

# Bulanık Mantık Yaklaşımı ile Nakliye Maliyetlerinin Hesaplanması Calculation of Transportation Cost with Fuzzy Logic Approach

Furkan Yener

\*Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Sakarya Üniversitesi, Türkiye

## Özet

Lojistik, son 10 yıl içerisinde ulusal ve uluslararası birçok alanda gelişmesi ivme kazanmış sektörlerin başında gelmektedir. Karayolu taşımacılığı lojistik sektöründe büyük bir öneme sahiptir. Bu önem her geçen gün artmaktadır. Bu çalışmada bulanık mantık yaklaşımı kullanılarak Türkiye'deki iller için şehir içi nakliye maliyetleri hesaplanmıştır. Kurulan model ile müşterilere fiyat teklifi verirken hesaplama kolaylığı sağlaması ve zamandan tasarruf edilmesi hedeflenmiştir. Yapılan çalışmada referans iller için fiyat araştırması yapılmıştır. Türkiye genelindeki diğer illerin nakliye maliyetlerini referans illere göre hesaplamak amaçlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Lojistik, Bulanık mantık, Nakliye maliyeti

## Abstract

Logistics is one of the sector whose development gained acceleration in numerous national and international areas in the last decade. Land transportation has a great importance in the logistics. This importance is increasing day by day. In this study, we have calculated urban cost of transportations by using fuzzy logic approach for provinces in Turkey. With the model established, it is aimed to provide calculation ease while offering price to clients and saving time. Also price research is made for reference points. Transportation costs of the other destinations have been aimed to calculate according to these reference provinces.

**Key words:** Logistics, Fuzzy logic, Transportation cost

## 1. Giriş

Günümüzde karşılaşılan tüm problemler de karar vericiler bir sonuca ulaşmak için çeşitli yöntemler kullanırlar. Bu yöntemlerin belirsizlikleri ortadan kaldırebilmeleri gerekmektedir. Bulanık mantık belirsizlikleri ortadan kaldırmak yerine bunları matematik yardımı ile açıklama yoluna gitmiştir. Hayatımızın her alanında kullandığımız sözel karar verme yetileri; iyi-kötü, güzel-çirkin, soğuk-sıcak vb. kendi içlerinde belirsiz durumlar içermektedirler. Bulanık mantık yardımıyla bu kararlar matematikselleştirilir ve belirsizlikler ifade edilmiş olur.

Kişilerin ve yüklerin taşınması hızlı, ekonomik, sağlam ve verimli olması açısından önem arz etmektedir. Yük taşımacılığı ülkemizin ekonomik açıdan gelişmesinde ve gelişmenin sürdürülebilir olmasında çok önemli rolü bulunmaktadır. Karayolu taşımacılığı ülkemizde yük taşımacılığında en büyük paya sahip hizmet sektörlerindedir.

\*Corresponding author: Address: Faculty of Engineering, Department of Industrial Engineering Sakarya University, 54187, Sakarya TURKEY. E-mail address: fyener@sakarya.edu.tr, Phone: +902642955446

Karayolu taşımacılığının temel hedefleri arasında konforu arttırmak, zamandan tasarruf sağlamak, maliyetleri düşürmek ve sosyo-ekonomik ihtiyaçları karşılamak bulunmaktadır. Taşıma sırasında zamandan tasarruf sağlamak gerektiği gibi taşıma maliyetlerinin hesaplanması ve fiyat tekliflerinin oluşturulması sırasında da lojistik şirketleri zaman kazanarak rekabet avantajı elde edebilirler.[1]

Türkiye genelinde yürütülen tüm illere çeşitli yüklerin taşındığı bazı projeler bulunmaktadır. Örneğin, Milli Eğitim Bakanlığının ders kitaplarını dağıtması bu tarz projelerdendir. Bu tarz projelerde Yükler şehir merkezlerine getirildikten sonra il içerisinde belirlenen noktalara sevk edilir. Lojistik firmalarının ihaleye teklif verme sürecinde illerden ilçelere olan taşıma maliyetleri hesaplanırken tüm iller için çeşitli lojistik firmalarından fiyat teklifi almaları zaman kısıtı ve iş yükü açısından uygulanabilir bir yöntem değildir. Bu çalışmada projenin tahmini maliyetini kısa zamanda hesaplamak üzere 81 ili kapsayan bir proje için bulanık mantık yaklaşımı kullanılarak il bazında tahmini proje maliyetleri hesaplanmıştır.

Modelimizde oluşturduğumuz yapı çok giriş ve tek çıkış yapısına sahip olan bir sistemdir. Birçok uygulamada kullanılan bulanık modellerin girdi ve çıktı değişkenleri gerçek sayılardır. Her bir değişken için tanımlanan bulanık kümelerin sayısı bir bulanık mantık denetleyicisinin hassasiyetinin en temel belirleyicisi olmaktadır.[2]

## 2. Bulanık Mantık

Zadeh, bulanık küme teorisinin, en büyük yaklaşıklıkla insanın karar verme sistemini modelleyebilecek yeterlilikte olduğu fikrini ortaya atmış ve bu doğrultuda çalışmalar gerçekleştirmiştir.[3]

Bulanık sistemin karmaşıklığına bağlı olarak giriş ve çıkış değişkenlerinin sayısı değişmektedir.  $n$  giriş değişkenli ve  $m$  çıkış değişkenli bir sistem olarak tanımlanabilmektedir. Eğer  $n=1$  ve  $m=1$  ise bu sistem tek-giriş tek-çıkış sistem ( SISO ) olarak adlandırılmaktadır. Eğer  $n \geq 2$  ve  $m=1$  ise, bu tip sistem çok giriş tek çıkış ( MISO ) sistem olarak adlandırılmaktadır. Eğer  $n \geq 2$  ve  $m \geq 2$  ise böyle sistemler de çok girişli çok çıkışlı ( MIMO ) sistemler olarak adlandırılmaktadır.

Bulanık modellemenin ilk aşaması, problemin tanımlanması ve buna göre uygun parametrelerin seçilerek üyelik fonksiyonlarının oluşturulmasıdır. Daha sonra ilgili parametreler ve oluşturulan bulanık alt kümelere göre problemin çözümünü içeren kurallar dizisi veya kural tabanı oluşturulur.[4]

### 2.1. Bulanık ve Klasik Küme Kavramları

Klasik kümelerde bir elemanın kümeye ait olması 1 ile gösterilirken kümeye ait olmaması durumunu da 0 ile gösterilmektedir. Her hangi bir elemanın 1 değerini alması tam kesinliği gösterirken 0 değerini alması da tam imkânsızlığı göstermektedir yani tez – antitez durumları için geçerlidir. Fakat günlük hayatta karşılaştığımız olaylar ve durumlar bu tarz ifadelerle tam olarak açıklanamazlar.[5]

Klasik kümelerle açıklayamayacağımız değişik derecelerle doğru ya da yanlış olan olaylar veya durumlar bulunabilir. Bu nedenle açıklamamız gereken bazı belirsizlik durumları için Aristo'nun klasik kümeleme yaklaşımı yeterli olmaz. Tam olarak bu tarz durumları kümelemek için kullanabileceğimiz bir kavram 1960larda Zadeh tarafından ortaya atılmıştır. Zadeh bu kavramı bulanık mantık olarak ifade etmiştir.[6]

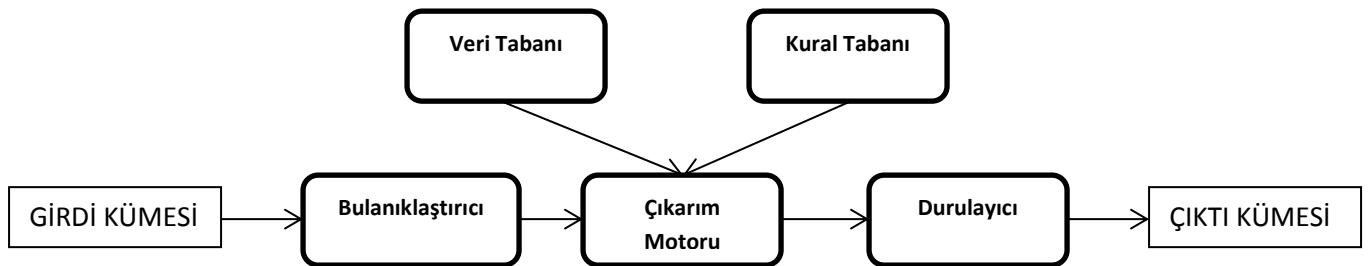
Bulanık kümeler, klasik kümelerden farklı olarak keskin sınırlarla birbirinden ayrılmazlar ve belirli oranlarda birbirleri içerisinde geçirgenliklere sahiptirler. Bulanık kümelerdeki elemanların üyelik dereceleri vardır. Üyelik derecesini kümeye aitlik değeri olarak ifade edebiliriz. Bulanıklık durumu üyelik derecelerinin 0 ile 1 arasında bir değer almasına neden olur.[7]

Bir gün sabah, öğle, ikindi, akşam ve gece olmak üzere 5 bölüme ayrılır. Aynı zamanda saat yardımı ile niceliksel olarak günün hangi bölümü olduğu kontrol edilir. Sabah 06:00-11:00, Öğle 11:00-16:00, İkindi 16:00-19:00, akşam 19:00-24:00 ve gece 24:00-06:00 arası olduğunu kabul edilebilir. Bu şekilde bir ayırım yapıldığında günü 5 kümeye ayırmış ve kümelerin sınırlarını da niceliksel olarak belirlenmiş olur. Klasik küme teorisine göre saat 10:55 iken sabahtır ve matematiksel karşılığı 1'dir. 10:55 öğle değildir ve 0'dır. Aynı zamanda gecede değildir ve yine 0'dır. 10:55 in tam olarak sabah sayılması tatmin edici bir doğru değildir. Öğle olması ve gece olması matematiksel olarak eşit(Yani 0) yanlışlardır, bu cevap tatmin edici değildir. Saat 10:55 ile 07:00 ikisi de sabahtır ve matematiksel olarak 1 değerine sahiptirler. Fakat aynı derecede sabah olarak kabul etmemiz doğru değildir.

İşte bu tarz durumların matematiksel hesaplamalarda sorun oluşturmaması için bulanık kümeler kullanılmaktadır. Bulanık kümeler üyelik fonksiyonları yardımı ile ve kümelerin belirli oranlarda birbirlerinin içine geçmeleri nedeni ile bu tarz belirsizlikleri ortadan kaldırmaktadır.

## 2.2. Bulanık Mantık Yapısı

Bulanık mantık şekil 1 de görüldüğü gibi 5 temel yapıdan oluşur. İlk olarak bulanıklaştırma ünitesi giriş değişkenlerini ölçer ve bu değişkenler üzerinde ölçek değişikliği yaparak bulanık kümelere dönüştürür. Daha sonra çıkarım motorunda girdi değişkenleri bulanık mantık kuralları ile beraber işlenerek çıktılar üretilir. Dilsel değişkenlerin ve insanın karar verme yetkisinin modellendiği yer burasıdır. Veri tabanından çıkarım motorunun kullanacağı veriler alınır. If-then yapıları ile kurulmuş modeli tanımlayan kuralların tamamı kural tabanında bulunur ve çıkarım motoru kuralları buradan alır. Çıkarım motoru çıktıları yine bulanık değerler olarak üretir. Bu bulanık değerler nicel değişkenler haline durulama ünitesi vasıtasıyla dönüştürülür. [8][9][10]



Şekil 1. Bulanık Mantık Yapısı

### 2.3. Üyelik Fonksiyonlarının Belirlenmesi

Çoğu endüstriyel bulanık mantık uygulamaları simetrik üyelik fonksiyonlarının oluşturulmasının daha uygun olacağı sonucunu göstermektedir.

Üyelik fonksiyonları belirlenirken iki temel kural sağlanması gerekmektedir.

1. Her üyelik fonksiyonu sadece komşu üyelik fonksiyonun üstüne taşmalıdır.
2. Her bir girdi değişkeninin tüm üyelik fonksiyonları için değerlerinin toplamı 1 veya yaklaşık olarak 1'e eşit olması gerekir. [8]

Sezgisel olarak üyelik fonksiyonlarının belirlendiği durumlarda insan zekâsının ve mantığının çıkarsama yeteneği kullanılarak üyelik fonksiyonları oluşturulur. Çıkarım yöntemi ile üyelik fonksiyonlarının belirlendiği çok farklı çalışmalar bulunmaktadır. Bunlardan bir tanesi geometri bilgileri kullanılarak üyelik fonksiyonlarının oluşturulmasıdır. Derecesel sıralama yöntemi ise çeşitli anket veya kişisel görüşlere referans verilerek yapılan çalışmalardır. Yapay sinir ağları ve Genetik algoritmaların üyelik fonksiyonlarının belirlenmesinde kullanıldığı hibrit çalışmalar literatürde çokça bulunmaktadır. Tüme varımsal çıkarım tekniği ile üyelik fonksiyonları oluşturulurken gözlem veya deney yapılabilen bir sistem içerisinde girdi değişkenliklerine karşılık gelen çıktı değişkenlikleri bilinmektedir. Bilinen değerler çerçevesinde üyelik fonksiyonları oluşturulmaktadır.[11]

Bulanık mantık modelleri oluşturulurken kullanılan çeşitli üyelik fonksiyonları bulunmaktadır. Üçgensel bulanık küme, Trapezoidal bulanık küme, Quadratik bulanık küme, Gaussain bulanık küme, Çan eğrisi bulanık küme bunlardan bazılarıdır. Üyelik fonksiyonları oluşturulurken şekline ve sayısına ait bir sınırlama yoktur. Genel olarak literatürde daha az süre gerektirmesi ve hesaplama kolaylığı sağlaması nedeni ile üçgen ve yamuk şeklindeki üyelik fonksiyonları çokça kullanılmıştır.[2][12]

### 3. Nakliye Taşıma Maliyetlerinin Bulanık Mantık ile Modellenmesi

Çalışmada kullanılan değişkenler yüz ölçümü, şirket sayısı, ilçe sayısı ve hacim değişkenleridir. Kullanılan 4 adet girdi değişkeni öncelikle [0,1] arasına normalize edilmiştir. Modelimizde oluşturduğumuz yapı çok giriş ve tek çıkış yapısına sahip olan bir sistemdir.

Kurulan modelde kullanılan girdi değişkenleri Matlab Fuzzy Toolbox'ta tanımlanmıştır. Kullanılan girdi değişkenleri taşıma maliyeti hesaplanacak ilin yüz ölçümü, malzeme taşınacak ilçe sayısı, nakliye şirketi sayısı, taşınacak malzemenin hacim değeridir. Matlab da elde edilecek çıktı değeri ise nakliye maliyetlerinin hesaplanması için kullanılacak maliyet katsayısıdır.

Matlab Fuzzy Toolbox'ta Girdi ve Çıktı değişkenleri için üyelik fonksiyonları tanımlanmıştır. Yüz ölçümü için 3 adet, şirket sayısı için 5 adet, ilçe sayısı için 4 adet ve taşınan hacim değişkenleri için 6 adet üyelik fonksiyonu belirlenmiştir. Çıktı değişkeni içinde 6 adet üyelik fonksiyonu belirlenmiştir. Oluşturulan bulanık kümeler üçgensel bulanık kümelerdir.

Belirlenen üyelik fonksiyonları kullanılarak çalışmamızda temel oluşturan 360 tane kural oluşturulmuştur. Bilgisayarların bir durum karşısında bu tür bir muhakeme yapabilmesi için o durumla ilgili bilgi, tecrübe ve sezgilerimizden oluşan bir dizi kuralı bilgisayara aktarabilmemiz gerekir. “EĞER bu böyleyse VE şu da şöyleyse O HALDE şunu yap”... gibi sözel kuralların matematiksel karşılığı ise bahsettiğimiz bulanık kümelerin birbiriyle uygun şekilde bağlanması ile oluşturulmaktadır. Buna çıkartım mekanizması (inference engine) denir. Bulanık karar verme süreci de bu mekanizmayı kullanmaktadır.[13]

**Tablo 1.** Kural Tabanından Örnekler

	Yüz Ölçümü	Şirket Sayısı	Sınıf Sayısı	Taşınan Hacim	Çıktı
1	Az	Orta	Az	Çok Az	Az
2	Orta	Çok	Biraz Fazla	Az	Biraz Az
3	Orta	Az	Biraz Az	Çok	Çok
4	Çok	Biraz Fazla	Biraz Fazla	Biraz Az	Az
5	Çok	Orta	Çok	Biraz Az	Biraz Çok

Bir bulanık modelde kullanılacak bulanık mantık kural sayısı belirlenirken iki farklı görüş bulunmaktadır. Bunlardan biri model için oluşturulabilecek tüm kuralları oluşturmak ve bu şekilde oluşabilecek hata miktarını minimize etmeyi amaçlamaktır. Bunlara karşıt görüş ise model için yeterli olacak en az sayıda kural miktarını kullanmaktır. Kural sayısı arttıkça modelin genelleyebilme kapasitesi azalır. [8]

Kural görüntüleme penceresinde Input kısmına sırasıyla tüm iller için belirlediğimiz girdi değişkenleri girilerek iller için bir çıktı değeri elde edilmiştir.

#### 4. Sonuçlar ve Öneriler

Matlab Fuzzy toolbox kullanılarak çalışmada her il için toplam taşıma maliyetlerini belirleyen katsayılar tahmin edilmiştir. Kullanılan 4 adet girdi(yüz ölçümü, şirket sayısı, ilçe sayısı, taşınan hacim miktarı) değişkeninin yardımı ile elde edilen çıktı değişkeni [0,1] arasında normalize edilmiş değerler olarak elde edilmiştir.

Tüm iller için tahmin edilen taşıma maliyetleri en küçük ve en büyük iller için alınmış fiyat tekliflerine göre orantılı olarak aşağıdaki denklem ile üretilmiş ve bu denkleme göre ile fiyat tahminleri hesaplanmıştır.

- $P_n$  = n. ilin tahmin edilen taşıma maliyeti  
 $T_k$  = En küçük katsayıya sahip il için alınan teklif  
 $T_b$  = En büyük katsayıya sahip il için alınan teklif  
 $K_n$  = n iline ait çıktı katsayısı

$$P_n = T_k + \frac{(K_n - K_{n-1})(T_b - T_k)}{\sum_{i=2}^{81} (K_i - K_{i-1})} \quad (1.1)$$

Bulanık mantık ile elde edilen taşıma maliyetleri için kullanılacak katsayılar tabloda çıkış sütununda gösterilmiştir. 81 il içerisindeki en düşük ve en yüksek katsayılara ait olan Kilis ve İstanbul ili için alınan fiyat teklifleri 5000TL ve 100000TL'dir. Bu iki fiyat teklifi arasındaki fark çıktı katsayılarına bağımlı olarak tüm illere dağıtılmış ve her il için fiyat teklifleri tahmin edilmiştir.

Çalışmamızda elde edilen nakliye maliyetlerinin test edilmesi için 10 ilden farklı nakliye şirketlerinden fiyat teklifleri alınmıştır. Piyasadaki gerçek şirketlerden alınan fiyat tekliflerin ortalamaları hesaplanmış ve çalışmamızda test verileri olarak kullanılmıştır. Modelden elde ettiğimiz çıktı katsayısı, tahmin edilen fiyat teklifleri, gerçek şirketlerden alınan fiyat tekliflerinin ortalamaları ve mutlak hata miktarları Tablo 2'de görüldüğü gibidir.

**Tablo 2.** Nakliye Maliyetlerinin Tahmin ve Teklif Değerlerinin Karşılaştırılması

İller	Çıktı Katsayıları	Fiyat Tahminleri	Fiyat Teklifleri	Hata Miktarları
ANKARA	0,441	46612	45000	1612
BALIKESİR	0,27	27993	30000	2007
BOLU	0,16	15881	16000	119
BURSA	0,28	29092	25000	4092
DÜZCE	0,151	14902	13000	1902
KOCAELİ	0,295	30724	31500	776
KONYA	0,429	45306	42000	3306
SAKARYA	0,224	24043	19000	5043
TRABZON	0,255	26360	25000	1360
YALOVA	0,0955	8863	8000	863

Literatürde incelenmiş birçok çalışmada kural tabanının yapılan testler sonucunda güncellendiği görülmüştür. Kurulan model için en doğru kural tabanına ulaşmak ve hata oranlarını düşürmek için kural tabanında bazı güncellemeler yapılmıştır. Katsayılar yardımı ile elde ettiğimiz nakliye maliyetlerini piyasadaki aldığımız tekliflerle karşılaştırarak hata analizi yapılmıştır. Hata analizi için ortalama mutlak hata yüzdesi(MAPE) kullanılmıştır.

$$MAPE = \frac{|tahmin-gerçek|}{gerçek} * 100 = \% 9,51$$

Çalışmada elde edilen tahmin değerleri ile piyasadaki alınan teklifler arasında belirli oranda fark bulunmaktadır. Fakat kullanılan verilerin bu tarz bir hesaplamayı normal şartlarda mümkün kılmaması ve hesaplama süresi açısından rekabet gücünü artırdığı düşünüldüğünde belirli projeler için bu tarz bir tahmin yönteminin kullanılabilmesi sonucuna varılmıştır.

**Kaynakça**

- [1] Ünal L, Terzioğlu Y, Akkaş U, İlhan B. Karayollarında ağır taşıt trafiğinin ve yük taşımacılığının özellikleri ve eğilimleri. 2011.
- [2] Ahmad M. Fuzzy logic for embedded systems applications. Elsevier science. 2004.
- [3] Sarı M, Murat YŞ, Kırabalı M. Bulanık modelleme yaklaşımı ve uygulamaları. Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. Sayı 9, 77-92. 2005.
- [4] Şentürk S. Faktöriyel tasarıma adaptif ağ tabanlı bulanık mantık çıkarım sistemi ile farklı bir yaklaşım. Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi. 2010.
- [5] Altaş Hİ. Bulanıklık Kavramı. Enerji, Elektrik, Elektromekanik-3e. 62:80-85. 1999.
- [6] Zadeh LA. Fuzzy sets information and control. vol. 8, No.3. 1965.
- [7] Ross TJ. Fuzzy logic with engineering applications. University of New Mexico. USA, 3rd ed. 2010.
- [8] Yean J, Langari R. Fuzzy logic intelligence control and information. New Jersey. 1998.
- [9] Işıklı Ş. Bulanık mantık ve bulanık teknolojiler. Araştırma Dergisi. Sayı 19. Cilt 2004, 101-120. 2009.
- [10] Odabaş C, Pehlivan İ, Cinal D. Bulanık mantık ile güneş enerjisi uygulaması. 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09). 2009.
- [11] Şazi M. Sinyalize kavşaklardaki taşıt gecikmelerinin bulanık mantık ile modellenmesi. İMO Teknik Dergi. 258. 2006.
- [12] Eğrisöğüt TA, Kazan R. Bulaşık makinasının bulanık mantık ile modellenmesi. Mühendis ve Makine, 565-48. 2007.
- [13] Yılmaz S, Kocaeli mahalleleri donatı yeterliliğinin bulanık mantık yaklaşımı ile değerlendirilmesi. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi. 2009.