulukları bulunmaktadır.

Bu çalışmada yukarıda bahsedilen tanım ve açıklamalardan yola çıkılarak, bir petrokimya üretim şirketinin dağıtım planlama problemi ele alınacaktır. Petrokimya şirketinin mevcut dağıtım sisteminde, mal sevkiyatlarının tamamı karayolu ile taşınmaktadır. Taşıma maliyetlerini azaltmak ve daha çevreci taşıma şekillerini kullanmak amacıyla dağıtım sisteminin değiştirilmesi planlanmaktadır. Bu noktada, çalışmada, çoklu taşıma sistemlerinin maliyet dışında yönetsel sorumlulukları da göz önüne alınacak ve şirketin probleminde birden fazla amaç olduğu varsayılacaktır. Çözüm yöntemi, gerçek hayat verisi üzerinde uygulanarak farklı senaryolar incelenecek, taşıma şekli seçimi kararları ve bazı yönetsel öngörüler ortaya konulacaktır.

2. YAZIN TARAMASI

Akademik yazında, çoklu taşımacılık problemleri stratejik, taktiksel ve operasyonel olmak üzere, 3 ana kategori altında sınıflandırılmaktadır (Stadieseifi vd., 2014). Stratejik planlama problemleri altyapı ve yatırıma dair kararlar olarak nitelendirirken, taktiksel problemler daha çok mevcut altyapıyı kullanarak yarar sağlamaya yönelik kararlar olarak değerlendirilmektedir. Operasyonel problemler ise genellikle gerçek hayat problemlerinin karmaşık yapısını içermekte olup, problemin detaylı, dinamik ve stokastik varsayımlarını da ele almaktadır (Crainic ve Laporte, 1997). Bununla beraber, çoklu taşıma sistemlerinin liman, demiryolu hattı ve benzeri yatırımlar gerektirmesi ve bu yatırımların nispi olarak büyük olması sebebiyle, çoklu taşıma planlama problemleri genellikle stratejik karar problemleri olarak ele alınmaktadır (Macharis ve Bontekoning, 2004). Çoklu taşıma üzerine yapılan çalışmalar genellikle ağ tasarımı veya akış problemi olarak tasarlanmakla birlikte genellikle amaç en uygun taşıma karmasını oluşturmaktır. Örneğin, kapıdan kapıya çoklu taşımacılık üzerine Beresford ve Dubey (1990) tarafından önerilen ve sonraki çalışmalarında

geliştirilen (Beresford, 1999) model ile, karar vericilerin taşıma şekli karması oluşturma açısından desteklenmesi amaçlanmaktadır. Macharis ve Bontekoning (2004), Crainic ve Kim (2007), ve Stadieseifi vd. (2014) çoklu taşımacılık modelleri üzerine yazın taramaları sunmuşlardır.

Çoklu taşıma sistemlerinde, türler-arası (intermodal) taşımacılıktan farklı olarak mal veya eşyanın içinde taşındığı araç değişmektedir. Dolayısıyla, mal aktarımı yükleme ve boşaltma gibi işlemler sebebiyle maliyet artışı, hasar riski ve yönetsel güçlükler ve benzeri durumlarla karşılaşmaktadır. Bu bakımdan, çoklu taşıma sistemleri söz konusu olduğunda, maliyetin yanı sıra, hız, servis kalitesi, güvenilirlik gibi farklı özelliklerin de dikkate alındığı görülmektedir. Bunun yanı sıra, taşıtanın, taşıma şekli kararı, yükleten, taşıtan, gönderilen (alıcı) veya taşıma hizmeti sağlayıcının, taşıma şeklinin nitelik ve özellikleri hakkındaki değerlendirmesiyle birebir ilişkilendirilmektedir. (Ferrari, 2014). Örneğin, nihai varış noktasına direk ve kolay erişimi olması ve ulaşım esnekliği sebebiyle karayolu daha çok tercih edilirken, demiryolu hattına direk erişimin güç olması ve uzun teslimat süreleri nedeniyle demiryolu ile taşıma daha az tercih edilmektedir. Bu bakımdan, taşıtanın taşıma şekli değerlendirme ölçütleri ve kararlarını etkileyen faktörleri incelemek üzere birçok farklı yöntem kullanılmıştır. Cullinane ve Toy (2000) yapmış oldukları içerik analizi sonucunda taşıma şekli seçimini etkileyen 5 ana faktörü maliyet, hız, transit süre, güvenilirlik ve mal/hizmetin özellikleri olarak belirlemişlerdir.

Taşıma şekli seçimini etkileyen faktör ve nitelikleri birbiri arasında önem bakımından derecelendirmek ve etkileşimlerini incelemek üzere sıklıkla Belirlenmiş Tercihler (BT) Yöntemi kullanılmaktadır. Danielis vd., (2005) BT kullanarak yapmış oldukları çalışmada, yöneticilerin taşıma şekli seçimi yaparken maliyet yerine zaman, güvenilirlik ve güvenlik gibi kaliteye ilişkin niteliklere daha çok önem verdiğini ortaya koymuştur. Shinghal ve Fowkes (2002) ise, uyarlanmış BT anketi düzenleyerek taşıma şeklinde değişiklik yapmak için vazgeçilmesi gereken bedelleri belirlemiş ve buradan yola çıkarak demiryolu ile taşıma yapmanın diğer taşıma türlerine göre daha dezavantajlı olduğu niteliklerini ortaya koymuşlardır. Aynı çalışmada, taşıma türü değiştirme söz konusu olduğunda en çok göze alınan niteliklerin servis kalitesi, servisin sıklığı, güvenilirliği ve teslimat süresi olduğu belirtilmiştir.

Taşıma şeklini etkileyen faktörlerden yola çıkarak, çoklu taşımacılık sistemlerinin kullanıldığı dağıtım ağlarında birden fazla amaç söz konusu olabilmektedir. Bu bakımdan Çok Amaçlı Çoklu Taşımacılık (ÇAÇT) Problemlerinde amaçlar genellikle maliyet, risk, taşıma süresini en küçüklemek veya karlılık, esnekliği en büyükmektir. Yazında ÇAÇT problemleri üzerine farklı birçok yöntem kullanılmıştır. Ağırlıklandırma ve Analitik Hiyerarşi Süreci sıklıkla kullanılan yöntemlerdendir. (Janic

vd., 1999; Qu ve Chen, 2008; Tuzkaya ve Onur, 2008). Min (1991) şans kısıtlı hedef izlenmesi (Chance Constrained Goal Programming) yöntemi ile maliyet ve riski minimize ederken vaktinde teslimat gerekliliğini sağlayan çoklu taşıma karmasını oluşturmuştur. Chang (2008) ise maliyet ve taşıma süresi olmak üzere iki amaç barındıran çoklu taşıma problemini, çoklu emtia akış problemi olarak tanımlamış ve büyük ölçekli problemler için ana problem daha küçük alt problemlere ayırtmıştır.

ÇAÇT Problemleri, farklı alanlarda yapılan taşımacılık problemlerini tanımlamak için de kullanılmaktadır. Verma ve Verter (2010) tehlikeli madde taşımacılığını, karayolu-demiryolu karmasının bulunduğu bir iki amaçlı çoklu taşıma problemi olarak ele almış ve döngüsel ayrışım algoritması ile kirliliğe maruz kalma ve maliyet arasındaki ödünleşimi ortaya koymuşlardır. Kent içi ulaşım problemini ÇAÇT Problemi olarak ele alan çalışmalardan birinde, yeni hat açılması gibi yatırım gerektiren stratejik bir karar için altı aşamalı süreç önerilirken (Schwartz vd.,1998), başka bir çalışmada dinamik programlama tabanlı bir algoritma ile web tabanlı seyahat planlama sistemi oluşturulmuştur (Zografos ve Androusoopoulos, 2008).

Bu çalışmaya öncül olan Özpeynirci, Üçer ve Tabaklar, (2014) çalışmasında, petrokimya şirketinin dağıtım planına karayolu ve denizyolu ile taşıma seçenekleri bulunan Çoklu Taşıma Problemi önerilmiştir. Bu çalışmada toplam maliyeti en iyileyen matematiksel model oluşturulmuş ve farklı maliyet ve kapasite senaryoları incelenerek duyarlılık çözümü yapılmıştır. Çalışmanın sonuçları, sevkiyatların bir kısmını karayolundan denizyoluna kaydırarak dikkate değer tasarruf elde edilebileceğini ortaya koymuştur. Ancak, bu türde bir değişiklik için öngörülen bazı güçlükler bulunmaktadır. Şirketin amacının maliyeti en küçükmek olmasının yanında, kararlarını etkileyen başka unsurlar olduğu görülmektedir. Örneğin, eşyanın içinde taşındığı kap veya aracın değişmesi, yükleme ve boşaltma işlemleri, evrak değişimi gibi işlemler, yönetsel güçlükler yol açmakla birlikte hasar riskini arttırmaktadır. Bu bakımdan, bahsi geçen güçlüklerin tamamı “yönetsel güçlükler” olarak isimlendirilmiş ve şirketin mevcut problemine öncül çalışmadan farklı olarak ikinci bir amaç olarak tanımlanmıştır. Bu bakımdan, akademik yazında çalışılan ÇAÇT Problemlerinde yer alan amaçlardan farklı bir amaç tanımlanmaktadır. Çalışmanın temel amacı ise, bu şekilde farklı senaryoları, taşıma şekli seçimlerini ve alınan kararları incelemek ve bir takım yönetsel öngörüler ortaya koymaktır.

3. METODOLOJİ

Yukarıda belirtilen amaçlar doğrultusunda denizyolu, demiryolu ve karayolu taşıma şekillerinin bir arada kullanıldığı dağıtım planlama problemi tanımlanmıştır. Bu problem, gemi kiralama ve demiryolu ile taşıma sözleşmelerinin yıllık yapılıyor olması sebebiyle, stratejik planlama problemi olarak ele alınmıştır. Bunun yanı sıra, şirketin maliyetin yanı sıra çoklu taşımanın getirebileceği yönetsel güçlükleri de dikkate aldığı gözlemlenmiş ve probleme ikinci bir amaç tanımlanmıştır. Bu ikinci amaç, şirketin karayolu dışında yapacağı her taşımada, ek yükleme ve boşaltma işlemi yapması ve bu işlemlerin yönetsel güçlüklerin kaynağı olması sebebiyle “*operasyon adedi*” olarak nicel bir şekilde ifade edilmiştir. Öte yandan, karayolu dışında herhangi bir taşıma şeklinin kullanılması, nispi olarak daha az maliyetli olan bir taşıma şekli anlamına gelirken, daha fazla operasyon yapılmasını gerektirmektedir. Bu bağlamda, probleme tanımlanan iki amacın birbiriyle çelişen amaçlar olduğu görülmektedir.

Bu doğrultuda, yukarıda bahsedilen İki Amaçlı Çok Modlu Taşımacılık Probleminin matematiksel modeli tanımlanmıştır. İki Amaçlı Çok Modlu Taşımacılık Problemi demiryolu, denizyolu ve karayolu ile taşıma seçeneklerinin olduğu bir dağıtım ağı modeli olmakla birlikte, kullanılan taşıma şekline, seçilen taşıma şekli ile sevk edilecek mal miktarına, denizyolu ile yapılan taşımalarda varış limanı-teslimat adresi arası taşıma şekline, kiralanacak gemiye ve geminin hangi rotalarda kullanılacağına karar vermektedir.

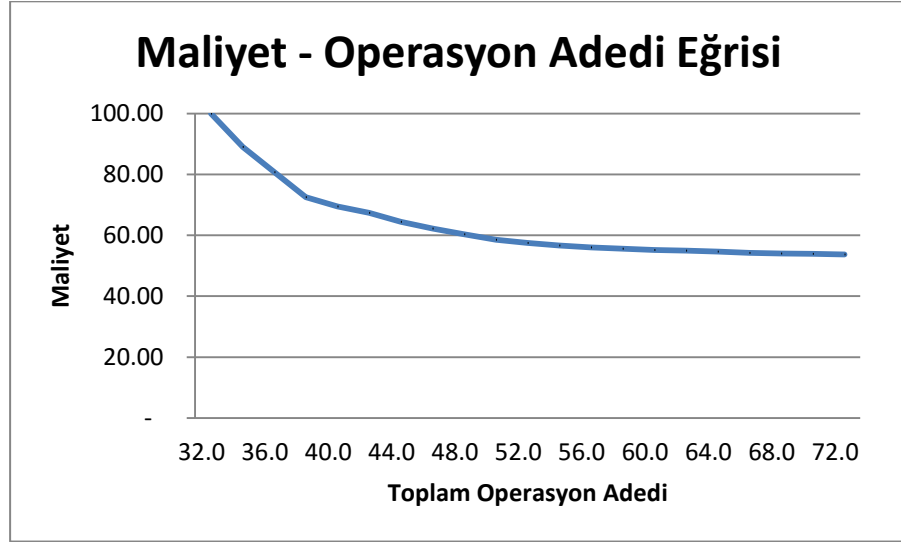
Tanımlanan matematiksel modelin iki amaç fonksiyonu olup, birinci amaç maliyeti en küçükleme iken, ikinci amaç fonksiyonu toplam operasyon adedini en küçükleme iken, ikinci amaç fonksiyonu toplam operasyon adedini en küçükleme iken, ikinci amaç fonksiyonu birinci kısıtı müşteri taleplerini karşılamakta, ikinci ve üçüncü kısıtlar limanlarda boşaltılan mal miktarını karayolu veya demiryolu ile sevk etmekte ve dördüncü kısıt yüklenen mal miktarı ile boşaltılan miktarı eşitlemektedir. Beşinci ve altıncı kısıtlar, gemi ile mal sevk edilmesi durumunda, geminin kiralanmasını sağlarken, yedinci kısıt gerekmesi durumunda kiralanacak gemi adedini sınırlamaktadır. Sekiz ve dokuzuncu kısıtlar liman kapasitelerinin aşılmasını sağlamaktadır. Onuncu kısıt geminin işletildiği toplam gün sayısını, planlama periyodunda yer alan çalışma günleri ile sınırlandırmaktadır. Son kısıt ise yükleme-teslimat noktası arasında herhangi bir taşıma şeklinin kullanılması durumunda, o taşıma şekline atama yapmaktadır.

Yukarıda tanımlanmış olan matematiksel model gerçek hayat verisi üzerinde test edilerek, epsilon-kısıt esaslı döngüsel çözüm yöntemi ile farkı taşıma şekli seçimlerinin sonuçları ortaya konulmuştur.

4. BULGULAR

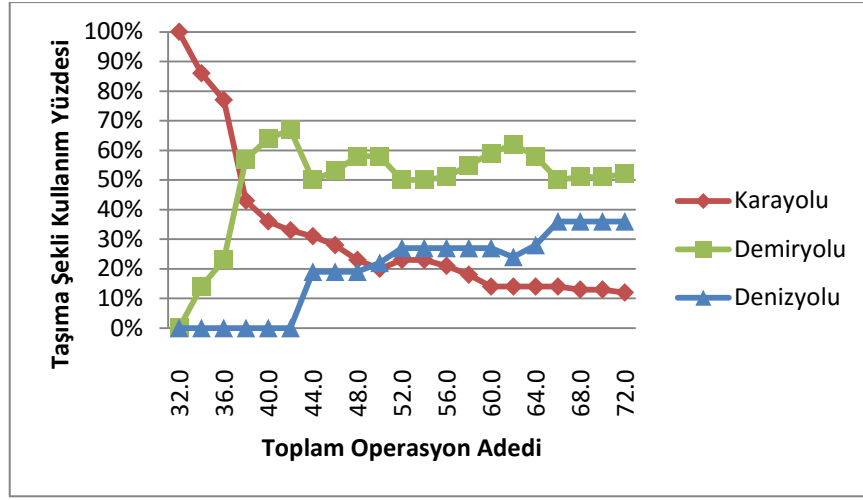
Çalışmanın sonucunda ortaya çıkan maliyet-operasyon adedi eğrisi Şekil 1’de gösterilmiş olup, şirket bilgilerinin gizliliği adına, toplam operasyon maliyetinin en fazla olduğu miktar 100 birim ile ifade edilmiştir. Şekil 1’de de görüleceği gibi maliyet azalırken operasyon adedi artmaktadır. Bunun yanı sıra, taşımanın tamamının karayolu ile yapılması durumunda en küçük operasyon adedi ve en yüksek maliyet ile karşılaşılmaktadır. Operasyon adedinde ufak değişikliklerin ise başlangıçta çok ciddi iyileştirmeleri mümkün kıldığı görülmüştür. Bunun en temel sebebi, demiryolu ve denizyolu ile yapılan taşımalarda, ölçek ekonomisinden faydalanılması sebebiyle, maliyetin azalmasıdır. Ayrıca, toplam operasyon maliyetinin düşük olduğu noktalarda, demiryolu ile yapılan taşımalarda artış olduğu, ancak bu artışın maliyette çok az değişikliğe yol açtığı görülmüştür.

Bu noktada, karayolunun payının giderek azaldığı, karayolu dışında bir seçim yapıldığında, öncelikle demiryolunun tercih edildiği görülmektedir (Şekil 2). Denizyolu ile yapılan taşımalar, taşımaların yıllık charter sözleşmesi altında yapılması sebebiyle, her bir yeni gemi kiralama kararı ile birlikte kırılımlı bir artış göstermektedir. Ayrıca, her yeni gemi kiralama kararı, sadece karayolu ile taşınan mal miktarını değil, demiryolu ile yapılan taşımaların oranını da etkilemiştir.



Şekil 1: Maliyet – operasyon adedi eğrisi

Bunun yanı sıra, denizyolu ile yapılan taşımalarda, liman ile varış noktası arası taşımaların tamamının karayolu ile yapıldığı görülmüştür. Bu durumun, Beresford (1999)'un önerdiği maliyet modeli ile benzerlik gösterdiği ve kısa mesafede karayolu ile taşımanın maliyetinin, demiryolu ile taşımaya göre daha düşük olduğu görülmüştür. Bu bakımdan kısa veya orta mesafede, taşıma şeklinin karayolundan demiryoluna kaydırılmasının oldukça güç olduğu söylenebilir (Beresford, 1999).



Şekil 2: Operasyon adedine göre taşıma şekli seçimi

Tablo 1'de çalışmanın sonunda elde edilen sonuçlar, taşıma şekli oranları ve sağlanan tasarruf açısından verilmiştir. Tasarruf miktarı ve taşıma şekilleri incelendiğinde, karayolu ile yapılan taşıma oranının %20 oranına çekilebildiği ve bu durumda maliyette yaklaşık %42 oranında iyileştirmenin mümkün olduğu görülmüştür. Bunun yanı sıra, sadece bir bölgeye yapılan sevkiyatların tamamının demiryolu ile yapılması durumunda, yaklaşık %11 oranında iyileştirmenin mümkün olduğu görülmektedir.

Tablo 1: Taşıma şekli oranları ve sağlanan tasarruf

f_1 (Maliyet)	f_2 (Op. Adedi)	İyileştirme Oranı	Taşıma Oranları		
			Karayolu	Demiryolu	Denizyolu
100.00	32	-	% 100	% 0	% 0
89.07	34	% 10.93	% 86	% 14	% 0
80.71	36	% 19.29	% 77	% 23	% 0
72.52	38	% 27.48	% 43	% 57	% 0
69.53	40	% 30.47	% 36	% 64	% 0
67.33	42	% 32.67	% 33	% 67	% 0
64.45	44	% 35.55	% 31	% 50	% 19
62.25	46	% 37.75	% 28	% 53	% 19
60.37	48	% 39.63	% 23	% 58	% 19
58.53	50	% 41.47	% 20	% 58	% 22

Yukarıda belirtilen sonuçlar incelendiğinde, mevcut sistemin maliyetinin, karayolu dışındaki taşıma şekillerinin kullanılmasıyla birlikte, ciddi oranda iyileştirilebileceği görülmüştür. Tanımlanan ikinci amaç ise, karar vericinin farklı senaryoları değerlendirmesini mümkün kılabilir. Karayolu ile yapılan taşımaların azalması ve diğer taşıma şekillerinin kullanılması bir takım yönetsel güçlükleri beraberinde getirmektedir. Ancak bu taşımaların çok küçük bir kısmının farklı bir taşıma şekli ile gerçekleştirilmesi, ciddi bir operasyon yükü oluşturmazken, maliyette büyük iyileştirmeleri mümkün kılmaktadır.

5. SONUÇ

Bu çalışmada, bir petrokimya üretim şirketinin dağıtım planlama problemi ele alınmış olup, tamamında karayolu taşımacılığı kullanılan mevcut dağıtım sisteminin, taşıma maliyetlerini azaltmak ve daha çevreci taşıma şekillerini kullanmak amacıyla, değiştirilmesine yönelik bir uygulama ortaya konulmuştur. Bu noktada, çalışmada, çoklu taşıma sistemlerinin maliyet dışında yönetsel sorumlulukları da göz önüne alınmış ve şirketin probleminde birden fazla amaç olduğu varsayılmıştır.

Problemin özelliklerinden yola çıkarak, İki Amaçlı Çoklu Taşıma Problemi üzerine matematiksel model tanımlanmış, bu matematiksel model gerçek hayat verisi üzerinde uygulanmıştır. Epsilon kısıtlı döngüsel çözüm algoritması ile, problemin iki amacından yola çıkılarak farklı senaryolar incelenmiş, taşıma şekli seçimi kararları ve bazı yönetsel öngörüler ortaya konulmuştur. Bu sonuçlardan yola çıkılarak, karayolu ile yapılan taşımaların azalmasının yönetsel güçlükleri arttırdığı görülmüştür. Yine de, yapılan taşımaların bir kısmının farklı bir taşıma

şekli ile gerçekleştirilmesinin, ciddi bir operasyon yükü oluşturmadığı ve maliyette büyük iyileştirmeleri mümkün kıldığı görülmektedir.

KAYNAKÇA

- Beresford, A. K. C. 1999. *Modelling Freight Transport Costs: A Case Study of the UK-Greece Corridor*. International Journal of Logistics Research and Applications, 2(3), 229-246.
- Beresford, A. K. C. and Dubey, R. C. (1990). Handbook on the management and operation of dry ports. Geneva: UNCTAD.
- Chang, T. S. (2008). *Best routes selection in international intermodal networks*. Computers and Operations Research, 35, 2877–2891.
- Crainic, T. G., ve Kim, K.H. (2005). *Intermodal Transportation*. Technology Teacher, 64, 15–18
- Crainic, T. G., ve Laporte, G. (1997). *Planning models for freight transportation*. European Journal of Operational Research, 97, 409–438.
- Cullinane, K., ve Toy, N. (2000). *Identifying influential attributes in freight route/mode choice decisions: A content analysis*. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 36, 41–53
- Danielis, R., ve Marcucci, E. (2007). *Attribute cut-offs in freight service selection*. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 43, 506–515.
- Danielis, R., Marcucci, E., ve Rotaris, L. (2005). *Logistics managers' stated preferences for freight service attributes*. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 41, 201–215.
- Ferrari, P. (2014). *The dynamics of modal split for freight transport*. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 70, 163–176.
- Janic, M. (2007). *Modelling the full costs of an intermodal and road freight transport network*. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 12, 33–44

- Macharis, C., ve Bontekoning, Y. M. (2004). *Opportunities for OR in intermodal freight transport research: A review*. European Journal of Operational Research, 153, 400–416
- Min, H. (1991). *International intermodal choices via chance-constrained goal programming*. Transportation Research Part A: General, 25, 351–362.
- Özpeynirci, Ö., Üçer, K., ve Tabaklar, T. (2014). *Multimodal freight transportation with ship chartering*. Maritime Economics and Logistics, 16, 188–206.
- Qu, L., Chen, Y., ve Mu, X. (2008). *A transport mode selection method for multimodal transportation based on an adaptive ANN system*. Proceedings - 4th International Conference on Natural Computation, ICNC 2008, 3, 436–440.
- Schwartz, M., Merkhofer, M., ve Upton, R. (1998). *Innovative Approach to Multiple-Criteria Evaluation of Multimodal Alternatives: Newberg-Dundee Transportation Improvement Project Case Study*. Transportation Research Record, 1617(98), 139–148.
- Shinghal, N., ve Fowkes, T. (2002). *Freight mode choice and adaptive stated preferences*. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 38, 367–378.
- Stadieseifi, M., Dellaert, N. P., Nuijten, W., Van Woensel, T., ve Raoufi, R. (2014). *Multimodal freight transportation planning: A literature review*. European Journal of Operational Research, 233(1), 1–15
- Tuzkaya, U. R., ve Önüt, S. (2008). *A fuzzy analytic network process based approach to transportation-mode selection between Turkey and Germany: A case study*. Information Sciences, 178, 3132–3145.
- Verma, M., ve Verter, V. (2010). *A lead-time based approach for planning rail-truck intermodal transportation of dangerous goods*. European Journal of Operational Research, 202(3), 696–706.
- Zografos, K. G., ve Androutsopoulos, K. N. (2008). *Algorithms for itinerary planning in multimodal transportation networks*. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 9(1), 175–184.