

ARAÇ ROTALAMA SİSTEMLERİ VE TASARRUF ALGORİTMASI UYGULAMASI

Burak KOSİF*, **İsmail EKMEKÇİ****

Geliş: 18.06.2012

Kabul: 09.07.2012 (Araştırma Makalesi)

ÖZET

Taşımacılığın işletmeler için giderek artan bir maliyet kalemi haline gelmesi ve zamanında teslimatın değer kazanmasından dolayı günümüz işletmeleri lojistik bilimine önem vermiştir. Lojistik yönetiminde en önemli kararlar dağıtım noktalarının rotalanması ve çizelgelenmesi faaliyetidir. Araç rotalama ve çizelgeleme işletmelerin günümüzde araçlardan en etkin şekilde yararlanabilmesi ve pazarda rekabet avantajı kazanması için önemli bir değişkendir.

Bu çalışmanın amacı, araç rotalama ve çizelgeleme yöntemlerinden biri olan “tasarruf algoritması” kullanarak Türkiye’deki önemli bir lojistik firmasının müşteri taleplerinin karşılanmasının optimizesi ve lojistik maliyetlerinin minimize edilmesidir.

Anahtar kelimeler: *Araç rotalama ve çizelgeleme, Lojistik, Dağıtım, Tasarruf Algoritması*

VEHICLE ROUTING SYSTEMS AND SAVING ALGORITHM APPLICATION

ABSTRACT

Because of the produc tsseldom producedandconsumed at thesameplace, logicticactivitiesplay a key role inside supplychain. Themostimportantdesicions in logistics management areroutin gandscheduling of the distribution points.Vehicle routin gandscheduling is an important variable forfirmstosatisfy from the vehicles in an efficient wayandgain a competition advantage.

Thepurpose of thisstudy is todecreaseelogisticactivitiescostforcustomerorder ofone of the mostimportant company in Turkey by usingsavingalgorithmwhich is one of the vehicle routingandschedulingmethods.

KeyWords: *Vehicle Routing andSchedule, Logistic,Saving Algorithm*

Bu çalışma, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü’nde yapılan “Kamyon Türü Üretimi İçin Gerekli Taşıma Ve Lojistik Faaliyetlerinin Optimizasyonu” başlıklı yüksek lisans tezinden hazırlanmıştır.

**Burak Kosif, Burak.Kosif@TR.nestle.com, ** İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mühendislik ve Tasarım Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü. iekmekci@iticu.edu.tr*

1.GİRİŞ

Lojistik genel olarak ürünün ya da hizmetin bir tedarik noktasından çeşitli talep noktalarına taşınması olarak tanımlanmaktadır. Tam bir lojistik sistemi hammaddelerin satıcılardan ya da tedarikçilerden alınarak taşınması, bu hammaddelerin üretim için imalat fabrikalarına dağıtılması, üretilen bu ürünlerin depolara ya da dağıtım merkezlerine aktarılması ve son olarak müşterilere dağıtılmasını kapsamaktadır. Hem dağıtım hem de tedarik prosedürleri etkili bir taşıma yönetimine ihtiyaç duymaktadır. İyi bir dağıtım yönetimi işletmenin toplam dağıtım maliyetlerinde önemli ölçüde bir azalma sağlayabilmektedir (Tan, 2000).

İşletmelerin toplam lojistik maliyetlerinin 1/3 - 2/3'ü dağıtım maliyetlerinden kaynaklandığından, dağıtım ekipmanının ve personelinin etkili ve verimli bir şekilde kullanılması işletme yöneticileri açısından önemli bir ilgi alanı haline gelmiştir. Dağıtım maliyetlerini azaltmak ve müşterilere sunulan servisin kalitesini arttırmak için en kısa zamanı ya da mesafeyi verecek olan, bir aracın şebeke içerisinde izleyeceği en uygun rotayı bulmak günümüzde en çok tartışılan bir konu haline gelmiştir (Ballou, 1999).

Standart bir araç rotalama probleminde depolardan araçlar vasıtasıyla değişik noktalarda bulunan müşteri noktalarının talepleri karşılanmaya çalışılmaktadır. Bunu gerçekleştirirken amaç etkili ve verimli bir şekilde müşteri ihtiyaçlarını mümkün olan en kısa zamanda, en kısa yoldan ve en az maliyetle karşılayan rotayı belirlemektir. Araç rotalama yapılırken şu unsurlar dikkate alınmalıdır:

- Şebeke içerisinde bulunan müşterilerin talepleri tamamıyla karşılanmalıdır.
- Şebekede bulunan her varış noktası tek bir araç tarafından sadece bir defa ziyaret edilmelidir.
- Rota depodan başlamalı ve tekrar depoda sonlanmalıdır.
- Rota üzerinde bulunan müşterilerin toplam talep miktarı aracın toplam kapasitesinden fazla olmamalıdır.
- Her bir araç sadece bir rota üzerinde faaliyet göstermelidir.
- Araç rotalamanın temel amacı araçların kat edecekleri toplam mesafenin minimize edilmesi olmalıdır (Tan, 2000).

Literatürde çok sayıda araç rotalama problemi yer almaktadır. Fakat biz burada sadece bir orijin noktasının ve çok sayıda da dağıtım noktasının bulunduğu şebeke içerisindeki araç rotalama probleminden bahsedeceğiz.

Tek orijin noktası ve çok sayıda varış noktası olan bir şebeke içerisinde araç rotalama iki şekilde yapılabilmektedir. Bunlar tek araçlı araç rotalama ve çok araçlı araç rotalama yöntemleridir.

2. TASARRUF ALGORİTMASI

Clark ve Wright (1964) tarafından geliştirilmiş olan tasarruf algoritması her bir adımda turlar setinin daha iyi bir set elde etmek üzere değiştirilmesine dayanmaktadır. Bu nedenle Clark ve Wright algoritması bir değişim yöntemidir (Toth ve Vigo, 2002).

Yöntemde başlangıç olarak her bir araç için ayrı bir rota oluşturulmakta yani her bir talep noktasına ayrı bir araç ile hizmet verilmektedir. Sonra oluşabilecek en büyük tasarrufa ve uygunluk şartlarına göre iki rota birleştirilmektedir. Burada ifade edilen tasarruflar i ve j düğümlerine iki ayrı araç yerine bir tek araç ile hizmet verilmesi durumunda elde edilecek maliyet azalmasıdır.

Bütün araçların yola çıkıp geri döneceği basit bir depo bulunmaktadır. Müşteri talepleri ve konumları bilinmektedir. Deponun konumu 0 ve müşteri konumları $1, 2, 3, \dots, n$ olarak tanımlanmaktadır. Depodan, her müşteri konumuna gitmenin maliyeti şu şekilde kabul edilir.

C_{0j} = depodan j müşterisine bir yolculuk yapmanın maliyeti.

Metodu tamamlamak için aynı zamanda müşteriler arası yolculuk masraflarının bilinmesi gerekmektedir. Bu durumda aşağıdaki bilinen sabitler kabul edilecektir.

C_{ij} = i konumundaki müşteriden j müşterisine bir yolculuk yapmanın maliyeti

Amaca ulaşmak için, her $1 < i, j < n$ için $c_{ij} - c_{ji}$ olduğu durum düşünülecektir. Bu durumun her koşulda geçerli olmadığı unutulmamalıdır, örneğin tek yönlü caddeler varsa, i 'den j 'ye olan mesafe, j 'den i 'ye olan mesafeden farklı olabilir.

3. UYGULAMA

Araç rotalaması lojistik firmasının Güzeller Organize Sanayi bölgesindeki Gebze-7 deposundan 13 farklı tedarikçiye yapılacaktır. Tedarikçi noktaları Bursa, Eskişehir, İstanbul, İzmir, Gebze bölgeleridir. İstanbul'un büyüklüğü göz önüne alınarak İstanbul-Anadolu yakası, İstanbul Avrupa yakası olarak ayrılmıştır.

Modelleme yapıldıktan sonra, elde edilecek sonuçlar, mevcut sistem ile karşılaştırılacaktır. Lojistik firmasında söz konusu projede milk-run toplamasını optimize etmek için "Roadshow Enterprise 8.1.2" paket programını kullanılmaktadır. Milk-run toplamasının yapılacağı müşteri firmaların isimlerinin kodları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Tedarikçi İsimleri ve Kodları

	Kod
Depo	0
Altan Plastik	1
Arıkan	2
Coşkunöz	3
Galsan	4
Güngör Oto	5
Kipsan	6
Onaysan	7
Özkurt	8
Pressan	9
SaBa	10
Sarıgözoğlu	11
Şahince	12
Takosan	13

Tasarruf algoritmasını uygulamak için birinci aşama olarak tedarikçi firmaların koordinatları belirlenmiştir. Ayrıca her bir tedarikçiden alınacak yükün hacim bilgileri de listelenmiştir. Tablo 2’de tedarikçilerin koordinat ve toplanacak yüklerin hacim bilgileri bulunmaktadır.

Tablo 2. Koordinatlar ve Talep miktarları

	Kod	X	Y	Talep(m3)
Depo	0	40,88	29,35	-
Altan	1	41,07	28,62	22
Arıkan	2	39,78	30,58	30
Coşkunöz	3	40,24	28,96	20
Galsan	4	40,86	29,43	35
Güngör oto	5	40,82	29,47	42
Kipsan	6	40,91	29,26	29
Önaysan	7	41,01	28,97	39
Özkurt	8	41	28	17
Pressan	9	41,08	28,8	55
Saba	10	41,01	28,96	51
Sarıgözoğlu	11	41,04	28,85	40
Şahince	12	40	28	32
Takosan	13	41,03	28,87	15

Koordinatları belirlenen noktaların birbirleri arasındaki uzaklık ilişkisi en kısa öklit bağlantısına göre Tablo 3’de verilmiştir. Birbirleri arasındaki uzaklık değerleri, iki nokta arasındaki doğrunun uzunluğunu bulmak için kullanılan formül, yardımıyla belirlenmiştir. Daha sonraki aşamada $1 \leq i < j < 14$ durumu için tüm (i,j) çiftleri için tasarruflar hesaplanır. Tablo 4’de oluşturulan tasarruf matrisi görülmektedir. Örneğin; $s(1, 2) = c_{01} + c_{02} - c_{12} = 0,75 + 1,65 - 2,11 = 0,29$ olarak hesaplanır. Diğer tasarruflar da hesaplandıktan sonra, toplu sonuçlardan oluşan tasarruf matrisi oluşturulur. Daha sonra bu değerler çoktan aza doğru sıralanarak, rotalar oluşturulmaya başlanacaktır.

Tablo 3. Uzaklık Matrisi

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0														
1	0,75													
2	1,65	2,11												
3	0,75	1,08	1,68											
4	0,08	0,21	1,58	0,78										
5	0,13	0,26	1,52	0,77	0,06									
6	0,09	0,16	1,74	0,73	0,18	0,23								
7	0,40	0,06	2,03	0,77	0,48	0,53	0,31							
8	1,36	0,07	2,85	1,22	1,44	1,48	1,26	0,97						
9	0,59	0,01	2,20	0,86	0,67	0,72	0,49	0,18	0,80					
10	0,41	0,06	2,03	0,77	0,49	0,54	0,32	0,01	0,96	0,17				
11	0,52	0,03	2,14	0,81	0,61	0,66	0,43	0,12	0,85	0,06	0,11			
12	1,61	1,57	2,59	0,99	1,67	1,68	1,55	1,40	1,00	1,34	1,39	1,34		
13	0,50	0,04	2,12	0,80	0,59	0,64	0,41	0,10	0,87	0,09	0,09	0,02	1,35	

Tablo 4. Tasarruf Matrisi

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1													
2	0,30												
3	0,43	0,72											
4	0,62	0,15	0,05										
5	0,63	0,26	0,11	0,16									
6	0,69	0,01	0,11	0,00	0,00								
7	1,10	0,03	0,38	0,00	0,00	0,19							
8	2,04	0,15	0,88	0,00	0,01	0,19	0,79						
9	1,33	0,03	0,48	0,00	0,00	0,19	0,80	1,14					
10	1,11	0,03	0,39	0,00	0,00	0,19	0,80	0,81	0,82				
11	1,25	0,03	0,47	0,00	0,00	0,19	0,80	1,03	1,05	0,82			
12	0,80	0,67	1,37	0,03	0,06	0,15	0,61	1,97	0,85	0,63	0,79		
13	1,22	0,03	0,46	0,00	0,00	0,19	0,80	0,99	1,00	0,82	1,01	0,76	

Tasarruf değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanır ve tasarruf matrisi oluşturulduktan sonra, ilk olarak en büyük tasarruf olan değerden hesaplamaya başlanır. Tablo 5’de tasarruf adımları gözükmektedir. İki rota talepleri karşılandığı sürece rota birleştirmesine devam edilir. Kapasite aşıldığında, bir sonraki en yüksek tasarruf değerine geçilerek iterasyona devam edilir.

İlk adımda en yüksek tasarruf değeri 2,04’ü sağlayan 1 ve 8 numaralı tedarikçilerin rotaları birleştirilir. 1 numaralı tedarikçinin talep miktarı 22 m^3 8 numaralı tedarikçinin talep miktarı 17 m^3 toplandığında 39 m^3 , araç kapasitesi olan 90 m^3 ’ü geçmemektedir. Bunun anlamı 1 ve 8 numaralı tedarikçilerin rotalarının birleştirilmesi olurlu bir çözüm demektir. İterasyona devam edildiğinde 1,97 tasarruf değerini sağlayan 8 ve 12 numaralı tedarikçilerin talep miktarına bakıldığında, bir önceki iterasyonda 8 numaralı tedarikçinin talebi ile 1 numaralı tedarikçinin talebi birleştirildiğinden, 1.97 tasarruf değerinin iterasyonunu hesaplarken 8 numaralı tedarikçi talebinin 39 olarak alınması gerekmektedir. $39+31=71 \text{ m}^3$ talep araç kapasitesini geçmediğinden 12 numaralı tedarikçide 1 ve 8 numaralı rotaya eklenir. İterasyona bu şekilde devam edilerek Tablo 5’e açıklamalar eklenerek sevkiyatın rotaları belirlenir.

Tablo 5. Tasarruf Adımları

Tasarruf değeri	Konum i	Konum J	Talep	Hareket
2,04	1	8	39	1 ve 8 i birleştir
1,97	8	12	71	1,8 ve 12 yi birleştir
1,37	3	12	91	Araç kapasitesini aşar
1,33	1	9	126	Araç kapasitesini aşar
1,25	1	11	111	Araç kapasitesini aşar
1,22	1	13	86	1,8,12 ve 13 ü birleştir
1,14	8	9	141	Araç kapasitesini aşar
1,11	1	10	137	Araç kapasitesini aşar
1,10	1	7	125	Araç kapasitesini aşar
1,05	9	11	95	Araç kapasitesini aşar
1,03	8	11	126	Araç kapasitesini aşar
1,01	11	13	126	Araç kapasitesini aşar
1,00	9	13	141	Araç kapasitesini aşar
0,99	8	13		Aynı rotadalar.
0,88	3	8	106	Araç kapasitesini aşar
0,85	9	12	227	Araç kapasitesini aşar
0,82	9	10	192	Araç kapasitesini aşar
0,82	10	11	91	Araç kapasitesini aşar
0,82	10	13	192	Araç kapasitesini aşar
0,81	8	10	137	Araç kapasitesini aşar
0,80	1	12		Aynı rotadalar.
0,80	7	9	180	Araç kapasitesini aşar
0,80	7	10	90	7 ile 10 u birleştir
0,80	7	11	130	Araç kapasitesini aşar
0,80	7	13	176	Araç kapasitesini aşar
0,79	7	8	176	Araç kapasitesini aşar
0,79	11	12	126	Araç kapasitesini aşar
0,76	12	13		Aynı rotadalar.

0,72	2	3	50	2 ile 3 ü birleştir.
0,69	1	6	115	Araç kapasitesini aşar
0,67	2	12	136	Araç kapasitesini aşar
0,63	1	5	128	Araç kapasitesini aşar
0,63	10	12	176	Araç kapasitesini aşar
0,62	1	4	121	Araç kapasitesini aşar
0,61	7	12	176	Araç kapasitesini aşar
0,48	3	9	105	Araç kapasitesini aşar
0,47	3	11	90	2,3 ve 11 i birleştir
0,46	3	13	136	Araç kapasitesini aşar
0,43	1	3	136	Araç kapasitesini aşar
0,39	3	10	140	Araç kapasitesini aşar
0,38	3	7	140	Araç kapasitesini aşar
0,30	1	2	136	Araç kapasitesini aşar
0,26	2	5	92	Araç kapasitesini aşar
0,19	6	7	119	Araç kapasitesini aşar
0,19	6	8	115	Araç kapasitesini aşar
0,19	6	9	84	6 ile 9 u birleştir
0,19	6	10	174	Araç kapasitesini aşar
0,19	6	11	124	Araç kapasitesini aşar
0,19	6	13	170	Araç kapasitesini aşar
0,16	4	5	77	4 ile 5 i birleştir
0,15	2	4	167	Araç kapasitesini aşar
0,15	6	12	170	Araç kapasitesini aşar
0,15	2	8	176	Araç kapasitesini aşar
0,11	3	5	167	Araç kapasitesini aşar
0,11	3	6	174	Araç kapasitesini aşar
0,06	5	12	163	Araç kapasitesini aşar

Aynı değerli tasarrufların sıralaması keyfi olarak yapılmakta olup, hesaplamada herhangi bir değişikliğe sebep vermemektedir.

Aynı rotada olan konumlar değerlendirmeye katılmaz ve iterasyona devam edilir. İterasyona bütün talepler karşılanana kadar devam edilir. İterasyonda kapasitenin aşıldığı durumlar olurlu çözüm olmadığı durumlardır. Bu durumlarda rota birleştirilmesine katılmaz ve Tablo5’de “Araç kapasitesini aşar” şeklinde belirtilir.

İterasyon sonucunda, tedarikçilerin talepleri 5 rotada karşılanmıştır: (1-8-12-13),(2-3-11),(4-5) ,(6-9) ve (7-10). Her rota için 90 m³’lük 1 araç kullanılarak, toplamda 5 araç ile bütün talepler karşılanmıştır.

Yapılan optimizasyon sonucu toplam mesafe ve maliyetlendirilmesi Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Mesafeler ve Maliyetleri

Rota	Rota mesafesi(km)	35/100 (100 km'de yakılan litre)	Mazot fiyatı/litre	Maliyet
1,8,12,13	209	0,35	3,4	248,71 TL
2,3,11	985	0,35	3,4	1.172,15 TL
4,5	15	0,35	3,4	17,85 TL
6,9	219	0,35	3,4	260,61 TL
7,10.	59	0,35	3,4	70,21 TL
Toplam	1487			1.769,53 TL

4. SONUÇ

Tasarruf algoritması ile optimize edilen planlama sonucunda 5 tır ile 5 rota üzerinden gidilerek toplam da 427 m³ talep karşılanmıştır. Toplam mesafe 5 rota için 1.487 km olarak hesaplanmıştır. Milk-run toplamasının toplam yakıt maliyeti 1.769,53 TL olarak bulunmuştur.

Yapılan çalışma optimize edilmeden önceki planlama ile karşılaştırıldığında 650TL'lik bir kar kazanıldığı hesaplanmıştır. Planlama yapılmadan önceki durum incelendiğinde, birbirine yakın fakat talepleri 50-55 m³'ü bulan firmalar için ayrı iki 60m³ kapasiteli ufak araç organize edildiği görülmüştür. Bu durum hem araç sayısını hem de sürücü sayısını artırmaktadır. Dolayısıyla yakıt ve sürücü maliyetleri de artış göstermektedir.

KAYNAKÇA

Ballou, R.H.,1999, Business LogisticsManagement:Planning, Organizingand Controlling TheSupply Chain, McGraw-Hill.

Bowersox, D.J.,Closs D.J.,1996, Logistical Management-TheIntegrated Supply Chain Process, McGraw-Hill Companies, Inc., New York.

Erel, R.,1995, Taşıt Rotalaması ve Çizelgelemesi: Otobüsle Kentler arası Yolcu Taşımacılığı için Bir Model, *Doktora Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul.

Eryavuz, M., 2001, Araç Rotalama Problemi ve Örnek Bir Uygulama, *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Ankara.

Kaya, T., 2005, Denizyolu Taşımacılığında Yolcu Talebine Bağlı Taşıt Rotalama ve Çizelgeleme, *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İstanbul.

Kocaoğlu, B., 2003, Üçüncü Parti Lojistik Yönetim Sistemlerinde Dağıtım Planlaması Faaliyetleri ve Türkiye'deki Firmaların Uygulamada Karşılaştığı Sorunların Analizi, *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İstanbul.

Tan, K.C., 2000, A Framework of Supply Chain Management Literature, *European Journal of Purchasing Supply Management*.