



## Evaluation of quality expectations for intercity bus firms by interval type-2 trapezoidal fuzzy AHP and firm selection

Aslıhan Yıldız<sup>1\*</sup>, Ertuğrul Ayyıldız<sup>1,2</sup>, Alev Taşkın<sup>1</sup>, Coşkun Özkan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Industrial Engineering, Yıldız, Technical University, İstanbul, 34349, Turkey

<sup>2</sup>Department of Industrial Engineering, Karadeniz Technical University, Trabzon, 61080, Turkey

### Highlights:

- T2F-AHP method is adapted to quality expectations for intercity bus firms.
- Firms are ordered according to criteria.
- Sensitivity analysis is performed.

### Keywords:

- AHP
- Passenger expectation
- Intercity bus
- Trapezoidal type 2 fuzzy number

### Article Info:

Research Article  
Received: 27.09.2019  
Accepted: 05.08.2021

### DOI:

10.17341/gazimmfd.625921

### Correspondence:

Author: Aslıhan Yıldız  
e-mail:  
aslihany@yildiz.edu.tr  
phone: +90 212 383 2865

### Graphical/Tabular Abstract

In this study, a two level hierarchy is established with the literature review and experts' opinions attributes suitable for intercity bus service performance evaluation as model criteria. Then, the experts' (representing each bus company) criteria and sub-criteria evaluations are gained and consolidated by Modified Delphi Method. Criteria weights are determined by Trapezoidal Type 2 Fuzzy-Analytical Hierarchy Process (T2F-AHP) method using the final pairwise comparison results obtained from Modified Delphi Method. Subsequently, customers evaluated the bus firm alternatives on the basis of these criteria. Finally, the results are presented and discussed by sensitivity analysis. Figure A shows the proposed methodology.

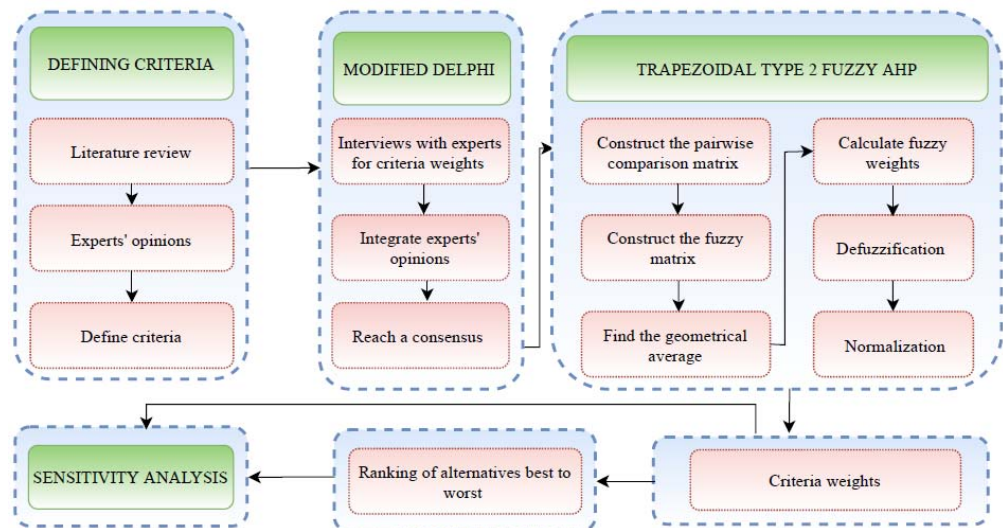


Figure A. The proposed methodology

**Purpose:** The purpose of the study is to prioritize the quality expectation of the passengers for intercity buses and to evaluate the performance of bus companies accordingly.

### Theory and Methods:

In this study, Modified Delphi is used to consolidate the experts' opinions. Then T2F-AHP method is used to determine importance weights of each main and sub-criteria of bus companies. Companies' ranking is obtained by T2F-AHP method.

### Results:

While "safety" is the most important criteria for passengers, financial features has the least importance weight among six criteria. In terms of sub-criteria, the two most important sub-criteria for the passengers are "the number of drivers" and "ergonomic seats".

### Conclusion:

The factors that need to be developed by bus firms that have a significant share in the intercity passenger transport sector have been identified taking into consideration the quality expectations of passengers, according to the determined criteria in order of importance.



## Şehirlerarası otobüs firmalarına yönelik kalite beklentilerinin aralıklı tip-2 yamuk bulanık AHP ile değerlendirilmesi ve firma seçimi

Aslıhan Yıldız<sup>1\*</sup>, Ertuğrul Ayyıldız<sup>1,2</sup>, Alev Taşkın<sup>1</sup>, Coşkun Özkan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 34349, İstanbul, Türkiye

<sup>2</sup>Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 61080, Trabzon, Türkiye

### Ö N E Ç I K A N L A R

- Şehirlerarası otobüs firmaları için T2F-AHP yönteminin kalite beklentilerine uyarlanması
- Şehirlerarası otobüs firmalarının kriterlere göre sıralanması
- Duyarlılık analizi

#### Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi  
Geliş: 27.09.2019  
Kabul: 05.08.2021

#### DOI:

10.17341/gazimmfd.625921

#### Anahtar Kelimeler:

AHP,  
yolcu beklentisi,  
şehirlerarası otobüs  
firmaları,  
aralıklı tip-2 yamuk bulanık  
sayılar

#### ÖZ

Şehirlerarası otobüs firmaları, yolcularına güvenli, kaliteli ve konforlu yolculuklar vad ederek maksimum yolcu memnuniyetini elde etmeyi amaçlamaktadırlar. Çalışmada, yapılan literatür taraması ve sektörde çalışan uzmanlarla görüşmeler neticesinde, şehirlerarası otobüs firmaları için yolcuların kalite beklentilerini değerlendirmek üzere hizmet, konfor, güvenlik, ulaşım, ekonomik özellikler, müşteri ilişkileri şeklinde altı ana kriter belirlenmiştir. Her bir ana kriter için beş alt kriter oluşturulmuştur. Bu kriterler dikkate alınarak, çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan Analitik Hiyerarşi Prosesi yöntemiyle kalite beklentileri ağırlıklandırılmıştır. Yöntemde kıyaslama yaparken, uzmanların subjektif ifadelerini probleme tam olarak yansıtabilmek için bulanık mantık yaklaşımına başvurulmuştur. Ağırlıklandırılan bu otuz farklı alt kriterin kıyaslanmasıyla yolcuların kalite beklentilerine yönelik bir önem sıralaması belirlenmiştir. Ayrıca dört farklı firma, belirlenen kriterler özelinde kıyaslanmış ve sıralanmıştır.

## Evaluation of quality expectations for intercity bus firms by interval type-2 trapezoidal fuzzy AHP and firm selection

### H I G H L I G H T S

- Adaptation of T2F-AHP method to quality expectations for intercity bus companies
- Ranking intercity bus firms according to criteria
- Sensitivity analysis

#### Article Info

Research Article  
Received: 27.09.2019  
Accepted: 05.08.2021

#### DOI:

10.17341/gazimmfd.625921

#### Keywords:

AHP,  
passenger expectations,  
intercity bus firm,  
interval type-2 trapezoidal  
fuzzy number

#### ABSTRACT

Intercity bus firms aim to achieve maximum customer satisfaction by providing safe, quality and comfortable trips to their passengers. In the study, as a result of the literature review and interviews with experts working in the sector, six main criteria are determined as service, comfort, safety, transportation, financial features and customer relations in order to evaluate the quality expectations of the intercity bus firms. Five sub-criteria are determined for each main criterion. Then, quality expectations are weighted with Analytical Hierarchy Process, which is one of the multi-criteria decision making method considering these criteria. Fuzzy logic approach is used to reflect the subjective expressions of the experts to the problem. By comparing these 30 sub-criteria, an importance ranking is determined for the quality expectations of the passengers. In addition, four different firms are compared and ranked according to the criteria.

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

İnsanların seyahat etmek amacıyla sıkça kullandığı karayolu ulaşımı gelişen altyapı ile birlikte ülke ekonomilerinin büyük paydaşlarından biri olmuştur. Karayolu ulaşım sektörünün önemli bileşenlerinden biri de şehirlerarası ulaşım hizmeti veren otobüs firmalarıdır. Büyük bir ekonomiye ve dolayısıyla ülke kalkınmasında da önemli bir paya sahip olan bu sektöre yönelik yolcu beklentileri de bu bağlamda günden güne artmaktadır. Gelişen ulaşım ağları vasıtalarıyla kalite olgusunun daha da öne çıktığı günümüzde artık, insanların otobüs firmalarından beklentileri bir yerden bir yere gitmek dışında, rahatlık, hız, ilgi, güven gibi başlıklar altında değerlendirilebilir. Şehirlerarası otobüs firmaları da bu bağlamda, yolcularına güvenli, kaliteli ve konforlu yolculuklar vad ederek maksimum yolcu memnuniyetini elde etmeyi amaçlamaktadırlar.

Toplu taşıma kalitesinin artırılması ve özel araç kullanımının azaltılması için hizmet kalitesinin değerlendirilmesi, izlenmesi ve stratejiler geliştirilmesi gerekmektedir. Böylece trafik yoğunluğu azalır, çevre kirliliği ve gürültü azalır, daha az enerji tüketilir, ülke ekonomisi olumlu etkilenir ve gelişen toplu taşıma kalitesi ile turistlerin ilgisi artar. Bu çalışmada, Türkiye’de hizmet veren şehirlerarası otobüs firmaları için hizmet kalitesi ve müşteri memnuniyeti performans değerlendirmesine odaklanılmıştır. Toplu ulaşım sisteminin hizmet kalitesinin değerlendirilmesinde sıklıkla kullanılan kriterler, çağın gerekleri göz önünde bulundurularak belirlenmiştir ve yeni bir performans değerlendirme modeli bu çalışmada sunulmuştur. Yeni önerilen hizmet kalitesi değerlendirme modeli iki seviyeli hiyerarşik bir yapı olarak yapılandırılmıştır.

Literatür incelendiği takdirde konuyla ilgili çokça çalışma mevcuttur. Bunlar arasından dikkat çekenler ve çalışmaya yol gösterenler kısaca özetlenmiştir. Çatı ve Yıldız [1] otobüs firmalarının sunmuş olduğu hizmetlerin kalitesini SERVQUAL modeli ile ölçmüşlerdir. Gödekmerdan ve Deniz [2] otobüs firmalarından hizmet alan yolcuların, en önem verdiği unsurların tespit edilmesi için anket uygulamışlardır ve sonuçları analiz etmişlerdir. Koç vd. [3] şehirlerarası otobüs firmalarının sundukları hizmetleri dört farklı bileşen kapsamında ele almışlardır ve bu bileşenlerin birbirleri üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Türkmen ve Bildik [4] çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan bulanık VIKOR yöntemiyle üniversite öğrencilerinin, şehirlerarası otobüs firmalarının tercih sıralamasını belirlemişlerdir. Çalışmalarında farklı başlıklar altında yolcuların beklentileri ele alınmıştır. De Ona vd. [5] çalışmalarında kümeleme analizi ile kümeledikleri müşteri gruplarının servis kalitesinde önemsedikleri konuları tespit etmeyi amaçlamışlardır. Joewono vd. [6] Endonezya’nın kırsal kesimlerine odaklandıkları çalışmalarında kullanıcıların hangi konularda gelişmeler beklediğini belirlemeyi yapısal eşitlik modelleme ile yapmışlardır. Memiş ve Cesur [7] algılanan hizmet kalitesi ile marka bağlılığı ilişkisini, şehirlerarası yolcu taşımacılığı yapan

otobüs firmaları özelinde değerlendirmişlerdir. Charbatzadeh vd. [8] kampüs içi otobüs taşımacılığındaki tatminkarlığı yapısal eşitlik modeli ile ele almışlardır. Dehghani vd. [9] toplu taşımadaki servis kalitesini hiyerarşik technique for order performance by similarity to ideal solution (TOPSIS) yöntemi ile ele almışlardır. Servis kalitesinin hangi faktörlerle etkileşim halinde olduklarını incelemişlerdir. Gökaşar vd. [10] faktör analizi ve çoklu doğrusal regresyon kullandıkları çalışmada İETT tarafından internet üzerinden otobüs kullanıcılarına uygulanan yolcu memnuniyet anketini değerlendirerek, kullanıcıların önem verdiği kriterleri belirlemişlerdir. Semchugova vd. [11] toplu taşımada önemli olduklarını düşündükleri kalkış, varış ve yolculuk sürelerini çok sayıda parametre yardımı ile tahmin eden bir model önermişlerdir. Getachew [12] müşteri tatmininde taşıma servis kalitesinin önemini araştırmıştır.

Yapılan bu çalışma kapsamında şehirlerarası otobüs firmaları için yolcuların kalite beklentileri değerlendirilmek üzere bir yöntem geliştirilmiştir. Literatür taramasının ardından, konusunda uzman kişilerle görüşmeler gerçekleştirilmiş ve bu şekilde beklentileri tanımlayacak kriterler belirlenmiştir. Kriterlerin çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılarak önceliklendirilmesi amacıyla uzmanlardan ve yolculardan alınan fikirler bulanık mantık kullanılarak sayısallaştırılmıştır.

Bu çalışma şu şekilde düzenlenmiştir: İkinci bölümde, ele alınan ana ve alt kriterler açıklanmış ve ele alınan problem için önerilen yöntem ayrıntılarıyla verilmiştir. Üçüncü bölümde ise kriter ağırlıkları belirlenmiş ve otobüs firmaları kıyaslanmıştır. Daha sonraki bölümde duyarlılık analizi ile önerilen model test edilmiştir. Son bölümde ise, sonuçlara ve gelecekteki çalışmalara yönelik bilgiler verilmiştir.

## 2. ÖNERİLEN YÖNTEM (THE PROPOSED METHODOLOGY)

Bu çalışmada, uzmanların kriter değerlendirmeleri Modifiye Delphi yöntemiyle elde edilmiş ve pekiştirilmiştir. Daha sonra kriter ağırlıkları, Modifiye Delphi yöntemiyle elde edilen ikili karşılaştırma matrisleri kullanılarak Aralık Tip-2 Yamuk Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (T2F-AHP) yöntemiyle belirlenmiştir. Kriter ağırlıklarının belirlenmesinin ardından, ele alınan dört alternatif firma T2F-AHP yöntemi ile değerlendirilmiş ve en iyi firma tespit edilmiştir. Yöntemin aşamaları takip eden alt bölümlerde teorik olarak detaylandırılmıştır.

### 2.1. Kriterlerin Belirlenmesi (Defining the Criteria)

Çalışmada, otobüslere yönelik kalite beklentilerinin değerlendirilmesi problemi üzerinde durulmuştur. Bu çalışma için dikkate alınan ana ve alt kriterler Şekil 1’de verilmiştir.

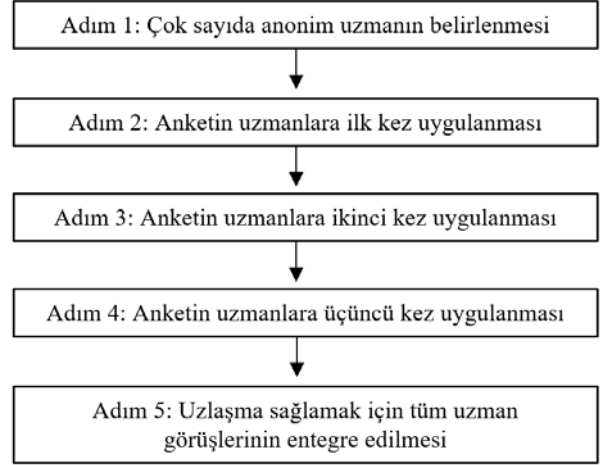
Problem için kriterler belirlenirken literatür taraması yapılmış ve en uygun olan kriterler uzmanlara danışılarak

belirlenmiştir. Uzmanlar, şehirlerarası yolcu taşıma faaliyetlerinde deneyimleri dikkate alınarak belirlenmiştir. Bu çalışmada kullanılan kriterleri kullanan çalışmalar Tablo 1’de gösterilmiştir.

### 2.2. Modifiye Delphi Yöntemi (Modified Delphi Method)

Belirli bir konuda karar verirken, zaman zaman farklı görüşlere sahip birden fazla uzmana başvurmak gerekebilir. Bu noktada, Delphi yöntemi uygulanabilir. Delphi yöntemi, belirli bir konuda yazılı, tartışma ve geri bildirim formatlarında iletişim kuran uzmanların sonuçlarını toplar ve analiz eder [26]. Yöntemde birden fazla uzman [27, 28], karşılıklı fikir birliği sağlanana kadar uzmanlıklarını, bilgi becerilerini ve görüşlerini paylaşır [29, 30]. Yöntemin aşamaları Şekil 2’de verilmiştir.

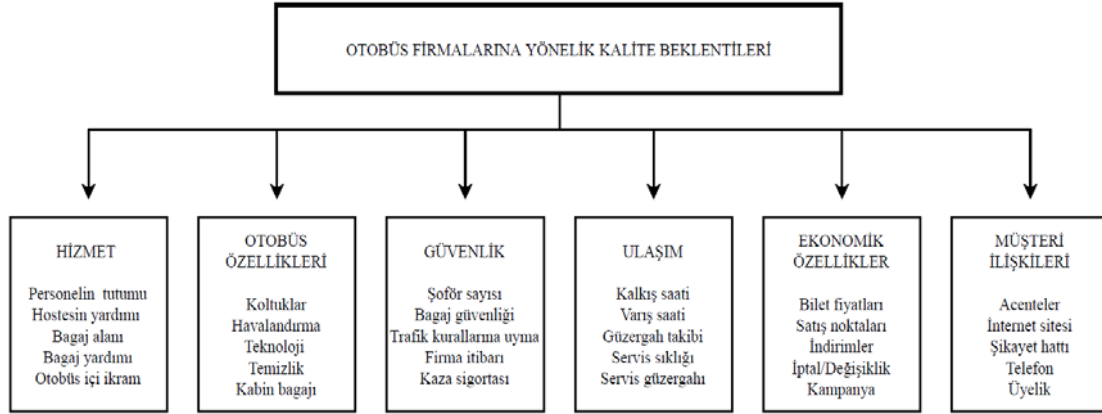
Modifiye Delphi yönteminde, Adım 3 ve Adım 4 bir uzlaşma sağlanana kadar tekrar edilir. Uzman sayısı beş ile elli arasında, çok küçük veya çok büyük olmamalıdır. Bu çalışmada, farklı kurumlardan sekiz farklı uzmanla Modifiye Delphi yöntemine dayalı bir karar grubu oluşturulmuştur. Uzmanların seçiminde, deneyimleri dikkate alınmıştır.



Şekil 2. Modifiye Delphi yöntemi (Modified Delphi method)

### 2.3. Aralıklı Tip-2 Yamuk Bulanık AHP (Trapezoidal Type-2 Fuzzy AHP)

İnsanlar karar vermenin karmaşıklığı ve belirsizliği nedeniyle fikirlerini pek çok problemde tam olarak ifade



Şekil 1. Kriterler (Criteria)

Tablo 1. Alt kriterler ve ilgili çalışmalar (Sub-criteria and related studies)

Kriter	Yararlanılan Kaynaklar	Kriter	Yararlanılan Kaynaklar
Personelin tutumu	[13–19]	Kalkış saati	[13, 16, 20, 21]
Personelin yardımı	[13, 18, 19, 21]	Varış saati	[13, 16, 21, 22]
Bagaj alanı	[23]	Güzergah takibi	[13, 19, 21, 22]
Bagaj yardımı	Uzman Görüşü	Servis sıklığı	[14, 16–18, 21, 22]
Otobüs içi ikram	[22]	Servis Güzergahı	[13, 20, 24]
Koltuklar	[13, 15, 17, 21]	Bilet fiyatları	[13, 16, 21, 22, 24]
Havalandırma	[13, 15, 19, 21]	Satış noktaları	[14]
Teknoloji	[13, 19, 22]	İndirimler	Uzman Görüşü
Temizlik	[13–15, 18, 19, 25]	İptal/Değişiklik	[19]
Kabin bagajı	[23]	Kampanyalar	Uzman Görüşü
Şoför sayısı	[21, 24]	Acenteler	[17, 21, 25]
Bagaj güvenliği	[18, 24, 25]	İnternet sitesi	[21]
Trafik kurallarına uyma	[13, 18, 22]	Şikayet hattı	[13, 14, 19, 21]
Firma itibarı	[17, 19, 23, 24]	Telefon	[21]
Kaza sigortası	[14]	Üyelik	[23]

edemezler. Bu gibi durumlarda bulanık teori yaklaşımı insanlara yardımcı olmaktadır. Bulanık teori, literatüre Zadeh [31] tarafından kazandırılmıştır. Teori, karar verme problemlerinin değerlendirme sürecindeki öznel yargılama ve nitel değerlendirme için uygundur. Dilsel olarak ifade edilebilen bu yaklaşım, bilgedeki belirsizliği çözmek için etkili bir yöntemdir [32].

AHP, önceden belirlenmiş birtakım kriterleri dikkate alarak alternatiflerin ikili karşılaştırılması esasına dayanan çok kriterli karar verme yöntemlerinden biridir [33]. Karar verme problemlerinin doğası gereği kriterler arasında bir ilişki söz konusu olabilir [34]. İşlevsel bağımlılığı içeren karmaşık bir sorun yöntemde yapılandırılabilir [35]. Bağımlılık içeren [36, 37] bu tip problemlerde AHP yöntemi, etkin sonuçlar için kullanılabilir [38, 39]. Vaka karmaşıklığını azaltmaya yardımcı olan AHP yöntemi karşılaştırmalı araştırma problemlerinin çözümüne yönelik yararlı bir metodolojik uzantı oluşturur [40]. AHP'nin en güçlü yanlarından biri bu problemlere özgü nitel ve nicel kriterleri ve alternatifleri değerlendirip, önceliklerin yapılandırılmasında önemli rol oynamasıdır [41, 42]. AHP'de önceliklerin doğru bir şekilde yapılandırılması ve ayarlanması sayesinde gerçek hayat problemleri için beklenen sonuçları verebilmektedir. Bu nedenle bu makalede, otobüs firmalarının seçimine yönelik yapılan kıyaslama işlemi öncesinde, kriterlerin değerlendirilmesi aşamasında bir temel olarak AHP yönteminin kullanılmasının uygunluğuna odaklanılmıştır. Yöntemde objektif ve sübjektif kriterlerin kıyaslanması yapılabilir [43]. Bu nedenle yöntem bazen uzmanlardan bilgi alsa bile insanın düşünce tarzını tam olarak yansıtamamaktadır. Özellikle net olarak karar verilemeyen durumlarda bulanık mantık kullanılmaktadır [44]. Bu nedenle, AHP ile bulanık mantık birleştirilerek Bulanık AHP ortaya çıkmıştır. Net değerlerin kullanıldığı AHP'nin aksine, Bulanık AHP'deki karşılaştırma oranları bir dizi değerde verilmiştir [45].

T2F-AHP temelli çalışmalar son yıllarda literatürde kendine yer bulmuşlardır. Çelik vd. [46] insani yardım lojistik yönetimi için kritik başarı faktörlerini belirlemek ve değerlendirmek için T2F-AHP yöntemini kullanmışlardır. Abbasimehr ve Tarokh [47] T2F-AHP yöntemini TOPSIS yöntemi ile entegre etmiş ve çevrimiçi topluluklarda yorumcuların değerlendirilmesine yönelik bir metodoloji sunmuşlardır. Ju vd. [48] bulanık ortamda grup karar verme problemlerini çözmek için gri ilişkisel analiz yöntemini T2F-AHP ile genişletmişlerdir. Önerilen yöntemin uygulanabilirliğini göstermek için bir acil tıp bölümü seçim problemi açıklayıcı bir örnek olarak sunulmuştur. Çelik ve Taşkın Gümüş [49] sivil toplum insani yardım kuruluşlarının acil durum hazırlığını değerlendirmek için T2F-AHP'yi kullanmışlardır. Alegöz ve Yapıcıoğlu [50] çalışmalarında tedarikçi seçimi probleminde odaklanmışlardır. Miktar indirimi ve hızlı servis seçenekleri altında en iyi tedarikçiyi belirlemek için T2F-AHP, bulanık TOPSIS ve hedef programlamadan oluşan bir yöntem önermişlerdir. Ayyıldız ve Taşkın Gümüş [51] bireysel kredi başvurusunun değerlendirilmesinde sonucu etkileyen faktörleri

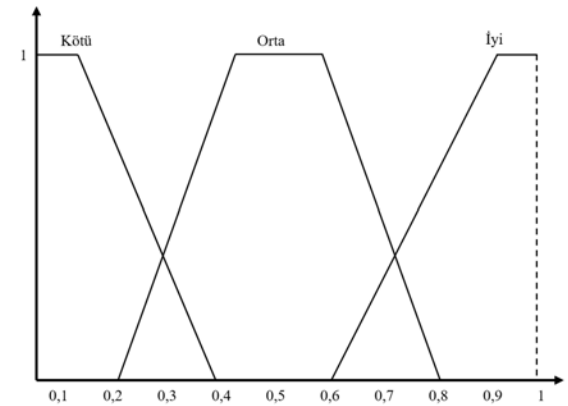
ağırlıklandırmak için T2F-AHP yöntemini kullanmışlardır. Devamında başvuranlar T2F-Electre (elimination and choice translating reality English) ile sıralanmıştır. Sen vd. [52] işleme maliyetini ve insan çabasını azaltmak için telli elektrik deşarjlı işleme (WEDM) makinesinin en iyi parametrik kombinasyonunu seçmek için T2F-AHP yöntemini T2F-ARAS (Additive Ratio Assessment) yöntemi ile birlikte kullanmıştır. Yıldız vd. [53] atıksu arıtma tesislerine yönelik beklentileri T2F-AHP yöntemi ile önceliklendirmiştir. Bu çalışma literatürdeki uygulamalardan farklı olarak şehirlerarası otobüs firmalarına yönelik yolcu beklentilerine odaklanmıştır ve bu problemi aralıklı tip-2 yamuk bulanık ortamda ele almıştır. Ayrıca bu çalışma T2F-AHP yöntemini Modifiye Delphi yöntemi ile birlikte kullanan ilk çalışmadır.

Bu bölümde, Bulanık AHP yönteminin ana hatlarından önce, aralıklı tip-2 yamuk bulanık kümeleri ile ilgili bazı temel tanımlar aşağıda verilmiştir. Bu çalışmada, öğelerin kümeye üyeliğini daha iyi temsil etmek [54, 55] ve matematiksel izlenebilirliklerini diğer bulanık sayılara kıyasla daha sağlıklı temsil edebildiği [56] için yamuk bulanık sayılar tercih edilmiştir [57].

*Tanım 1:* Bulanık küme, 0 ve 1 arasında bir üyelik dereceleri sürekliliğine sahip bir nesne sınıfıdır. Öğenin üyelik değeri olarak 0 olması durumunda öğe kümeye ait değildir. Öğenin üyelik değerinin 1 olduğu durumda ise öğe tamamen kümeye aittir. Çalışmada kullanılan yamuk bulanık sayı dört nokta ile temsil edilir  $m = (a, b, c, d)$  ve üyelik fonksiyonu Eş. 1'deki gibidir.

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a} & a \leq x < b \\ 1 & b \leq x < c \\ \frac{d-x}{d-c} & c \leq x \leq d \end{cases} \quad (1)$$

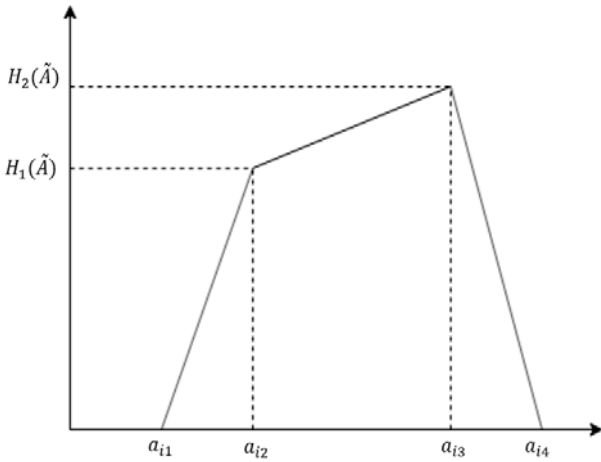
$\tilde{A}$ , X evreninde  $\mu_{\tilde{A}}$  üyelik derecesi ile temsil edilen bir yamuk bulanık kümesi olsun. “a” ile alt sınır, “d” ile üst sınır ve “[b, c]” ile mod aralığı temsil edilir [58]. Şekil 3'te görülen örnek bir yamuk bulanık sayının üyelik fonksiyonu parçalı doğrusaldır [59].



Şekil 3. Örnek yamuk bulanık sayı  
(Example of trapezoidal fuzzy numbers)

**Tanım 2:** Bir tip-1 bulanık küme,  $[0,1]$  aralığında belirli bir noktada değerler alan  $\mu_{\tilde{A}}(x)$  üyelik fonksiyonu ile tanımlanır. Aralıklı tip-2 bulanık küme ise  $[0,1]$  aralığında değer alan ve sırasıyla alt sınır ve üst sınırı temsil eden  $\mu_{A^l}(x)$  ve  $\mu_{A^u}(x)$  fonksiyonları ile tanımlanır. Aralıklı tip-2 bulanık sayılar, tip-1 setlerden daha fazla belirsizlik içerir [60]. Gerçek dünyanın belirsizliğini, bulanıklığını ve muğlaklığını göstermek için ek serbestlik dereceleri vardır [61].

$\tilde{A}$  tip-1 bulanık yamuk sayıdır ve Şekil 4’te gösterildiği gibi  $\tilde{A} = (a_{i1}, a_{i2}, a_{i3}, a_{i4}; H_1(\tilde{A}), H_2(\tilde{A}))$  ifadesi ile tanımlanır [51]. Burada  $H_1(\tilde{A})$  ve  $H_2(\tilde{A})$  sırasıyla,  $a_{i2}$  ve  $a_{i3}$  üyelik derecesini temsil eder ve  $[0,1]$  aralığında değer alır.



**Şekil 4.** Tip-1 yamuk üyelik fonksiyonu (Trapezoidal type-1 membership function)

Aralıklı tip-2 bulanık küme  $X$  evreninde  $\mu_{\tilde{A}}$  üyelik fonksiyonu ile tanımlanır. Ayrıca burada  $u$  ifadesi ile tip-2 yamuk sayı temsil edilmektedir [62–64]. Eş. 2’de bir bulanık küme verilmiştir.

$$\tilde{A} = \{((x, u), \mu_{\tilde{A}}(x, u)) | \forall x \in X, \forall u \in J_x, J_x \subseteq [0,1]\} \quad (2)$$

$J_x [0, 1]$  aralığını belirtir. Ayrıca, tip-2 bulanık küme  $\tilde{A}$  da Eş. 3’teki gibi temsil edilebilir.

$$\tilde{A} = \int_{x \in X} \int_{u \in J_x} \mu_{\tilde{A}}(x, u) / (x, u) \quad (3)$$

Burada  $J_x \subseteq [0, 1]$ ’dir [65].

**Tanım 3:**  $\tilde{A} X$  evreninde tip-2 üyelik fonksiyonu  $\mu_{\tilde{A}}$  ile temsil edilen bir aralıklı tip-2 bulanık küme olsun. Eğer tüm  $\mu_{\tilde{A}}(x, u) = 1$  ise  $\tilde{A}$  aralıklı tip-2 yamuk bulanık küme olarak ifade edilir. Aralıklı tip-2 yamuk bulanık küme  $\tilde{A}$  Eş. 4’teki gibi temsil edilen tip-2 bulanık kümenin özel bir durumu olarak görülebilir.

$$\tilde{A} = \int_{x \in X} \int_{u \in J_x} 1 / (x, u), J_x \subseteq [0,1] \quad (4)$$

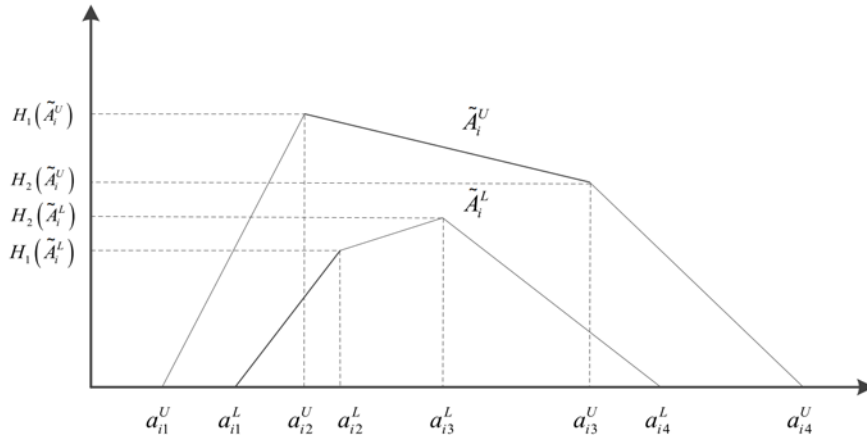
**Tanım 4:** Aralıklı tip-2 yamuk bulanık kümesinin üyelik fonksiyonun üst ve alt sınırları, Şekil 6’da gösterildiği gibi tip-1 üyelik fonksiyonlarıdır. Bu çalışmada, bulanık çok kriterli karar verme problemlerini ele almak için aralıklı tip-2 yamuk bulanık kümeler kullanılarak bir yöntem sunulmuştur, burada trapez aralıklı tip-2 yamuk bulanık kümelerin üst ve alt üyelik fonksiyonlarının referans noktaları ve yükseklikleri aralıklı tip-2 yamuk bulanık kümeleri karakterize etmek için Eş. 5’te ifade edildiği gibi kullanılır.

$$\tilde{A}_i = (\tilde{A}_i^u, \tilde{A}_i^l) = \left( (a_{i1}^u, a_{i2}^u, a_{i3}^u, a_{i4}^u; H_1(\tilde{A}_i^u), H_2(\tilde{A}_i^u)), (a_{i1}^l, a_{i2}^l, a_{i3}^l, a_{i4}^l; H_1(\tilde{A}_i^l), H_2(\tilde{A}_i^l)) \right) \quad (5)$$

Burada;

$\tilde{A}_i^u, \tilde{A}_i^l$  tip-1 bulanık kümelerdir,

$a_{i1}^u, a_{i2}^u, a_{i3}^u, a_{i4}^u, a_{i1}^l, a_{i2}^l, a_{i3}^l, a_{i4}^l$  tip-2 yamuk bulanık küme  $\tilde{A}_i$  için referans noktalarıdır.  $H_1(\tilde{A}_i^u), H_2(\tilde{A}_i^u)$  ifadeleri  $a_{i(j+1)}^u$ ’nın  $\tilde{A}_i^u$  yamuk bulanık fonksiyonunda yer alan üyeliğinin üst sınırlarıdır.  $H_1(\tilde{A}_i^l), H_2(\tilde{A}_i^l)$  ifadeleri



**Şekil 5.** Aralıklı tip-2 yamuk bulanık üyelik fonksiyonu (Interval type-2 trapezoidal fuzzy membership function)



$a_{i(j+1)}^L$ 'nin  $\tilde{A}_i^L$  yamuk bulanık fonksiyonunda yer alan üyeliğinin alt sınırlarıdır.

Tip-2 bulanık kümeleri belirsizliğin ve muğlaklığın giderilmesi için AHP yöntemiyle bütünleştirilebilir. Kahraman vd. [66] ve Sari vd. [67], Buckley [68]'in bulanık AHP'si ile aralıklı tip-2 bulanık kümeleri birleştiren ilk çalışmalarıdır. Önerilen Tip-2 yamuk bulanık AHP yönteminin adımları Şekil 5'teki gibidir.

*Adım 1:* Problem Tanımlanır.

*Adım 2:* Hiyerarşi sisteminin boyutlarındaki tüm kriterler arasında ikili karşılaştırma matrisleri oluşturmak için uzmanlara danışılır. Uzmanlar, ikili karşılaştırmaları değerlendirmek için dilsel değişkenleri kullanır.

*Adım 3:* İkili karşılaştırma matrislerinin tutarlılığı incelenir. Matrisin tutarlılık oranını (CR) bulmak için Saaty [29]'nin önerdiği tutarlılık hesaplamasından (CR'dan) daha güvenilir sonuç verdiği ispatlanmış olan Aguaron [69] tarafından literatüre kazandırılan ve çokça çalışmada kullanılan [70-72] geometrik tutarlılık indeksi (GCI) Eş. 6 kullanılarak hesaplanır.

$$GCI = \left[ \frac{2}{((n-1)(n-2))} \sum_{i < j} (\log^2(a_{ij})) \right] \quad (6)$$

İndeks değerinin 0 olması tamamen tutarlı olduğu anlamına gelirken, n'nin farklı değerleri için sınır değerleri farklı olarak belirtilmiştir. n=3 olduğu durumda değerin 0,31'den, n=4 olduğu durumda 0,35'ten ve n>4 olduğu durumlarda ise 0,37'den küçük olması gerekmektedir.

*Adım 4:* Hiyerarşi sisteminin boyutlarındaki tüm kriterler arasında Tablo 1'de gösterilen dilsel (sözel) terimleri veren bulanık ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulur. Burada kriterlerin hangisinin önemli olduğu sorularak matris oluşturulur, Eş. 7'de matris verilmiştir.

$$M = \begin{bmatrix} 1 & \tilde{a}_{12} & \dots & \tilde{a}_{1n} \\ \tilde{a}_{21} & 1 & \dots & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1} & \tilde{a}_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (7)$$

$\tilde{a}_{ij}$ , kriter i ile kriter j nin ikili kıyaslamasını göstermektedir.

*Adım 5:* Eş. 8 ve Eş. 9' da ifade edildiği gibi bulanık geometrik ortalamayı belirlemek için geometrik ortalama tekniği kullanılır.

$$\tilde{r}_i = (\tilde{a}_{i1} \otimes \tilde{a}_{i2} \otimes \dots \otimes \tilde{a}_{in})^{1/n} \quad (8)$$

$${}^n\sqrt{\tilde{a}_{i1}} = \left( \left( \begin{matrix} \sqrt[n]{a_{ij4}^U}, \sqrt[n]{a_{ij3}^U}, \sqrt[n]{a_{ij2}^U}, \sqrt[n]{a_{ij1}^U}, H_1(\tilde{a}_{ij}^U), H_2(\tilde{a}_{ij}^U) \end{matrix} \right), \left( \begin{matrix} \sqrt[n]{a_{ij4}^L}, \sqrt[n]{a_{ij3}^L}, \sqrt[n]{a_{ij2}^L}, \sqrt[n]{a_{ij1}^L}, H_1(\tilde{a}_{ij}^L), H_2(\tilde{a}_{ij}^L) \end{matrix} \right) \right) \quad (9)$$

*Adım 6:* Her bir kriter için bulanık ağırlıklar Eş. 10 kullanılarak hesaplanır.

$$\tilde{w}_i = \tilde{r}_i \otimes (\tilde{r}_1 \oplus \tilde{r}_2 \dots \oplus \tilde{r}_n)^{-1} \quad (10)$$

*Adım 7:* Kriterlerin önem derecelerini belirlemek için Eş 11 kullanılarak aralıklı tip-2 bulanık kümeler durulaştırılır.

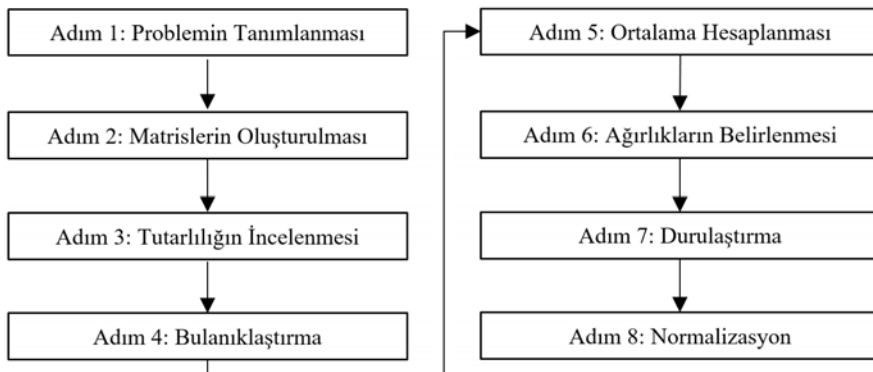
$$w_i' = \frac{1}{2} \left( \frac{1}{2} \sum_{i=1}^4 (a_i^L + a_i^U) \right) \otimes \frac{1}{4} \left( \sum_{i=1}^2 (H_i(A^L) + H_i(A^U)) \right) \quad (11)$$

*Adım 8:* Net kriter ağırlıkları Eş. 12 kullanılarak normalize edilir.

$$w_i = \frac{w_i'}{\sum_{i=1}^n w_i'} \quad (12)$$

### 3. UYGULAMA (APPLICATION)

Çalışmada ana ve alt kriterlerin belirlenmesinin ardından, farklı otobüs firmalarından uzmanlarla görüşmeler yapılarak görüşleri toplanmıştır. Daha sonra Modifiye Delphi yöntemi ile uzmanların ikili kıyaslama matrisleri konsolide edilmiştir. Matrisler, T2F-AHP yöntemi ile değerlendirilerek her bir kriterin ağırlığı belirlenmiştir. Kriter ağırlıklarının elde edilmesinin ardından, dört farklı firma değerlendirilerek yolcuların beklentilerini en iyi karşılayan firma belirlenmiştir. Yapılan bu çalışmada, Türkiye'de faaliyet gösteren şehirlerarası dört otobüs firmasının kıyaslanmasına



Şekil 6. T2F-AHP adımları (Steps of T2F-AHP)

yönelik gerekli kriterleri ve firmaları değerlendirmek amacıyla Delphi tekniğine başvurulmuştur. Teknikte, kriterlerin ve firmaların değerlendirilmesi sürecinde sekiz farklı uzmanla görüşmeler yüz yüze ve e-mail yoluyla gerçekleştirilmiştir. Uzmanların belirlenmesi sürecinde, bu dört firmanın müşteri memnuniyeti ile ilgili departmanlarından birer uzman çalışmaya katılmıştır. Ayrıca, bir firma yöneticisi ve belediye yöneticisi de uzman olarak çalışmaya dahil edilmiştir. Son olarak benzer konularda akademik çalışmalar ve projelerde yer alan iki farklı akademisyenin görüşleri de alınarak mevcut durumun ve problemin daha iyi anlaşılması amacıyla uzmanlarla ilk görüşme sağlanmış ve fikirler toplanmıştır. Fikir birliği sağlanana kadar bu görüşmeler yinelenmiş ve bu sayede uzman görüşleri tekrar tekrar elde edilmiştir. Süreç sonunda kriterler hakkında yazarlarla kapsamlı bir ortak görüş paylaşılmıştır. Uzmanların kriterler üzerine dile getirdikleri değerlendirmeler neticesinde fikirlerinin birbirleriyle örtüştüğü, konu hakkında birbirine yakın değerlendirmelerde buldukları sonucuna dayanarak, ikili kıyaslama matrisleri çalışmaya entegre edilmiştir.

### 3.1. Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi (Determination of Criteria Weights)

Yolcuların kalite beklentisini değerlendirmek üzere ele alınan her bir kriterin önemi, T2F-AHP yöntemi kullanılarak elde edilmiştir. Uzmanların kriter kıyaslamaları daha sonra Modifiye Delphi yöntemi yardımıyla konsolide edilerek ana kriterler ve her bir ana kriter için alt kriterler özelinde ikili kıyaslamalar tek matrise indirgenerek yapılmıştır. Uzmanların ana kriterler ve alt kriterler hakkındaki sözlü ifadelerini bulanık sayı olarak ifade edebilmek için Tablo 2'de gösterilen dokuz puanlık ölçek kullanılmıştır. Gül vd. tarafından geliştirilen bu ölçek, T2F-AHP yönteminde kullanılabilir [73].

İlk olarak, ana kriterlerin ikili karşılaştırmaları dilsel değişkenler kullanılarak çalışmaya katılan uzmanlar

tarafından oluşturulmuştur. Ana kriterlerin ikili karşılaştırma sonuçları Tablo 3'de gösterilmektedir.

İlk olarak Tablo 3'te kullanılan dilsel değişkenler, Tablo 2 kullanılarak bulanık sayılara çevrilmiştir. Dilsel değişkenlerin bulanık sayılara dönüştürülmesiyle beraber artık sözlü ifadeler sayısal olarak temsil edilmiştir. Buradan hareketle artık daha önceki bölümlerde anlatılan tutarlılık testi ve devamında T2F-AHP yöntemi uygulanmıştır ve her bir ana kriterin ağırlığı Tablo 4'teki gibi hesaplanmıştır.

**Tablo 4.** Ana kriter ağırlıkları (Weights of main criteria)

Kriterler	Kriter ağırlıkları
Hizmet	0,176
Otobüs Özellikleri	0,162
Güvenlik	0,217
Ulaşım	0,150
Ekonomik Özellikler	0,147
Müşteri İlişkileri	0,148

Tablo 4'ten de görülebileceği üzere yolcular için en önemli ana kriter %21,7 ile "Güvenlik" ana kriteri iken; en düşük öneme sahip iki kriter %14,7 ile "Ekonomik Özellikler" ve %14,8 ile "Müşteri İlişkileri" ana kriterleridir. Çalışmanın devamında, her bir ana kriter için, bu ana kriterin alt kriterlerinin ikili karşılaştırmaları yapılmıştır. Sonuçlardan görüleceği üzere ele alınan ana kriterlerin ağırlıkları birbirine yakın değerlere sahiptir. Bunun nedeni olarak uzmanların görüşlerinin birbirlerine yakın olması gösterilebilir. Ayrıca "Ekonomik Özellikler" ana kriteri en düşük öneme sahip ana kriterdir. Bu da fikirleri alınan uzmanlar için yolculuk esnasında herhangi bir sorun yaşanmamasının maliyetten daha öncelikli olduğunu göstermektedir. Her bir ikili karşılaştırma için denklem 2.6 kullanılarak tutarlılık testi yapılmıştır. Tüm matrislerin tutarlı olduğunun gösterilmesinin ardından, her bir ana kriter ve alt kriterlerinin ağırlıkları hesaplanmıştır. Tüm kriterlerin ağırlıkları Tablo 5'te verilmiştir.

**Tablo 2.** Dilsel değişkenlerin tanımı ve tip-2 bulanık ölçekleri (Definition of linguistic variables and Type-2 fuzzy scale)

Dilsel Değişkenler	Tip 2 Bulanık Sayılar
Kesinlikle Önemli (KÖ)	((8, 9; 9,10; 1, 1), (8,5, 9; 9, 9,5; 0,9, 0,9))
Çok Önemli (ÇÖ)	((6, 7; 7,8; 1, 1), (6,5, 7; 7, 7,5; 0,9, 0,9))
Oldukça Önemli (OÖ)	((4, 5; 5, 6; 1, 1), (4,5, 5; 5, 5,5; 0,9, 0,9))
Biraz Önemli (BÖ)	((2, 3; 3, 4; 1, 1), (2,5, 3; 3, 4,5; 0,9, 0,9))
Eşit Önemli (E)	((1, 1; 1, 1; 1, 1), (1, 1; 1, 1; 0,9, 0,9))
Biraz Önemsiz (B)	((0,25, 0,33; 0,33, 0,5; 1, 1), (0,22, 0,33; 0,33, 0,4; 0,9, 0,9))
Oldukça Önemsiz (O)	((0,17, 0,2; 0,2, 0,25; 1, 1), (0,18, 0,2; 0,2, 0,22; 0,9, 0,9))
Çok Önemsiz (Ç)	((0,13, 0,14; 0,14, 0,17; 1, 1), (0,13, 0,14; 0,14, 0,15; 0,9, 0,9))
Kesinlikle Önemsiz (K)	((0,1, 0,11; 0,11, 0,13; 1, 1), (0,11, 0,11; 0,11, 0,12; 0,9, 0,9))

**Tablo 3.** Ana kriterlerin ikili kıyaslama matrisi (Pairwise comparison of main criteria)

	Hizmet	Otobüs Öz.	Güvenlik	Ulaşım	Ekonomik Öz.	Müşteri İliş.
Hizmet	E	BÖ	B	ÇÖ	OÖ	E
Otobüs Öz.	B	E	B	BÖ	BÖ	BÖ
Güvenlik	BÖ	BÖ	E	ÇÖ	ÇÖ	KÖ
Ulaşım	Ç	B	Ç	E	BÖ	OÖ
Ekonomik Öz.	O	B	Ç	B	E	OÖ
Müşteri İliş.	E	B	K	O	O	E



**Tablo 5.** Kriter ağırlıkları (Weights of criteria)

Ana Kriter (Ağırlığı)	Alt Kriter	Yerel Ağırlık	Nihai Ağırlık
Hizmet (0,176)	Firma terminali dahil tüm personellerin müşteriye olan tutumu (H1)	0,216	0,038
	Otobüs içerisinde host/hostesin yolculara yardımı (H2)	0,230	0,040
	Yeterli bagaj alanı/ek bagaj hakkı (H3)	0,216	0,038
	Bagaj alma/verme sürecinde yolculara yapılan yardım (H4)	0,169	0,030
	Yolculara yapılan ikram, ikram sıklığı (H5)	0,169	0,030
Otobüs Öz. (0,162)	Koltukların rahatlığı, ergonomiklik (O1)	0,272	0,044
	Gerekli havalandırmanın, sıcaklığın belirlenmesi (O2)	0,206	0,033
	TV, şarj, internet, aydınlatma, çağrı düğmesi (O3)	0,167	0,027
	Araç içi temizlik (O4)	0,191	0,031
	Yeterli kabin bagajı alanı (O5)	0,163	0,026
Güvenlik (0,217)	Gerekli şoför sayısına dikkat edilmesi (G1)	0,254	0,055
	Bagaj, kabin bagajı güvenliği (G2)	0,181	0,039
	Trafik kurallarına uyma (G3)	0,197	0,043
	Firma itibarı (G4)	0,168	0,036
	Kaza sigortası (G5)	0,199	0,043
Ulaşım (0,150)	Otobüsün yolcu almak için zamanında terminale gelmesi (U1)	0,210	0,031
	Otobüsün belirtilen (vaat edilen zamanda) varması (U2)	0,194	0,029
	Belirtilmiş yolculuk güzergahını takip etme (U3)	0,242	0,036
	Servis sıklığı (U4)	0,183	0,027
	Servis güzergahı (U5)	0,172	0,026
Ekonomik Öz. (0,147)	Bilet fiyatlarının uygunluğu (E1)	0,259	0,038
	Satış noktaları (E2)	0,196	0,029
	İndirimler (E3)	0,168	0,025
	Bilet iptal/değişiklik hakkı (E4)	0,204	0,030
	Kampanya (E5)	0,172	0,025
Müşteri İliş. (0,148)	Acenteler (M1)	0,222	0,033
	İnternet sitesi (M2)	0,209	0,031
	Şikayet hattı (M3)	0,193	0,029
	Telefon (M4)	0,208	0,031
	Üyelik (M5)	0,168	0,025

Tablo 5'e göre; yolcuların en çok önem verdiği ana kriter "Güvenlik" olurken, en az önem verdiği ana kriter ise "Ekonomik Özellikler" olmuştur. Alt kriterler özelinde ise yolcular için en önemli iki alt kriter sırasıyla "gerekli şoför sayısına dikkat edilmesi" ve "koltukların ergonomik olması" olmuştur. En az önem derecesine sahip alt kriterler ise eşit önem dereceleriyle "kampanya", "üyelik" ve "indirimler" şeklinde belirlenmiştir. Ağırlıklandırılan bu otuz farklı özelliğin kıyaslanmasıyla yolcuların kalite beklentilerine yönelik bir önem sıralaması belirlenmiştir.

### 3.2. Firmaların Sıralanması (Ranking of Firms)

Çalışmada Türkiye'de şehirlerarası yolcu taşımacılığı sektöründe hizmet veren dört firma seçilmiştir. Firmaların kriterler özelinde değerleri yolcularla görüşülerek elde edilmiş ve kıyaslamalar yapılmıştır. Kriter ağırlıklarının belirlenmesinin ardından, her bir alt kriter özelinde dört firma için ikili kıyaslamalar yapılmıştır. Örnek olarak

"Firma terminali dahil tüm personellerin müşteriye olan tutumu (H1)" alt kriteri için firmaların ikili karşılaştırma sonuçları ve değerlendirme sonuçları Tablo 6'da ve Tablo 7'de sırasıyla gösterilmiştir.

**Tablo 6.** H1 alt kriteri için firmaların ikili kıyaslama matrisi (Pairwise comparison of firms for sub criterion H1)

	Firma-1	Firma-2	Firma-3	Firma-4
Firma-1	E	Ç	O	B
Firma-2	ÇÖ	E	BÖ	BÖ
Firma-3	OÖ	B	E	BÖ
Firma-4	BÖ	B	BÖ	E

Tablo 6'da yer alan ikili kıyaslamalar matrisi kullanılarak daha önceki bölümlerde anlatılan T2F-AHP yönteminin adımları (Eq. 2.6, Eq. 2.7, Eq. 2.8, Eq. 2.9, Eq. 2.10, Eq. 2.11 ve Eq. 2.12) uygulanmış ve her bir firmanın bu alt kriter özelinde aldığı değerler Tablo 6'daki gibi hesaplanmıştır.

**Tablo 7.** Firmaların H1 alt kriteri için değerlendirme sonuçları

(Evaluation results of firms for sub criterion H1)

Firma	Değer
Firma-1	0,149
Firma-2	0,492
Firma-3	0,175
Firma-4	0,185

Çalışmanın devamında tüm alt kriterler için T2F-AHP yöntemi uygulanmış ve alt kriterler özelinde firmaların sahip olduğu değerler elde edilmiştir. Bu değerler Tablo 8’de verilmiştir.

Yöntem sonucunda mevcut durumda ele alınan alt kriterlere göre değerlendirilen firmaların elde ettiği değerler toplandığında dört firma arasında Firma 4 %26,44 ile en yüksek değere sahip iken, Firma 1 %24,08 ile son sırada yer almıştır. Firma 2 ile Firma 3 ise birbirlerine çok yakın değerlere sahip iken, Firma 2 %24,75 ile ikinci, Firma 3 %24,73 ile üçüncü sırada yer almıştır. Her bir alt kriterin sahip olduğu farklı ağırlıklar nedeniyle kıyaslama sürecinde firmaların öncelik sıralaması farklılık göstermektedir. Örnek olarak; servis sıklığı alt kriterine bakıldığında Firma 1’in diğer firmalara kıyasla daha iyi servis imkanı sağladığı bilgisine varılmaktadır. Genel toplamda en yüksek skora sahip olan Firma 4 servis sıklığı alt kriteri odağında bakıldığında ikinci sırada yer almaktadır. “bilet fiyatlarının uygunluğu (E1)” alt kriterine odaklanıldığında, yolcuların Firma 1 ve Firma 2’deki bilet fiyatlarından daha memnun olduğu bilgisine ulaşılmaktadır. Yine burada da genel toplamda en yüksek skora sahip olan Firma 4 bu alt kriter

odağında en son sırada yer almaktadır. Buradan hareketle Tablo 7, firmaların her bir alt kriter bazında geliştirmeleri gereken yönlerini saptamaları açısından yararlı bir argüman olacağı kanaatiyle hazırlanmıştır.

#### 4. DUYARLILIK ANALİZİ (SENSITIVITY ANALYSIS)

Çok kriterli karar verme yöntemlerinin uygulamaları kümeleme ve sınıflandırma gibi farklı yöntemler kullanılarak değerlendirilebilir [74]. Bu çalışmada ise önerilen yöntemin sonuçlarını analiz etmek ve doğruluğunu göstermek amacıyla duyarlılık analizi yapılmıştır. Yöntemin değişikliklere karşı hassasiyetini ölçmek amacıyla T2F-AHP yöntemiyle belirlenen ana kriterlerinin ağırlıklarında değişime gidilmiştir. Önerilen yöntemde en büyük önem derecesine sahip “Güvenlik” ana kriterinin ağırlığı ilk olarak “Hizmet” alt kriteriyle değiştirilmiş, diğer dört ana kriterin ağırlığı sabit tutulmuştur. Devamında tüm alt kriterlerin ağırlıkları tekrar hesaplanmış ve firmalar tekrar kıyaslanmıştır. Ele alınan bu ilk senaryoda Firma 1 %24,14; Firma 2 %25,41; Firma 3 %24,24 ve Firma 4 %26,21 önem derecesine sahip olmuştur. Önerilen senaryo ile kıyaslandığında Firma 1 ve Firma 2 daha yüksek değere sahipken, diğer firmalarda bir düşüş söz konusudur. Bu da Firma 1 ve Firma 2’nin “Hizmet” ana kriterini “Güvenlik” kriterine tercih eden yolcular açısından önemlidir. Daha sonra “Güvenlik” ana kriterinin ağırlığı diğer ana kriterlerle teker teker değiştirilmiş ve sonuçlar Tablo 9’da verilmiştir.

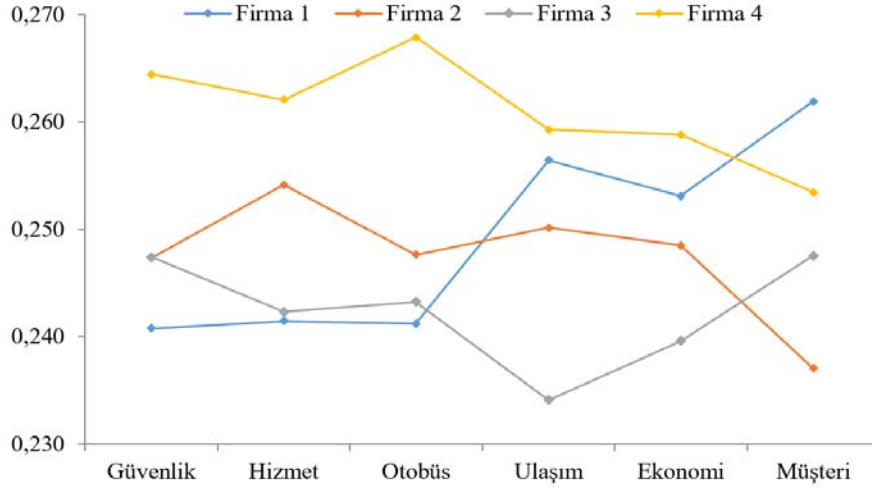
Tablo 6’ya odaklanıldığı takdirde, Firma 1’in “Otobüs” ana kriterini önemseyen yolcular için firma özelinde kötü bir skora sahip olduğu, “Müşteri” ana kriterini önemseyen yolcular için ise tercih edilebilir bir firma olduğu aşikardır.

**Tablo 8.** Firmaların değerlendirme sonuçları (Evaluation results of firms)

Kriter	Firma-1	Firma-2	Firma-3	Firma-4	Kriter	Firma-1	Firma-2	Firma-3	Firma-4
H1	0,149	0,492	0,175	0,185	U1	0,147	0,462	0,171	0,220
H2	0,148	0,498	0,154	0,200	U2	0,144	0,332	0,158	0,365
H3	0,154	0,300	0,350	0,196	U3	0,145	0,352	0,152	0,352
H4	0,148	0,508	0,162	0,182	U4	0,743	0,077	0,078	0,102
H5	0,132	0,155	0,155	0,558	U5	0,774	0,071	0,072	0,084
O1	0,115	0,053	0,053	0,779	E1	0,357	0,357	0,144	0,142
O2	0,145	0,285	0,285	0,285	E2	0,541	0,182	0,139	0,138
O3	0,167	0,518	0,149	0,167	E3	0,348	0,366	0,144	0,143
O4	0,133	0,154	0,560	0,154	E4	0,127	0,145	0,145	0,584
O5	0,145	0,285	0,285	0,285	E5	0,135	0,164	0,564	0,137
G1	0,144	0,352	0,352	0,153	M1	0,921	0,010	0,016	0,053
G2	0,144	0,352	0,352	0,153	M2	0,387	0,113	0,387	0,113
G3	0,132	0,155	0,155	0,558	M3	0,123	0,134	0,371	0,371
G4	0,089	0,097	0,669	0,144	M4	0,553	0,074	0,278	0,095
G5	0,132	0,155	0,155	0,558	M5	0,083	0,080	0,690	0,147

**Tablo 9.** Duyarlılık analizi sonuçları (Results of sensitivity analysis)

Değişim	Güvenlik	Hizmet	Otobüs	Ulaşım	Ekonomik Özellikler	Müşteri İlişkileri
Firma 1	0,2408	0,2415	0,2412	0,2564	0,2531	0,2619
Firma 2	0,2474	0,2541	0,2476	0,2502	0,2485	0,2371
Firma 3	0,2474	0,2423	0,2433	0,2341	0,2396	0,2476
Firma 4	0,2644	0,2621	0,2679	0,2593	0,2588	0,2534



Şekil 7. Firmaların duyarlılık analizlerine göre kıyaslanmaları (Comparison of firms according to sensitivity analysis)

Ayrıca Firma 1 tüm değişimlerde mevcut durumdan daha iyi bir değere sahiptir. Firma 2, en yüksek değere “Hizmet” ana kriteri ile yapılan senaryoda sahipken, en kötü değere “Müşteri” ana kriteri ile yapılan senaryoda sahiptir. Firma 3 ise “Müşteri” ana kriteri ile değişim yapılan senaryo dışında tüm değişimlerde kötü etkilenmiştir. Firma 4’e odaklanıldığında firmanın mevcut durum ve dört senaryoda diğer firmaların önünde olduğu, yalnızca “Müşteri” ana kriteri ile değişim yapıldığında en iyi firma olmadığı görülmüştür. Firmaların değişimler sonucunda aldığı değerler Şekil 7’de görselleştirilmiştir.

## 5. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Çalışmada yolcuların şehirlerarası otobüslere yönelik kalite beklentisi dikkate alınmıştır. Bu beklentileri karşılayacak en önemli ana kriter ve alt kriterleri belirlemek için ilk olarak literatür taraması yapılmış, devamında ise şehirlerarası yolcu taşıma sektöründe tecrübeli uzmanlardan geri dönüşler alınarak kriterler belirlenmiştir. Uzmanların bu kriterler hakkındaki görüşleri yüz yüze görüşmeler yapılarak toplanmıştır. Bu görüşler Modifiye Delphi yöntemi ile konsolide edilmiş ve ele alınan her bir kriterin önemi, T2F-AHP yöntemi kullanılarak elde edilmiştir. Yöntem sonuçlarına göre, yolcuların şehirlerarası otobüsleri kalite çatısı altında değerlendirirken, üzerinde durduğu en önemli ana kriter “Güvenlik” olarak belirlenmiştir. Çalışmanın devamında Türkiye’de faaliyet gösteren dört büyük firma kıyaslanmış elde edilen sonuçlar analiz edilmiştir. Ayrıca önerilen yöntemin sonuçlarını analiz etmek ve tartışmak için duyarlılık analizleri yapılmıştır.

Yolcuların değişen hizmet algısına göre şekillenen hizmet ihtiyacı firmaların hizmet kalitesini nasıl geliştirmesi ve nasıl yönetmesi gerektiğine ışık tutar. Bu bağlamda firmalar öncelikle yolcuların şikayetlerini dikkate almalıdır. Sektörde çalışan tecrübeli uzmanlar, yolculardan sağlanan bu geri dönüşler çerçevesinde, görüşlerini dile getirir, gerek sözlü gerek yazılı bir şekilde şikayetlere cevaplar ararlar ve böylece fikir birliği sağlanır [75]. Çalışmada da dikkate

alınan bu faaliyetler neticesinde firmaların öncelikli olarak iyileştirmesi gereken şikayet kriteri “Güvenlik” olmuştur. Buna göre firmalar gerek otobüs içinde gerekse otobüs dışındaki tüm faaliyetlerinde yolcuların güvenliğini tehlikeye atacak tutumlardan kaçınmalıdır. Firma ve araçlarına yönelik gerekli denetlemeler yapılmalıdır.

Çalışmanın literatüre katkısı şu şekilde tanımlanabilir: (1) Tip-2 yamuk bulanık AHP yöntemi şehirlerarası otobüs firmalarına yönelik kalite değerlendirmesine adapte edilmiştir; (2) Kriterler literatür taraması ve uzman görüşleriyle belirlenmiştir; (3) Modifiye Delphi yöntemiyle çok sayıda uzmanın görüşü birleştirilmiştir; (4) Ana kriterler ve alt kriterler Tip-2 yamuk bulanık AHP yöntemi ile ağırlıklandırılmış ve önem dereceleri belirlenmiştir; (5) Metodolojinin güvenilirliğini ve uygulanabilirliğini göstermek için dört farklı firma kıyaslanarak gerçek bir uygulama ile çalışma pekiştirilmiştir; (6) Yolcuların kalite beklentileri dikkate alınarak, önem sırasına göre sıralanan kriterlere göre şehirlerarası yolcu taşıma sektöründe önemli bir paya sahip otobüs firmalarının geliştirmeleri gereken yönler belirlenmiştir.

Sonraki çalışmalar için; görüşülen kişi sayısı artırılabilir, daha fazla firma kıyaslanabilir, ele alınan problem için kıyaslama açısından güçlü olması dikkate alınarak diğer bulanık karar verme yöntemleri veya sezgisel yöntemler probleme dahil edilebilir. Çalışma farklı sektörlerde adapte edilebilir. Ayrıca otobüs firmalarını karşılaştırmak yerine otobüs firmalarına vizyon çizmek projeksiyonlar geliştirilebilir. Bu bağlamda alternatif taşıma yöntemleri kıyaslanabilir, farklı çizelgeleme planları metodoloji ile birlikte ele alınabilir.

## KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Çatı K., Yıldız S. Şehirlerarası Otobüs İşletmelerinde Hizmet Kalitesinin Ölçülmesi ve Bir Uygulama, H Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilim. Fakültesi Derg, 23 (2), 121-144, 2005.

2. Gökmerdan L., Deniz A., Müşteri İlişkileri Yönetimi: Otobüs Firmaları Üzerine Bir Araştırma, Selçuk Üniversitesi Sos. Bilim. Mesl. Yüksekokulu Derg., 13 (2), 241-258, 2010.
3. Koç F., Günalan M., Özbek V., Çınar B. B., Şehirlerarası Otobüs Firmalarının Ulaşılabilirliğinin Memnuniyet, Firma İtibarı ve Algılanan Değer Üzerindeki Etkisi, Int. Rev. Econ. Manag., 3 (1), 39-60, 2015.
4. Türkmen M. A., Bildik, T., Şehirlerarası Yolcu Taşımacılığında Bulanık Vikor Uygulaması, MANAS Sos. Araştırmalar Derg., 4 (2), 1-15, 2015.
5. de Oña J., de Oña R., López G., Transit service quality analysis using cluster analysis and decision trees: a step forward to personalized marketing in public transportation, Transportation (Amst), 43 (5), 725-747, 2016.
6. Joewono T. B., Tarigan A. K., Susilo Y. O., Road-based public transportation in urban areas of Indonesia: What policies do users expect to improve the service quality?, Transp. Policy, 49, 114-124, 2016.
7. Memiş S., Cesur Z., Algılanan Hizmet Kalitesi İle Marka Bağlılığı İlişkisi Şehirlerarası Yolcu Taşımacılığı Yapan Otobüs Firmaları Üzerine Bir Araştırma, Celal Bayar Üniversitesi Sos. Bilim. Derg., 14 (2), 2016.
8. Charbatzadeh F., Chipulu M., Marshall A., Ojiako U., Determinants of satisfaction with campus transportation services: Implications for service quality, J. Transp. Supply Chain Manag., 10 (1), 1-14, 2016.
9. Dehghani A., Kheirkhah A. S., Ahadi H. R., A Hierarchical Topsis Method Based On Type-2 Fuzzy Sets To Evaluate Service Quality Of Public Transportation, Int. J. Ind. Eng. Theory Appl. Pract., 24 (5), 505-525, 2017.
10. Gökaşar I., Buran B., Dündar S., Kent içi otobüs memnuniyet anketi verileri ve faktör analizinden yararlanılarak otobüslerin hizmet kalitesinin modellenmesi: İETT örneği, Pamukkale Univ. J. Eng. Sci., 24 (6), 1079-1086, 2018.
11. Semchugova E., Zyryanov V., Negrov N., Nikitina A., Models of Estimation of Application of Passenger Service Quality Parameters, Transportation Research Procedia, 20, 584-590, 2017.
12. Getachew G., The Impact of Transportation Service Quality on Customer Satisfaction: Evidence from Amhara Region, Ethiopia, Int. J. Heal. Econ. Policy, 4 (2), 49-57, 2019.
13. Joewono T. B., Kubota H., User satisfaction with paratransit in competition with motorization in indonesia: Anticipation of future implications. Transportation (Amst), 34 (3), 337-354, 2007.
14. Lai W. T., Chen C. F., Behavioral intentions of public transit passengers-The roles of service quality, perceived value, satisfaction and involvement, Transp. Policy, 18 (2), 318-325, 2011.
15. Currie G., Wallis I., Effective ways to grow urban bus markets - a synthesis of evidence, J. Transp. Geogr., 16(6), 419-429, 2008.
16. De Oña J., De Oña R., Eboli L., Mazzulla G., Perceived service quality in bus transit service: A structural equation approach, Transp. Policy, 29, 219-226, 2013.
17. Mouwen A., Drivers of customer satisfaction with public transport services, Transp. Res. Part A Policy Pract., 78, 1-20, 2015.
18. De Oña J., De Oña R., Calvo F. J., A classification tree approach to identify key factors of transit service quality, Expert Syst. Appl., 39 (12), 11164-11171, 2012.
19. Lin J. H., Lee T. R., Jen W., Assessing asymmetric response effect of behavioral intention to service quality in an integrated psychological decision-making process model of intercity bus passengers: A case of Taiwan, Transportation (Amst), 35 (1), 129-144, 2008.
20. Abenoza R. F., Cats O., Susilo Y. O., Travel satisfaction with public transport: Determinants, user classes, regional disparities and their evolution, Transp. Res. Part A Policy Pract., 95, 64-84, 2017.
21. Eboli L., Mazzulla G., A new customer satisfaction index for evaluating transit service quality, J. Public Transp., 12 (3), 21-37, 2009.
22. Dell'Olio L., Ibeas A., Cecin P., The quality of service desired by public transport users, Transp. Policy, 18 (1), 217-227, 2011.
23. Wen C. H., Lan L. W., Cheng H.L., Structural Equation Modeling to Determine Passenger Loyalty toward Intercity Bus Services, Transp. Res. Rec. J. Transp. Res. Board, 1927 (1), 249-255, 2005.
24. Susilo Y. O., Cats O., Exploring key determinants of travel satisfaction for multi-modal trips by different traveler groups, Transp. Res. Part A Policy Pract., 67, 366-380, 2014.
25. Shen W., Xiao W., Wang X., Passenger satisfaction evaluation model for Urban rail transit: A structural equation modeling based on partial least squares, Transp. Policy, 46, 20-31, 2016.
26. Gumus, A. T., Evaluation of hazardous waste transportation firms by using a two step fuzzy-AHP and TOPSIS methodology, Expert Syst. Appl., 36 (2), 4067-4074, 2009.
27. Hartman, A., Reaching consensus using the Delphi technique. Educ. Leadersh., 38(6): 495-497, 1981.
28. Sung, W. C., Application of Delphi method, a qualitative and quantitative analysis, to the healthcare management, Int. J. Health Care Qual. Assur., 2 (2), 11-19, 2001.
29. Chang, C.-W., Wu, C.-R., Chen, H.-C., Using expert technology to select unstable slicing machine to control wafer slicing quality via fuzzy AHP, Expert Syst. Appl., 34 (3), 2210-2220, 2008.
30. Hsu, P.-F., Wu, C.-R., Li, Y.-T., Selection of infectious medical waste disposal firms by using the analytic hierarchy process and sensitivity analysis, Waste Manag., 28 (8), 1386-1394, 2008.
31. Zadeh, L. A., Fuzzy sets, Inf. Control, 8 (3), 338-353, 1965.
32. Wang, J. Q., Peng, J. J., Zhang, H. Y., Liu, T., Chen, X. H., An uncertain linguistic multi-criteria group decision-

- making method based on a cloud model, *Gr. Decis. Negot.*, 24(1), 171-192, 2015.
33. Çavdur F., Sebathı A., Küçük M. K., A group-decision making and goal programming-based solution approach for the studentproject team formation problem, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 34 (1), 505-521, 2019.
  34. Saaty T. L., How to handle dependence with the analytic hierarchy process, *Math. Model.*, 9 (3-5), 369-376, 1987.
  35. Saaty T. L., Transport planning with multiple criteria: The analytic hierarchy process applications and progress review, *J. Adv. Transp.*, 29 (1), 81-126, 1995.
  36. Lehmusvaara A., Korpela M. T. & J., An Integrated Approach for Truck Carrier Selection, *Int. J. Logist. Res. Appl.*, 2 (1), 5-20, 1999.
  37. Il Lee S., Bae J. S., Cho Y. S., Efficiency analysis of Set-based Design with structural building information modeling (S-BIM) on high-rise building structures, *Autom. Constr.*, 23, 20-32, 2012.
  38. Zhang M., Song W., Chen Z., Wang J., Risk assessment for fire and explosion accidents of steel oil tanks using improved AHP based on FTA, *Process Saf. Prog.*, 35 (3), 260-269.
  39. Kumar S., Srivastava P. K., Snehmami, GIS-based MCDA-AHP modelling for avalanche susceptibility mapping of Nubra valley region, *Indian Himalaya, Geocarto Int.*, 32 (11), 1254-1267, 2017.
  40. Heindl A. B., Liefner I., The Analytic Hierarchy Process as a methodological contribution to improve regional innovation system research: Explored through comparative research in China, *Technol. Soc.*, 59, 101197, 2019.
  41. Ishizaka A., Labib A., Review of the main developments in the analytic hierarchy process, *Expert Syst. Appl.*, 38 (11), 14336-14345, 2011.
  42. Whitaker R., Criticisms of the Analytic Hierarchy Process: Why they often make no sense, *Math. Comput. Model.*, 46 (7-8), 948-961, 2007.
  43. Yerlikaya M.A., Arıkan F., Constructing the performance effectiveness order of SME supports programmes via Promethee and Oreste techniques, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 31 (4), 1007-1016, 2016.
  44. Yılmaz N., Şenol M.B., A model and application of occupational health and safety risk assessment, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 32 (1), 77-87, 2017.
  45. Liu, P. D., Jin, F., The trapezoid fuzzy linguistic Bonferroni mean operators and their application to multiple attribute decision making, *Sci. Iran.*, 19 (6), 1947-1959, 2012.
  46. Celik E., Taskin Gumus A., Alegoz M., A trapezoidal type-2 fuzzy MCDM method to identify and evaluate critical success factors for humanitarian relief logistics management, *J. Intell. Fuzzy Syst.*, 27 (6), 2847-2855, 2014.
  47. Abbasimehr H., Tarokh M. J., A novel interval type-2 fuzzy AHP-TOPSIS approach for ranking reviewers in online communities, *Sci. Iran.*, 23 (5), 2355-2373, 2016.
  48. Ju Y., Ju D., Wang A., Ju M., GRP method for multiple attribute group decision making under trapezoidal interval type-2 fuzzy environment, *J. Intell. Fuzzy Syst.*, 33 (6), 3469-3482, 2017.
  49. Celik E., Taskin Gumus A., An assessment approach for non-governmental organizations in humanitarian relief logistics and an application in Turkey, *Technol. Econ. Dev. Econ.*, 24 (1), 1-26, 2018.
  50. Alegoz M., Yapicioglu H., Supplier selection and order allocation decisions under quantity discount and fast service options, *Sustain. Prod. Consum.*, 18, 179-189, 2019.
  51. Ayyildiz E., Taskin Gumus A., Erkan, M., Individual credit ranking by an integrated interval type-2 trapezoidal fuzzy Electre methodology, *Soft Comput.*, 24 (21), 16149-16163.
  52. Sen B., Hussain S. A. I., Das Gupta A., Gupta M. K., Pimenov D. Y., Mikołajczyk, T., Application of type-2 fuzzy AHP-ARAS for selecting optimal WEDM parameters, *Metals (Basel)*, 11 (1), 1-16, 2021.
  53. Yildiz A., Ayyildiz E., Taskin Gumus A., Ozkan C., A Framework to Prioritize the Public Expectations from Water Treatment Plants based on Trapezoidal Type-2 Fuzzy Ahp Method, *Environ. Manage.*, 67 (3), 439-448, 2021.
  54. Bonissone P.P., Decker K.S., Selecting uncertainty calculi and granularity: An experiment in trading-off precision and complexity, in *Machine Intelligence and Pattern Recognition*, 4, no. C, North-Holland, , 217-247, 1986.
  55. Wu J. Y., Van Brunt V., Zhang W. R., Bezdek J. C., Tower packing evaluation using linguistic variables, *Comput. Math. with Appl.*, 15 (10), 863-869, 1988.
  56. Dadone P., Vanlandingham H. F., Load Transfer Control for a Gantry Crane with Arbitrary Delay Constraints, *J. Vib. Control*, 8 (2), 135-158, 2002.
  57. Adams R., Active queue management: A survey, *IEEE Commun. Surv. Tutorials*, 15 (3), 1425-1476, 2013.
  58. Sadi-Nezhad S., Damghani K. K., Application of a fuzzy TOPSIS method base on modified preference ratio and fuzzy distance measurement in assessment of traffic police centers performance, *Appl. Soft Comput. J.*, 10 (4), 1028-1039, 2010.
  59. Xiao Z., Xia S., Gong K., Li D., The trapezoidal fuzzy soft set and its application in MCDM, *Appl. Math. Model.*, 36 (12), 5844-5855, 2012.
  60. Celik E., Bilisik Ö. N., Erdogan M., Taskin Gumus A., Baracli H., An integrated novel interval type-2 fuzzy MCDM method to improve customer satisfaction in public transportation for Istanbul, *Transp. Res. Part E Logist. Transp. Rev.*, 58, 28-512013.
  61. Chen, S. M., Lee, L. W., Fuzzy multiple attributes group decision-making based on the interval type-2 TOPSIS method, *Expert Syst. Appl.*, 37 (4), 2790-2798, 2010.

62. Celik E., Taskin Gumus A., An outranking approach based on interval type-2 fuzzy sets to evaluate preparedness and response ability of non-governmental humanitarian relief organizations, *Comput. Ind. Eng.*, 101, 21–34.
63. Lee L. W., Chen S. M., Fuzzy multiple attributes group decision-making based on the extension of TOPSIS method and interval type-2 fuzzy sets, 7th International Conference on Machine Learning and Cybernetics, Kunming, China, 3260–3265, 2008.
64. Chen S. M., Lee L. W., Fuzzy multiple attributes group decision-making based on the interval type-2 TOPSIS method, *Expert Syst. Appl.*, 37 (4), 2790–2798, 2010.
65. Celik E., Aydin N., Taskin Gumus A., A multiattribute customer satisfaction evaluation approach for rail transit network: A real case study for Istanbul, Turkey, *Transp. Policy*, 36, 283–293, 2014.
66. Kahraman, C., Sari, İ.U., Turanoğlu, E., Fuzzy analytic hierarchy process with Type-2 fuzzy sets, *Uncertainty Modeling in Knowledge Engineering and Decision Making*, 201-206, 2012.
67. Sari, İ.U., Behret, H., Kahraman, C., Risk governance of urban rail systems using fuzzy AHP: The case of Istanbul, *Int J Uncertain Fuzz*, 20 (01), 67-79, 2012.
68. Buckley, J. J., Fuzzy hierarchical analysis, *Fuzzy Sets Syst*, 17 (1), 233–247, 1985.
69. Aguarón J., Moreno-Jiménez J. M., The geometric consistency index: Approximated thresholds, *Eur. J. Oper. Res.*, 147 (1), 137–145, 2003.
70. Bulut E., Duru O., Keçeci T., Yoshida S., Use of consistency index, expert prioritization and direct numerical inputs for generic fuzzy-AHP modeling: A process model for shipping asset management, *Expert Syst. Appl.*, 39 (2), 1911–1923, 2012.
71. Sahin B., Senol Y. E., A novel process model for marine accident analysis by using generic fuzzy-AHP algorithm, *J. Navig.*, 68 (1), 162–183, 2015.
72. Sahin B., Consistency control and expert consistency prioritization for FFTA by using extent analysis method of trapezoidal FAHP, *Appl. Soft Comput. J.*, 56, 46–54, 2017.
73. Gul M., Celik E., Taskin Gumus A., Guneri A. F., Emergency department performance evaluation by an integrated simulation and interval type-2 fuzzy MCDM-based scenario analysis, *Eur. J. Ind. Eng.*, 10 (2), 196–223, 2016.
74. Yildiz A., Ayyildiz E., Taskin Gumus A., Ozkan C., A Modified Balanced Scorecard Based Hybrid Pythagorean Fuzzy AHP-Topsis Methodology for ATM Site Selection Problem, *Int. J. Inf. Technol. Decis. Mak.*, 19 (02), 365–384, 2020.
75. Şahin B., Chan Y., Risk assessment of the Istanbul Strait by using Ports and Waterways Safety Assessment (PAWSA) method, *Pamukkale Univ. J. Eng. Sci.*, 24 (4), 730–738, 2018.