

TAŞIMACILIK SEKTÖRÜNÜN İŞLEYİŞ SÜRECİ, BULANIK DAĞITIM PROBLEMİNİN TAMSAYILI DOĞRUSAL PROGRAMLAMA MODEL DENEMESİ

Yrd.Doç.Dr. Ahmet ERGÜLEN

*Niğde Üniversitesi
İİBF İşletme Bölümü
aergulen@nigde.edu.tr*

Yrd.Doç.Dr. Halim KAZAN

*Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü
İşletme Fakültesi
halimkazan@gyte.edu.tr*

ÖZET

Bu çalışmada, taşımacılık sektörünün işleyiş süreci içerisinde yük taşıma sistemlerinin performansına göre farklı akış yada güzergah değerlendirmesi, fiyat politikaları ve çeşitli işletim etkinlikleri analizinde bulanık mantık, tamsayılı doğrusal programlama model ile birleştirilerek taşıma maliyetlerinin minimize edilmesine çalışıldı. Çalışmada modele ait, ocak ayı 1.10 gün, 2.10 gün ve 3.10günlük toplam maliyet, toplam yük ve toplam sefer sayısı ile firmaya ait, ocak ayı 1.10 gün, 2.10 gün ve 3.10günlük toplam maliyet, toplam yük ve toplam sefer sayıları karşılaştırıldı. Karşılaştırma sonucunda bulanık dağıtım probleminin tamsayılı doğrusal programlama modeliyle daha etkin bir sonuç verdiği ortaya kondu ve maliyetlerin minimizasyonunda önemli indirimler sağlandı.

Anahtar Kelimeler: *Bulanık Mantık, Karar Verme Teorisi, Dağıtım Maliyeti*

THE OPERATION PROCESS OF THE TURKISH SHIPPING SECTOR: A LINEAR INTEGER PROGRAMMING MODEL FOR FUZZY LOGIC PROBLEM

ABSTRACT

The aim of this study is to minimize the shipping costs, by combining fuzzy logic with integer linear programming model, in analyzing the performance of the operation process of the shipping sector, different flowing or forwarding route, pricing policy, operation analysis and the cargo systems. In addition,, we compared the total cost, total charge and total number of cargo of both firm and model for the first, second and third ten-day-periods of January 2005. As a result of this comparison, we showed that fuzzy logic problem is solved more efficiently by using a linear integer programming model. Moreover, a significant decline in costs is achieved.

Keywords: *Fuzzy Logic, Decision Making Theory, Linear-Integer Programming, Distribution Costs*

1. GİRİŞ

Ulaştırma ve dağıtım araçlarının yapısı günümüzde çok değişkenlik gösterdiği için, bu yapı rekabetin şiddetlenmesine yol açmaktadır. Kamuya ait hava, kara, deniz ve tren yollarının son günlerde özelleştirilmesi gündeme gelince Türkiye’de taşımacılık daha da cazip hale gelmeye başladı. Özellikle yakın gelecekte kamuya ait taşıma sektörünün özelleştirilmesi daha ekonomik dağıtım sisteminin işletilmesi ve ucuza dağıtım yapılmasını gündeme getirecektir. Bu nedenle; genellikle firmalar üretmiş oldukları malların taşınmasında fiyat politikaları bakımından belirsizlik ve karmaşa yaşayabilmektedirler. Karmaşayı çözenin bir çok yolu olmasına rağmen hangi yolun daha iyi olduğu konusunda kesin bir kanıt bulunmamaktadır. Ancak son yıllarda geliştirilen ve değişik alanlarda uygulama alanı bulan bulanık (fuzzy) mantığı bu tür belirsizlik gösteren dağıtım problemlerine uygulanabilmektedir.

Bulanık mantık, bir bulanık küme mantığına dayanır ve ilk olarak Lofti A. Zadeh tarafından tanımlanmıştır. Bulanık küme, küme’ye aitlik derecesi *üyelik değeri* ile tanımlanmış olan kümeyi ifade eder. Klasik küme kavramında bir eleman bir kümenin üyesidir veya değildir. Bulanık mantıkta küme aitlik derecesi, 0 ile 1 arasında değişir. 0 küme’ye ait olmamayı, 1 ise kesin olarak o kümenin üyesi olmayı gösterir. Küme aitlik derecesi üçgen, yamuk, Gaus eğrisi gibi standart fonksiyonlarla tanımlanabildiği gibi çok farklı fonksiyonlarda tanımlanabilir.

Bulanık Mantık, bilimsel terminolojide “Fuzzy Logic” kelimelerinin karşılığı olarak kullanılmaktadır. Bilgisayarlarda rahatlıkla uygulanabilmektedir. Yukarıda da ifade edildiği gibi bulanık mantık üyelik derecesinde kesin bir kanıt bulunmadığı durumlarda mutlak olarak alternatif kararlar değerlendirilerek amaca en uygun olan seçenek seçilir. Alternatif kararların fazlalığı karar vericinin işini zorlaştırmaktadır. Bu nedenle karar verici karar verirken gerçekleşme olasılığı en yüksek ve amacına en uygun olan kararları seçmek zorundadır. Gerçekleşme olasılığı en yüksek olayların seçiminde bir alternatif çözüm yolu olarak Fuzzy Logic kullanılabilmektedir.

Taşıma maliyetlerinin minimize edilmesi, rakip firmalara karşı çeşitli fiyat stratejileri geliştirilmesi önemli olduğu gibi, firmanın genel finansal yapısının da daha sağlıklı yapıya ulaşmasında taşıma maliyetlerinin minimize edilmesi temel faktörlerden biri olarak gösterilmektedir (Durhan vd., 1996).

Taşıma maliyetlerinin minimize edilmesi aşamasında, bulanık kontrolörlerin ulaşım sistemlerinde planlama, yönetim ve kontrol alanlarında oldukça geniş bir uygulama alanı vardır. Bu uygulamalardan bazıları; bulanık mantık kuralları kullanarak araç yönlendirme (Teodorovic ve Vukadinovic, 1998), izole edilmiş sinyalizasyon kavşaklarında bulanık mantık ile kontrol (Teodorovic ve Vukadinovic, 1998), kent içi ekspres yollarda bulanık kontrol sistemleri, bulanık ve geleneksel metotları kullanarak trafik akış ve kontrol simülasyonu (Robert ve Keith, 1993), MM de birçok klasik işletimsel araştırma problemlerinde fuzzy setleri (Chanas, 1982), fuzzy ile network planlama, network kullanımı yardımıyla maliyetlerin minimizasyonu (Gazdik, 1983), kritik yol analizlerinde fuzzy faaliyet sınırlama süresi (Kamburowski, 1983). Kritik yol planlama ve programlamada matematiksel

tabanlı yaklaşımlar (Kelley, 1961). Fuzzy PERT ve Stochastic (Lootsma, 1989). olarak belirtilebilir.

Proje yönetiminde fuzzy dağıtım uygulaması, fuzzy set ve sistemleri 73 (Mon, vd., 1995)., PERT'te faaliyet sürelerinin dağılımı (Golenko-Ginsberg, 1988)., Beklenen değerlerin tanımlanması için fuzzy mantığı yaklaşımı (Shiple, vd., 1996). ve Fuzzy set teorisi yaklaşımı ile maliyet değişimi incelemesi (Zebda, 1984); (Lootsma, 1989) çalışmaları yapılmıştır.

Bu çalışmada, yukarıda örnek olarak verilen çalışmalardan farklı olarak, taşımacılık sektörünün işleyiş süreci içerisinde yük taşıma sistemlerinin performansa göre farklı akış yada güzergah değerlendirmesi, fiyat politikaları ve çeşitli işletim etkinlikleri analizinde fuzzy logic'in tamsayı doğrusal programlama model ile birleştirilerek taşıma maliyetlerinin minimize edilmesine çalışıldı.

2. TÜRK TAŞIMACILIK SEKTÖRÜNÜN İŞLEYİŞ SÜRECİ VE BULANIK MANTIK YAKLAŞIMI İLE KONTROLÜ

Başta Orta Asya ve Doğu Avrupa olmak üzere, uluslararası konjonktürde meydana gelen gelişmeler Türkiye'nin Jeo-stratejik önemini daha da artırarak taşıma sektörün stratejik ağırlığını da artırmıştır. Ayrıca, bu süreç içinde uluslararası çalışma örgütü (ILO) ilkeleriyle uyumlu düzenlemeler getirmek ve bu düzenlemelere uyulmasını temin etmek üzere 1 Temmuz 1970 tarihinde Cenevre'de düzenlenen ve 5 Ocak 1976 tarihinde yürürlüğe girmiş olan "Uluslararası Karayolu Taşımacılığı Yapan Taşıtlarda Çalışan Personelin Çalışmalarına İlişkin Avrupa Anlaşmasına (AETR)" katılmamız uygun bulunmuştur.

Türkiye'de yolcu ve yük taşımacılığında karayollarının payı diğer ulaştırma türleri ile karşılaştırıldığında karayollarının ulaştırma sektörü içinde önemli bir paya sahip olduğu görülür. Karayolu taşımacılığı yolcu taşımacılığında %96, yük taşımacılığında ise %92 oranında ağırlığa sahiptir. Bu denli önem arz eden bir taşımacılıkta işletme yöneticileri yada firma sahipleri artan şiddetli rekabet karşısında rakipleriyle gerektiği gibi yarışabilmek için üretim ve dağıtım maliyetlerini daima minimize etmeyi arzu etmektedir. Bu nedenle çeşitli dağıtım sistemleri geliştirilmiş ve bu sistemlerin her biri bir diğerinden farklı sonuçlar verebilmektedir.

Taşımacılıkta farklı bir irdeleme olarak bu çalışmada, taşımacılık sektörünün işleyiş süreci bulanık mantık yaklaşımı ile kontrol edilmek istenmiştir. Bulanık kontrolör, giriş ve çıkış parametrelerinden bir kısmı veya tamamı bulanık üyelik fonksiyonları tarafından tanımlanan kural tabanlı bir kontrol sistemidir (Robert ve Keith, 1993). Böyle bir kontrol sisteminin önemli özellikleri, kuralların sözel değişkenlerle ifade edilebilir olması, uzman bilgisinin tam olarak kontrol kurallarına yansıtılabilmesi ve kesin olmayan bilgiler üzerinden çıkarım yapabilme yeteneğine sahip olmasıdır.

3. BULANIK DAĞITIM PROBLEMİNİN TAMSAYILI DOĞRUSAL PROGRAMLAMA MODELİ

Bulanık dağıtım problemleri tamsayılı doğrusal programlamada doğrusal programlama gibi model kurma, uygulama karar problemini belirleme, modeli formüle etme, problemi formüle etme, modelden çözüm elde etme, modelin geçerliliğini deneme, modeli uygulama, modeli kontrol altına alma ve sonuçların yorumu şeklinde modellendirilebilir.

Model bilinen bir sistemi veya sistemleri bağıntı ve parametrelerle belirterek, gerçek değerleri mümkün olduğunca en iyi şekilde temsil ederek kurulur (Tekin, 1995: 1).

Doğrusal programlama teknikleri geniş çekiciliğe sahiptirler (Öztürk, 1994: 6). Taşıma, enerji, tele iletişim ve üretimin tüm şekillerini kapsayarak, pek çok endüstride başarılı olarak kullanılmaktadır (Stapleton, vd., 2003: 54).

Doğrusal programlama problemleri değişkenlerinin bir kısmının veya tamamının tamsayılı değerler aldığı, genel doğrusal programlama modelinden elde edilen optimizasyon (en iyiyi bulma) problemlerinin bir sınıfı, tamsayılı doğrusal programlama problemi olarak ifade edilebilir (Doğan, 1995: 8). Doğrusal programlama problemi tamsayılı olarak ifade edilebildiği için, (fuzzy) bulanık mantığa uygunluk göstermektedir. Fuzzy mantığını kullanarak, tamsayılı doğrusal programlama (TDP) problemlerini tamsayılı sonuç verecek şekilde taşıma sistemlerinde modelize edebiliriz.

Bu Bulanık dağıtım problemine ait genel TDP modeli aşağıdaki şekilde yazılabilir:

Amaç Denklemi;

$$Z_{\min} = \sum_{j=1}^n \alpha_j + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} X_{ij} + \sum_{i=1}^n g_i Y_i \quad i = 1, 2, \dots, m \text{ (m: araç türleri sayısı)}$$

$$j = 1, 2, \dots, n \text{ (n: bölge sayısı)}$$

Sefer Süresi Kısıtı;

$$\sum_{j=1}^n (a_{ij} X_{ij} - h_i Y_i) \leq b_i \quad j = 1, 2, \dots, n \text{ (n: bölge sayısı)} \quad [1]$$

Dağıtım Yapılacak Malların Yük Kısıtı;

$$\sum_{i=1}^m f_i X_{ij} + d_j \alpha_j + w_{kj} - u_{jt} \geq Q_j \quad i = 1, 2, \dots, m \text{ (m: araç türleri sayısı)}$$

$$j = 1, 2, \dots, n \text{ (n: bölge sayısı)}$$

$$k = 1, 2, \dots, n \text{ (n: bölge sayısı)}$$

$$t = 1, 2, \dots, n \text{ (n: bölge sayısı)}$$

$$(j \neq k) \quad (j \neq t) \quad [2]$$

$$\alpha_j \leq 1 \quad j = 1, 2, \dots, n \text{ (n: bölge sayısı)} \quad [3]$$

Pozitiflik Şartı;

$$X_{ij} \geq 0 \text{ ve tamsayı, } Y_i \geq 0 \text{ ve tamsayı}$$

$$W_{kj} \geq 0, W_{jt} \geq 0$$

$$0 \leq \alpha_j \leq 1$$

Burada; i : araç tipini, j : aracın sefer yapacağı yeri göstermek üzere,

Amaç denkleminde;

Kullanılan parametreler,

α_j : j merkezinin talebinde yer alan bulanık aralığın kullanım oranı

c_{ij} : i . tip aracın j bölgesine yapacağı sefer maliyetini,

g_i : i kapasiteli kiralanan aracın 10 günlük kira bedeli

Karar değişkenleri ise,

X_{ij} : i . tip aracın j bölgesine yapacağı sefer sayısı

Y_i : Firmanın sahip olduğu araç filosuna dahil edilecek i kapasiteli araç sayısı olarak ifade edilir.

[1] numaralı kısıt'ta;

Kullanılan parametreler;

a_{ij} : i . tip aracın j bölgesine bir sefer yapması gereken süre

h_i : i kapasiteli kiralanan aracın 10 günlük çalışma süresi (saat olarak)

b_i : i . tip aracın en fazla sefer yapabileceği süre

Karar değişkenleri, X_{ij} ve Y_i ise yukarıda gibi ifade edilir.

[2] numaralı kısıt'ta;

Kullanılan parametreler;

f_i : i kapasiteli aracın seferdeki tonaj değeri,

Q_j : j merkezinin talep ettiği yük miktarı (kg. olarak)

d_j : j merkezinin talebindeki negatif sapma miktarı

Karar değişkenleri ise,

W_{kj} : k merkezinden bir aracın yol üstündeki j merkezine

bıraktığı yük miktarı (kg. olarak)

U_{jt} : j merkezinden bir aracın yol üstündeki t merkezine

bıraktığı yük miktarı (kg. olarak)

X_{ij} , α_j ise yukarıda gibi ifade edilir.

[3] numaralı kısıt'ta;

Kullanılan parametreler;

α_j yukarıda gibi ifade edilir.

Ayrıca, j merkezinin talep miktarında gerekirse d_j kadar azaltma yapılabileceği (d_j kadar talebin karşılanmayabileceği) kabul edildiğinde, talebin bulanık olan kısmını ifade eden bu miktar, talep miktarında izin verilen negatif sapmadır. Sapma miktarının kullanım oranı, α_j değişkeninin değeri kadar olacaktır. α_j değişkenlerinin 0 ve 1 arasında değerler alabilmesi için [3] numaralı kısıtlar düzenlenmiştir.

Bu modelde, öncelik sırasına göre aşağıdaki hedefler yer almaktadır:

1. hedef, toplam taşıma maliyetinin minimizasyonu

2. hedef, talep kapasiteleri için izin verilen negatif sapma miktarının kullanılan kısmının minimizasyonu

Birinci öncelikli amaca ilişkin değişkenlerin amaç fonksiyonundaki katsayılarına göre, ikinci öncelikli amaca ilişkin değişkenlerin (α_j) amaç fonksiyonundaki katsayılarının çok küçük bir değer olması gerektiğinden α_j değişkenlerinin katsayıları bir olarak alınmıştır.

3.1. Karar Değişkenlerinin ve Parametrelerin Tanımlanması

Modelde sefer sayıları X_{ij} değişkenleri ile tanımlanacak, bu değişkenlere bağlı indislerde, i:1,2,3 olarak üç araç tipini, j:1,2,3,...,11 olarak da araçların sefer yaptığı on bir yeri belirleyecektir.

X_{ij} , i. aracın j bölgesine yapması gereken sefer sayısını temsil eder. Ayrıca araçların yeterli gelmemesi halinde, kiralanacak araçların sefer sayıları Y_i değişkeni ile tanımlanacaktır. Bu değişkenlere bağlı indislerde, kiralanacak i. aracın yapması gereken sefer sayısını temsil edecektir. c_{ij} ile belirtilen parametre, i.tip aracın j bölgesine yapacağı sefer maliyetini, g_i ile belirtilen parametre i kapasiteli kiralanacak aracın 10 günlük kira bedelini belirtir.

Modelde kullanılacak olan üç tip klimalı araçlar;

X_{1j} :13 tonluk aracın j bölgesine yapması gereken sefer sayısı (Normal araç)

X_{2j} :20 tonluk aracın j bölgesine yapması gereken sefer sayısı (Termoking)

X_{3j} :25 tonluk aracın j bölgesine yapması gereken sefer sayısı (Termoking)

şeklindedir.Ayrıca araçların taşımada yeterli gelmemesi halinde ise ;

Y_1 : Kiralanacak13 tonluk aracın yapması gereken sefer sayısı

Y_2 : Kiralanacak 20 tonluk aracın yapması gereken sefer sayısı

Y_3 : Kiralanacak 25 tonluk aracın yapması gereken sefer sayısı olarak ifade edilecektir.

Bununla birlikte distribütörlerin buldukları yerler;

1: Diyarbakır, 2:Erzurum, 3:Hatay, 4:Kastamonu, 5:Malatya, 6:Mardin, 7:Mersin, 8:Samsun, 9:Sivas, 10:Tokat, 11:Trabzon olarak belirlenmiştir. Araç tipleri ve sefer yapacakları yerler bu şekilde belirlendikten sonra, değişkenler her bir distribütör ve kullanılan araç türleriyle (Ek-3)'de tanımlanmıştır.

3.2. Sınırlayıcı Şartların Formüle Edilmesi

Modelde 13 tonluk klimalı araçtan 14 adet, 20 tonluk termoking tır'dan 8 adet ve 25 tonluk termoking tırdan da 3 adet kullanılmıştır. Buna göre karar değişkenlerinin tanımlanmasında modelin kısıtı şu şekilde oluşmuştur.

Burada, kısıtta oluşan karar değişkenlerinin katsayıları araçların dağıtım merkezlerinden, dağıtım noktalarına gidiş-geliş sürelerini saat olarak ifade etmektedir. Kısıtların sağ tarafındaki değerleri ise, mevcut araçların mümkün olduğunca yapacakları sefer sürelerini on günlük olarak belirtmektedir. Ayrıca $X_{ij} \geq 0$ ve tamsayı, $Y_i \geq 0$ ve tamsayıdır.

Araçların sefer süresi kısıtları;

$$16X_{11} + 24X_{12} + 6X_{13} + 18,46X_{14} + 12X_{15} + 16X_{16} + 2,18X_{17} \\ + 20X_{18} + 15X_{19} + 17,14X_{110} + 26,66X_{111} - 240Y_1 \leq 3360$$

$$16X_{21} + 24X_{22} + 6X_{23} + 18,46X_{24} + 12X_{25} + 16X_{26} + 2,18X_{27} \\ + 20X_{28} + 15X_{29} + 17,14X_{210} + 26,66X_{211} - 240Y_2 \leq 1920$$

$$16X_{31} + 24X_{32} + 6X_{33} + 18,46X_{34} + 12X_{35} + 16X_{36} + 2,18X_{37} \\ + 20X_{38} + 15X_{39} + 17,14X_{310} + 26,66X_{311} - 240Y_3 \leq 720$$

şeklinde olmuştur.

Modelde, karar değişkenlerinin tanımlanmasında kullanılan değişkenlere göre yük; Araçların, on günlük olarak her bir seferde taşıdığı ürün miktarıdır. Buna göre aşağıdaki yük kısıtının oluşturulmasındaki yük ifadesi yerine, Ek-1' de verilen yük miktarları, ocak ayı 1.10 gün, 2.10 gün ve 3.10günlük olarak kullanılmıştır.

Araçların yük kısıtları genel olarak;

$$13000X_{11} + 20000X_{21} + 25000X_{31} + 3000\alpha_1 \geq \text{Yük}$$

$$13000X_{12} + 20000X_{22} + 25000X_{32} - u_{129} + 1000\alpha_2 \geq \text{Yük}$$

$$13000X_{13} + 20000X_{23} + 25000X_{33} + 500\alpha_3 \geq \text{Yük}$$

$$13000X_{14} + 20000X_{24} + 25000X_{34} + 400\alpha_4 \geq \text{Yük}$$

$$13000X_{15} + 20000X_{25} + 25000X_{35} + 250\alpha_5 \geq \text{Yük}$$

$$13000X_{16} + 20000X_{26} + 25000X_{36} + 2500\alpha_6 \geq \text{Yük}$$

$$13000X_{17} + 20000X_{27} + 25000X_{37} + 1200\alpha_7 \geq \text{Yük}$$

$$13000X_{18} + 20000X_{28} + 25000X_{38} + 1250\alpha_8 \geq \text{Yük}$$

$$13000X_{19} + 20000X_{29} + 25000X_{39} + w_{129} + w_{1109} + w_{1119} + 1100\alpha_9 \geq \text{Yük}$$

$$13000X_{110} + 20000X_{210} + 25000X_{310} - u_{1109} + 1300\alpha_{10} \geq \text{Yük}$$

$$13000X_{111} + 20000X_{211} + 25000X_{311} - u_{1119} + 300\alpha_{11} \geq \text{Yük}$$

ve ayrıca, Bulanık aralığın maksimum kullanım oranı kısıtı

$$\alpha_j \leq 1$$

diğer kısıtlar ise,

$$X_{ij}, Y_i \geq 0 \text{ ve tamsayı}$$

$$W_{kj} \geq 0, \quad V_{jt} \geq 0$$

$0 \leq \alpha_j$ şeklinde olmuştur.

3. 3. Amaç Denklemine Formüle Edilmesi

Amaç denklemine karar değişkenlerinin katsayılarının hesabında, firmanın nakliye şirketleriyle yapmış olduğu sözleşme gereği, nakliye birim fiyatlarının Ocak başlangıcı, Mart, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Kasım aylarında %7,5 oranında değişmesidir. Bu düzenle nakliye kg fiyatları yapılarak, Ek-2' de gösterilmiştir. Modeldeki bu bilgilerin ışığında amaç denklemine karar değişkenlerinin katsayılarının hesabı; Ek-2' de ki kg fiyatı üzerinden ürünlerin dağıtımındaki hangi aracın, hangi bölgeye gideceği şeklinde araçların tonajına ve ocak ayı ocak ayı 1.10 gün, 2.10 gün ve 3.10günlük değerlerine göre yapılır.

Amaç denklemine karar değişkenlerinin genel durumu belirlendikten sonra, modeldeki amaç denklemi on günlük olarak aşağıdaki şekilde formüle edilmiştir.

Ocak (1.10 gün, 2.10 gün ve 3.10gün)

$$\begin{aligned}
Z_{\min} = & \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 + \alpha_5 + \alpha_6 + \alpha_7 + \alpha_8 + \alpha_9 + \alpha_{10} + \alpha_{11} \\
& + 143598X_{11} + 296725X_{12} + 62491X_{13} + 235534X_{14} + 136994X_{15} \\
& + 143598X_{16} + 41990X_{17} + 236899X_{18} + 140920X_{19} + 182247X_{110} \\
& + 296855X_{111} + 220920X_{21} + 456500X_{22} + 96140X_{23} + 362360X_{24} \\
& + 210760X_{25} + 220920X_{26} + 64600X_{27} + 364460X_{28} + 216800X_{29} \\
& + 280380X_{210} + 456700X_{211} + 276150X_{31} + 570625X_{32} + 120175X_{33} \\
& + 452950X_{34} + 263450X_{35} + 276150X_{36} + 80750X_{37} + 455575X_{38} \\
& + 271000X_{39} + 350475X_{310} + 570875X_{311} + 13000000Y_1 \\
& + 20000000Y_2 + 25000000Y_3
\end{aligned}$$

Bu şekilde ocak ayı 1.10 gün, 2.10 gün ve 3.10güne ait amaç denklemi oluşturularak kurulan bir modelin matematiksel modellenmesi yapılmış olur.

Kurulan modelin geçerliliğinin görülmesi, verilen problem üzerinden oluşan sonuçların, o problemle alakalı ilk dönemdeki sonuçların uygun olmasına bağlıdır. Eğer sonuçlar uygunsa, modelin çözümü olumludur (Riggs, 1975: 13).

Modelde firmanın ürünleri distribütörlere dağıtımındaki, maliyetinin belirlenmesinde gerekli olan karar değişkenleri tanımlanarak, kurulan Tamsayılı-doğrusal programlama modeli, WinQSB paket programıyla çözümlenmiştir. Yapılan modelin çözümü Ek-4'de verilmiştir. Modelin çözüm değerlerine göre de Ek-2 deki kg. fiyatı üzerinden, maliyet ortaya çıkarılarak, buradan da firmaya ait toplam dağıtım maliyetine ulaşılmıştır.

Aynı şekilde modelle oluşturulan dağıtım maliyetlerine de bu şekilde ulaşılmıştır.

4. UYGULAMA

4.1 Bir Gıda İşletmesinde Uygulama

Ürünlerin dağıtım maliyetinin ortaya çıkarılmasında ;

1-Distribütörlere dağıtım yapılan ürünlerin, miktarlarına ait ocak ayı 1.10 gün, 2.10 gün ve 3.10günlük dağıtım tablosu,

2-Distribütörlere dağıtım yapılan ürünlerin, ocak ayı 1.10 gün, 2.10 gün ve 3.10 günlük her bir seferdeki kg fiyatı ve km fiyatını belirten değerler tablosu,

3-Bunlara bağlı olarak da distribütörlere yapılan dağıtımdaki toplam sefer sayıları tablosu oluşturulmuştur.

Firmanın dağıtımını yapılan ürünlerinin, yük miktarlarına ait ocak ayı 1.10 gün, 2.10 gün ve 3.10günlük dağıtımları Ek-1' de , ürünlerin her bir seferdeki kg fiyatı ve km fiyatını belirten değerleri de Ek-2'de verilmiştir.

4.2. Optimum Çözüm Planı

Üretim yerinden distribütörlere dağıtılan ürün miktarları kullanılarak, firmanın dağıtım planına uygun olarak on günlük dağıtımlar şeklinde dağıtım planı oluşturuldu ve Fuzzy logic kullanılarak Tamsayılı doğrusal programlama yöntemiyle hesaplandı.

4.3. Firmanın Uyguladığı Plan

Firma dağıtım yaparken anlaşmayı yaptığı nakliye firmasıyla 13 Tonluk klimalı araçlar kullanmıştır. Dağıtımını yapılan ürünler margarin ve likit yağlar olduğu için klimalı araçlar tercih edilmiştir. Buna göre firma ürünlerin dağıtımını, ocak ayı 1.10 gün, 2.10 gün ve 3.10gün şeklinde belirleyerek 11 distribütöre yapmıştır. Buna göre oluşan toplam sefer sayıları Ek-5'de verilmiştir.

Tablo 1: Firmaya Ait Ocak Ayı 1.10 gün, 2.10 gün ve 3.10 günlük Dağıtım Maliyeti

Firmaya Ait Ocak Ayı ocak ayı 1.10 gün, 2.10 gün ve 3.10günlük Toplam Maliyet	26.811.759
Firmaya Ait Ocak Ayı ocak ayı 1.10 gün, 2.10 gün ve 3.10günlük Toplam Yük	2.037.519
Firmaya Ait Ocak Ayı ocak ayı 1.10 gün, 2.10 gün ve 3.10günlük Toplam Sefer Sayısı	168

Tabloda yük miktarları ton olarak , maliyet ise binTL olarak alınmıştır.

Tablo 2: Modele Ait Ocak Ayı 1.10 gün, 2.10 gün ve 3.10 günlük Dağıtım Maliyeti

Modele Ait Ocak Ayı ocak ayı 1.10 gün, 2.10 gün ve 3.10günlük Toplam Maliyet	23.725.574
Modele Ait Ocak Ayı ocak ayı 1.10 gün, 2.10 gün ve 3.10günlük Toplam Yük	2.037.519
Modele Ait Ocak Ayı ocak ayı 1.10 gün, 2.10 gün ve 3.10günlük Toplam Sefer Sayısı	117

Tabloda yük miktarları ton olarak , maliyet ise binTL olarak alınmıştır.

Burada firmanın dağıtım maliyetini belirlerken, dağıtım yapılan ürünlerin toplam sefer sayıları tablosu Ek-5 kullanıldı. Ortaya çıkan sefer sayılarına göre de Ek-2 deki kg. fiyatı üzerinden, maliyet ortaya çıkarıldı. Buradan da firmaya ait toplam dağıtım maliyetine ulaşılmış oldu (Tablo 1).

Buna göre modele ait dağıtım planı ve firmanın uyguladığı dağıtım planı karşılaştırıldığında, modele ait dağıtım maliyeti (Tablo 2) ile firmaya ait dağıtım maliyeti arasında tasarruf miktarının olduğu görülmektedir (Tablo 3).

Tablo 3: Ocak Ayı 1.10 gün, 2.10 gün ve 3.10günlük Toplam Tasarruf Miktarı

Firmaya Ait Toplam Veriler;	
Ocak Ayı 1.10 gün, 2.10 gün ve 3.10günlük Toplam Maliyet	26.811.759
Ocak Ayı 1.10 gün, 2.10 gün ve 3.10günlük Toplam Yük	2.037.519
Ocak Ayı 1.10 gün, 2.10 gün ve 3.10günlük Toplam Sefer Sayısı	168
Modele Ait Toplam Veriler;	
Ocak Ayı 1.10 gün, 2.10 gün ve 3.10günlük Toplam Maliyet	23.725.574
Ocak Ayı 1.10 gün, 2.10 gün ve 3.10günlük Toplam Yük	2.037.519
Ocak Ayı 1.10 gün, 2.10 gün ve 3.10günlük Toplam Sefer Sayısı	117
Ocak Ayı 1.10 gün, 2.10 gün ve 3.10günlük Toplam Tasarruf = Firmanın Ocak Ayı 1.10 gün, 2.10 gün ve 3.10günlük Toplam Maliyeti – Modelin Ocak 1.10 gün, 2.10 gün ve 3.10günlük Toplam Maliyeti	
=	26.811.759 – 23.725.574
Ocak Ayı 1.10 gün, 2.10 gün ve 3.10günlük Toplam Tasarruf	3.086.185
=	

Tabloda yük miktarları ton olarak , maliyet ise binTL olarak alınmıştır.

Tablo 3' e bakıldığında Ocak Ayı 1.10 gün, 2.10 gün ve 3.10günlük toplam tasarrufun 3.086.185.000 TL olduğu görülür. Buda modelle yapılan dağıtım maliyetinin, firmayla yapılan dağıtım maliyetine göre % 11,51 oranında daha avantajlı olduğunu göstermektedir.

5. SONUÇ

Taşıma Maliyeti Probleminin optimizasyonu konusunda pek çok çalışma olduğu gözlenmektedir. Bunlar, farklı özellikler içeren problemlerin modellenmesi, bu problemlerin optimum çözümünün araştırılması gibi çeşitli sorunların çözümü için uygulamalar yapılması şeklindedir.

Son yıllarda yapılan optimizasyon çalışmalarında bulanık mantığın da dikkate alındığı görülmektedir. Bu çalışmada; bir fabrikadan çok sayıda distribütöre sürekli olarak mal taşıma işleminin yapıldığı ve distribütör talep miktarlarının bulanık olduğu durumlardaki taşıma maliyeti problemi için kullanılabilir bir karışık tamsayılı doğrusal programlama modeli önerilmiştir.

Önerilen modelin gerçek problemler üzerinde yapılan uygulama çalışmaları sonucunda; bulanık mantık modelinin, bulanık mantık olmayan modelden daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Ayrıca, bir fabrikadan çok sayıda distribütöre mal taşıyan bir firmada yapılan uygulama sonucunda, firmanın toplam taşıma maliyetlerinin % 11,51 oranında düşürülebileceği görülmüştür.

KAYNAKÇA

- Chanas, S. (1982), *Fuzzy Sets In Few Classical Operational Research Problems, Approximate Reasoning In Decision Analysis*, North-Holland, Amsterdam, pp. 351-363.
- Doğan, İ. (1995), *Yöneylem Araştırması Teknikleri ve İşletme Uygulamaları*, 2. Baskı, Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul, s. 8.
- Durhan, A.C. ve J. R. Sexton (1996), “*American Journal Of Agricultural Economics*”, Spatial Competition Uniform Pricing And Transportation Efficiency In The California Processing, Vol. 78, No. 1, pp. 115.
- Gazdik, I. (1983), “*Fuzzy Network Planning*”, Ieee Transport. Reliability R-32 3, pp. 304-313.
- Golenko- Ginsberg, D.(1988), “*On the Distribution of Activity Times in Pert*”, Journal of Operational Research. Society., 39 (8), pp. 767-771.
- Kamburowski, J. (1983), “*Fuzzy Activity Duration Times In Critical Path Analyses*”, International Symposium On Project Management, New Delhi, pp. 194-199.
- Kelley, I.E. (1961), *Critical Path Planning and Scheduling-Mathematical Basis, Operational Research*, 9, pp. 296-320.
- Lootsma, F.A. (1989), “*Stochastic And Fuzzy Pert*”, European Journal of Operational Research., 43, pp. 174-183.
- Mon, D.L., C.H. Cheng,. ve H.C. LU (1995), “*Application Of Fuzzy Distributions On Project Management, Fuzzy Sets And Systems*”, European Journal of Operational Research, pp. 227-234.
- Öztürk, A. (1994), *Yöneylem Araştırması*, 4. Basım, Ekin Kitabevi, s.6, no:26, Bursa.

- Riggs, J.L. (1975), *Introduction To Management Operation Research and Management Science*, Mc Graw-Hill Book Company, pp.13, New York.
- Robert, L.K. ve R.B. Keith (1993), “*Fuzzy Logic And Control*”, Prentice Hall, pp. 262.
- Shiple, M., A. De Korvin, ve K. Omer (1996), “*A Fuzzy Logic Approach for Determining Expected Values: A Project Management Application*”, Journal of Operational Research. Society, 47, pp.562-569.
- Stapleton, D.M., J.B Hanna, ve D. Markussen (2003), “*Marketing Strategy Optimization: Using Linear Programming to Establish an Optimal Marketing Mixture*”, American Business Review, 32, pp.54-62.
- Tekin, M. (1995), *Kantitatif Karar Verme Teknikleri*, 3. Baskı, Kuzucular Ofset, s.1, Konya.
- Teodorovic, D. ve K.Vukadinovic, (1998), “*Traffic Control And Transport Planning A Fuzzy Setes And Neural Networks Approach*”, Kluwer Academic Publishers pp.69,89.
- Zebda, A. (1984), “*The Investigation of Cost Variances: A Fuzzy Set Theory Approach*”, Decision Science, 15, pp. 359-388.

Ekler:

Ek-1: Firmanın dağıtım yapılan ürünlerinin yük miktarlarına ait ocak ayı 1.10 gün, 2.10 gün ve 3.10 günlük tonaj değerleri

	Ocak 1.10 gün	Ocak 2.10 gün	Ocak 3.10 gün
Diyarbakır	77851	176933	217038
Erzurum	22109	50248	61638
Hatay	14687	33379	40945
Kastamonu	10398	23633	28989
Malatya	6599	14999	18398
Mardin	61938	140768	172675
Mersin	30720	69819	85645
Samsun	31370	71296	87456
Sivas	26758	60815	74599
Tokat	30984	70418	86379
Trabzon	7752	17618	21611
Toplam	321.166	729.926	895.373

Değerler Ton olarak alınmıştır. Araçlar 13 Tonluk ve klimalıdır.

Ek-2: Firmanın dağıtım yapılan ürünlerinin her bir seferdeki kg fiyatı ve km fiyatını belirten değerleri

	Ocak 1.10 gün		Ocak 2.10 gün		Ocak 3.10 gün	
	Kg. Fiy.	Km.Fiy.	Kg. Fiy.	Km.Fiy.	Kg. Fiy.	Km.Fiy.
Diyarbakır	11046	275.623	11046	275.623	11046	275.623
Erzurum	22825	357.943	22825	357.943	22825	357.943
Hatay	4807	327.225	4807	327.225	4807	327.225
Kastamonu	18118	333.618	18118	333.618	18118	333.618
Malatya	10538	334.146	10538	334.146	10538	334.146
Mardin	11046	269.418	11046	269.418	11046	269.418
Mersin	3230	608.695	3230	608.695	3230	608.695
Samsun	18223	317.144	18223	317.144	18223	317.144
Sivas	10840	281.283	10840	281.283	10840	281.283
Tokat	14019	299.275	14019	299.275	14019	299.275
Trabzon	22835	305.727	22835	305.727	22835	305.727

Ek-3: Araç tipleri ve sefer yapacakları yerlere ait değişkenlerin açıklamaları,

<u>Değişken</u>	<u>Değişkenin açıklaması</u>
X_{11}	13 tonluk araçların Diyarbakır'a yaptığı sefer sayıları toplamı
X_{12}	13 tonluk araçların Erzurum'a yaptığı sefer sayıları toplamı
X_{13}	13 tonluk araçların Hatay'a yaptığı sefer sayıları toplamı
X_{14}	13 tonluk araçların Kastamonu'ya yaptığı sefer sayıları toplamı
X_{15}	13 tonluk araçların Malatya'ya yaptığı sefer sayıları toplamı
X_{16}	13 tonluk araçların Mardin'e yaptığı sefer sayıları toplamı
X_{17}	13 tonluk araçların Mersin'e yaptığı sefer sayıları toplamı
X_{18}	13 tonluk araçların Samsun'a yaptığı sefer sayıları toplamı
X_{19}	13 tonluk araçların Sivas'a yaptığı sefer sayıları toplamı
X_{110}	13 tonluk araçların Tokat'a yaptığı sefer sayıları toplamı
X_{111}	13 tonluk araçların Trabzon'a yaptığı sefer sayıları toplamı
Y_1	Kiralananak 13 tonluk araçların yapacağı sefer sayıları toplamı
X_{21}	20 tonluk araçların Diyarbakır'a yaptığı sefer sayıları toplamı
X_{22}	20 tonluk araçların Erzurum'a yaptığı sefer sayıları toplamı
X_{23}	20 tonluk araçların Hatay'a yaptığı sefer sayıları toplamı
X_{24}	20 tonluk araçların Kastamonu'ya yaptığı sefer sayıları toplamı

- X_{25} : 20 tonluk araçların Malatya'ya yaptığı sefer sayıları toplamı
 X_{26} : 20 tonluk araçların Mardin'e yaptığı sefer sayıları toplamı
 X_{27} : 20 tonluk araçların Mersin'e yaptığı sefer sayıları toplamı
 X_{28} : 20 tonluk araçların Samsun'a yaptığı sefer sayıları toplamı
 X_{29} : 20 tonluk araçların Sivas'a yaptığı sefer sayıları toplamı
 X_{210} : 20 tonluk araçların Tokat'a yaptığı sefer sayıları toplamı
 X_{211} : 20 tonluk araçların Trabzon'a yaptığı sefer sayıları toplamı
 Y_2 : Kiralanacak 20 tonluk araçların yapacağı sefer sayıları toplamı
 X_{31} : 25 tonluk araçların Diyarbakır'a yaptığı sefer sayıları toplamı
 X_{32} : 25 tonluk araçların Erzurum'a yaptığı sefer sayıları toplamı
 X_{33} : 25 tonluk araçların Hatay'a yaptığı sefer sayıları toplamı
 X_{34} : 25 tonluk araçların Kastamonu'ya yaptığı sefer sayıları toplamı
 X_{35} : 25 tonluk araçların Malatya'ya yaptığı sefer sayıları toplamı
Değişken Değişkenin açıklaması
 X_{36} : 25 tonluk araçların Mardin'e yaptığı sefer sayıları toplamı
 X_{37} : 25 tonluk araçların Mersin'e yaptığı sefer sayıları toplamı
 X_{38} : 25 tonluk araçların Samsun'a yaptığı sefer sayıları toplamı
 X_{39} : 25 tonluk araçların Sivas'a yaptığı sefer sayıları toplamı
 X_{310} : 25 tonluk araçların Tokat'a yaptığı sefer sayıları toplamı
 X_{311} : 25 tonluk araçların Trabzon'a yaptığı sefer sayıları toplamı
 Y_3 : Kiralanacak 25 tonluk araçların yapacağı sefer sayıları toplamı

şeklinde olacaktır.

Ek-4(a-b-c): Lindo paket programıyla yapılan modelin çözümü sonucunda oluşan, ocak ayı 1.10 gün, 2.10 gün ve 3.10günlük modele ait araçların toplam sefer sayıları ve modele ait araçların bir merkeze giderken yol üstündeki diğer bir merkeze bıraktığı yük miktarları.

Ek-4a(Ocak ayı 1.10gün):

X ₁₁	0	X ₂₁	0	X ₃₁	3	α_1	0.950333	W ₁₂₉	3891
X ₁₂	0	X ₂₂	0	X ₃₂	1	α_2	1	W ₁₁₀₉	3316
X ₁₃	0	X ₂₃	1	X ₃₃	0	α_3	0	W ₁₁₁₉	5451
X ₁₄	1	X ₂₄	0	X ₃₄	0	α_4	0	U ₁₂₉	3891
X ₁₅	1	X ₂₅	0	X ₃₅	0	α_5	0	U ₁₁₀₉	3316
X ₁₆	0	X ₂₆	3	X ₃₆	0	α_6	0.775200	U ₁₁₁₉	5451
X ₁₇	1	X ₂₇	1	X ₃₇	0	α_7	0	Y ₁	0
X ₁₈	1	X ₂₈	1	X ₃₈	0	α_8	0	Y ₂	0
X ₁₉	1	X ₂₉	0	X ₃₉	0	α_9	1	Y ₃	0
X ₁₁₀	1	X ₂₁₀	1	X ₃₁₀	0	α_{10}	1	Z _{min}	4.138.86 0
X ₁₁₁	1	X ₂₁₁	0	X ₃₁₁	0	α_{11}	0.676667		

Ek-4b(Ocak ayı 2.10gün):

X ₁₁	8	X ₂₁	1	X ₃₁	2	α_1	0.977677	W ₁₂₉	451
X ₁₂	0	X ₂₂	0	X ₃₂	2	α_2	0.690000	W ₁₁₀₉	3882
X ₁₃	1	X ₂₃	1	X ₃₃	0	α_3	0.758000	W ₁₁₁₉	2382
X ₁₄	0	X ₂₄	0	X ₃₄	1	α_4	0	U ₁₂₉	451
X ₁₅	0	X ₂₅	1	X ₃₅	0	α_5	0	U ₁₁₀₉	3882
X ₁₆	3	X ₂₆	5	X ₃₆	0	α_6	0.707200	U ₁₁₁₉	2382
X ₁₇	0	X ₂₇	1	X ₃₇	2	α_7	0	Y ₁	0
X ₁₈	2	X ₂₈	1	X ₃₈	1	α_8	0.236800	Y ₂	0
X ₁₉	1	X ₂₉	2	X ₃₉	0	α_9	1	Y ₃	0
X ₁₁₀	1	X ₂₁₀	3	X ₃₁₀	0	α_{10}	1	Z _{min}	8.995.53 4
X ₁₁₁	0	X ₂₁₁	1	X ₃₁₁	0	α_{11}	0		

Ek-4c(Ocak ayı 3.10gün):

X ₁₁	16	X ₂₁	0	X ₃₁	0	α_1	1	W ₁₂₉	2000
X ₁₂	1	X ₂₂	0	X ₃₂	0	α_2	1	W ₁₁₀₉	2000
X ₁₃	3	X ₂₃	0	X ₃₃	2	α_3	1	W ₁₁₁₉	4000
X ₁₄	2	X ₂₄	0	X ₃₄	0	α_4	1	U ₁₂₉	2000
X ₁₅	1	X ₂₅	0	X ₃₅	0	α_5	1	U ₁₁₀₉	2000
X ₁₆	13	X ₂₆	0	X ₃₆	0	α_6	1	U ₁₁₁₉	4000
X ₁₇	6	X ₂₇	0	X ₃₇	0	α_7	1	Y ₁	0
X ₁₈	6	X ₂₈	0	X ₃₈	0	α_8	1	Y ₂	0
X ₁₉	2	X ₂₉	0	X ₃₉	0	α_9	1	Y ₃	0
X ₁₁₀	1	X ₂₁₀	2	X ₃₁₀	3	α_{10}	1	Z _{min}	10.591.1 80
X ₁₁₁	0	X ₂₁₁	0	X ₃₁₁	1	α_{11}	1		

Ek-5: Firmaya Ait Araçların Toplam Sefer Sayıları

	Ocak 1.10 gün	Ocak 2.10 gün	Ocak 3.10 gün
Diyarbakır	6	14	17
Erzurum	2	4	5
Hatay	2	3	4
Kastamonu	1	2	3
Malatya	1	2	2
Mardin	5	11	17
Mersin	3	6	7
Samsun	3	6	7
Sivas	3	5	6
Tokat	3	6	7
Trabzon	1	2	2
Toplam	30	61	77

