



Article Info/Makale Bilgisi

✓Received/Geliş: 27.07.2017 ✓Accepted/Kabul: 10.10.2017

DOI: 10.30794/pausbed.414850

Araştırma Makalesi/ Research Article

SABİT MALİYETLİ ULAŞTIRMA PROBLEMLERİ İÇİN BALİNSKİ YÖNTEMİ UYGULAMASI

Mert DEMİRCİOĞLU*, İbrahim Tolga ÇOŞKUN**

Özet

Taşıma maliyetlerinin doğru bir şekilde hesaplanıp en uygun dağıtımın yapılması, işletmelerin daha hızlı büyümelerinde ve mevcut durumda karlarını maksimize edebilmelerinde önem arz etmektedir. Bu çalışma doğru güzergahları belirleyerek taşıma maliyetlerinin azaltılması ile ilgilidir. Çalışmada kullanılan yöntem ile uygun rotaların belirlenmesi için ulaştırma problemlerinde sabit maliyetleri de ele alınmıştır. Çalışmada sabit maliyetler ve sabit maliyetli ulaştırma problemleriyle ilgili mevcut literatür incelenmiştir. Sabit maliyetli ulaştırma problemlerinin çözümüne dair geliştirilen bazı algoritmalara değinilmiş ve ulusal düzeyde faaliyet gösteren bir şirketin mevcut dağıtım planındaki maliyetler ortaya konulmuştur. Balinski yöntemiyle oluşturulan yeni dağıtım planı belirlenerek ve dağıtım planları ile taşıma maliyetleri karşılaştırılmıştır. Belirlenen yeni dağıtım planı ile firmanın mevcut durumdaki maliyetlerinden daha düşük maliyette taşıma yapılabildiği ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Ulaştırma Problemleri, Sabit Maliyet, Balinski Yaklaşımı.

BALINSKI METHOD APPLICATION FOR FIXED CHARGED TRANSPORTATION PROBLEM

Abstract

To be able to improve the business and maximize their profit in their current situation, calculation of transportation costs correctly and making optimal distribution is important. This study is related with the reduction of transportation costs by determining correct route. The method used in this study also examines the fixed costs in order to determine appropriate route of transportation problems. In this study, the existing literature related with the fixed costs and fixed charged transportation problems were examined. Some algorithms about fixed charged transportation problems solving were explained and the costs of the current distribution plan by using Balinski method was determined and transportation costs were compared with distribution plan. It has been shown that firm can transport at a lower cost than current costs by using new distribution plan.

Keywords: Transportation Problems, Fixed Cost, Balinski Approach.

*Dr.Öğr. Üyesi, Çukurova Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, ADANA.

e-posta: mdemircioglu@cu.edu.tr

**Arş. Gör., Çukurova Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, ADANA.

e-posta: tcoskun@cu.edu.tr

1.GİRİŞ

Ulaştırma modeli, doğrusal programlamanın özel bir şeklidir. Ulaştırma modelinin amacı, işletmenin elindeki üretim kaynaklarını gerekli kullanım yerlerine aktararak, toplam taşıma maliyetlerinin minimum olmasını sağlamaktır. Ulaştırma modeliyle, kaynakların üretim merkezlerinden, tüketim merkezlerine en az maliyetle en uygun dağıtım yapılması amaçlanır. (Öztürk, 2012: 427).

Ulaştırma modelinde, fabrikaların mevcut üretim kapasitesi ile satış bölgelerindeki tüketicilerin talepleri dikkate alınarak dağıtım işlemi yapılmaktadır. Ulaştırma modeli, her zaman için en düşük maliyetli taşıma planını sağlamayabilir. Bu model, eldeki mevcut imkanlar ve kaynaklara göre arz ve talep gözönüne alınarak minimum maliyetli taşıma yapılmasını hedefler.

Ulaştırma modeli; işlerin makinelere dağıtımı, şebeke ağı problemleri, üretim planlaması, işletmelerde kuruluş yerinin seçimi, üretim tüketim (arz-talep) merkezleri arasında optimal ürün dağıtımının sağlanması gibi alanlarda sıkça kullanılmaktadır. Bu geniş kullanım alanlarında taşıma problemlerine konu olan ve bir çok işletmenin karşılaştığı sorun, maliyetlerin istenildiği ölçüde azaltılamamasıdır. Bunun en önemli nedenlerinden birisi ise değişken maliyetlerin ön plana çıkıp sabit maliyetlerin gözardı edilmesidir.

Çalışmanın yürütüldüğü firmanın dağıtım planı incelendiğinde; sabit maliyetlerin göz ardı edilmesi nedeniyle, maliyet minimizasyonunun ve kar maksimizasyonunun arzu edilen düzeyde olmadığı görülmüştür.

Bu araştırmada ise değişken maliyetlerle birlikte sabit maliyetler de ele alınmış ve ulusal düzeyde faaliyetlerini yürüten, 3 ayrı noktadaki fabrikada üretimi yapılan ürünlerin 24 talep noktasına ürün dağıtımını gerçekleştiren şirketin, dağıtım sürecinde sabit ve değişken maliyetler birlikte incelenerek ve maliyet minimizasyonu yapılmaya çalışılmıştır.

2.SABİT MALİYETLİ ULAŞTIRMA PROBLEMİ

Ulaştırma problemlerinde sabit maliyetler, taşınan ürünün miktarı ile ilgili olmayan, herhangi bir rota veya güzergahta taşıma faaliyeti yapıldığı müddetçe ortaya çıkan maliyetlerdir. Diğer bir deyişle herhangi bir taşıma işleminde 1 birimlik mal da taşınsa, 1000 birimlik mal da taşınsa katlanılması zorunlu olan maliyetlerdir. Ulaştırmada sabit maliyetler şu şekildedir: Sermaye maliyeti, araç sigorta-kasko maliyeti, taşınanan ürün sigorta maliyeti, garaj ve park ücretleri, vergiler, şoför giderleri, lisans harçları, takip hizmetleri maliyeti (gps araç takibi) ve köprü-otoyol geçiş ücretleri olarak sayılabilir (Orhon, 1983).

Sabit maliyetli ulaştırma problemleri ile ilgili literatüre geçmiş ilk çalışma Michel L. Balinski tarafından 1961 yılında yapılmıştır. Balinski'nin Sabit Maliyetli Ulaştırma Problemleri isimli çalışması, sonraki dönemlerde, sabit maliyetli ulaştırma problemlerinin çözümüne dair birçok yeni geliştirilen algoritmalar için de kaynak olmuş ve geliştirilen çözüm yöntemleri ya bu çalışmadaki model üzerine kurulmuş ya da algoritmaların çözüm aşamalarında Balinski yöntemi kullanılmıştır.

Sabit maliyetli ulaştırma problemlerinin çözümü için önerilen algoritmalarda çoğunlukla dal-sınır metodları esas alınmıştır. Hirsch (1961) makalesinde sabit maliyetlere değinmiş, fakat bu çalışma doğrudan ulaştırma modellerini baz alan bir çalışma olmamıştır. Spielberg (1964) "Sabit Maliyetli Ulaştırma Problemi Üzerine" isimli makalesinde önerdiği genel iterasyon ile problem yapısını 0-1 tam sayılı programlama problemi haline dönüştürüp, doğrusal programlama yardımı ile de yasak yolların olduğu taşıma problemi haline dönüştürmüştür.

Cooper ve Drabes (1967) makalelerinde sabit maliyetli ulaştırma problemleri için doğrusal programlamada kullanılan simpleks metodu yardımıyla bir çözüm geliştirmişlerdir. Hirsch ve Danzig (1968), sabit maliyetli ulaştırma problemlerinin doğrusal programlama problemine indirgenebilir olduğunu optimal çözüme dair kısıtların uç noktalarda olacağını ortaya koymuşlardır. Steinberg (1970) çalışmasında Cooper ve Drabes (1967)'in çalışmasını genişleterek dal-sınır yöntemine dayalı bir çözüm algoritması önermiştir. Gray (1971), karma tamsayılı programlama problemlerini, tamsayılı programlama dizisine ya da ulaştırma alt problemlerine ayırarak çözüm aramış ve incelenmesi gereken nokta sayısını azaltmak için; sabit maliyetlerin maksimum ve minimum olduğu sınırlar üzerinde inceleme yapmıştır. Kennington (1976), Kennington ve Unger (1976) dal-sınır tekniğine dayalı bir algoritma geliştirerek, sabit maliyetli ulaştırma problemlerinin doğrusal programlama yardımıyla çözülebileceğini ortaya koymuşlardır. Robers (1976) Balinski'nin yaptığı çalışmada optimal çözüme ne kadar yakın olduğunu bilmediğini ve alt-üst sınırların çizilmediğini belirterek komşu uç noktası tekniğini kullanarak daha hassas sonuçlar elde etmiş, uyguladığı teknik ile birçok örnekte optimal sonuca ulaşmıştır.

Walker (1976); Steinberg (1970), Cooper(1975), Denzler (1969) 'in Simpleks Algoritmasına dayalı yerel optimal çözümleri geliştirmiş ve ekstrem noktalardan atlayarak iki ya da üç ekstrem nokta üzerinde daha iyi bir sonuç aramıştır. Barr (1979) da yaptığı çalışma ile dal-sınır tekniğine dayalı bir çözüm önermiş, ayrıca bu çalışmayı 1981'de yaptığı çalışmada geliştirerek büyük ölçekli sabit maliyetli ulaştırma problemleri için optimizasyon modeli oluşturmuştur. Sadagapon (1982) , Murty'nin uç nokta sıralama düzenini ve Balinski yaklaşımını geliştirerek yeni bir çalışma ortaya koymuştur. Sun (1998), sezgisel yöntemler kullanarak Steinberg ve Palekar'ın araştırmalarını geliştirmiştir. Diaby (1991) orta ve büyük ölçekli problemleri çözmek için sezgisel bir yöntem geliştirmiştir. Ayrıca son yıllarda Adlakha, Kowalski ve Lev'in sabit maliyetler ve sabit maliyetli ulaştırma problemlerinin çözümüne dair geliştirdikleri algoritmaları içeren çok sayıda çalışmaları olmuştur. Bunlardan bazıları şunlardır:

Kowalski ve Lev tarafından 2007 yılında yayınlanan "Sabit Maliyetli Problemler İçin Yeni Yaklaşım" isimli çalışmada, atama problemlerinde kullanılan macar algoritmasını sabit maliyetlerin olduğu matrise uygulamıştır.

Adlakha ve Kowalski tarafından 1999 'da yayınlanan Sabit Maliyetli Ulaştırma Problemleri Üzerine olan çalışmasında ise; ön eleme algoritmasına değinilmiştir.

Adlakha, Kowalski, Vemuganti ve Lev tarafından 2007 yapılan çalışmada, Charnes ve Klingman (1971)'in klasik ulaştırma problemleri üzerinde yaptıkları 'More For Less' paradoksunun geliştirilmesiyle sabit maliyetli ulaştırma problemlerinin çözümünde, farklı bir algoritma oluşturulmuştur.

Adlakha, Kowalski ve Lev tarafından 2010 yılında yapılan, sabit maliyetli ulaştırma problemleri için dallandırma metodu isimli çalışma ile ilgili tarihe kadar yapılan dallandırma ve dal-sınır metodu ile sabit maliyetli ulaştırma problemlerinin çözümü için geliştirilen algoritmalara yeni bir bakış açısıyla yaklaşmış ve uygulanan örnek için optimale yakın bir sonuç elde edilmiştir.

3.YÖNTEM

Ulaştırma Problemlerinin optimal çözümünü veren metodlar olmasına rağmen, halen büyük boyuttaki sabit maliyetli ulaştırma problemlerinin optimal sonuçlarını veren bir yöntem bulunmamaktadır. Sabit maliyetli ulaştırma problemlerinin çözümüne dair geliştirilen yöntemlerin birçoğunda, geliştirilen algoritmaların içerisinde Balinski yaklaşımı kullanılmaktadır. Balinski yöntemi her sabit maliyetli ulaştırma problemi için optimal çözümü vermemekle beraber, halihazırda geliştirilen yöntemlerden en pratiği ve kolayı olmasına rağmen, bir çok uygulamada doğrudan optimal sonuca ulaşılmıştır.

Klasik ulaştırma problemlerine benzer yapıda olan sabit maliyetli ulaştırma problemlerinde de, m (i=1,2,...,m) tedarikçi ve n (j=1,2,...,n) müşteri olmak üzere, i tedarikçisi (kaynak) tarafından sunulan her arz α_i birim ve j müşterisi (hedef) tarafından istenen her talep birimdir. j müşterisine i satıcısı tarafından gönderilen malın miktarı da X_{ij} ile gösterilir. X_{ij} birimlik malın taşıma maliyeti 2 kısımdan oluşur. Birincisi taşınan ürün miktarına göre değer alan ve değişken maliyet olarak adlandırılan c_{ij} . Diğeri ise i-j güzergahında taşıma yapılması halinde ortaya çıkan ve sabit maliyet olarak adlandırılan f_{ij} . Burada amaç verilen tüm arz kısıtları doğrultusunda tüm talep kısıtlarını minimum maliyetle karşılamaktır.

Sabit maliyetli ulaştırma problemlerinin genel modeli şu şekilde formülize edilir:

$$Z_{\min} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (c_{ij}x_{ij} + f_{ij}y_{ij})$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad \text{ve} \quad \sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j \quad (j = 1, 2, \dots, n)$$

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j$$

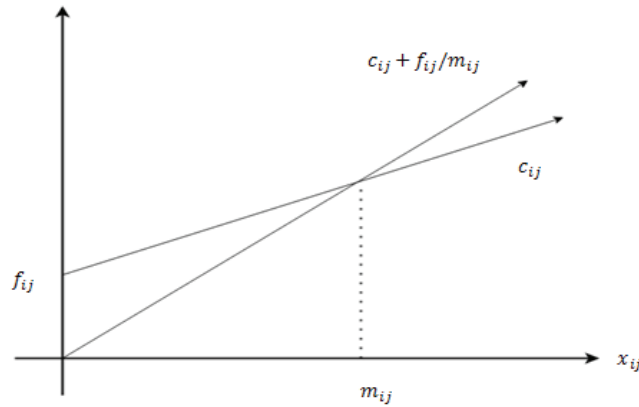
$$y_{ij} = \begin{cases} 0 & x_{ij} = 0 \\ 1 & x_{ij} > 0 \end{cases} \text{ ise } x_{ij} \geq 0, i = 1, 2, \dots, m \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}, f_{ij} \geq 0, i = 1, 2, \dots, m \quad j = 1, 2, \dots, n$$

Yukarıda da anlatıldığı gibi; m adet arz noktasından, n adet talep noktasına arz noktası i'den, talep noktası j'ye bir birim mal gönderme maliyeti c_{ij} olarak gösterilmiştir. arz noktası i nin a_i (i=1,2,...,m) birim kapasitesi ve talep noktası j lerin b_j (j=1,2,...,n) birim talep olarak gösterilmiştir.Amaç en küçük toplam maliyet için rotaları ve bu rotalardaki mal miktarını belirlemektir.

Sabit maliyetli ulaştırma problemlerini, klasik ulaştırma problemi şekline dönüştüren yöntemdir. Sabit maliyetli ulaştırma problemleri için geliştirilen çözüm yöntemlerinden Balinski doğrusal yaklaşımında, bir önceki bölümde anlatılan matematiksel yapıdaki kısıtlara ek olarak; $x_{ij} \leq m_{ij}, y_{ij} = \min(a_i, b_j)$ ($i = 1, 2, \dots, m$) ($j = 1, 2, \dots, n$) ile Şekil 1.'deki grafik oluşur (**Kaynak:** Balinski, 1961). Düşey ekseninde bulunan f_{ij} sabit maliyet değeri, taşınan ürün miktarı ile orantılı olarak c_{ij} doğrusunu oluşturmaktadır. Balinski yaklaşımı ile $C_{ij} = c_{ij} + f_{ij}/m_{ij}$ formülü kullanılarak orjin noktasından çıkan doğru oluşmakta olup, bu doğru (C_{ij}) ile c_{ij} doğrusunun kesiştiği noktanın arz-talep değerlerinin minimumu olan değeri olduğu görülmektedir.

Şekil 1: Balinski yaklaşım grafiği



Bu gevşeme altında birim taşıma maliyeti $C_{ij} = c_{ij} + f_{ij}/m_{ij}$ ile sabit maliyetli ulaştırma problemi, içinde sabit maliyetlerin de bulunduğu klasik ulaştırma problemi şekline dönüşür. Bundan sonraki süreçte ise ulaştırma problemlerinin bilinen çözüm yöntemleri uygulanır. Balinski metodunun uygulandığı bazı örneklerde optimal sonuç, bazılarında ise optimale çok yakın sonuçlar elde edilmiştir. Uygulanabilirliğinin kolay ve hızlı olması, optimal ya da optimale yakın sonuçlar elde edilmesi nedeniyle de sonraki geliştirilen bir çok çözüm algoritmasında kullanılmıştır.

Balinski çalışmasında sabit ve değişken maliyetlerin bir arada bulunduğu ulaştırma problemlerinde; her hücrede bulunan sabit maliyeti, o hücreye karşılık gelen arz ve talep miktarından küçük olana oranlayıp, o hücrede bulunan değişken maliyete eklenmesiyle yeni bir sayı elde etmiş ve bunu bütün hücrelere uygulamıştır. İkili değişken şeklinde; değişken ve sabit maliyetlerin bir arada bulunduğu 2 değişkenli değeri, tek değişkenli değer haline getirmiştir. Değişken maliyetli, standart ulaştırma problemi haline dönüşen problem, klasik ulaştırma problemi çözüm yöntemleri ile çözüldüğünde optimal çözümden büyük ya da eşit bir sonuç bulunur. Balinski'nin geliştirdiği bu yöntem ile birçok sabit maliyetli ulaştırma problemlerinin çözümünde optimale yakın sonuçların hızlı ve basit bir şekilde elde edildiği görülmüştür. (Balinski, 1961: 41-54)

Balinski'nin aynı yayınında bulunan örnek uygulama şu şekildedir:

4 arz ve 3 talep merkezinin bulunduğu, sabit ve değişken maliyetlerin bulunduğu dengeli yapıdaki ulaştırma tablosu Tablo 1.'de verilmiştir.

Tablo 1. Ulaştırma maliyetleri ve arz-talep miktarları

P_{ij}, Q_{ij}	Talep-I	Talep-II	Talep-III	e_j
Arz-I	(10,2)	(30,3)	(20,4)	10
Arz-II	(10,3)	(30,2)	(20,1)	30
Arz-III	(10,1)	(30,4)	(20,3)	40
Arz-IV	(10,4)	(30,5)	(20,2)	20
d_j	20	50	30	

$(P_{ij}, Q_{ij}) = (\text{sabit maliyet}, \text{değişken maliyet})$

$e_i = \text{arz miktarları } (i=1,2,3,4)$

$d_j = \text{talep miktarları } (j=1,2,3)$ olmak üzere;

$C_{ij} = Q_{ij} + P_{ij} / \min(e_i, d_j)$, formülü uygulanırsa, 2 değişkenli olan bu yapı Tablo 2.'deki şekle dönüşür.

Tablo 2. Balinski maliyet matrisi

C_{ij}	Talep-I	Talep-II	Talep-III	e_i
Arz-I	3	6	6	10
Arz-II	3,5	3	1,67	30
Arz-III	1,5	4,75	3,67	40
Arz-IV	4,5	6,5	3	20
d_j	20	50	30	

Balinski Maliyet Matrisi ile normal ulaştırma problemine dönüşen yapı, optimale ulaştıran bilinen yöntemlerle çözüldüğünde ise Tablo 3.'te bulunan dağıtım planı elde edilir.

Tablo 3. Dağıtım planı matrisi

	Talep-I	Talep-II	Talep-III	e_i
Arz-I	0	10	0	10
Arz-II	0	20	10	30
Arz-III	20	20	0	40
Arz-IV	0	0	20	20
	20	50	30	

Bu dağıtım planında, taşınacak miktarlar ile değerleri çarpılıp, olarak verilen sabit maliyet değerleri toplandığında oluşacak dağıtım maliyeti 360 dır. Bu değer optimal çözüm olmayıp optimale yakındır.

4. UYGULAMA

Dağıtım planı incelenen firma ulusal düzeyde hizmet vermekte olup, çoğunlukla gıda sektöründe, bozulabilir ürünlerin üretimini gerçekleştirmektedir. Firmanın 3 farklı noktada üretim tesisi bulunmakta olup üretilen ürünlerin 24 merkezi talep noktasına ürün gönderimini sağlamaktadır. Eskişehir, İzmir ve Şanlıurfa illerinde bulunan fabrikaları Ekler Bölümünde bulunan Tablo 4-5-6-7.'de sırasıyla A1, A2 ve A3 olarak, İzmir, Balıkesir, Manisa, Denizli, Aydın, Antalya, Şanlıurfa, Adana, Gaziantep, Diyarbakır, Mardin, Van, Eskişehir, Bursa, Afyonkarahisar, İstanbul, Sakarya, Ankara, Kastamonu, Konya, Samsun, Kayseri, Trabzon ve Erzurum illerinde bulunan talep merkezlerini ise Tablo 4-5-6-7.'de sırasıyla T1, T2, ... , T24 olarak adlandırmıştır.

Balinski yaklaşımıyla kurulan model doğrultusunda çözüm aşamasına geçilmeden önce araçların km başına ve günlük maliyetleri belirlenmiştir. Hesaplanan maliyetler sonrasında fabrikalarla talep noktaları arasındaki mesafeler dikkate alınarak her güzergah için sabit ve değişken maliyetler tablosu oluşturulmuştur. Son olarak firmanın mevcut durumdaki Tablo 1'de belirtilen dağıtım planı, Balinski yöntemi ile belirlenen dağıtım planı belirlenmiş ve maliyetleri karşılaştırılmıştır. Tablo 4'ün sağ kısmında bulunan güzergahlarda kullanılacak çekici sayıları ise; ilgili talep miktarlarındaki taşımalar 24'er tonluk tırlarda taşınacağından, talep miktarları 24'e bölünerek, en yakın bir üst tam sayıya yuvarlanarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.Şirketin Kullandığı Güzergahlarda Taşıma Miktarları

	Talep	Firmanın kullandığı güzergahlar ve arz-talep miktarları			Güzergahlardaki çekici sayıları		
		A1	A2	A3	A1	A2	A3
T1	123.08	0	123.08	0	0	6	0
T2	50.9	0	50.9	0	0	3	0
T3	40.93	0	40.93	0	0	2	0
T4	39.74	0	39.74	0	0	2	0
T5	57.95	0	57.95	0	0	3	0
T6	66.51	0	66.51	0	0	3	0
T7	55.23	0	0	55.23	0	0	3
T8	177.14	0	0	177.14	0	0	8
T9	110.87	0	0	110.87	0	0	5
T10	122.54	0	0	122.54	0	0	6
T11	38.24	0	0	38.24	0	0	2
T12	40.75	0	0	40.75	0	0	2
T13	24.31	24.31	0	0	2	0	0
T14	96.48	96.48	0	0	5	0	0
T15	58.46	58.46	0	0	3	0	0
T16	531.17	531.17	0	0	23	0	0
T17	64.99	64.99	0	0	3	0	0
T18	168.89	168.89	0	0	8	0	0
T19	29.12	29.12	0	0	2	0	0
T20	92.09	92.09	0	0	4	0	0
T21	109.1	109.1	0	0	5	0	0
T22	102.76	102.76	0	0	5	0	0
T23	55.14	55.14	0	0	3	0	0
T24	68.61	68.61	0	0	3	0	0
Toplam		1401.12	379.11	544.77			

Tablo 5.'te aracın bir rotadaki azami yüklü 24 tonluk taşımada oluşan maliyetten, aynı rotadaki aracın boş seyretme maliyeti çıkarılıp 24'e bölünmüş ve her güzergah için ayrı ayrı ton başına değişken maliyetler hesaplanmıştır. Değişken maliyetlerle beraber, bir aracın bu rotalardaki hiçbir yük taşımazken yani boş olarak seyretmesi durumundaki maliyetler de hesaplanarak sabit maliyetler tablosu oluşturulmuştur.

Yöntem kısmındaki genel formülasyon çerçevesinde; Eskişehir, İzmir ve Şanlıurfa'da bulunan fabrikalar yani arz merkezlerinin sunumları sırasıyla $i=1,2,3$ olmak üzere $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ olarak gösterilmektedir. Bu üç fabrikada üretilen ürünler ise 24 talep noktasına gönderilmekte olup talep merkezlerinin istemleri $j=1,2,\dots,24$ olmak üzere sırasıyla $b_1, b_2, b_3, \dots, b_{24}$ olarak gösterilmektedir.

c_{ij} = i arz merkezinden, j talep merkezine bir birim ürün göndermenin değişken maliyetidir.

x_{ij} = i arz merkezinden, j talep merkezine gönderilen ürün miktarıdır.

f_{ij} = i arz merkezinden, j talep merkezine ürün göndermenin sabit maliyetidir.

y_{ij} = i arz merkezinden, j talep merkezine ürün gönderilmesi halinde ortaya çıkacak sabit maliyetin katsayısıdır.

$$\sum_{i=1}^3 a_i = \sum_{j=1}^{24} b_j$$

$$\sum_{j=1}^{24} x_{ij} = a_i \quad (i = 1,2,3)$$

$$\sum_{i=1}^3 x_{ij} = b_j \quad (j = 1,2, \dots, 24)$$

$$y_{ij} = 0, 1, 2, 3, \dots$$

$$a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}, f_{ij} \geq 0$$

Talep Kısıtları:

$$b_j = x_{1j} + x_{2j} + x_{3j} \quad (j = 1,2, \dots, 24)$$

Arz Kısıtları:

$$a_i = x_{i1} + x_{i2} + \dots + x_{i24} \quad (i = 1,2,3)$$

Amaç Fonksiyonu:

$$\min Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (c_{ij} x_{ij} + f_{ij} y_{ij}) \quad (i = 1,2,3) \quad (j = 1,2, \dots, 24)$$

Belirlenen maliyetler doğrultusunda, $c_{ij} = c_{ij} + \frac{f_{ij}}{m_{ij}}$ (burada $m_{ij} = \min(a_i, b_j)$) ($i = 1,2, \dots, m$) ($j = 1,2, \dots, n$) formülü ile oluşturulan, $\min Z = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^{24} (C_{ij} x_{ij})$ amaç fonksiyonlu, standart ulaştırma problemine dönüşen Balinski Matrisi; Tablo 6.'da ve bu matrisin WINQSB paket programı ile çözülmüş şekli de Tablo 7.'de verilmiştir. Bu dağıtım planındaki taşıma maliyeti ise 89.392 TL dir.

Tablo 5. Değişken ve Sabit Maliyetler

	Ton Başına Değişken Maliyet			Rotadaki Sabit Maliyetler		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3
T1	10.36063	0.025208	31.48521	749.7411	319.2001	1947.875
T2	7.612917	4.436667	31.51042	635.2802	502.9676	1948.925
T3	9.957292	0.882292	31.08188	732.9395	354.9035	1931.073
T4	8.948958	5.646667	27.95604	690.9355	553.3724	1800.861
T5	12.04958	3.17625	31.05667	820.0978	450.4626	1930.023
T6	10.68833	11.1925	22.71271	763.3924	784.3944	1582.44
T7	25.86375	31.48521	0.025208	1713.703	1947.875	319.2001
T8	17.34333	22.6875	8.797708	1040.619	1581.39	684.6349
T9	22.41021	28.03167	3.453542	1569.839	1804.011	462.0137
T10	28.435	35.92188	4.436667	1820.813	2132.693	502.9676
T11	30.60292	36.22438	4.739167	1911.121	2145.294	515.5688
T12	36.40083	44.165	13.76375	2470.794	2794.225	891.5046
T13	0.025208	10.36063	25.86375	319.2001	749.7411	1713.703
T14	3.806458	8.192708	29.67021	476.7151	659.4325	1872.268
T15	3.63	8.243125	23.24208	469.3644	661.5327	1604.492
T16	8.1675	14.2175	31.68688	658.3824	910.4064	1956.276
T17	4.436667	12.20083	27.95604	502.9676	826.3984	1800.861
T18	5.873542	14.59563	20.2675	562.8233	926.1579	1480.58
T19	11.99917	20.72125	23.84708	817.9976	1499.482	1629.695
T20	8.520417	13.86458	17.77188	673.0838	895.705	1058.471
T21	16.28458	25.00667	20.97333	996.5146	1677.999	1509.983
T22	13.6125	21.37667	12.25125	885.204	1526.785	828.4986
T23	24.62854	33.35063	20.2675	1662.248	2025.582	1480.58
T24	27.93083	36.65292	12.60417	1799.811	2481.295	843.2

Tablo 6. Balinski Maliyet Matrisi

	A1	A2	A3
T1	16.45149	2.623435	47.31613
T2	20.09094	14.32153	69.79939
T3	27.86716	9.550902	78.25982
T4	26.33651	19.57476	73.27605
T5	26.20186	10.95325	64.36492
T6	22.16782	22.98356	46.50251
T7	56.88843	66.75815	5.809468
T8	23.21456	31.61735	12.66491
T9	36.56929	44.3014	7.617133
T10	43.2989	53.32403	8.544537
T11	80.57699	92.32068	18.22248
T12	97.03288	112.7401	35.6373
T13	13.1604	41.20081	96.35362
T14	8.751024	15.02489	49.07578
T15	11.65874	19.55594	50.68595
T16	9.40949	15.93397	35.37296
T17	12.17919	24.9158	55.6698
T18	9.202465	20.08381	29.03653
T19	40.09066	72.21313	79.81497
T20	15.82894	23.58646	29.26386
T21	25.41391	40.39038	34.81033
T22	22.22425	36.23782	20.31248
T23	54.77599	70.08522	47.12129
T24	54.16247	72.81528	24.88975

Tablo 7. Balinski Dağıtım Tablosu

	A1	A2	A3
T1	0	123.08	0
T2	0	50.9	0
T3	0	40.93	0
T4	0	39.74	0
T5	0	57.95	0
T6	0	66.51	0
T7	0	0	55.23
T8	68.61	0	108.53
T9	0	0	110.87
T10	0	0	122.54
T11	0	0	38.24
T12	0	0	40.75
T13	24.31	0	0
T14	96.48	0	0
T15	58.46	0	0
T16	531.17	0	0
T17	64.99	0	0
T18	168.89	0	0
T19	29.12	0	0
T20	92.09	0	0
T21	109.1	0	0
T22	102.76	0	0
T23	55.14	0	0
T24	0	0	68.61

5.SONUÇ

Ulaştırma problemleri işletmelerin sıklıkla karşılaştığı problemlerdir. Üretim merkezlerinde üretilen ve talep merkezlerine gönderilen ürünlerin taşınması işlemi, işletmeler ve şirketler açısından oldukça önemlidir. Şirketlerin rekabetçi piyasalarda tutunabilmeleri, karlılıklarını koruyabilmeleri ve karlarını artırıp daha hızlı büyüyebilmeleri için mümkün olan en kısa zamanda, en düşük maliyetlerde ve en az girdi ile; en fazla verim ve çıktı elde edebilmeleri gerekmektedir. Bu bağlamda maliyetlerde yapılabilecek en ufak tasarruf bile, uzun vadede büyük oranda karlılıklar oluşturabilmektedir.

Ulaştırma maliyetlerinin doğru hesaplanmasında, sadece kullanılan rotanın uzaklığı ve taşınan birim ürün miktarları değil, kullanılan rotalarda farklı miktarlarda olabilen ve taşınan ürün miktarından bağımsız olan sabit maliyetler de önemlidir. Bu çalışmada taşıma problemlerinin bir uzantısı olan sabit maliyetli taşıma problemleri incelenmiş, bu problemlere dair geliştiren bazı çözüm algoritmaları verilmiştir.

Araştırmada dağıtım planı incelenen şirketin 3 fabrikasında haftalık olarak yapılan üretim miktarları ve bunların 24 ayrı noktadaki talep merkezlerine haftalık gönderimindeki maliyetler ortaya konmuştur. Rota uzaklıklarına ve taşınan ürün miktarına bağlı olan değişken maliyetler ile, aynı rotalarda, farklı miktarlarda ürün taşınırken katlanılması zorunlu olan sabit maliyetler iki ayrı değişken şeklinde hesaplanmıştır. Toplam maliyetlerin hesaplanması sürecinde iki değişken birlikte kullanılarak daha uygun ve optimale daha yakın bir taşıma planı oluşturulmaya çalışılmıştır.

Yapılan uygulamanın sonucunda; Balinski yöntemi ile bulunan taşıma güzergahları için Erzurum ilinde bulunan yani T24 olarak adlandırılmış talep noktasının 68,61 tonluk isteminin tamamı A1 arz merkezi olarak adlandırılan Eskişehir’de bulunan fabrika yerine A3 arz merkezi olarak belirtilen Şanlıurfa ilinden, ayrıca T8 talep noktasının yani Adana ili merkezli talep merkezinin 177,14 tonluk isteminin tamamı A3 yani Şanlıurfa ilindeki fabrikadan karşılanmak yerine 68,61 tonluk kısmı A1 talep merkezinden yani Eskişehir fabrikasından, 108.53 tonluk kısmı ise mevcut sistemde kullanılan A3 ilindeki yani Şanlıurfa’daki fabrikadan karşılanmaya devam edilmektedir.

Bunun sonucunda oluşan yeni bir dağıtım planıyla; şirketin haftalık ürün taşıma maliyeti olan 91.660 TL’nin 89.392 TL’ye düşürülebileceği 2.268 TL tasarruf sağlayacağı önerilmektedir.

Bu çalışmada sabit maliyetli ulaştırma problemleri için Balinski yöntemiyle oluşturulan ulaştırma problemi matrisinin çözümlenmesiyle firmanın mevcut sisteminden daha az maliyetle taşıma yapılabilecek yeni bir dağıtım planı ortaya konulmuş olup, optimallik durumu araştırılmamıştır.

Sonraki çalışmalarda optimallik durumu da araştırılarak, daha farklı ulaştırma planları da oluşturulabilir. Daha fazla arz ve talep merkezinin bulunduğu problemler için de benzer çalışmalar yapılabilir. Son olarak sabit maliyetli ulaştırma problemlerinin çözümünde Balinski yöntemiyle yapılan çözümlene dışında, yeni geliştirilen algoritmalar, farklı yöntemler ve bilgisayar programları kullanılarak yeni ulaştırma planları oluşturulabilir.

KAYNAKÇA

- Adlakha, V. and Kowalski, K. (1999). "On The Fixed-Charge Transportation Problem", **OMEGA-The International Journal of Management Science**, 27, 381-388.
- Adlakha, V., Kowalski, K. and Lev, B. (2010). "A Branching Method For The Fixed Charge Transportation Problem", **OMEGA-The International Journal of Management Science**, 38, 393-397.
- Adlakha, V., Kowalski, K., Vemuganti, R. R., and Lev, B. (2007). "More-For-Less Algorithm For Fixed-Charge Transportation Problems", **OMEGA-The International Journal of Management Science**, 35(1), s. 116-127.
- Balinski, M. L. (1961). "Fixed-cost transportation problems", **Naval Research Logistics**, 8(1), 41-54.
- Barr, R. S., Glover F. and Klingman, D. (1981). "A New Optimization Method For Large Scale Fixed Charge Transportation Problems", **Operations Research**, 29(3), 448-463.
- Barr, R., Glover, F. and Klingman, D. (1979). "Enhancements of spanning tree labelling procedures for network optimization", **INFOR: Information Systems and Operational Research**, 17(1), 16-34.
- Charnes, A. and Klingman, D. (1971). "The More-For-Less Paradox In The Distribution Model", **Cahiers du Centre d'Etudes de Recherche Operationelle**, 13(1), 11-22.
- Cooper, L. (1975). "The Fixed Charge Problem-I: A New Heuristic Method", **Computers & Mathematics with Applications**, 1(1), 89-95.
- Cooper, L. and Drebes, C. (1967). "An Approximate Solution Method For The Fixed Charge Problem", **Naval Research Logistics Quarterly**, 14(1), 101-113.
- Denzler, D. R. (1969). "An Approximative Algorithm For The Fixed Charge Problem", **Naval Research Logistics Quarterly**, 16(3), 411-416.
- Diaby, M. (1991). "Successive Linear Approximation Procedure For Generalized Fixed-Charge Transportation Problems", **The Journal of the Operational Research Society**, 42(11), 991-1001.
- Gray, P. (1971). "Technical Note—Exact Solution Of The Fixed-Charge Transportation Problem", **Operations Research**, 19(6), 1529-1538.
- Hirsch, W. M., and Dantzig, G. B. (1968). "The Fixed Charge Problem", **Naval Research Logistics Quarterly**, 15(3), 413-424.
- Hirsch, W. M., and Hoffman, A. J. (1961). "Extreme Varieties, Concave Functions, And The Fixed Charge Problem", **Communications on Pure and Applied Mathematics**, 14(3), 355-369.
- Kennington, J. (1976). "The Fixed-Charge Transportation Problem: A Computational Study with a Branch-And-Bound Code", **AIIE Transactions**, 8(2), 241-247.
- Kennington, J. and Unger, E. (1976). "A New Branch-And-Bound Algorithm For The Fixed-Charge Transportation Problem", **Management Science**, 22(10), 1116-1126.
- Kowalski, K. and Lev, B. (2007). New Approach To Fixed Charges Problems (FCP). **International Journal of Management Science and Engineering Management**, 2, 75-80.
- Orhon, F. (1983). "**Ulaştırma İşletmelerinde Maliyet Muhasebesi**", Eko-Bil Yayıncılık, İstanbul.
- Öztürk, A. (2012). "**Yöneylem Araştırması**", Ekin Basın Yayın Dağıtım, Bursa.
- Robers, P. and Cooper, L. (1976). "A Study Of The Fixed Charge Transportation Problem", **Computers & Mathematics with Applications**, 2(2), 125-135.
- Sadagopan, S. and Ravindran, A. (1982). "A Vertex Ranking Algorithm For The Fixed-Charge Transportation Problem", **Journal of Optimization Theory and Applications**, 37(2), 221-230.
- Spielberg, K. (1964). "On The Fixed Charge Transportation Problem", **InProceedings of the 1964 19th ACM national conference (pp. 11-101)**. ACM, New York, USA.
- Steinberg, D. I. (1970). "The fixed charge problem", **Naval Research Logistics Quarterly**, 17(2), 217-235.
- Sun, M., Aronson, J. E., Mckeown, P. G. and Drinka, D., (1998), "A Tabu Search Heuristic Procedure for the Fixed Charge Transportation Problem", **European Journal of Operational Research**, 106, 441-456.
- Walker, W. E. (1976). "A Heuristic Adjacent Extreme Point Algorithm For The Fixed Charge Problem", **Management Science**, 22(5), 587-596.