

Çok modlu taşıma problemi üzerine bir uygulama: Petrokimya şirketi dağıtım planlaması

Sinem Tokcaer¹ Özgür ÖZPEYNİRCİ¹

¹İzmir Ekonomi Üniversitesi
İşletme Fakültesi
Lojistik Yönetimi Bölümü

II. Ulusal Liman Kongresi
İzmir, 2015

- 1 Giriş
 - Problemin Tanımı
 - Literatür
- 2 Matematiksel Model
 - Notasyon
- 3 Ön Çalışma
 - Bulgular
 - Senaryolar
- 4 Gelecek Çalışmalar
- 5 Referanslar

Çok Modlu Taşımacılık

Çok modlu taşıma sistemleri, taşınan mal veya eşyanın, iki veya daha fazla taşıma modu kullanılarak son alıcıya ulaştırılmasıdır.

Günümüzde Çok Modlu Taşımacılığın önemi ve taşıma tercihleri içindeki payı giderek artmaktadır;

- Çevreci taşıma türlerinin kullanımı sıklıkla tartışılmakta
- Ulusal ve uluslararası düzenlemeler ile daha çevre dostu taşıma türlerinin kullanımı teşvik edilmekte
- Karbon salınımı ve çevresel atıkların nispeten daha düşük seviyelerde olduğu ulaştırma türlerinin kullanımına yönelim
- Ölçek ekonomisinden fayda sağlaması sebebiyle taşıtanlar giderek tarafından daha çok tercih edilmekte

Bir Petrokimya Şirketi Örneği

- Mevcut sistemde, mal sevkiyatlarının tamamı karayolu ile taşınmaktadır.
- Taşıma maliyetlerini azaltmak ve daha çevreci taşıma şekillerini kullanmak amacıyla dağıtım sisteminin değiştirilmesi planlanmaktadır.
- Olası değişiklikler için öngörülen bazı güçlükler;
 - Mal veya eşyanın içinde taşındığı kap veya araç değişimi
 - Yükleme-boşaltma, evrak değişimi ve benzeri işlemler
 - Yönetsel güçlükler
 - Hasar riski

Literatür

Çok Modlu Taşımacılık

- Çok modlu taşımacılık problemleri 3 ana kategori altında sınıflandırılmaktadır; stratejik, taktiksel ve operasyonel (StadieSeifi v.d., 2014).
- Çok modlu planlama problemleri, büyük yatırım gerektirmesi bakımından genellikle stratejik karar olarak ele alınmaktadır. (Crainic ve Laporte, 1997)
- Çok modlu taşımacılık modelleri yazın taramaları; Macharis ve Bontekoning (2004), Crainic ve Kim (2007), ve StadieSeifi v.d. (2014).

Literatür

Taşıma Şekli Seçimi

- Taşıtanın, taşıma şekli kararı, yükleyen, alıcı veya servis sağlayıcının taşıma şeklinin nitelik ve özellikleri hakkındaki değerlendirmesiyle birebir ilişkilendirilmektedir. (Ferrari, 2014).
- Taşıtanın taşıma şekli değerlendirme ölçütleri ve kararlarını etkileyen faktörleri incelemek üzere bir çok farklı yöntem kullanılmıştır;
 - İçerik analizi (Cullinane ve Toy, 2000) - taşıma şekli seçimini etkileyen 5 ana faktör; maliyet, hız, transit süre, güvenilirlik ve mal/hizmetin özellikleri

Literatür

Taşıma Şekli Seçimi

- Belirlenmiş Tercihler Yöntemi: Taşıma şekli seçimini etkileyen faktör ve nitelikleri birbiri arasında önem bakımından derecelendirmek ve etkileşimlerini incelemek
 - Danielis v.d, (2005): maliyet yerine kaliteye ilişkin nitelikler (zaman, güvenilirlik ve güvenlik)
 - Danielis ve Marucci (2007): taşıma türlerine niteliklerin değişikliklerden etkilenme şekli ve sırası; kayıp ve zaiyat, maliyet, taşıma süresi ve geç teslimat
 - Shinghal ve Fowkes (2002) taşıma şeklinde değişiklik yapmak için vazgeçilmesi gereken bedelleri belirlemiş ve demiryolu ile taşıma yapmanın diğer taşıma türlerine göre dezavantajlı olduğu niteliklerini ortaya koymuştur (servis kalitesi, servisin sıklığı, güvenilirliği ve teslimat süresi)

Literatür

Çok Amaçlı Çok Modlu Taşımacılık Problemleri

- Çok modlu taşımacılık problemlerinde amaçlar;
 - maliyet, risk veya taşıma süresini minimize etmek
 - karlılık veya esnekliği maksimize etmek
- Uygulanan bazı yöntemler;
 - şans kısıtlı hedef izlenemesi (Min, 1991) - maliyet ve riski minimize ederken vaktinde teslimat gerekliliğini sağlayan çok modlu taşıma karmasını oluşturmak
 - Problemi daha küçük alt problemlere ayrıştırma (Chang ,2008) - maliyet ve taşıma süresi olarak iki amaçlı çok modlu taşıma problemi
 - Ağırlıklandırma ve Analitik Hiyerarşi Süreci (Janic v.d., 1999; Qu and Chen, 2008; Tuzkaya and Onur, 2008)

Ozpeynirci, Üçer ve Tabaklar (2014)

- Tanımlanan Çok Modlu Taşıma Probleminde;
 - Karayolu ve denizyolu ile taşıma seçenekleri
 - Gemi kiralama ve kiralanan gemileri rotalara atama
 - Amaç, toplam kiralama ve karayolu maliyetini en iyilemek
- Toplam maliyeti en iyileyen matematiksel model oluşturulmuş ve farklı senaryolar incelenerek duyarlılık çözümlemesi yapılmıştır.
- Sevkiyatların bazılarını karayolundan denizyoluna kaydırarak dikkate değer tasarruf elde edilebileceği ortaya konulmuştur.

Çalışmanın Amacı ve Motivasyonu

Çalışmanın amacı;

- Farklı senaryolarda taşıma şekli seçimlerini incelemek
- Bir takım yönetsel öngörüler ve kararları ortaya koymaktır.

Bu amaçla;

- Denizyolu, demiryolu ve karayolu taşıma modlarının bir arada kullanıldığı dağıtım planlama problemi tanımlanacak
- Problem, stratejik planlama problemi olarak ele alınacak
- Probleme birbiri ile çelişen iki amaç tanımlanacaktır.

İki Amaçlı Çok Modlu Taşımacılık Problemi

- Demiryolu, denizyolu ve karayolu ile taşıma seçeneklerinin olduğu bir dağıtım ağı modeli
- Birbiri ile çelişen iki amaç; toplam maliyet ve toplam operasyon sayısı
- Matematiksel model;
 - Hangi taşıma şeklinin kullanılacağına ve seçilen taşıma şekli ile sevkedilecek mal miktarına
 - Denizyolu ile yapılan taşımalarda, varış limanı-teslimat adresi arası taşıma şekline
 - Kiralanacak gemiye ve geminin hangi rotalarda kullanılacağına karar vermektedir.

Notasyon

Kümeler

- I_0 Tüm limanlar; $I \cup \{0\}$ ve I Varış Limanları $i \in I_0$
- J Talep noktaları $j \in J$
- G Aday gemiler $g \in G$
- K Taşıma modları $k \in K$ ve $K = K_s \cup K_h \cup K_r$
- R Rotalar $r \in R$

Notasyon

Parametreler

- cap_i Yükleme ve boşaltma limanlarının kapasitesi
- w_i Yükleme ve boşaltma limanlarının yükleme/boşaltma hızı
- ULC Gemi boşaltma maliyeti
- LC Gemi yükleme maliyeti
- d_j Varış noktası talep miktarı
- $dist_{ij}$ Liman ve varış noktası arası karayolu mesafesi(km)
- $Pdist_i$ Limanlar arası mesafe(nm)
- α karayolu ile taşımanın km maliyeti (\$)
- c_g Gemi kapasitesi
- s_g Gemi hızı (nm/s)
- $cons_g$ Geminin seyir esnasında yakıt tüketim miktarı
- $conp$ Geminin limanda beklerken tükettiği yakıt tüketim miktarı

Notasyon

Parametreler

- $bunker$ Yakıt maliyeti (\$)
- CR_g Gemi kiralamanın günlük maliyeti (\$)
- $sdist_r$ Rotanın uzunluğu (nm)
- P_r Rota üzerinde ziyaret edilen limanlar
- t_{gr} g gemisinin r rotası üzerinde seyir süresi; $t_{gr} = \frac{2 \cdot sdist_r}{24 \cdot s_g}$
- $railcost_{ij}$ Demiryolu taşıma maliyeti (\$/ton)
- $raildist_{ij}$ Liman-varış noktası arası demiryolu ile mesafe (km)
- cv Mal bedeli (\$/ton)
- $value$ Demiryolu taşımalarında mal bedeli üzerinden ödenen primaj
- $handling$ Demiryolu vagonu yükleme/boşaltma maliyeti (\$/ton)
- M çok büyük sayı
- $operation_k$ Taşıma modunun yapılması için gereken elleçleme adedi

Notasyon

Karar Değişkenleri

$$\text{charter}_g = \begin{cases} 1 & \text{eğer } g \text{ gemisi kiralanmışsa} \\ 0 & \text{diğer durumlarda} \end{cases}$$

$$\text{mode}_{ijk} = \begin{cases} 1 & \text{eğer } i \text{ limanından } j \text{ noktasına } k \text{ modu kullanılmışsa} \\ 0 & \text{diğer durumlarda} \end{cases}$$

x_{ijk} = i limanından j noktasına k modu ile taşınan mal miktarı

y_{gr} = planlama süresince g gemisinin r rotasında seyir miktarı

L_{gr} = r rotasında seyreden g gemisine yüklenen mal miktarı

U_{igr} = i limanında r rotasındaki g gemisinden boşaltılan mal miktarı

Matematiksel Model

$$\begin{aligned}
 f_1 = & \alpha \left(\sum_{i \in I_0} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K_h} \text{dist}_{ij} x_{ijk} \right) + H \left(\sum_{g \in G} (CR_g + \text{bunker.conp}) \text{charter}_g \right) \\
 & + \text{bunker} \left(\sum_{g \in G} \sum_{r \in R} (\text{cons}_g - \text{conp}) t_{gr} y_{gr} \right) + \text{ULC} \left(\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K \setminus K_s} x_{ijk} \right) \quad (1) \\
 & + \text{LC} \left(\sum_{g \in G} \sum_{r \in R} l_{gr} \right) + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K_r} (\text{railcost}_{ij} + 2x\text{handling} + \text{cvxvalue}) x_{ijk}
 \end{aligned}$$

$$f_2 = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} \text{operation}_k \text{mode}_{ijk} \quad (2)$$

$$\sum_{i \in I_0} \sum_{k \in K \setminus K_s} x_{ijk} = d_j \quad j \in J \quad (3)$$

$$\sum_{i \in P_r} U_{igr} = L_{gr} \quad r \in R, g \in G \quad (4)$$

$$\sum_{j \in J} \sum_{k \in K \setminus K_s} x_{ijk} = \sum_{g \in G} \sum_{r; i \in P_r} U_{igr} \quad i \in I \quad (5)$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{k \in K \setminus K_s} x_{ijk} = \sum_{k \in K_s} x_{0jk} \quad j \in J \quad (6)$$

$$L_{gr} \leq c_g y_{gr} \quad (7)$$

$$\sum_{j \in J} \sum_{k \in K \setminus K_s} x_{ijk} \leq cap_i \quad i \in I \quad (8)$$

$$\sum_{g \in G} \sum_{r \in R} L_{gr} \leq cap_0 \quad (9)$$

$$\sum_{r \in R} \left(t_{gr} y_{gr} + \frac{L_{gr}}{w_0} + \sum_{i \in I} \frac{U_{igr}}{w_i} \right) \leq H \quad g \in G \quad (10)$$

$$\sum_{r \in R} y_{gr} \leq M \cdot charter_g \quad g \in G \quad (11)$$

$$\sum_{g \in G} charter_g \leq N \quad (12)$$

$$x_{ijk} \leq Mxmode_{ijk} \quad i \in I_0, j \in J, k \in K \quad (13)$$

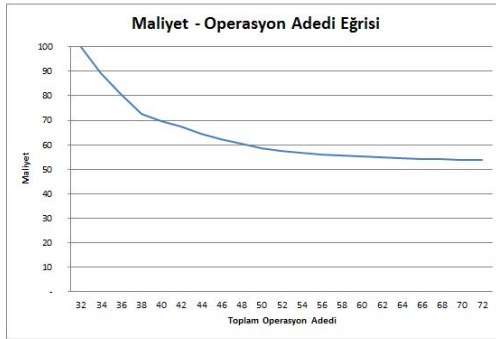
$$L_{gr}, U_{gr}, x_{ijk} \geq 0 \quad g \in G, i \in I_0, j \in J, r \in R, k \in K \quad (14)$$

$$y_{gr} \in 0, 1, 2, \dots \quad g \in G, r \in R \quad (15)$$

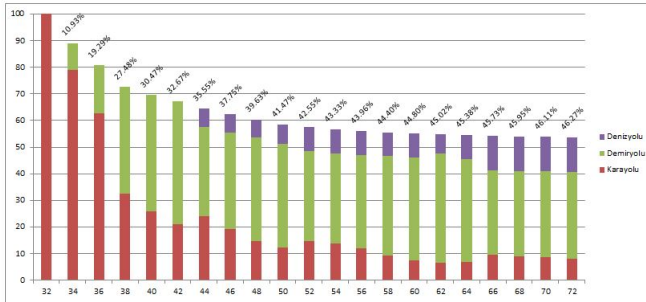
$$\text{charter}_g \in 0, 1 \quad g \in G \quad (16)$$

$$\text{mode}_{ijk} \in 0, 1 \quad i \in I_0, j \in J, k \in K \quad (17)$$

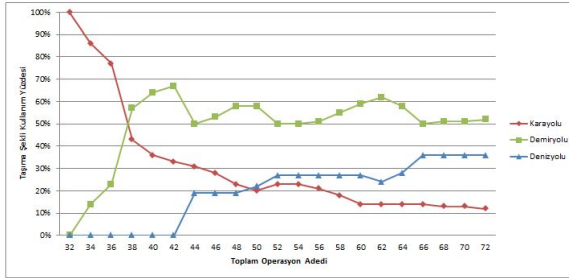
Maliyet-Operasyon Adedi Eğrisi



Grafik 1: Maliyet-Risk Eğrisi



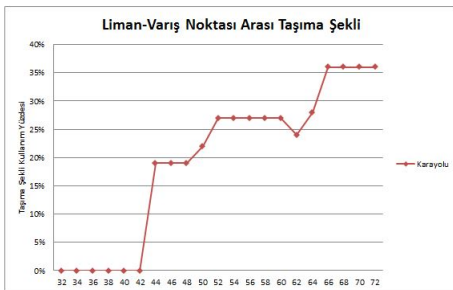
Grafik 2: Taşıma Şekillerine Göre Maliyetler



Grafik 3: Taşıma Şekillerinin Toplam Operasyonlar İçindeki Payı

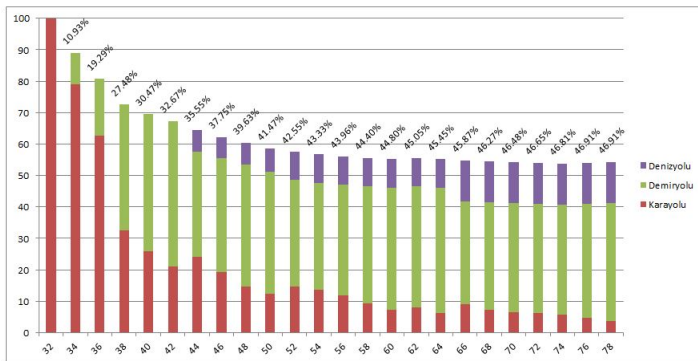
Tablo : Tasarruf-Taşıma Şekli Oranları

f_1	f_2	Tasarruf	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%

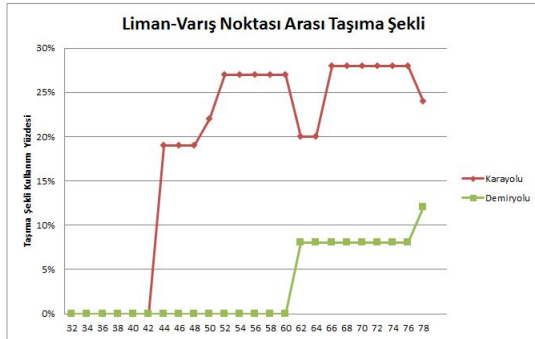


Grafik 4: Liman-Variş Noktası Arası Taşıma Şekli

Senaryo 1: Demiryolu mesafesi 200 km altı olan bölgelerde %25 indirim yapılması

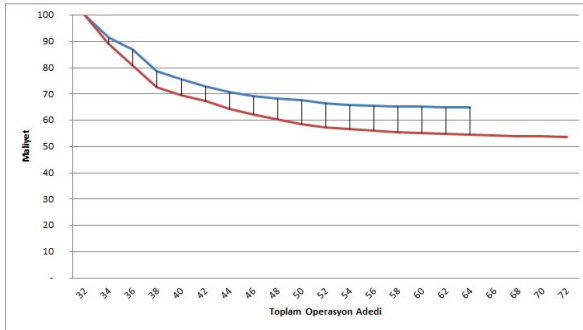


Grafik 5: Taşıma Şekillerine Göre Maliyetler



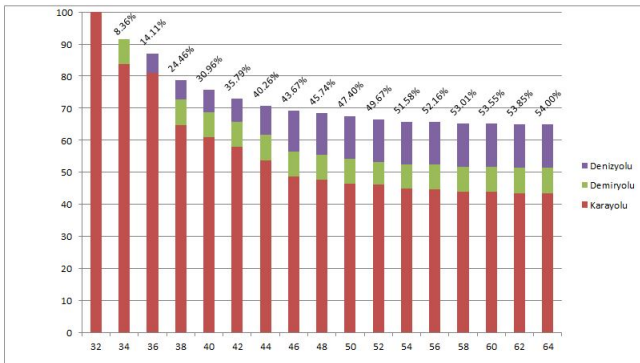
Grafik 6: Liman-Variş Noktası Arası Taşıma Şekli

Senaryo 2: Trenyolu kapasitesi: haftalık 2 blok tren 500x2x52



Grafik 7: Maliyet-Operasyon Adedi Eğrisi

Senaryo 2: Trenyolu kapasitesi: haftalık 2 blok tren $q=500 \times 2 \times 52$



Grafik 8: Taşıma Şekillerine Göre Maliyetler

Tablo : Tasarruf-Taşıma Şekli Oranları

f_1	f_2	Tasarruf	Karayolu	Demiryolu	Denizyolu
100.00	32	0.00%	100%	0%	0%
91.64	34	8.36%	91%	9%	0%
87.07	36	14.11%	86%	0%	14%
78.71	38	24.46%	77%	9%	14%
75.64	40	30.96%	72%	9%	19%
72.93	42	35.79%	69%	9%	22%
70.64	44	40.26%	63%	9%	28%
69.16	46	43.67%	57%	9%	34%
68.37	48	45.74%	56%	9%	35%
67.60	50	47.40%	53%	9%	38%
66.42	52	49.67%	53%	9%	37%

Gelecek Çalışmalar

- Problemi taktiksel olarak ele alarak zaman boyutunu eklemek
- 3. amaç fonksiyonu: Taşıma süresi

Referanslar

Chang, T. S. (2008). Best routes selection in international intermodal networks. *Computers and Operations Research*, 35, 2877–2891.

Crainic, T. G., Kim, K.H. (2005). Intermodal Transportation. *Technology Teacher*, 64, 15–18.

Crainic, T. G., Laporte, G. (1997). Planning models for freight transportation. *European Journal of Operational Research*, 97, 409–438.

Cullinane, K., 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., Marcucci, E. (2007). Attribute cut-offs in freight service selection. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 43, 506–515.

Referanslar

Danielis, R., Marcucci, E., 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., 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.

Referanslar

Özpeynirci, Ö., Üçer, K., Tabaklar, T. (2014). Multimodal freight transportation with ship chartering. *Maritime Economics and Logistics*, 16, 188–206.

Qu, L., Chen, Y., 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.

Stadieseifi, M., Dellaert, N. P., Nuijten, W., Van Woensel, T., Raoufi, R. (2014). Multimodal freight transportation planning: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 233(1), 1–15.

Tuzkaya, U. R., 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.