

BİR GIDA İŞLETMESİNDE ULAŞTIRMA MODELİ İLE YENİ BİR DAĞITIM PLANI GELİŞTİRME

İrfan ERTUĞRUL*
Ayşegül TUŞ IŞIK**

Özet

İşletmelerin yönetiminde en önemli süreç, karar verme sürecidir. Karar verme sürecinde ussal karar vermenin en büyük yardımcısı ise model kurmadır. Ulaştırma modeli, sunum merkezlerinden istem merkezlerine mal veya hizmet dağıtımını yapılırken bu dağıtım işleminin minimum maliyetle nasıl gerçekleştirilebileceğini araştıran bir doğrusal programlama tekniğidir. Bu çalışma doğrusal programlamanın özel bir şekli olan ulaştırma modelleri hakkında bazı teorik bilgileri, Denizli ilinde faaliyet gösteren bir gıda işletmesinin dağıtım problemini ve bu dağıtımın maliyet optimizasyonunda ulaştırma modelinin uygulanabilirliğini kapsamaktadır. Kurulan model sonucunda işletmenin mevcut dağıtım planına göre ulaştırma maliyetinde yaklaşık %2'lik bir düşüş sağlayan yeni bir dağıtım planı geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ulaştırma Modeli, Dağıtım Planı, Optimizasyon

DEVELOPING A DELIVERY PLAN WITH TRANSPORTATION MODEL AT A FOOD FIRM

Abstract

The most important process in business management is to make a decision. In making a decision process the biggest helper of making a rational decision is modeling. Transportation model is a linear programming technique that researches how transportation operation can be made while goods or services are distributed from supply centers to demand centers. This study consists of some theoretical information about transportation models that are special form of linear programming, the distribution problem of a food firm in Denizli and applicability of a transportation model on cost optimization of this distribution. The result of model the new delivery plan that provides decrease about 2% in transportation cost according to the existing delivery plan is developed.

Key Words: Transportation Model, Delivery Plan, Optimization

* Yrd. Doç. Dr., Pamukkale Üniversitesi, İ.İ.B.F. İşletme Bölümü,

** Arş. Gör., Pamukkale Üniversitesi, İ.İ.B.F. İşletme Bölümü,

1. Giriş

Artan rekabet şartları içerisinde karlılıklarını korumak ve devamlılıklarını sağlamak isteyen işletmeler için maliyetlerin en aza indirilmesi kaçınılmaz bir zorunluluktur. İşletmelerin toplam maliyetleri içerisinde yer alan önemli kalemlerden olan dağıtım maliyetlerinin minimizasyonu, bu açıdan özel önem arz etmektedir.

Ulaştırma problemi, teorik ve ekonomik öneminden dolayı üzerinde çok çalışılan problemlerden birisidir (Karaoğlan ve Altıparmak, 2005: 443). Ulaştırma modeline ilişkin ilk çalışmalar Kantorovich tarafından yapılmıştır (Tekin, 1991: 81). Bu çalışmaları F.L. Hitchcock, sistematik olarak geliştirerek 1941 yılında petrol endüstrisinde nakliye ve dağıtım maliyetlerini minimize etmek için uygulamıştır (Soylu, 1997: 2). Daha sonraları, T.C. Koopmans tarafından geliştirilen ulaştırma modelini, G.B. Dantzig doğrusal programlama modeli şeklinde formüle etmiştir (Tekin, 1991: 81).

Bu çalışmalara ek olarak, daha sonraki yıllarda, ulaştırma probleminin çözümü için yeni metodlar geliştirilmiştir. 1947 yılında T.C. Koopmans, F.L. Hitchcock modelinden bağımsız ikinci bir uygulama bulmuş ve “Ulaştırma Sisteminin Optimum Kullanımı” adı altında bir eserle yayınlamıştır. Yine 1947 yılında G.B. Dantzing ve W.W. Cooper “Kuzeybatı Köşe Yöntemi ve Atlama Taşı Metodu”nu (stepping stone) geliştirmişlerdir. 1954 yılında A. Henderson ve R. Schlaifer yönteme bazı düzeltmeler getirmiş ve 1955 yılında R.O. Ferguson tarafından “Basitleştirilmiş Dağıtım Yöntemi MODİ (modified distribution)” geliştirilmiştir. Aynı yıl, W.R. Vogel tarafından “Vogel Yaklaşım Yöntemi – VAM (Vogel’s Approximation Method)” geliştirilmiş, 1963 yılında G.B. Dantzing, modelin dejenerasyon durumları ve dejenerasyon durumunun ortadan kaldırılmasına ilişkin çözümleri ortaya koymuştur (Render ve Stair, 1992: 212). En son olarak da Russell tarafından geliştirilen RAM Yöntemi (Russell’s Approximation Method) uygulamada kullanılmaya başlamıştır (Tekin, 1991: 81).

Yapılan literatür taramasında, dağıtım problemleriyle ilgili olarak; Chen ve Wang (1997), Balakrishan, Natarajan ve Pangburn (2000), Ergülen (2005), Ulucan ve Tarım (1997) taşımada maliyet minimizasyonu çalışmaları yapmıştır. Kalender (2003), AGVs tasarım problemi için bütünlük model çalışmalarında karışık tamsayı programlama uygulamasını yapmışlardır. Ayrıca Tunçbilek (2003), verimli taşımacılık yolu demir yolu çalışmasını yapmıştır (Ergülen vd, 2005: 164). Ergülen, Kazan ve Kaplan (2005), taşıma maliyetlerinin minimizasyonu için firma maliyetlerini optimize etmişlerdir. Farklı olarak dağıtım problemleri Özel (2000) tarafından matris

denklemlerinin iki indisli düzlemsel dağıtım problemine uygulaması olarak ele alınmış, problemin matris denklemleri cinsinden formülasyonu yapılmıştır. Şafak (2000), m çıkış ve n varışlı bir dağıtım probleminin optimallik koşullarını Lagrange fonksiyonu ve Hessian matrisinin özelliklerini kullanarak incelemiştir (Ergülen, 2003: 208).

Bu çalışmada, bir işletmenin dağıtım probleminde, optimizasyon modeli olan ulaştırma modellerinin uygulanışı gösterilmiştir. Çalışma, dört bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde genel bir giriş yapılmıştır. İkinci bölümde, işletmelerin ürün dağıtım sistemi problemi ve benzer başka problemlerin çözümünde uygulayabileceği bir optimizasyon modeli olan “ulaştırma modeli”ne ilişkin teorik bilgiler verilmiştir. Model genellikle taşıma maliyetlerinin minimizasyonu amacıyla kullanıldığı için çözüm yöntemleri, problem minimizasyon amaçlı kabul edilerek açıklanmıştır. Üçüncü bölüm olan uygulama kısmında Denizli ilinde faaliyet gösteren bir gıda işletmesinin üretmiş olduğu bir ürün dağıtım probleminin ulaştırma modeli uygulanmak suretiyle çözümü gösterilmiştir. Daha sonra bulunan bu maliyet değeri, işletmenin mevcut dağıtım planındaki maliyet değeri ile karşılaştırılmıştır. Son bölümde ise elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Kurulan model sonucunda işletmenin mevcut dağıtım planına oranla ulaştırma maliyetinde yaklaşık %2’lik bir düşüş sağlayan yeni bir dağıtım planı geliştirilmiştir.

2. Ulaştırma Modeli Ve Optimizasyonu

Ulaştırma modeli, ulaştırma maliyetlerinin minimizasyonunda kullanılan matematiksel bir tekniktir (Ertuğrul ve Aytaç, 2006). Bu modelin esası, işletmenin elindeki üretim kaynaklarını gerekli kullanım yerlerine aktararak, toplam taşıma maliyetlerini en aza indirmektir (Tekin, 1991: 81). Modelin amacı gerekli dağıtımlar için en ekonomik dağıtım yollarının seçilmesidir. Model aynı zamanda, dağıtım yollarının seçimini içermeyen fakat benzer matematik yapıya sahip diğer problemlerin çözümünde de kullanılır (Taha, 2000: 163). Ulaştırma modeli şeklinde kurulan bir problem simpleks yöntemi yardımıyla da çözülebilir (Analı, 1999: 23) Fakat ulaştırma problemlerini kendine özgü teknikleri ile yani ulaştırma algoritması, atama ve aktarma modelleri gibi tekniklerle daha az zaman ve daha az hesaplama ile çözüme olanağı vardır (Render ve Stair, 1992: 212). Başka bir deyişle kaynakların optimum dağılımını ve kullanımını sağlayan ulaştırma modeli hem cebirsel hem de matrisler aracılığıyla çözüm sağlayabilmektedir (Tekin, 1991: 81).

Gerçek dünya ile ilgili karar problemlerine çözüm getirmek için kurulan doğrusal programlama modeli bu problemlerin içinde yer aldıkları ortam ve şartlar hakkında yapılan bir takım varsayımlara dayanır. Modelin getireceği çözümün doğruluğu, gerçek dünya şartlarının bu varsayımlara uygunluk derecesine bağlıdır. Doğrusal programlama modelinin karar problemlerine uygulanma alanını belirli bir ölçüde daraltan bu varsayımlar; oransallık, toplanabilirlik, bölünebilirlik ve kesinlik varsayımlarıdır (Özgüven, 2003: 6). Ulaştırma modeli bir tür doğrusal programlama modeli olması nedeniyle doğrusal programlama modeli için benimsenen kuralların tümü ulaştırma modeli için de geçerlidir (Özkan, 2003: 162). Herhangi bir sorunun ulaştırma modeli çerçevesinde çözülebilmesi için uyulması gereken başka varsayımlar da vardır. Probleme konu olan mal ve hizmetlerin aynı birimlerle ifade edilebilmeleri gerekir. Bu koşula homojenlik koşulu denir. Belirli sayıdaki üretim merkezlerinde üretilen ürün miktarları ile belirli sayıdaki tüketim merkezlerinin talep ettiği ürün miktarlarının kesin olarak bilinmesi ve bunların toplamlarının eşit olması veya bu eşitliğin kuramsal olarak sağlanması gerekir. Bu koşula tutarlılık denir ve koşulu sağlayan ulaştırma modeli dengelidir. Üretim merkezleri ile tüketim merkezleri arasında aktarma yapılması söz konusu değildir. Mallar üretim merkezlerinden tüketim merkezlerine doğrudan taşınır. Herhangi bir üretim merkezinden herhangi bir tüketim merkezine bir birim mal taşıma maliyetinin sabit olması gerekir (Doğan, 2005: 75 76).

Ulaştırma problemi, yöneylem araştırmasında iyi bilinen bir optimizasyon problemidir (Yang ve Liu, 2007: 879). Ulaştırma problemleri, ulaştırma giderleri büyük tutarlara varan kuruluşlarda maliyetleri minimum kılacak biçimde çözümlenmeleri zorunluluk halini alan işletme sorunlarından (Akalin, 1979: 306). Model 1960'lı yıllardan bu yana çeşitli sektörlerde ürünlerin pazarlara dağıtımını, atama ve aktarma problemleri, tesis yeri seçimi, işlerin makinelere veya personele dağıtımını ve üretim programlaması gibi konularda ortaya çıkan sorunların çözümünde kullanılmaktadır (Öztürk, 2007: 481).

2.1. Ulaştırma Problemlerinin Matematiksel Modeli

Ulaştırma modeli, bir ürünün çeşitli sunum merkezlerinden birçok istem merkezine minimum maliyetle dağılımını düzenleyen matematiksel bir modeldir (Toraman, 1976: 7). Bu modelin parametreleri, birim maliyetler, talep ve arz değerleridir (Chanas ve Kuchta, 1998: 291 298).

*Bir Gıda İşletmesinde Ulaştırma Modeli İle Yeni Bir Dağıtım Planı
Geliştirme*

Ulaştırma problemleri sunum merkezlerinden istem merkezlerine birim taşıma maliyetleri ve bu merkezlerin kapasitelerine ilişkin sınırlamalar ile tanımlanır (Çelikoğlu ve Moralı, 2000: 172). m adet sunum merkezi ve n adet istem merkezi olan bir ulaştırma probleminde, j. istem merkezi b_j miktarında ürün isterken i. sunum merkezi de ancak a_i miktarında ürün sunabilmektedir. i. arz merkezinden j. istem merkezine bir birim malın gönderilme maliyeti c_{ij} kadardır (Kabak, 2000: 5).

Ulaştırma problemlerinin standart gösterimi ulaştırma tablosu ile olur (Winston, 1994). Ulaştırma probleminin doğrusal programlama problemi olarak matematiksel modeli ise aşağıdaki gibidir (Hallaç, 1983: 418):

Amaç Fonksiyonu:

$$\text{Minimum } Z = c_{11} X_{11} + c_{12} X_{12} + \dots + c_{1,n-1} X_{1,n-1} + c_{1n} X_{1n} + c_{21} X_{21} + c_{22} X_{22} + \dots + c_{2,n-1} X_{2,n-1} + c_{2n} X_{2n} + \dots + c_{m-1,1} X_{m-1,1} + c_{m-1,2} X_{m-1,2} + \dots + c_{m-1,n-1} X_{m-1,n-1} + c_{m-1,n} X_{m-1,n} + c_{m1} X_{m1} + c_{m2} X_{m2} + \dots + c_{m,n-1} X_{m,n-1} + c_{mn} X_{mn}$$

Kısıtlayıcılar:

$$X_{11} + X_{12} + \dots + X_{1n} \leq a_1$$

$$X_{21} + X_{22} + \dots + X_{2n} \leq a_2$$

...

$$X_{m-1,1} + X_{m-1,2} + \dots + X_{m-1,n} \leq a_{m-1}$$

$$X_{m1} + X_{m2} + \dots + X_{mn} \leq a_m$$

$$X_{11} + X_{21} + \dots + X_{m1} \geq b_1$$

$$X_{12} + X_{22} + \dots + X_{m2} \geq b_2$$

...

$$X_{1,n-1} + X_{2,n-1} + \dots + X_{m,n-1} \geq b_{m-1}$$

$$X_{1n} + X_{2n} + \dots + X_{mn} \geq b_n$$

Pozitiflik koşulu:

$$X_{ij} \geq 0 \quad (i = 1, 2, 3, \dots, m; j = 1, 2, 3, \dots, n)$$

Problemin uygun çözümü varsa; toplam istem toplam sunumdan fazla olamaz. Eğer uygun çözümde karar değişkenleri (X_{ij}) tam sayı değerinde değilse, çözüm kullanışlı olmaz. Problemin en az bir optimum çözümü var diyebilmek için sunum (a_i), istem (b_j) ve karar değişkenleri (X_{ij}) tam sayı değerinde veya 0 olmalıdır. Genel ulaştırma modellerinde, tüm üretim merkezinde üretilen ürünlerin toplam sunumunun, tüketim merkezlerinin toplam istemine eşit olduğu kabul edilir (Kotaman, 1998: 7). Durum böyle ise problem dengeli ulaştırma problemidir ve aşağıdaki gibi gösterilir (Tabuk, 2006: 7):

$$\begin{aligned}\sum_{j=1}^n b_j &= \sum_{j=1}^n \left(\sum_{i=1}^m x_{ij} \right) \\ &= \sum_{i=1}^m \left(\sum_{j=1}^n x_{ij} \right) = \sum_{i=1}^m a_i\end{aligned}$$

Gerçek uygulamalı problemlerde bu dengelenmiş durum olmayabilir. Yani elverişli sunum miktarı istemden az olabilir veya istemden çok olabilir. Fakat ulaştırma tekniklerinin problemlerin çözümünde uygulanabilmesi için problem dengelenmiş duruma getirilmelidir. Toplam istem ve toplam sunum eşitliği sağlamak için probleme kukla (dummy) üretim ve tüketim merkezi eklenir.

Gerçek hayatta bazen her bir sunum merkezinden her bir istem merkezine ürün dağıtımı yapılmaz. Çünkü, bazı sunum merkezlerinden bazı istem merkezlerine ulaşım ya mümkün değildir ya da çok pahalıdır (Tulunay, 1991: 378). Dolayısıyla bu sunum merkezleri ile istem merkezleri arasında dağıtım yapma olanağı yoktur. Bu durum özeldir ve ulaştırma probleminin çözümüne yeni sınırlamalar getirmektedir. i . sunum merkezi ile j . istem merkezi arasında alışverişin olmaması ($X_{ij} = 0$) istenir.

Bu tür ulaştırma probleminin çözümü için, söz konusu yolda taşıma maliyeti çok büyük pozitif bir sayı (M) olarak alınır. Çözüm, simpleks yöntemindeki M yöntemi ile aynı anlama gelmektedir. Bu gözeeye yapılacak bir birimlik tahsis bile taşıma maliyetini aşırı derecede arttıracığından, yöntemlerle çözümde bu gözenin boş kalacağı garantilenmiş olur.

Bir modelde birden fazla yasaklanmış yol olabilir. Her biri için aynı işlemler yapılır. Çözüm sonunda bu hücrelere atama yapılması söz konusu olamaz. Diğer bir deyişle, bu hücrelerden geçen sunum istem yolları yasaklanmış yollar olur (Kabak, 2000: 32).

2.2. Ulaştırma Algoritması

Ulaştırma problemlerinin çözüm yöntemlerinde ve değerlendirilmelerinde kullanılan bazı temel kavramlar vardır. Ulaştırma modelinde istem ve sunum kısıtlarını sağlayan herhangi bir $X = X_{11}, X_{12}, \dots, X_{nm}$ ($i = 1, 2, 3, \dots, m; j = 1, 2, 3, \dots, n$) vektörüne “çözüm” denir. Çözüm, istem ve sunum kısıtları ile birlikte pozitiflik koşulunu da sağlıyorsa “kabul edilebilir” bir çözümdür. Eğer kabul edilebilir çözümdeki temel değişken (değer alan karar değişkeni) sayısı $(m + n - 1)$ 'e eşitse çözüm, “temel kabul edilebilir” çözümdür. En iyi çözüm ise, temel kabul edilebilir çözümler arasında amaç fonksiyonunu en iyileyen çözümdür (Doğan, 2005: 83).

Ulaştırma problemlerini çözümlerken ulaştırma tekniğinde aşağıdaki adımlar izlenir (Öztürk, 2007: 486):

- Probleme ait veriler ulaştırma tablosuna işlenir. Satır ve sütun gereklerine uyularak çeşitli yöntemlerle dağıtım yapılır ve temel kabul edilebilir çözüm bulunur.
- Bulunan çözümün optimalite testi yapılır. Çözümün optimal olmaması durumunda çözüme girecek temel olmayan değişken belirlenir.
- Çözümde çıkacak temel değişken belirlenir ve yeni temel kabul edilebilir çözüm bulunur.
- İkinci ve üçüncü adımdaki işlemler optimal çözüm bulunana kadar tekrarlanır.

Başlangıç temel uygun çözüm bulma yöntemleri; Kuzeybatı Köşe Yöntemi, En Az Maliyetli Gözeler Yöntemi, Vogel'in Yaklaşım Yöntemi (VAM) ve Russel'in Yaklaşım Yöntemi (RAM)'dir. Bu yöntemlerden optimuma en yakın sonucu veren Vogel'in Yaklaşım Yöntemi (VAM) olduğu için bu çalışmanın uygulama kısmında bu yöntem kullanılmıştır. VAM yöntemi, William R. Vogel tarafından 1958'de ileri sürülmüştür (Hillier ve Lieberman, 1990: 225). VAM yönteminde, en küçük maliyetli hedefe gönderme cezası konu edilir. VAM yöntemi ile çözüme ulaşmak için başlangıç tablosunda her bir satır ve her bir sütundaki en düşük maliyetli iki c_{ij} , maliyet katsayısı hesaplanır (pişmanlık veya ceza). Birinci adımda belirlenen c_{ij} 'ler arasındaki fark bulunarak tabloya eklenen yeni satır ve sütun yazılır. Satır ve sütunlara ilişkin farklar incelenerek en büyük değerde olanı belirlenir. En büyük değerli farkın bulunduğu satır veya sütundaki en düşük maliyetli göze belirlenir. Bu gözeye satır-sütun gereklerine uygun olan en büyük miktarda dağıtım yapılır. Yapılan dağıtım ilgili satır ve sütun toplamlarından düşülür. Dağıtım yapılan gözeye ilişkin tüketim merkezinin talebi tam olarak karşılanmış yerde üretim merkezinin üretimi bütünüyle dağıtılmışsa, bir sonraki adımda üretim veya tüketim merkezi devre dışı bırakılır. Dağıtım yapılan satır veya sütunun devre dışı bırakılmasıyla yeni bir tablo hazırlanır ya da tüm işlemler tek bir tabloda da gösterilebilir. Yapılan tüm bu işlemler, satır veya sütun sayısı bire ininceye kadar tekrarlanır (Hallaç, 1983: 570). Kısaca bu yöntemde her bir hücredeki maliyetler hesaba katılır, en düşük maliyetli hedefleri seçmemekten kaynaklanan ek giderler hesaplanır.

Başlangıç çözümün en iyi olup olmadığını belirleyebilmek için kullanılan yöntemlerden en önemlileri Atlama Taşı Yöntemi ve Çoğaltan (MODI) Yöntemi'dir. Bu çalışmada Çoğaltan (MODI) yöntemi kullanılmıştır. MODI yöntemi, araştırmacıyı her hücrenin değerlemesini ayrı ayrı yapmaktan kurtaran ve bu değerlemeleri simultane olarak yapmayı sağlayan bir optimalite test yoludur (Serper,

1974: 37). MODI yöntemi, atlama taşı yöntemine oranla hesaplama işlemi ve optimuma ulaşma bakımından daha kolaydır. MODI yönteminde boş gözelerin gizli maliyetleri çevrim yapılmadan hesaplanır. Bu yöntemde boş gözelerin değerlendirilmesi, gölge maliyetlerle gerçekleştirilir. Yöntemde ulaştırma maliyetinin gönderme (u_i) ve alma (v_j) maliyetlerinden oluştuğu varsayılır. Bu değişkenler dual değişkenlerdir. Buradan MODI yönteminin dual problemin çözümüne dayandığı çıkarılabilir.

u_i ve v_j , gölge maliyetlerdir. Dolu hücreler için gönderme ve alma maliyetleri toplamının birim ulaştırma maliyetine eşit olduğu kabul edilir. Yani $c_{ij} = u_i + v_j$ 'dir. Gönderme ve alma maliyetlerinden birine rastgele sıfır değeri verilerek her sütun ve satır için gönderme ve alma gölge maliyetleri hesaplanır. Daha sonra boş hücreler dikkate alınarak çözümün iyileştirilip iyileştirilemeyeceği incelenir. Bir boş hücre için gönderme ve alma maliyetlerinin toplamı, bu hücre için gerçek maliyeti aşıyorsa bu hücreye bir birim göndermekle maliyetlerde tasarruf sağlanmış olur.

3. Uygulama

Çalışmanın bu bölümünde Denizli ilindeki bir gıda işletmesinin üretmiş olduğu bir ürünün işletmenin depolarından alışveriş merkezlerine dağıtım problemine, ulaştırma modelinin uygulanışı gösterilmiştir. Bu çalışmadaki amaç, elde edilen bilgiler doğrultusunda ve kurulan ulaştırma modeli yardımıyla gıda işletmesinin yıllık ürün dağıtım maliyetini minimize etmektir. Kurulan model sonucunda işletmenin mevcut dağıtım planına göre ulaştırma maliyetinde bir düşüş sağlayan yeni bir dağıtım planı geliştirilmiştir.

3.1. Gıda İşletmesinin Dağıtım Problemi İçin Gerekli Veriler

Uygulamada ele aldığımız gıda işletmesi ürünlerini İstanbul, İzmir ve Ankara illerindeki depolarından ulusal zincir marketlere dağıtmaktadır. İşletmenin depoları ile zincir marketlerin depoları arasındaki 2007 yılı birim taşıma maliyetleri (TL) Tablo 1'de görülmektedir. Üretim merkezi, istemin yaklaşık %10 kadar fazlasının dağıtım yapan depolarında bulunmasını sağlamaktadır.

Tablo 1: İşletmenin Depoları ile Depoların Dağıtım Yaptığı Marketler Arasındaki Birim Taşıma Maliyetleri

Marketler Depolar	GİMA + C.FOUR (D ₁)	KİPA (D ₂)	MİGROS + TANSAŞ (D ₃)	REAL (D ₄)	METRO (D ₅)	Sunum
İSTANBUL (S ₁)	0,18 X ₁₁	0,16 X ₁₂	0,18 X ₁₃	0,16 X ₁₄	0,18 X ₁₅	550.000
İZMİR (S ₂)	0,16 X ₂₁	0,11 X ₂₂	0,16 X ₂₃	M X ₂₄	0,12 X ₂₅	90.000
ANKARA (S ₃)	0,18 X ₃₁	M X ₃₂	0,16 X ₃₃	0,16 X ₃₄	0,12 X ₃₅	165.000
İstem	60.998	40.320	606.381	9.619	36.177	805.000 753.495

Problemin uygun çözümü varsa; toplam istem toplam sunumdan fazla olamaz. Bu problemin uygun çözümü vardır. Çünkü

$$\sum_{i=1}^3 a_i \geq \sum_{j=1}^5 b_j \text{ 'dir. İzmir'de Real ve Ankara'da Kipa marketleri}$$

olmadığı için işletmenin İzmir'de bulunan deposundan Real'e (X₂₄) ve Ankara'da bulunan deposundan Kipa'ya (X₃₂) ürün dağıtım yapılamaz. Sözkonusu bu depolar ile pazarlar arasında dağıtım yapma olanağının olmaması, bu ulaştırma probleminin çözümüne sınırlamalar getirmektedir. İşletmenin İzmir'deki deposu ile Real marketi arasında ve Ankara'daki deposu ile Kipa marketi arasında alışverişin olmaması (X₂₄ = 0 ve X₃₂ = 0) istenir. Bu ulaştırma probleminin çözümü için, söz konusu yollarda taşıma maliyeti çok büyük pozitif bir sayı (M) olarak alınır. Çözüm, simpleks yöntemindeki M yöntemi ile aynı anlama gelmektedir. Bu şekilde çözümde bu gözelerin boş kalacağı yani atama yapılmayacağı garantilenmiş olur.

3.2. İşletmenin Dağıtım Problemi İçin Ulaştırma Modelinin Kurulması

Maliyetler toplamının doğrusal olduğu varsayılarak, ulaştırma problemi doğrusal programlama modeli gibi ifade edilebilir. Üç depo ve beş tüketim merkezli ulaştırma problemi aşağıdaki şekilde yazılabilir:

$$\text{Minimum } Z = 0,18 X_{11} + 0,16 X_{12} + 0,18 X_{13} + 0,16 X_{14} + 0,18 X_{15} + 0,16 X_{21} + 0,11 X_{22} + 0,16 X_{23} + M X_{24} + 0,12 X_{25} + 0,18 X_{31} + M X_{32} + 0,16 X_{33} + 0,16 X_{34} + 0,12 X_{35}$$

Kısıtlayıcılar:

$$X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} \leq 550.000$$

$$X_{21} + X_{22} + X_{23} + X_{24} + X_{25} \leq 90.000$$

$$X_{31} + X_{32} + X_{33} + X_{34} + X_{35} \leq 165.000$$

$$X_{11} + X_{21} + X_{31} \geq 60.998$$

$$X_{12} + X_{22} + X_{32} \geq 40.320$$

$$X_{13} + X_{23} + X_{33} \geq 606.381$$

$$X_{14} + X_{24} + X_{34} \geq 9.619$$

$$X_{15} + X_{25} + X_{35} \geq 36.177$$

$$X_{ij} \geq 0 \quad (i=1,2,3; \quad j=1,2,3,4,5)$$

Bu model WinQSB paket programı kullanılarak doğrusal programlama problemi olarak çözülür ve kullanılan kaynaklar ile tek bir optimal çözüm karar vericiye sunulur. Bu durumda minimum taşıma maliyeti, $Z = 126.873,64$ TL'dir. WinQSB paket programıyla bulunan optimal çözüm değerleri ve kullanılan kaynaklar Ek 1'de verilmiştir.

Ulaştırma problemlerinde, toplam sunumun toplam isteme eşit olduğu kabul edilerek problem, dengelenir. Gerçek uygulamalarda, denge durumu olmayıp sunum miktarı istemden az veya çok olabilir. Ulaştırma tekniklerinin uygulanabilmesi için problem, dengelenmiş duruma getirilmelidir. Bu nedenle probleme kukla sunum veya istem merkezi eklenir. Bu uygulamada, probleme kukla istem merkezi eklenmiştir. Kukla sunum merkezine hiç ürün gönderilmeyeceği için, maliyeti 0'dır.

$$\sum_{i=1}^3 a_i - \sum_{j=1}^5 b_j = 805.000 - 753.495 = 51.505 \text{ birim}$$

Toplam sunum miktarı, toplam istem miktarından 51.505 birim daha fazladır. Sunum fazlası olan 51.505 birimlik hayali bir istem merkezi, kukla merkez olarak yaratılır ve ulaştırma matrisinde ek bir sütun olarak gösterilir. Bu durum, Tablo 2'de görülmektedir.

Tablo 2: İşletmenin Dengelenmiş Ulaştırma Tablosu

Marketler Depolar	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	Kukla Tüketim Merkezi (D ₆)	Sunum
S ₁	0,18 X ₁₁	0,16 X ₁₂	0,18 X ₁₃	0,16 X ₁₄	0,18 X ₁₅	0 X ₁₆	550.000
S ₂	0,16 X ₂₁	0,11 X ₂₂	0,16 X ₂₃	M X ₂₄	0,12 X ₂₅	0 X ₂₆	90.000

*Bir Gıda İşletmesinde Ulaştırma Modeli İle Yeni Bir Dağıtım Planı
Geliştirme*

S₃	0,18 X ₃₁	M X ₃₂	0,16 X ₃₃	0,16 X ₃₄	0,12 X ₃₅	0 X ₃₆	165.000
İstem	60.998	40.320	606.381	9.619	36.177	51.505	805.000 805.000

3.3. İşletmenin Dağıtım Problemi İçin Kurulan Ulaştırma Modelinin Çözülmesi

Toplam taşıma maliyetinde ilk adım, başlangıç çözümün elde edilmesidir. Bu çalışmada modelin başlangıç çözümü için, optimuma en yakın çözümü veren VAM yöntemi kullanılmıştır. Tablo 3'te VAM Yöntemi ile yapılan dağılım görülmektedir. Bu yöntemin çözümü Ek 2'de detaylı olarak verilmiştir.

Tablo 3: VAM Yöntemi İle Elde Edilen Başlangıç Çözüm

	D₁	D₂	D₃	D₄	D₅	Kukla D₆	Sunum
S₁	0,18 60.998	0,16	0,18 427.878	0,16 9.619	0,18	0 51.505	550.000
S₂	0,16	0,11 40.320	0,16 13.503	M	0,12 36.177	0	90.000
S₃	0,18	M	0,16 165.000	0,16	0,12	0	165.000
İstem	60.998	40.320	606.381	9.619	36.177	51.505	805.000 805.000

Yukarıdaki tabloda verilen başlangıç çözüm, temel çözüm için istenen değişkenlerin sayısı (m + n - 1) yani 3 + 6 - 1 = 8 olduğundan temeldir.

Başlangıç çözüm sonunda elde edilen toplam taşıma maliyeti (T.T.M.): (60.998 x 0,18) + (427.878 x 0,18) + (9.619 x 0,16) + (51.505 x 0) + (40.320 x 0,11) + (13.503 x 0,16) + (36.177 x 0,12) + (165.000 x 0,16) = 126.873,64 TL'dir. Bulunan bu taşıma maliyetinin MODI yöntemi ile optimallik kontrolü yapılmıştır.

Dağıtım yapılmış gözeler; temel değişkenlerdir. Temel değişkenlere karşılık olan dual denklemleri belirleyerek çoğaltan yöntemi ile optimal çözüme ulaşılmak istenirse:

$$X_{11}: u_1 + v_1 = c_{11} = 0,18$$

$$X_{13}: u_1 + v_3 = c_{13} = 0,18$$

$$X_{14}: u_1 + v_4 = c_{14} = 0,16$$

$$\begin{aligned} X_{16}: u_1 + v_6 &= c_{16} = 0 \\ X_{22}: u_2 + v_2 &= c_{22} = 0,11 \\ X_{23}: u_2 + v_3 &= c_{23} = 0,16 \\ X_{25}: u_2 + v_5 &= c_{25} = 0,12 \\ X_{33}: u_3 + v_3 &= c_{33} = 0,16 \end{aligned}$$

$u_1 = 0$ değeri verilerek dual değişkenlerin değerleri bulunur:

$$\begin{aligned} v_1 &= 0,18; v_3 = 0,18; v_4 = 0,16; v_6 = 0; u_2 = -0,02; v_2 = 0,13; v_3 = 0,18; \\ v_5 &= 0,14; u_3 = -0,02 \end{aligned}$$

Temel olmayan değişkenlerin yani boş hücrelerin test miktarları:

$$\begin{aligned} d_{12} &= u_1 + v_2 - c_{12} = 0 + 0,13 - 0,16 = -0,03 \\ d_{15} &= u_1 + v_5 - c_{15} = 0 + 0,14 - 0,18 = -0,04 \\ d_{21} &= u_2 + v_1 - c_{21} = -0,02 + 0,18 - 0,16 = 0 \\ d_{24} &= u_2 + v_4 - c_{24} = -0,02 + 0,16 - M = -M \\ d_{26} &= u_2 + v_6 - c_{26} = -0,02 + 0 - 0 = -0,02 \\ d_{31} &= u_3 + v_1 - c_{31} = -0,02 + 0,18 - 0,18 = -0,02 \\ d_{32} &= u_3 + v_2 - c_{32} = -0,02 + 0,13 - M = -M \\ d_{34} &= u_3 + v_4 - c_{34} = -0,02 + 0,16 - 0,16 = -0,02 \\ d_{35} &= u_3 + v_5 - c_{35} = -0,02 + 0,14 - 0,12 = 0 \\ d_{36} &= u_3 + v_6 - c_{36} = -0,02 + 0 - 0 = -0,02 \end{aligned}$$

Temel olmayan değişkenlerin test miktarı sıfır ve negatif olduğundan ulaşılan çözüm optimaldir. Toplam taşıma maliyeti; 126.873,64 TL'dir.

İşletmenin 2007 yılında yapmış olduğu dağıtım ise Tablo 4'teki gibidir.

Tablo 4: İşletmenin Mevcut Dağıtım Planı

Marketler Depolar	GİMA + C.FOUR (D ₁)	KİPA (D ₂)	MİGROS + TANSAŞ (D ₃)	REAL (D ₄)	METRO (D ₅)	Sunum
İSTANBUL (S ₁)	0,18 36.599	0,16 14.112	0,18 424.467	0,16 6.733	0,18 28.942	550.000
İZMİR (S ₂)	0,16 6.100	0,11 26.208	0,16 48.510	M 0	0,12 3.618	90.000
ANKARA (S ₃)	0,18 18.299	M 0	0,16 133.404	0,16 2.886	0,12 3.618	165.000
İstem	60.998	40.320	606.381	9.619	36.177	805.000 753.495

Bu durumda toplam taşıma maliyeti (T.T.M.): $(36.599 \times 0,18) + (14.112 \times 0,16) + (424.467 \times 0,18) + (6.733 \times 0,16) + (28.942 \times 0,18) + (6.100 \times 0,16) + (26.208 \times 0,11) + (48.510 \times 0,16) + (3.618 \times 0,12) + (18.299 \times 0,18) + (133.404 \times 0,16) + (2.886 \times 0,16) + (3.618 \times 0,12) = 129.126$ TL'dir.

Sonuç olarak ulaştırma modeli ile elde edilen taşıma maliyeti ile mevcut dağıtım arasında $129.126 - 126,873 = 2.252$ TL'lik bir fark olduğu ortaya çıkmıştır. Yani işletme dağıtımını ulaştırma modeli ile yaptığı takdirde 2.252 TL'lik bir tasarruf sağlayabilecektir.

4. Sonuç

Bu çalışma, teorik ve uygulama olarak iki kısımdan oluşmaktadır. Çalışmanın teorik kısmında, ilk olarak ulaştırma modellerini açıklayabilmek için gerekli olan konular ve kavramlar üzerinde durulmuştur. Daha sonra konuya ilişkin bir uygulama çalışması sunulmuştur. Ulaştırma modeli ile verilen kısıtlar altında dağıtım maliyeti, öncelikle doğrusal programlama modeli şeklinde kurularak daha sonra da ulaştırma modeli ile elde edilmiştir. Başlangıç çözümü için ulaştırma modellerinden optimuma en yakın çözümü veren VAM yöntemi kullanılmıştır. Başlangıç çözümün optimalliğini test etmek için ise Çoğaltan (MODI) Yöntemi uygulanmıştır. Ulaştırma modeli ile elde edilen bu toplam taşıma maliyeti ile mevcut dağıtımın taşıma maliyeti arasında ise 2.252 TL'lik bir fark görülmüştür. Çalışmanın sonucuna göre, ulaştırma modelleri ile ekonomik yönüyle günümüz işletmelerinde dağıtım maliyetlerinin daha alt seviyelerde gerçekleştirilebileceği gösterilmiştir.

Ulaştırma modelinin, sistemin çıktılarının en iyilenmesinin yanında, en iyi çıktıyı veren girdi bileşiminin belirlenmesine ve optimal bir sistemin tasarlanmasına yardımcı olduğu görülmektedir. Çözümün başarısı, modelin sistemi yansıtmadaki başarısına bağlıdır. Elbette bu da modeli oluşturan parametrelerin belirlenmesini son derece önemli hale getirir. Karar vericiler kararlarını asla bir kriterle dayanarak vermezler. Yapılan uygulamada sadece maliyet boyutu dikkate alınmıştır. Başarı için, problemin güvenlik boyutu, konuşlanmanın eğitim öğretime etkisi, yapılaşma ve benzeri kriterler de bilimsel olarak araştırılmalı ve karar verilmelidir.

Bundan sonra yapılacak çalışmalarda, bu çalışmada sunulan ulaştırma modelinin endüstriden başka yapılandırma faaliyetlerinin karar verme süreçlerinde kullanılıp kullanılmayacağını bulmak için esnek programlama ve duyarlılık analizi ile geliştirilmesi önerilebilir. Konkav Maliyetli Ulaştırma Problemi (KMUP), gerçek hayatta sık karşılaşılan problemlerden birisidir. Doğrusal maliyetli problemlerin

aksine KMUP'de taşınacak miktar arttıkça taşıma maliyeti azalmaktadır. Bu tür problemlerde doğrusal olmayan maliyet fonksiyonundan dolayı klasik optimizasyon yöntemleri ile en iyi çözüme ulaşmak mümkün olmayabilir. Son yıllarda genetik algoritmalar, tavlama benzetimi ve tabu arama gibi genel amaçlı sezgisel yöntemlerin bu tür zor problemlerin çözümünde başarıyla kullanıldığı görülmektedir. Bu nedenle genetik algoritmalara dayalı karma sezgisel algoritmalar geliştirilebilir.

KAYNAKÇA

- AKALIN, S. (1979), Yöneylem Araştırması, İzmir: Ege Üniversitesi İşletme Fakültesi Yayınları, No:5.
- ANALI, İ. (1999), Ulaştırma Modeli ve Türk Tekstil Sektöründeki Dış Ticaret Sermaye Şirketlerinin İhracatlarının Ulaştırma Modeli Yardımıyla Optimizasyonu, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- BALAKRİSHNAN, A., Natarajan, H. P. ve Pangburn, M. S. (2000), “Optimizing Delivery Fees For a Network of Distributors” *Manufacturing and Service Operations Management*, 2(3), ss. 297 316.
- CHANAS, S. ve Kuchta, D. (1998), “ Fuzzy Integer Transportation Problem”, *Fuzzy Sets and Systems*, 98(3), ss. 291 298.
- ÇELİKOĞLU, C.C. ve Moralı, N. (2000), “Ulaştırma Problemlerinde Duyarlılık Analizi”, *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 2 (4), ss. 171 181.
- CHEN, M. ve Wang, W. (1997), “A Linear Programming Model for Integrated Steel Production and Distribution Planning”, *International Journal of Operations and Production Management*, 17(6), ss. 592-610.
- DOĞAN, İ. (2005), Yöneylem Araştırması Teknikleri ve İşletme Uygulamaları, Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul.
- ERGÜLEN, A. (2005), İşletmelerin Dağıtım Stratejilerinin Oluşturulması Modeli: Dağıtım Koşullarının Ağır Olduğu Türkiye deki Doğu ve Kuzey İlleri Üzerine Örnek Bir Uygulama, *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 19(1), ss. 325 342.
- ERGÜLEN, A. (2003) “Gıda Ürünlerinin Kara Yolu ile Taşınmasında Maliyet Minimizasyonu: Bir Tamsayı Doğrusal Programlama Uygulaması”, *Uludağ Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, 22(2), ss. 203 232.
- ERGÜLEN, A., Kazan H. ve Kaplan M. (2005), İşletmelerde Dağıtım Sistemi Maliyetleri Minimizasyonu İçin Çözüm Modeli: Bir Firma Uygulaması, *S.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 13, ss.163 172
- ERTUĞRUL, İ. ve Aytaç, E. (2006), “Ulaştırma Optimizasyonunda Atlama Taşı Yönteminin Bulanık Verilerle Değerlendirilmesi”, Yöneylem Araştırması / Endüstri Mühendisliği, XXVI. Ulusal Kongresi, Kocaeli Üniversitesi, İzmit.
- HALLAÇ, O. (1983), Kantitatif Karar Verme Teknikleri (Yöneylem Araştırması), Alfa Basım Yayın Dağıtım, İstanbul.
- HİLLİER, F.S. ve Lieberman, G.J. (1990), Introduction to Operations Research, McGraw-Hill, New York.
- KABAK, M. (2000), Kara Kuvvetleri Akaryakıt İkmal Sistemlerinde Ulaştırma Modelleri Yardımıyla Maliyet Optimizasyonu, Basılmamış

Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

KARAOĞLAN İ. ve Altıparmak, F. (2005), “Konkav Maliyetli Ulaştırma Problemi İçin Genetik Algoritma Tabanlı Sezgisel Bir Yaklaşım”, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 20 (4), ss. 443 454.

KOTAMAN, S. (1998), Silahlı Kuvvetlerde İkmal Sistemlerinin Ulaştırma Modelleri Yardımıyla Maliyet Olarak Minimasyonu, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

ÖZEL, M. (2000), İki İndisli Düzlemsel Dağıtım Probleminin Matris Denklemleriyle İncelenmesi, *DEÜ Müh. Fak. Fen ve Müh. Dergisi*, ss.141 145.

ÖZGÜVEN, C. (2003), Doğrusal Programlama ve Uzantıları, Detay Yayıncılık, Ankara.

ÖZKAN, M. M. (2003), Bulanık Hedef Programlama, Ekin Kitabevi, Bursa.

ÖZTÜRK, A. (2007), Yöneylem Araştırması, Ekin Kitabevi, Bursa.

RENDER B. ve Stair, R.M. (1992), Introduction to Managemet Science, Allyn and Bacon Inc. , Boston.

SERPER, Ö. (1974), Doğrusal Ulaştırma Programlaması (İdeal Çözüm ve Uygulama), Bursa: İktisadi ve Ticari İlimler Akademisi Yayınları, No: 8.

SOYLU, M.Y. (1997), Ulaştırma Modelleri, Kıyaslanması ve Bowman’ın Üretim Programlaması İçin Ulaştırma Problemine Bir İşletme Uygulaması, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

ŞAFAK, S. (2000). “Dağıtım Probleminin Optimallik Koşullarının İncelenmesi”, *DEÜ Müh.Fak. Fen ve Müh.Dergisi*, ss.107 112.

TABUK, M. (2006), Taşıma Problemlerine Çözüm Önerileri, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

TAHA, H.A. (2000), Yöneylem Araştırması, Literatür Yayınları, İstanbul.

TEKİN, M. (1991) Kantitatif Karar Verme Teknikleri, Konya.

TORAMAN, A. (1976), Ulaştırma Modeli ve Türkiye’de Buğday Ürünü Yöresel Denge Analizi, Erzurum: Atatürk Üniversitesi Yayınları, No:463.

TULUNAY, Y. (1991), Matematik Programlama ve İşletme Uygulamaları, Renk İş Matbaası, İstanbul.

ULUCAN A. ve Tarım, A. (1997), “Petrol Ürünlerinin Deniz Yoluyla Taşınmasında Maliyet Minimasyonu: Petrol Ofisi İçin Karışık

Tamsayı Programlama Uygulaması”, *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 15, ss. 190 197.

WINSTON, W.L. (1994), *Operations Research: Applications and Algorithms*, Duxbury Press, California.

YANG L. ve Liu, L. (2007), “Fuzzy Fixed Charge Solid Transportation Problem and Algorithm”, *Applied Soft Computing*, 7, ss. 879 889.