



T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TİP-2 BULANIK KÜMELERE DAYALI ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME

Aynur ŞAHİN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İstatistik Anabilim Dalı

Ocak-2016

KONYA

Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TİP-2 BULANIK KÜMELERE DAYALI ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME

Aynur ŞAHİN

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
İstatistik Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Nimet YAPICI PEHLİVAN

2016, 114 Sayfa

Jüri
Doç. Dr. Nimet YAPICI PEHLİVAN
Prof. Dr. Aşır GENÇ
Yrd. Doç. Dr. Ahmet PEKGÖR

Çok kriterli karar verme (ÇKKV), belirli kriterler altında çeşitli alternatifler içerisinden en uygun olanını seçme sürecidir. Karar verme sürecinde, belirsiz ve kesin olmayan bilgiler olması durumunda klasik ÇKKV yöntemleri yetersiz kaldığından, bulanık ÇKKV yöntemlerini kullanmak daha uygun olur. Literatürde Tip-1 bulanık küme olarak da adlandırılan bulanık kümelere dayalı çok sayıda ÇKKV ile ilgili çalışma mevcuttur. Tip-1 bulanık kümeler bazı yüksek dereceden belirsizliklerin üstesinden gelmekte yeterli olamadığı için Zadeh (1975) tarafından Tip-2 bulanık kümeler önerilmiştir. Tip-2 bulanık kümeler, Tip-1 bulanık kümelere göre belirsizliklileri daha iyi modelleyebilmekte ve belirsizlik içeren sistemlerde daha iyi sonuçlar verebilmektedir.

Bu tez çalışmasında, ÇKKV yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), İdeal Çözüme Yakınlığa Göre Tercih Sıralama Tekniği (TOPSIS), Çok Kriterli Optimizasyon ve Uzlaşık Çözüm (VIKOR) ve Karmaşık Oransal Değerlendirme (COPRAS) yöntemleri bulanık kümelere ve Tip-2 bulanık kümelere dayalı olarak ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Uygulama olarak Avrupa Yaşam ve Çalışma Koşullarını Geliştirme Kurumu (Eurofound) tarafından 34 ülke için yürütülen "2012 Avrupa Yaşam Kalitesi" çalışmasındaki veriler ele alınmıştır. Tip-2 bulanık kümelere dayalı AHP, TOPSIS, VIKOR ve COPRAS yöntemleri ile ele alınan ülkelerin 30 kritere göre yaşam kalitesi açısından sıralanması yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: AHP, COPRAS, Çok Kriterli Karar Verme, Tip-2 bulanık küme, TOPSIS, VIKOR

ABSTRACT

MS THESIS

MULTI CRITERIA DECISION MAKING BASED ON TYPE-2 FUZZY SETS

Aynur ŞAHİN

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN STATISTICS

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Nimet YAPICI PEHLİVAN

2016, 114 Pages

Jury
Assoc. Prof. Dr. Nimet YAPICI PEHLİVAN
Prof. Dr. Aşır GENÇ
Asst. Prof. Dr.Ahmet PEKGÖR

Multi criteria decision making (MCDM) is a selection process of the best alternatives among evaluated several alternatives with respect to the criteria. In the decision making process, classical MCDM methods cannot deal with imprecise and uncertainty information, so it is convenient to use fuzzy MCDM methods. There are a lot of MCDM method based on fuzzy sets also known as Type-1 fuzzy sets in the literature. Howewer, since Type-1 fuzzy sets cannot fully handle high levels of uncertainties, Type-2 fuzzy set was introduced by Zadeh (1975). Type-2 fuzzy sets can model uncertainties better than Type-1 fuzzy sets and give better results in systems which involve uncertainty.

In this study, Analytical Hierarchy Process (AHP), Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS), Multi-criteria optimization and compromise solution (VIKOR) and Complex Proportional Assesment (COPRAS) MCDM methods based on fuzzy sets and Type-2 fuzzy sets are investigated in detail. In application part, data of "Europan Quality of Life Surveys 2012" carried out by The Europan Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions (Eurofound) are used. In terms of quality of life, ranking of the countries with respect to the 30 criteria is constituted by using AHP, TOPSIS, VIKOR and COPRAS methods based on Type-2 fuzzy sets.

Keywords: AHP, COPRAS, MCDM, Type-2 fuzzy set, TOPSIS, VIKOR

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasının her aşamasında değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren ve benden hiçbir konuda desteğini esirgemeyen Sayın Hocam Doç. Dr. Nimet YAPICI PEHLİVAN'a, pozitif enerjisi ile bana hep destek olan Yrd. Doç. Dr. Neslihan İYİT'e ve manevi destekleriyle bana güç veren çok değerli aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Aynur ŞAHİN
KONYA-2016

İÇİNDEKİLER

ÖZET 1
ABSTRACT 2
ÖNSÖZ 3

İÇİNDEKİLER 4

SİMGELER VE KISALTMALAR 6

1. GİRİŞ 8

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI 10

2.1. Çok Kriterli Karar Verme ile İlgili Kaynak Araştırması 10
2.2. Bulanık Çok Kriterli Karar Verme ile İlgili Kaynak Araştırması 13
2.3. Tip-2 Bulanık Kümelere Dayalı Çok Kriterli Karar Verme ile İlgili Kaynak Araştırması 16

3. BULANIK KÜMELER ve TİP-2 BULANIK KÜMELER 22

3.1. Bulanık Mantık 22
3.2. Bulanık Kümeler ve Temel Kavramlar 23
3.2.1. Bulanık sayılar ve aritmetik işlemleri 26
3.3. Tip-2 Bulanık Kümeler ve Aralık Tip-2 Bulanık Kümeler 30
3.4. Aralık Tip-2 Bulanık Kümelerde Aritmetik İşlemler 35
3.5. Aralık Tip-2 Bulanık Kümelerde Sıralama 36
3.5.1. Lee ve Chen (2008) yöntemi 36
3.5.2. Ghorabaee ve ark. (2014) yöntemi 37

4. TİP-2 BULANIK KÜMELERE DAYALI ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ 40

4.1. Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemi 41
4.1.1. Tip-1 bulanık kümelere dayalı AHP yöntemi 41
4.1.2. Tip-2 bulanık kümelere dayalı AHP yöntemi 42
4.2. TOPSIS Yöntemi 45
4.2.1. Tip-1 bulanık kümelere dayalı TOPSIS yöntemi 45
4.2.2. Tip-2 bulanık kümelere dayalı TOPSIS yöntemi 48
4.4. VIKOR Yöntemi 51
4.4.1. Tip-1 bulanık kümelere dayalı VIKOR yöntemi 51
4.4.2. Tip-2 bulanık kümelere dayalı VIKOR yöntemi 54
4.4. COPRAS Yöntemi 57
4.4.1. Tip-1 bulanık kümelere dayalı COPRAS yöntemi 57
4.4.2. Tip-2 bulanık kümelere dayalı COPRAS yöntemi 60

5. UYGULAMA 64

5.1. Tip-2 Bulanık Kümelere Dayalı AHP Yöntemi İle Kriter Ağırlıklarının Hesaplanması 67
5.2. Tip-2 Bulanık Kümelere Dayalı TOPSIS Yöntemi ile Sıralama 71

5.3. Tip-2 Bulanık Kümelere Dayalı VIKOR Yöntemi ile Sıralama..... 78
5.4. Tip-2 Bulanık Kümelere Dayalı COPRAS Yöntemi ile Sıralama..... 85

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 91

6.1 Sonuçlar 91
6.2 Öneriler 93

KAYNAKLAR 94

EKLER..... 102

ÖZGEÇMİŞ 111

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

$\tilde{A}$	Bulanık küme
$\tilde{\tilde{A}}$	Tip-2 bulanık küme
A_α	Bulanık kümenin α -seviye kümesi
f_x	Tip-2 bulanık kümeler için ikincil üyelik fonksiyonu
J_x	Tip-2 bulanık kümeler için temel üyelik fonksiyonu
$S(\tilde{A})$	Bulanık kümenin destek kümesi
$\wedge$	Minimum operatörü
$\vee$	Maksimum operatörü
μ	Bulanık kümeler için üyelik fonksiyonu
$\sum$	Kesikli bulanık kümeler için ortak üyelik fonksiyonuna ait tüm noktalar
$\int$	Sürekli bulanık kümeler için ortak üyelik fonksiyonuna ait tüm noktalar

Kısaltmalar

ARAS	Toplamsal Oransal Değerlendirme (Additive Ratio Assessment)
AHP	Analitik Hiyerarşi Prosesi (Analytical Hierarchy Process)
BÇKKV	Bulanık Çok Kriterli Karar Verme
COPRAS	Karmaşık Oransal Değerlendirme (Complex Proportional Assesment)
CR	Tutarlılık Oranı (Consistency Rate)
ÇKKV	Çok Kriterli Karar Verme
ELECTRE	Gerçeği Yansıtan Eleme ve Seçim (Elimination Et Choice Translating Reality-Elemination and Choice Translating Reality)
Eurofound	Avrupa Yaşam ve Çalışma Koşullarını Geliştirme Kurumu (The Europan Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions)

FOU	Belirsizliğin Ayak İzi (Footprint of Uncertainty)
LMF	Alt Üyelik Fonksiyonu (Lower Membership Function)
MOORA	Oran Analizine Dayalı Çoklu Amaç Optimizasyonu (Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis)
PROMETHEE	Kuvvetli Değerlendirme için Tercih Sıralama Yöntemi (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation)
QUALIFLEX	Nitel Esnek Çok Kriterli Yöntem (Qualıtative Flexible Multiple Criteria Method)
TOPSIS	İdeal Çözüme Yakınlığa Göre Tercih Sıralama Tekniği (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)
T2BAHP	Tip-2 Bulanık Kümelere Dayalı Analitik Hiyerarşi Prosesi
T2BCOPRAS	Tip-2 Bulanık Kümelere Dayalı Karmaşık Oransal Değerlendirme
T2BELECTRE	Tip-2 Bulanık Kümelere Dayalı Gerçeği Yansıtan Eleme ve Seçim
T2BPROMETHEE	Tip-2 Bulanık Kümelere Dayalı Kuvvetli Değerlendirme için Tercih Sıralama Yöntemi
T2BQUALIFLEX	Tip-2 Bulanık Kümelere Dayalı Nitel Esnek Çok Kriterli Yöntem
T2BTOPSIS	Tip-2 Bulanık Kümelere Dayalı İdeal Çözüme Yakınlığa Göre Tercih Sıralama Tekniği Kuvvetli Değerlendirme için Tercih Sıralama Yöntemi
T2BVIKOR	Tip-2 Bulanık Kümelere Dayalı Çok Kriterli Optimizasyon ve Uzlaşık Çözüm
UMF	Üst Üyelik Fonksiyonu (Upper Membership Function Function)
VIKOR	Çok Kriterli Optimizasyon ve Uzlaşık Çözüm (VIse Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje- Multi Criteria optimization and compromise solution)

1. GİRİŞ

Karar verme, karar vericinin değişik alternatifler arasından, en yüksek başarıya veya etkiye sahip ve kendi amaçlarına en uygun olan alternatifi seçmesi olarak tanımlanır (Harris, 1998). Birçok insan, yaşamının her evresinde karar verme durumu ile karşı karşıya kalır ve aldıkları kararlar doğrultusunda yaşamlarını sürdürürler. Kısacası, karar verme insan hayatının vazgeçilmez bir parçasıdır. Karar verme süresi de en az karar verme kadar önemlidir. Çünkü çok hızlı karar verme tehlikeli sonuçlar doğurabileceği gibi çok yavaş karar verme de fırsatların kaçırılmasına sebep olabilir. Bu nedenle, karar verme için sistematik ve detaylı bir yaklaşıma ihtiyaç duyulur (Saaty, 1996).

Karar problemlerinde tek kriter olması durumunda karar verme oldukça sezgiseldir, çünkü en yüksek tercih oranına sahip alternatif en iyi alternatiftir. Fakat, karar ortamları ya da süreçleri her zaman bu kadar kolay olmayabilir (Tzeng ve Huang, 2013). Bazı problemlerde karar verici, vereceği kararlarda farklı kriterler kullanmak ve alternatifler üzerindeki seçimini bu kriterlere göre yapmak zorunda kalabilir. Bu tür problemlere "Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV)" problemleri adı verilir (Yaralıoğlu, 2010).

ÇKKV problemlerinde kriter ağırlıkları, tercihlerin güvenirliliği, kriterler arasındaki bağdaşmazlık gibi bazı problemlerle karşılaşılabilir. Bu problemlerin üstesinden gelebilmek için ÇKKV yöntemleri geliştirilmiştir. ÇKKV yöntemlerinde karar süreci;

- Problemin ve kriterlerin belirlenmesi,
- Kriterlerin önem derecelerinin belirlenmesi,
- Alternatiflerin belirlenmesi,
- Alternatiflerin kriterlere göre değerlendirilmesi ve en iyi alternatifin seçimi aşamalarından oluşmaktadır (Tzeng ve Huang, 2013).

Karar verme sürecinde, belirsiz ve kesin olmayan bilgiler olması durumunda klasik karar verme yöntemleri yetersiz kalmaktadır. Bu gibi durumlarda bulanık karar verme yöntemlerini kullanmak daha uygun olur. İnsan düşünce ve yargıları genellikle belirsizlik içerdiğinden değerlendirme yapılırken sayısal değerler gerçek yaşamı ifade etmekte yetersiz kalır ve değerlendirmeler ikili (klasik) mantıkla ifade edilemeyebilir. Daha açık bir ifadeyle, karar verme sürecinde "çok kötü", "kötü", "orta", "iyi", "çok

iyi" gibi insan düşünce ve yargılarını ifade eden dilsel değişkenlerden yararlanılabilir. Klasik mantıkta yer almayan bu tür dilsel değerlendirmeler, Zadeh (1965) tarafından önerilen bulanık küme teorisi ile anlamlı hale gelmiştir (Chen, 2000).

Bulanık küme teorisinde, her bir elemana üyelik fonksiyonu aracılığı ile bir üyelik derecesi atanır. Tam üyelik derecesinin belirlenemediği durumlarda bulanık kümeler yetersiz kalmaktadır. Bu durumun üstesinden gelmek için, Zadeh (1975) tarafından Tip-2 bulanık kümeler önerilmiştir (Özek, 2010). Tip-1 bulanık küme olarak da adlandırılan bulanık kümeler kesin değerli üyelik derecesine sahipken, Tip-2 bulanık kümeler bulanık değerli üyelik derecesine sahiptir (Mendel ve John, 2002). Tip-2 bulanık kümelerin Tip-1 bulanık kümelere göre avantajı, belirsizlikleri daha iyi modelleyebilmesi ve belirsizlik içeren sistemlerde daha iyi sonuçlar vermesidir (Mendel ve ark., 2006).

Bu çalışmanın amacı, Tip-2 bulanık kümelere dayalı ÇKKV yöntemlerinden en yaygın olarak kullanılan AHP, TOPSIS, VIKOR ve COPRAS yöntemlerini kullanarak Avrupa Yaşam ve Çalışma Koşullarını Geliştirme Kurumu (Eurofound) tarafından yürütülen "2012 Avrupa Yaşam Kalitesi" çalışmasındaki ülkelerin belirli kriterler altında yaşam kalitesi açısından sıralamasını yapmaktır.

Tez çalışmasının İkinci Bölümü'nde klasik ve bulanık ÇKKV problemleri ile ilgili literatür araştırmasına yer verilmiştir. Üçüncü Bölümü'nde, bulanık mantık, bulanık kümelerle ilgili temel kavramlar, tanımlar ve bulanık sayılar açıklandıktan sonra, Tip-2 bulanık kümeler, Aralık Tip-2 bulanık kümeler ve Aralık Tip-2 bulanık kümelerde sıralama yöntemleri ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Dördüncü Bölümü'nde, ÇKKV yöntemlerinden AHP, TOPSIS, VIKOR ve COPRAS yöntemleri bulanık kümelere ve Tip-2 bulanık kümelere dayalı olarak ayrıntılı bir şekilde ele alınmıştır. Çalışmanın uygulama kısmını içeren Beşinci Bölümü'nde, Avrupa Yaşam ve Çalışma Koşullarını Geliştirme Kurumu (Eurofound) tarafından 34 ülke için yürütülen "2012 Avrupa Yaşam Kalitesi" çalışmasındaki veriler ele alınmıştır. Tip-2 bulanık kümelere dayalı AHP, TOPSIS, VIKOR ve COPRAS yöntemleri ile ele alınan ülkelerin 30 kritere göre yaşam kalitesi açısından sıralaması yapılmıştır.

Çalışmanın son bölümünü oluşturan sonuç ve öneriler kısmında ise, Tip-2 bulanık kümelere dayalı AHP, TOPSIS, VIKOR ve COPRAS yöntemlerinden elde edilen sıralama sonuçları değerlendirilmiş ve yapılacak diğer çalışmalar için öneriler verilmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bu bölümde ÇKKV, Bulanık ÇKKV ve Tip-2 Bulanık kümelere dayalı ÇKKV ile ilgili kaynak araştırması ayrıntılı olarak verilmiştir.

2.1. Çok Kriterli Karar Verme ile İlgili Kaynak Araştırması

Literatür araştırması yapıldığında AHP, TOPSIS, VIKOR, COPRAS, MOORA, ELECTRE, PROMETHEE, QUALIFLEX ve ARAS gibi birçok ÇKKV yönteminin mevcut olduğu görülmektedir.

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), Saaty (1980) tarafından geliştirilen bir ÇKKV yöntemidir. AHP yöntemi, kriter ağırlıklarını belirlemek için kriterler arasında ikili karşılaştırma yapma temeline dayanır.

TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemi, Hwang ve Yoon (1981) tarafından önerilmiştir. TOPSIS yönteminin temeli pozitif ideal çözüme en yakın, negatif ideal çözüme en uzak alternatifin seçimine dayanmaktadır.

VIKOR (Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje) yöntemi, birbiriyle çelişen ve aynı ölçekle ölçülemeyen kriterlere sahip ÇKKV problemlerini çözmek için Opricovic (1998) tarafından önerilmiştir.

COPRAS (Complex Proportional Assesment) yöntemi ilk olarak Zavadskas ve Kaklauskas (1996) tarafından önerilmiştir. COPRAS yönteminin temeli pozitif ve negatif ideal çözümler için birer oran belirleyerek en uygun alternatifi seçmeye dayanmaktadır.

MOORA (Multi-Objective Optimization By Ratio Analysis) yöntemi ilk olarak Brauers ve Zavadskas (2006) tarafından çok kriterli optimizasyon problemlerini çözmek için önerilmiştir.

ELECTRE (Elimination Et Choice Translating Reality) yöntemi, Benayoun ve ark. (1966) tarafından önerilen ÇKKV yöntemlerinden biridir. Litertürde, ELECTRE I-II-III-IV, ELECTRE IS, ELECTRE TRI ve ELECTRE^{GKMS} olmak üzere birçok yöntem mevcuttur (Chen, 2014a).

PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation) yöntemi, Brans (1982) tarafından geliştirilen çok ölçütlü bir öncelik belirleme yöntemidir. Litertürde, PROMETHEE I-II-III-IV-V-VI, PROMETHEE

GAIA, PROMETHEE GDSS, PROMETHEE TRI, PROMETHEE CLUSTER ve PROMETHEE GKS gibi birçok yöntem mevcuttur (Chen, 2014b).

QUALIFLEX (Qualitative Flexible Multiple Criteria Method) yöntemi, Paelinck (1976) tarafından geliştirilen ÇKKV yöntemlerinden biridir.

ARAS (Additive Ratio Assessment) yöntemi, Zavadskas ve ark. (2010) tarafından ÇKKV problemlerini çözmek için geliştirilmiştir.

ÇKKV yöntemleri ile ilgili yapılan çalışmalardan bazıları ve uygulama alanları Çizelge 2.1'de özetlenmiştir.

Çizelge 2.1. ÇKKV yöntemleri ile ilgili yapılan çalışmalar

Yazar/Yazarlar (Yıl)	Uygulama Alanı	Çözüm Yöntemi
Germano ve Roulet (2006)	Doğal havalandırma imkanlarının değerlendirmesi	QUALIFLEX
Zavadskas ve Antucheviciene (2007)	Yol tasarım alternatiflerinin değerlendirmesi	COPRAS
Buchanan ve Vanderpooten (2007)	Elektrikten faydalanma projelerinin sıralanması	ELECTRE-III
Anand ve Kodali (2008)	Yalın imalat sistemlerinin seçimi	PROMETHEE
Sivilevičius ve Maskeliūnaite (2010)	Demiryolu yolcu taşımacılığında kaliteyi arttırmak için kriterlerin sıralanması	AHP
Athawale ve Chakraborty (2010)	Bilgisayar destekli sayısal kontrol cihazlarının değerlendirilmesi	TOPSIS
Venkata Rao ve Patel (2010)	Hisse senedi alım satımında karar verme	PROMETHEE
San Cristóbal (2011)	Yenilenebilir enerji projelerinin seçimi	VIKOR
Alp ve Engin (2011)	Trafik kazalarının nedenleri ve sonuçları arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi	AHP/TOPSIS
Kildienė ve ark. (2011)	Avrupa ülkelerinin kriz zamanında inşaat sektöründe yönetim kapasitelerinin karşılaştırılması	COPRAS
Liou ve ark. (2011)	Havayollarının hizmet kalitesinin değerlendirilmesi	VIKOR
Yayar ve Baykara (2012)	Katılım bankalarının etkinliğinin ve verimliliğinin değerlendirilmesi	TOPSIS
Balezentiene ve Kusta (2012)	Toprak ekosisteminde sera gazı emilimini azaltma alternatiflerinin değerlendirilmesi	ARAS
Brauers (2013)	Deniz limanı için yer seçimi	MOORA
Liaudanskienė ve ark. (2015)	İnşaat sektöründe çalışan işçilerin güvenliğinin değerlendirilmesi	TOPSIS
Yildiz ve Yildiz (2015)	Restoranların servis kalitesinin değerlendirilmesi	AHP/TOPSIS
Mir ve ark. (2016)	Kentsel katı atık yönetim modeli alternatiflerinin sıralanması	TOPSIS/VIKOR

2.2. Bulanık Çok Kriterli Karar Verme ile İlgili Kaynak Araştırması

"Bulanıklık" kavramı ilk olarak Amerikalı filozof Black (1937) tarafından ortaya atılmış ve bundan 30 yıl kadar sonra 1962 yılında Prof. Lotfi A. Zadeh tarafından ele alınmıştır (Türkşen, 1985; Yapıcı Pehlivan, 2005).

Zadeh (1965) makale çalışmasında, bulanık küme kavramını açıklamış ve bulanık kümeler ile ilgili temel tanımları vermiştir.

Bellman ve Zadeh (1970), bulanıklık kavramı ile karar teorisini birleştirerek bulanık karar teorisini geliştirmiştir. Bunun üzerine, bulanık kümelerin karşılaştırılması ve sıralanması sorunu ortaya çıkmıştır. Bu konu ile ilgili ele alınan çalışmalardan bazıları; Baldwin ve Guild (1979), Chen (1985), Chang ve Lee (1994), Cheng (1998), Yao ve Wu (2000), Modarres ve Sadi-Nezhad (2001), Lee ve Chen (2008) ve Ghorabaee ve ark. (2014) tarafından yapılan çalışmalardır.

ÇKKV yöntemleri, bulanık ortamlar için genişletilerek bulanık çok kriterli karar verme (BÇKKV) yöntemleri önerilmiştir.

Van Laarhoven ve Pedrycz (1983), Saaty (1980) tarafından önerilen AHP yönteminin uzantısı olan yeni bir yöntem geliştirmiş ve üçgensel bulanık sayılar ile ifade edilen bulanık oranları karşılaştırmışlardır.

Buckley (1985), bulanık karşılaştırma oranlarını kullanarak klasik AHP yöntemini genişletmiş ve bulanık ağırlıkları hesaplamak için geometrik ortalama yöntemini kullanmıştır.

Chang (1996), ikili karşılaştırmalar için üçgensel bulanık sayıları ve genişletme analizini kullanarak bulanık AHP yöntemi için yeni bir yaklaşım önermiştir.

Chen ve ark. (1992), Hwang ve Yoon (1981) tarafından önerilen TOPSIS yöntemini bulanık durumlar için genişletmişlerdir.

Triantaphyllou ve Lin (1996), bulanık aritmetik işlemlere dayalı bulanık TOPSIS yaklaşımını önermişlerdir. Bu yaklaşım, her bir alternatif için bulanık göreceli yakınlık sunmaktadır.

Chen (2000), üçgensel bulanık sayılarla ifade edilebilen dilsel terimler ile her bir alternatifin ve kriter ağırlığının derecelendirmesini tanımlayarak bulanık TOPSIS yöntemini önermiştir. Yöntemde, herbir alternatif için Vertex yöntemiyle hesaplanan bulanık pozitif ve bulanık negatif ideal çözümlere olan uzaklıklardan yararlanılarak yakınlık katsayıları elde edilmiştir.

Wang ve Elhag (2006), α -seviye kümelerine dayalı bulanık TOPSIS yöntemini önemişlerdir.

Ashtiani ve ark. (2009), aralık değerli bulanık küme kavramını kullanarak aralık değerli bulanık TOPSIS yöntemini önermişlerdir.

Park ve ark. (2011), aralık değerli sezgisel bulanık sayıları kullanarak bulanık VIKOR yöntemini önermişlerdir.

Wan ve ark. (2013), üçgensel sezgisel (intuitionistic) bulanık sayıları kullanarak bulanık VIKOR yöntemini önermişler.

Zavadskas ve Antucheviciene (2007), kriter ağırlıklarının ve alternatif derecelendirmelerinin bulanık olduğu durumlar için bulanık COPRAS yöntemini önermişlerdir.

Baleţentis ve ark. (2011), bulanık ortamlar için bulanık MOORA yöntemini önermiştir.

Montazer ve ark. (2009), ELECTRE III yöntemini bulanık durumlar için genişleterek bulanık ELECTRE III yöntemini önermişlerdir.

Goumas ve Lygerou (2000), PROMETHEE yöntemini bulanık ortamlar için genişleterek bulanık PROMETHEE yöntemini önermişlerdir.

Chen ve Wang (2009), bulanık ortamlarda ÇKKV problemlerini çözmek için bulanık QUALIFLEX yöntemini önermiştir.

Turskis ve Zavadskas (2010), ARAS yöntemini bulanık ortamlar için genişleterek bulanık ARAS yöntemini önermişlerdir.

BÇKKV yöntemleri ile ilgili yapılan çalışmalardan bazıları ve uygulama alanları Çizelge 2.2'de özetlenmiştir.

Çizelge 2.2. Bulanık ÇKKV yöntemleri ile ilgili yapılan çalışmalar

Yazar/Yazarlar (Yıl)	**Uygulama Alanı**	**Çözüm Yöntemi**
Goumas ve Lygerou (2000)	Enerji projelerinin değerlendirilmesi	Bulanık PROMETHEE
Yong (2006)	Bitki yetiştirmek için yer seçimi	Bulanık TOPSIS
Zavadskas ve Antucheviciene (2007)	Bina restorasyonu alternatiflerinin değerlendirilmesi	Bulanık COPRAS
Wang ve Chang (2007)	Eğitim uçaklarının kalite değerlendirmesi	Bulanık TOPSIS
Cebeci (2009)	Tekstil üretim şirketinde kaynak planlama sistemi seçimi	Bulanık AHP
Turskis ve Zavadskas (2010)	Lojistik merkezi konumu seçimi	Bulanık ARAS
Yazdani ve ark. (2011)	Raylı ulaşım sistemlerinin altyapı çalışması için risk analizi	Bulanık COPRAS
Büyüközkan ve ark. (2011)	Sağlık sektöründe hizmet kalitesinin değerlendirilmesi	Bulanık AHP
Chen ve ark. (2011)	Bir bankanın dış kaynak kullanımı için tedarikçi seçimi	Bulanık PROMETHEE
Baležentis ve ark. (2011)	Avrupa Birliğine üye ülkelerin yaşanabilirlik düzeylerinin karşılaştırılması	Bulanık MOORA
Hatami-Marbini ve Tavana (2011)	Teknoloji üretim şirketi için uygun malzeme seçimi	Bulanık ELECTRE-I
Liu ve ark. (2012)	Genel anestezi sürecinde risk değerlendirmesi	Bulanık VIKOR
Das ve ark. (2012)	Hindistan'daki teknik kurumların performanslarının değerlendirilmesi	Bulanık AHP/COPRAS
Girubha ve Vinodh (2012)	Otomotiv üretiminde parçaların seçimi	Bulanık VIKOR
Karande ve Chakraborty (2012)	Özel bir üretim organizasyonu için kurumsal kaynak planlama sisteminin seçimi	Bulanık MOORA
Nourianfar ve Montazer (2013)	Hammadde satım alımı için tedarikçi seçimi	Bulanık COPRAS
Junior ve ark. (2014)	Otomotiv sektöründe kullanılacak parçalar için tedarikçi seçimi	Bulanık AHP/BTOPSIS
Mangla ve ark. (2015)	Yeşil tedarik zincirinde risk analizi	Bulanık AHP
Rostamzadeh ve ark. (2015)	Yeşil tedarik zinciri yönetim uygulamalarının değerlendirilmesi	Bulanık VIKOR
Şengül ve ark. (2015)	Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarının sıralanması	Bulanık TOPSIS
Zhang ve Xu (2015)	Otomobil üretim şirketinde yeşil tedarikçi seçimi	Bulanık QUALIFLEX

2.3. Tip-2 Bulanık Kümelere Dayalı Çok Kriterli Karar Verme ile İlgili Kaynak Araştırması

Bulanık kümeler, bazı yüksek dereceden belirsizliklerin üstesinden gelmede yeterli olamamaktadır. Bu nedenle Zadeh (1975) tarafından Tip-2 bulanık küme kavramı önerilmiştir. Bu kesimde, Tip-2 bulanık kümeler ve Tip-2 bulanık kümelere dayalı ÇKKV ile ilgili literatür taramasına yer verilmiştir.

Karnik ve Mendel (1998), sağlam bir bulanık mantık sistemi tanıtmak için Tip-2 bulanık kümeleri kullanmıştır. Çalışmada, boyut-indirgeme ve bulanıklaştırma, Tip-2 bulanık kümelerde aritmetik işlemler ve Tip-2 bulanık kümelerin üyelik derecelerinin özellikleri işlenmiştir.

Liang ve Mendel (2000), Aralık Tip-2 bulanık mantık sistemlerinin teorisini ve tasarımını sunmuşlarıdır. Aralık Tip-2 bulanık dilsel kümelere ait girdi ve çeşitli işlemleri hesaplamak için basit ve etkili bir yöntem önermişlerdir. Alt ve üst üyelik fonksiyonları kavramlarını tanıtmışlar ve Gauss temel üyelik fonksiyonları için önerilen yöntemi örneklendirmişlerdir. Ayrıca parametrelerini ayarlayabildikleri Aralık Tip-2 bulanık dilsel kümeleri tasarlamak için bir yöntem önermişlerdir. Son olarak, sabit olmayan zaman serileri bir gürültü tarafından kesildiğinde, zaman serisi tahminlerini elde etmek için Tip-2 bulanık dilsel kümeleri tasarlamışlardır.

Wu ve Mendel (2007), ağırlıkların ve kriterlerin Aralık Tip-2 bulanık küme olarak belirlenen kelimeler olduğu ve sonuç çıktılarının da Aralık Tip-2 bulanık kümeler olduğu dilsel ağırlıklı ortalama üzerine odaklanmıştır. Dilsel ağırlıklı ortalama, Tip-1 bulanık girdilerin, Aralık Tip-2 bulanık girdilerle yer değiştirdiği bulanık ağırlıklı ortalamanın genelleştirilmiş hali olarak düşünülebilir. Çalışmada, dilsel ağırlıklı ortalamanın teorisi, algoritması ve uygulamalarını sunmuşlardır. Dilsel ağırlıklı ortalamanın bulgularının iki bulanık ağırlıklandırılmış ortalamanın bulgularına ayrıştırılabileceğini göstermişlerdir. Dilsel ağırlıklı ortalama belirsiz bir model olduğu için dilsel ağırlıklı ortalamanın karar verme problemlerinde geniş bir uygulamaya sahip olduğunu vurgulamışlardır.

Chen ve Lee (2010b), Aralık Tip-2 bulanık kümelerde aritmetik işlemler ve bulanık ilişkilere dayalı bulanık çok kriterli hiyerarşik karar verme problemini çözmek için yeni bir yöntem önermişlerdir. Bu yöntemi örneklendirmek için bir derginin hakemlik sürecini ele almışlardır. Dergi editörü makaleyi “etki”, “içerik”, ”derinlik” ve

“sunum” kriterleri altında değerlendirmek üzere üç hakeme göndermekte ve hakemlerin değerlendirme sonuçlarına dayalı ÇKKV problemini çözmeye çalışmaktadır.

Chen ve ark. (2012), Aralık Tip-2 bulanık kümelere dayalı ÇKKV problemlerini çözmek için sıralama yaklaşımına dayalı yeni bir yöntem sunmuşlardır.

Liu ve Zhang (2010), ağırlık bilgisinin bilinmediği ve kriter değerlerinin dilsel değerler olduğu risk altındaki ÇKKV problemlerini çözmek için en iyi üyelik derecesine dayalı bir yaklaşım önermişlerdir. İlk olarak, dilsel değişkenlerin işlem kurallarını vermişler ve beklenen değerler yardımıyla risk dilsel karar matrisini kesin dilsel karar matrisine dönüştürmüşlerdir. Daha sonra, dilsel değişkenler ile ideal çözüm ve pozitif ideal çözümü tanımlamışlardır. Kriter ağırlık modelini, alternatifler ve ideal çözümler arasındaki göreli en yüksek üyelik derecesiyle geliştirmişler ve alternatifleri göreli en yüksek üyelik derecesine göre sıralamışlardır.

Cao ve Wu (2011), ağırlıklı geometrik ortalama COWG (WG-COWG) ve sıralı ağırlıklı geometrik ortalama COWG (OWG-COWG) operatörlerini genişletmişlerdir. Sayısal örnek olarak, bir araba şirketinin üretim süreci için üç karar verici tarafından “yük kapasitesi”, “yinelenebilirlik”, “hız”, ”hafıza kapasitesi” ve “bağımsızlık derecesi” kriterleri altında dört robot arasından en uygun robotun seçim problemini incelemişlerdir.

Liu ve ark. (2011), olasılık teorisini kullanan risk altında ÇKKV yöntemini önermişlerdir. Bu yöntem, kriter değerlerinin belirsiz dilsel değişkenler olduğu risk altında ÇKKV problemlerine dayalı bir yaklaşımdır. Sayısal örnek olarak, bir yatırım şirketinin “direk fayda”, “dolaylı fayda”, “sosyal fayda” ve “kirlilik kaybı” kriterleri altında üç yatırım alternatifi arasından en iyi olanını seçme problemini incelemişlerdir.

Liu (2011), kriter ağırlıklarının ve alternatif değerlendirmelerinin aralık yamuksal bulanık sayılar olduğu ÇKKV problemlerini çözmek için ağırlıklı hesaplama işlemlerine dayalı bir yöntem önermiştir. Bu yöntemi örneklendirmek için bir telekomünasyon şirketinin Araştırma Geliştirme (R&D) bölümü için müdür seçimi sürecinde üç uzman tarafından, “belirlenmiş araştırma alanlarında yeterliliği”, “idarede yeterliliği”, “kişilik”, “tecrübe” ve “güven” kriterleri altında dört adayın değerlendirildiği problemi ele almıştır.

Wang ve ark. (2012), karar vericilerin verdiği tüm bilgilerin Aralık Tip-2 bulanık karar verme matrisi olarak ifade edildiği ve kriter ağırlıkları ile ilgili bilgilerin kısmen bilindiği ÇKKV problemleri incelemişlerdir. Sayısal örnek olarak, bir üretim şirketinin en iyi tedarikçi seçimi süreci için üç karar verici tarafından “ürün kalitesi”,

“risk faktörü”, “tedarik servis performansı”, “tedarikçinin profili” kriterleri altında üç alternatif tedarikçi arasından en iyi olanını seçme problemini incelemişlerdir.

Xiao ve ark. (2012), klasik esnek kümeleri, yamuksal bulanık sayılara dayalı esnek kümelere genişletmişlerdir. Daha sonra, “tümleyen” operatörü, “ve” operatörü ve “veya” operatörü gibi yamuksal bulanık esnek kümelerdeki bazı operatörleri tanımlamışlardır. Son olarak, Mr. X’in “ucuzluk”, “güzellik”, “boyut”, “yer”, “bahçe çevresi” kriterleri altında altı ev alternatifinden birinin seçilmesi problemini analiz etmişlerdir.

Liu ve Jin (2012a), ağırlıklı geometrik hesaplama işlemlerine dayalı bir karar verme yöntemi önermişlerdir. İlk olarak, bazı işlem kurallarını ve aralık yamuksal bulanık sayıların (GITFN) uzaklık ve karşılaştırma kurallarını tanıtmışlardır. İkinci olarak, genelleştirilmiş aralık yamuksal bulanık sayıların ağırlıklı geometrik hesaplama (GITFNWGA) operatörünü, genelleştirilmiş aralık yamuksal bulanık sayıların düzenlenmiş ağırlıklı geometrik hesaplama (GITFNOWGA) operatörünü ve genelleştirilmiş aralık yamuksal bulanık sayıların karışık ağırlıklı geometrik hesaplama (GITFNHGA) operatörünü ve bunların çeşitli özelliklerini sunmuşlardır. Ayrıca, bu operatörlere dayalı karar verme yöntemlerini önermişlerdir.

Liu ve Jin (2012b), sezgisel belirsiz dilsel ağırlıklı geometrik ortalama (IULWGA) operatörünü, sezgisel belirsiz dilsel sıralanmış ağırlıklı geometrik (IULOWG) operatörünü ve sezgisel belirsiz dilsel karma geometrik (IULHG) operatörünü geliştirmişlerdir. Bu operatörlere dayalı olarak, sezgisel belirsiz dilsel değişkenli ÇKKV problemleri için iki yöntem önermişlerdir. Sayısal örnek olarak bir yatırım şirketinin “risk endeksi”, “büyüme endeksi”, “sosyal-politik etki endeksi” ve “çevre etkisi endeksi” kriterleri altında dört yatırım seçeneğinden en iyi olanını seçmeye dayalı ÇKKV problemini incelemişlerdir.

Zhang ve Zhang (2013), yamuksal Aralık Tip-2 bulanık kümeleri esnek kümeler ile birleştirerek yamuksal Aralık Tip-2 bulanık esnek küme kavramını geliştirmişler ve bu kümeleri kullanarak ÇKKV için yeni bir yaklaşım önermişlerdir. Bu yaklaşımı kullanarak bir araba şirketinin üretim süreci için üç karar verici tarafından “yük kapasitesi”, “yinelenebilirlik”, “hız”, “hafıza kapasitesi” ve “bağımsızlık derecesi” kriterleri altında altı robot değerlendirilerek en uygun robot seçimi yapılmıştır.

Abdullah ve Najib (2014), Aralık Tip-2 bulanık kümelere dayalı AHP yöntemi için dilsel değişkenler ve sıralama yaklaşımı önermişlerdir. Önerilen yaklaşımı bir iş güvenliği değerlendirme problemine uygulamışlardır. Elde edilen sonuçları klasik AHP

ve bulanık AHP yöntemlerinden elde edilen sonuçlar ile karşılaştırmışlardır. Çalışmada ele alınan üç yöntem ile hesaplanan önem ağırlıkları farklı olmasına rağmen sıralama sonuçları aynı elde edilmiştir.

Kılıç ve Kaya (2015), Türkiye'de gelişmekte olan acentelerin yatırım projeleri için yeni bir değerlendirme modeli önermişlerdir. Belirsizlikleri ve ilişkileri daha iyi tanımlamak için Tip-2 bulanık kümeler ve kesin kümeleri aynı anda kullanmışlardır. Önerilen model, Tip-2 bulanık AHP ve Tip-2 bulanık TOPSIS yöntemlerinden oluşmaktadır ve modelde kullanılan kriterlerin belirlenmesi, Tip-2 bulanık AHP hesaplamaları, Tip-2 bulanık TOPSIS hesaplamaları ve son sıralanmanın belirlenmesi ile yatırım projelerinin değerlendirilmesi aşamalarını içermektedir. Sayısal örnek olarak, Orta Karadeniz Gelişim acentesinin üç karar verici tarafından çeşitli kriterler altında değerlendirildiği en iyi yatırım projesinin seçimi problemini ele almışlardır.

Ghaemi Nasab ve Rostami Malkhalifeh (2010), ÇKKV problemlerini çözmek için Aralık Tip-2 bulanık kümelere dayalı bulanık TOPSIS yöntemini önermişlerdir. Önerdikleri yöntemin diğer yöntemlere göre daha az hesaplama yaparak doğru sonuçlara ulaştığını tespit etmişlerdir.

Chen ve Lee (2010a), Aralık Tip-2 bulanık kümelere dayalı ÇKKV problemlerini çözmek için Aralık Tip-2 bulanık TOPSIS yöntemini önermişlerdir. Uygulamada, bir sistem analiz mühendisinin işe alımı sürecinin değerlendirilmesi problemini incelemişlerdir. Önerilen yöntemin bulanık ÇKKV problemlerini çözmede, Tip-1 bulanık TOPSIS yöntemine göre daha esnek ve kullanışlı olduğu sonucuna varmışlardır.

Kahraman ve Sarı (2012), çevresel risk değerlendirme için Aralık Tip-2 bulanık TOPSIS yöntemini kullanmışlardır. Tehlikeli atık yönetiminin iyileştirilmesi ile ilgili çok kriterli sayısal bir örnek sunmuşlardır.

Temur ve ark. (2014), Tip-2 bulanık TOPSIS yöntemini kullanarak en uygun lojistik tesis yerinin seçimi için çok kriterli bir yaklaşım önermişlerdir. Önerilen yöntemi kullanarak e-atık geri dönüşüm sektöründen bir çalışma yürütülmüşlerdir.

Zamri ve Abdullah (2013), Aralık Tip-2 bulanık kümelere dayalı TOPSIS yaklaşımının sıralama aşaması için yeni bir nitel değerlendirme önermişlerdir. Bu yöntem Tip-2 bulanık karar vermeye yeni bir boyut kazandırmıştır.

Erdoğan ve Kaya (2014), İstanbul'daki özel üniversitelerin sıralaması için Tip-2 bulanık kümelere dayalı TOPSIS yöntemini kullanmışlardır.

Otheman ve Abdullah (2014), Aralık Tip-2 bulanık kümelere dayalı TOPSIS yaklaşımının pozitif ve negatif ideal çözümlerini hesaplamak için kosinüs benzerlik ölçüsünü kullanmışlardır. Önerdikleri yaklaşımı bir tedarikçi seçim problemine uygulamışlardır.

Çebi ve Otay (2015), Aralık Tip-2 bulanık TOPSIS yöntemini kullanarak bir çimento fabrikasının çok kriterli ve çok aşamalı tesis yeri seçimi problemi için kapsamlı ve sistematik bir yaklaşım önermişlerdir. Önerilen bu yaklaşım, Buckley'in bütünleşik bulanık AHP / VIKOR yaklaşımı, Zeng'in bütünleşik bulanık AHP/ VIKOR yaklaşımı ve bulanık TOPSIS yaklaşımı ile karşılaştırılmıştır.

Chen (2015a), ÇKKV problemleri için olabilirliğe dayalı karşılaştırma yaklaşımını kullanarak Aralık Tip-2 bulanık TOPSIS yöntemini geliştirmiştir. Bu yöntemi depolama alanı seçimi, tedarikçi seçimi ve araba seçimi olmak üzere üç çeşit probleme uygulamıştır. Yöntemin geçerliliğini test etmek için önerilen yöntem diğer mevcut Aralık Tip-2 bulanık ÇKKV yöntemleri ile karşılaştırmıştır.

Yazici ve Kahraman (2015), bulanık sıralama yöntemini içeren Aralık Tip-2 bulanık VIKOR yöntemini geliştirmişlerdir. Önerilen yöntemin etkinliğini ve uygulanabilirliğini göstermek için deneysel bir çalışma sunmuşlardır. Yedi çeşit kriter ağırlığı kümesi ve Spearman korelasyon katsayısı ile önerilen yöntemin güvenilirliğini test etmişlerdir.

Qin ve ark. (2015), olasılık teorisine dayalı Aralık Tip-2 bulanık VIKOR yöntemini önermişler ve yeni bir uzaklık ölçeği geliştirmişlerdir. Önerilen yöntem, ileri teknoloji risk değerlendirmesine uygulanmıştır.

Chen (2014b), alternatiflerin kısmen sıralanması için Aralık Tip-2 bulanık PROMETHEE I ve alternatiflerin tamamen sıralanması için Aralık Tip-2 bulanık PROMETHEE II yöntemlerini geliştirmiştir. Bu yöntemlerin geçerliliğini bir depolama alanı seçimi problemi ile test etmiştir.

Chen (2015b), ÇKKV problemleri için olabilirliğe dayalı Aralık Tip-2 bulanık PROMETHEE yöntemini geliştirmiştir. Ayrıca, Aralık Tip-2 bulanık kümelerin olabilirliklerini belirlemek için en düşük ve en yüksek olabilirlik kavramlarını tanıtmıştır. Önerilen yöntem depolama alanı seçimi ve araba değerlendirme problemlerine uygulanmış ve mevcut diğer yöntemlerle karşılaştırılmıştır.

Chen ve ark. (2013), Aralık Tip-2 bulanık kümelere dayalı ÇKKV problemlerini çözmek için QUALIFLEX yöntemini geliştirmişlerdir. Bu yöntemin uygulanabilirliğini göstermek için bir medikal karar verme problemini ele almışlardır.

Wang ve ark. (2014), ÇKKV problemlerinin çözümü için olabilirliğe dayalı Aralık Tip-2 bulanık kümelerle dayalı QUALIFLEX yöntemini geliştirmişlerdir. Bu yöntemi kullanarak tedavi seçeneklerinin seçimi ile ilgili medikal karar verme problemini çözmüşlerdir.

Chen (2015c), Aralık Tip-2 bulanık kümelere dayalı ÇKKV için bir lineer programlama yaklaşımı önermiştir. Önerilen yöntem, klasik LINMAP yöntemlerinin aksine tüm alternatiflerden yaklaşık ideal çözümler üretmektedir. Çalışmada, alternatiflerden ve uygun ideal çözümlerden bir değerlendirme sıralaması elde etmek için Minkowski uzaklığını kullanmışlardır. Önerilen yaklaşım, yaşlı insanların cep telefonu seçimi ile ilgili ÇKKV problemine uygulanmıştır.

Chen (2014a), Aralık Tip-2 bulanık kümelere dayalı ELECTRE yöntemini geliştirmiştir. Algoritmanın son aşamasında, alternatiflerin sıralanması için medyan sıralaması yaklaşımını önermiş ve tedarikçi seçim problemine uygulamıştır.

Qin ve Liu (2015), Aralık Tip-2 bulanık kümeleri sıralamak için aritmetik, geometrik ve harmonik ortalama işlemlerine dayalı üç çeşit sıralama yöntemi önermişlerdir. ÇKKV problemlerini çözmek için bu yöntemleri birleştirerek yeni bir yöntem önermişlerdir. Aralık Tip-2 bulanık kümelerin belirsizliğini ölçmek için trigonemetrik sinüs fonksiyonu ile yeni Aralık Tip-2 bulanık ENTROPI yöntemini geliştirmişlerdir.

3. BULANIK KÜMELER ve TİP-2 BULANIK KÜMELER

Bu bölümde bulanık mantık, bulanık kümeler, Tip-2 bulanık kümeler, Aralık Tip-2 bulanık kümeler ve Aralık Tip-2 bulanık kümelerde sıralama yöntemleri ayrıntılı olarak incelenmiştir.

3.1. Bulanık Mantık

Günlük yaşantıda, birçok durumun kesin tanımını yapmak mümkün değildir. Bunun sebebi insan düşüncesindeki belirsizliklerdir. Bu belirsizliklerle başa çıkabilmek için "Bulanıklık" kavramı ilk olarak Amerikalı filozof Black (1937) tarafından ortaya atılmıştır. Bundan 30 yıl kadar sonra 1962 yılında Prof. Lotfi A. Zadeh tarafından ele alınmıştır (Türkşen, 1985; Yapıcı Pehlivan, 2005).

Zadeh (1965), "Bulanık Kümeler" adlı çalışmasında insan düşüncesinin büyük çoğunluğunun bulanık olduğu, kesin olmadığını belirterek, 0 ve 1 ile temsil edilen ikili klasik mantığın bu düşünce işlemini yeterli bir şekilde ifade edemediğini savunmuştur. İnsan mantığı, açık, kapalı, sıcak, soğuk, 0 ve 1 gibi değişkenlerden oluşan kesin ifadelerin yanı sıra, "az açık", "az kapalı", "serin", "ılık" gibi ara değerleri de göz önüne almaktadır. Klasik mantığın aksine bulanık mantık iki seviyeli değil, çok seviyeli işlemleri kullanmaktadır (Zadeh, 1965; Şanlı, 2005).

Klasik mantığın birçok alanda yetersiz kalması ve insan düşüncesinin işleyişine uygun olmaması sonucu olarak, bulanık mantık kavramı popüler hale gelmiştir. Klasik mantıkla bulanık mantık arasındaki temel fark, doğruluk derecesindeki değişimlerdir. Klasik mantıkta tüm gerçekler *doğru* ya da *yanlış* olmak zorundayken, bulanık mantıkta doğruluk veya yanlışlığın bir derecesi vardır. Doğruluk ve yanlışlık sırasıyla 1 ve 0 ile ifade edilirse, doğruluk derecesi [0,1] aralığında bir sayı ile ifade edilebilir (Klir ve Yuan, 1995).

Bulanık mantık insan düşüncesindeki belirsizlikleri modelleme yöntemidir. Bu belirsizlikler, belirsizlik altında karar veren veya yaklaşık cevaplar veren insan mantığının sonucu olarak ortaya çıkmıştır. Bulanık mantıkta tüm gerçekler kısmi ya da yaklaşıktır (Ross, 2009).

Bulanık mantığın genel özellikleri Zadeh (1965) tarafından şu şekilde ifade edilmiştir:

- Bulanık mantıkta, kesin değerlere dayanan düşünme yerine, yaklaşık düşünme kullanılır.

- Bulanık mantıkta her şey [0,1] aralığında belirli bir derece ile gösterilir.

- Bulanık mantıkta bilgi büyük, küçük, çok, az gibi dilsel ifadeler şeklindedir.

- Bulanık çıkarım işlemi dilsel ifadeler arasında tanımlananan kurallar ile yapılır.

- Her mantıksal sistem bulanık olarak ifade edilebilir.

- Bulanık mantık matematiksel modeli çok zor elde edilen sistemler için çok uygundur (Elmas, 2003).

3.2. Bulanık Kümeler ve Temel Kavramlar

Bulanık küme teorisinin amacı belirsizlik ifade eden, tanımlanması güç veya anlaması zor olan kavramlara üyelik derecesi atayarak onları belirli duruma getirmektir (Türkşen, 1985). Bulanık kümelerde kesin sınırlar yoktur. Bunun yerine, kümeye ait olma durumundan ait olmama durumuna göre kademeli bir geçiş söz konusudur ve bu geçiş üyelik fonksiyonları ile nitelendirilmiştir (Klir ve Yuan, 1995). Bulanık küme, her nesneyi 0 ile 1 arasında değişen üyelik derecesine sahip üyelik fonksiyonu ile nitelendirmektedir (Zadeh, 1965).

Bulanık küme teorisi, yöneylem araştırması, yönetim bilimi, kontrol teorisi, yapay zeka/uzman sistemi, insan davranışı gibi birçok alanda uygulanmaktadır (Lai ve Hwang, 1992).

Bulanık küme teorisinin temeli klasik küme teorisine dayanmaktadır. X, elemanları x ile gösterilen evrensel bir küme ve $A \subseteq X$ olmak üzere A klasik kümesinin karakteristik fonksiyonu,

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1, & x \in A \\ 0, & x \notin A \end{cases} \tag{3.1}$$

biçiminde ifade edilir. Burada, karakteristik fonksiyonun değer kümesi $\{0,1\}$'dir. $\mu_A(x)=1$ ise "*x*, *A* kümesinin elemanıdır.", $\mu_A(x)=0$ ise "*x*, *A* kümesinin elemanı değildir." biçiminde ifade edilir.

Eğer değer kümesi $[0,1]$ aralığında ise *A*, "bulanık küme" olarak adlandırılır ve $\tilde{A}$ ile gösterilir. Zadeh (1965) tarafından önerilen $\tilde{A}$ kümesi, sıralı çiftlerin bir kümesi olarak

$$\tilde{A} = \{(x, \mu_{\tilde{A}}(x)) \,|\, x \in X\} \tag{3.2}$$

biçiminde ifade edilir. Burada, $\mu_{\tilde{A}}(x)$, $\tilde{A}$ kümesinin üyelik fonksiyonudur ve $[0,1]$ aralığında değer alır.

Zadeh (1965), Eşitlik (3.2)'yi genişleterek bulanık kümeleri şu şekilde ifade etmiştir:

$X = \{x_1, x_2, ..., x_n\}$ sonlu bir küme olmak üzere bulanık kümeler

$$\tilde{A} = \sum_{i=1}^{n} \mu_{\tilde{A}}(x_i)/x_i \tag{3.3}$$

biçiminde tanımlanır. Burada; $\sum$ işareti ortak üyelik fonksiyonu $\mu_{\tilde{A}}(x)$'e sahip tüm $x \in X$ noktalarını tanımlar. *X* sonsuz ve sürekli küme olmak üzere bulanık kümeler

$$\tilde{A} = \int_x \mu_{\tilde{A}}(x)/x \tag{3.4}$$

biçiminde tanımlanır. Burada, $\int$ işareti ortak üyelik fonksiyonu $\mu_{\tilde{A}}(x)$'e sahip tüm $x \in X$ noktalarnıı tanımlar (Lai ve Hwang, 1992).

Bulanık kümeler ile ilgili temel tanımlar ve kavramlar aşağıda verilmiştir.

Tanım 3.1. Destek : $\tilde{A}$ bulanık kümesinin destek kümesi, üyeliği 0'dan büyük olan elemanların oluşturduğu klasik bir kümedir ve matematiksel olarak

$$S(\tilde{A}) = \left\{x \in X \,|\, \mu_{\tilde{A}}(x) > 0\right\} \tag{3.5}$$

biçiminde gösterilir (Zimmermann, 2001).

Tanım 3.2. α **-seviye kümesi:** $\tilde{A}$ bulanık kümesinin α seviye kümesi, elemanları $\tilde{A}$ bulanık kümesine ait olup üyelikleri en az α olan elemanlardan oluşur ve matematiksel ifadesi aşağıdaki gibidir (Zimmermann, 2001).

$$A_\alpha = \left\{ x \in X \,|\, \mu_{\tilde{A}}(x) \geq \alpha \right\} \tag{3.6}$$

Tanım 3.3. Konvekslik: $\tilde{A}$ bulanık kümesi

$$\mu_{\tilde{A}}(\lambda x_1 + (1-\lambda)x_2) \geq \min\{\mu_{\tilde{A}}(x_1), \mu_{\tilde{A}}(x_2)\}, \qquad x_1, x_2 \in X, \lambda \in [0,1] \tag{3.7}$$

eşitliğini sağlıyorsa konvekstir. Ayrıca, eğer bir bulanık sayının tüm α -seviye kümeleri konveks ise, bulanık küme de konvekstir (Zimmermann, 2001).

Tanım 3.4. Normallik: Bir $\tilde{A}$ bulanık kümesi ancak ve ancak

$$\max_{x \in X} \mu_{\tilde{A}}(x) = 1 \tag{3.8}$$

eşitliği sağlandığında normaldir (Lai ve Hwang, 1992).

Tanım 3.5. Bulanık kümelerde eşitlik: $\tilde{A}$ ve $\tilde{B}$ iki bulanık küme olmak üzere, $\tilde{A}$ ve $\tilde{B}$ bulanık kümelerinin eşit ($\tilde{A} = \tilde{B}$) olabilmesi için

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \mu_{\tilde{B}}(x), \quad \forall x \in X \tag{3.9}$$

eşitliğinin sağlanması gerekir (Lai ve Hwang, 1992).

Tanım 3.6. Bulanık kümelerde kesişim: $\tilde{A}$ ve $\tilde{B}$ iki bulanık küme olmak üzere, $\tilde{A}$ ve $\tilde{B}$ kümelerinin kesişimi olan $\tilde{C}$ bulanık kümesi $\tilde{C} = \tilde{A} \cap \tilde{B}$ şeklinde gösterilir ve

$$\mu_{\tilde{C}}(x) = \mu_{\tilde{A}}(x) \wedge \mu_{\tilde{B}}(x) = \min(\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x)), \ \forall x \in X \tag{3.10}$$

olarak ifade edilir (Zadeh, 1965; Lai ve Hwang, 1992).

Tanım 3.7. Bulanık kümelerde birleşim: $\tilde{A}$ ve $\tilde{B}$ iki bulanık küme olmak üzere, $\tilde{A}$ ve $\tilde{B}$ kümelerinin birleşimi olan $\tilde{C}$ bulanık kümesi $\tilde{C} = \tilde{A} \cup \tilde{B}$ şeklinde gösterilir ve

$$\mu_{\tilde{C}}(X) = \mu_{\tilde{A}}(x) \vee \mu_{\tilde{B}}(x) = \max(\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x)), \ \forall x \in X \tag{3.11}$$

olarak gösterilir (Zadeh, 1965; Lai ve Hwang, 1992).

Tanım 3.8. Bulanık kümelerde tümleyen: $\tilde{A}$ bir bulanık küme olmak üzere $\tilde{A}$ bulanık kümesinin tümleyeni $\tilde{A}^c$ ile gösterilir ve

$$\mu_{\tilde{A}^c}(x) = 1 - \mu_{\tilde{A}}(x), \ \forall x \in X \tag{3.12}$$

olarak tanımlanır (Lai ve Hwang, 1992).

Tanım 3.9. Genişletme ilkesi (Extension Principle): U evrensel kümesinden V evrensel kümesine bir fonksiyon $f : U \to V$ olsun. U'daki $\tilde{A}$ bulanık kümesi verildiğinde ve f fonksiyonu ile V'deki $\tilde{B} = f(\tilde{A})$ bulanık kümesini belirlemek için,

$$\mu_{\tilde{B}}(y) = \mu_{\tilde{A}}[f^{-1}(y)], \ y \in V \tag{3.13}$$

eşitliği tanımlanır. Burada; $f^{-1}(y)$, f'nin tersidir, yani $f(f^{-1}(y)) = y$'dir. Daha genel olarak, $\tilde{B}$ için üyelik fonksiyonu

$$\mu_{\tilde{B}}(y) = \max_{x \in f^{-1}(y)} \mu_{\tilde{A}}(x), \ y \in V \tag{3.14}$$

biçiminde verilir. Burada $f^{-1}(y)$, $x \in U$ için $f(x) = y$ olan tüm noktaların kümesidir. Eşitlik (3.14), genişletme ilkesi olarak tanımlanır (Wang, 1997).

3.2.1. Bulanık sayılar ve aritmetik işlemleri

Bulanık sayılar "yaklaşık 5", "7 civarında" gibi kesin olmayan sayısal büyüklüklerin ifade edilmesinde kullanılmaktadır. $\tilde{A}$ bir bulanık küme ve $x \in \tilde{A}$ olmak üzere

i) $\tilde{A}$ bulanık kümesi normal,

ii) $\tilde{A}_{\alpha} = (0,1]$,

iii) $\tilde{A}$ 'nın destek kümesi sınırlı

koşullarını sağlıyor ise "bulanık sayı" olarak adlandırılır (Klir ve Yuan, 1995).

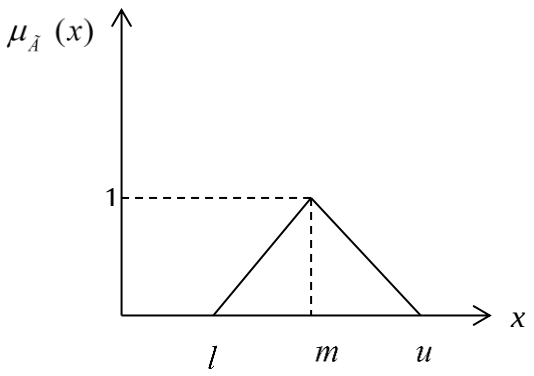
$\tilde{A}$ bulanık sayısının pozitif (negatif) olarak adlandırılabilmesi için $\mu_{\tilde{A}}(x) = 0$, $\forall x < 0$ ($\mu_{\tilde{A}}(x) = 0$, $\forall x > 0$) olmalıdır (Zimmermann, 2001).

Literatürde çeşitli üyelik fonksiyonları ile ifade edilebilen bulanık sayılar mevcuttur. Bunlardan en yaygın olarak kullanılanlar üçgensel ve yamuksal bulanık sayılardır.

Tanım 3.10: Üçgensel bulanık sayılar: $\tilde{A}$ bulanık bir sayı ve $x \in \tilde{A}$ olmak üzere, $\mu_{\tilde{A}}(x)$ ile gösterilen *x*'in üyelik fonksiyonu

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} \dfrac{x-l}{m-l}, & l \le x \le m \\ \dfrac{u-x}{u-m}, & m \le x \le u \\ 0, & dy \end{cases} \tag{3.15}$$

ise $\tilde{A}$ "üçgensel bulanık sayı" olarak adlandırılır ve $\tilde{A} = (l, m, u)$ biçiminde ifade edilir. Burada; *l*, *m* ve *u* sırasıyla bulanık sayının alt sınırını, orta değerini ve üst sınırını göstermektedir (Şekil 3.1) (Tzeng ve Huang, 2013).

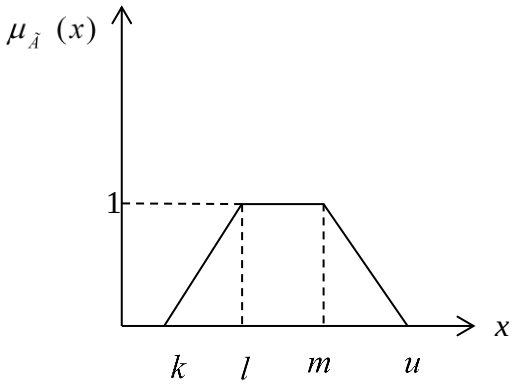


Şekil 3.1. Üçgensel bulanık sayı gösterimi

Tanım 3.11. Yamuksal bulanık sayılar: $\tilde{A}$ bulanık bir sayı ve $x \in \tilde{A}$ olmak üzere, $\mu_{\tilde{A}}(x)$ ile gösterilen *x*'in üyelik fonksiyonu,

$$\mu_A(x) = \begin{cases} \dfrac{x-k}{l-k}, & k \le x \le l \\ 1, & l \le x \le m \\ \dfrac{u-x}{u-m}, & m \le x \le u \\ 0, & dy \end{cases} \tag{3.16}$$

ise $\tilde{A}$ "yamuksal bulanık sayı" olarak adlandırılır ve $\tilde{A} = (k, l, m, u)$ biçiminde ifade edilir. Burada; *k* ve *u* sırasıyla bulanık sayının alt ve üst sınırını, *l* ve *m* ise bulanık sayının merkezini göstermektedir (Şekil 3.2) (Lai ve Hwang, 1992).



Şekil 3.2. Yamuksal bulanık sayı gösterimi

Bulanık sayılarda aritmetik işlemler, α -seviye kümeleri ve genişletme prensibi olmak üzere iki farklı şekilde gerçekleştirilmektedir (Klir ve Yuan, 1995).

I) α -seviye kümelere dayalı aritmetik işlemler: Her bir bulanık sayının α -seviye kümeleri kapalı aralıklar biçiminde ifade edilebilir. Bu nedenle, α -seviye kümeleri ile işlem yapmak kapalı aralıklar üzerinden işlem yapmaya denktir.

$\tilde{A}$ ve $\tilde{B}$ iki bulanık sayı olmak üzere, $\tilde{A}$ ve $\tilde{B}$'nin α -seviye kümeleri

$$\tilde{A}_\alpha = \left[a_\alpha^L, a_\alpha^U \right] \tag{3.17}$$

$$\tilde{B}_\alpha = \left[b_\alpha^L, b_\alpha^U \right] \tag{3.18}$$

olarak gösterilir. Burada; $a_\alpha^L, a_\alpha^U, b_\alpha^L$ ve $b_\alpha^U \in R$ 'dir.

Toplama işlemi:

$$A_\alpha \oplus B_\alpha = \left[a_\alpha^L + b_\alpha^L, a_\alpha^U + b_\alpha^U \right] \tag{3.19}$$

Çıkarma işlemi:

$$A_\alpha (-) B_\alpha = \left[a_\alpha^L - b_\alpha^U, a_\alpha^U - b_\alpha^L \right] \tag{3.20}$$

Çarpma işlemi:

$$A_\alpha \otimes B_\alpha = \left[\min(a_\alpha^L.b_\alpha^L, a_\alpha^L.b_\alpha^U, a_\alpha^U.b_\alpha^L, a_\alpha^U.b_\alpha^L), \max(a_\alpha^L.b_\alpha^L, a_\alpha^L.b_\alpha^U, a_\alpha^U.b_\alpha^L, a_\alpha^U.b_\alpha^L) \right] \tag{3.21}$$

Bölme işlemi:

$$A_\alpha (:) B_\alpha = \left[\min(a_\alpha^L / b_\alpha^L, a_\alpha^L / b_\alpha^U, a_\alpha^U / b_\alpha^L, a_\alpha^U / b_\alpha^L), \max(a_\alpha^L / b_\alpha^L, a_\alpha^L / b_\alpha^U, a_\alpha^U / b_\alpha^L, a_\alpha^U / b_\alpha^L) \right] \tag{3.22}$$

II) Genişletme prensibine dayalı aritmetik işlemler: Genişletme prensibine dayalı aritmetik işlemler üyelik fonksiyonları ile gerçekleştirilmektedir.

Toplama işlemi:

$$\mu_{\tilde{C}=\tilde{A}\oplus\tilde{B}}(c) = \max_{c=a+b} \{\min[\mu_{\tilde{A}}(a), \mu_{\tilde{B}}(b)]\} \tag{3.23}$$

Çıkarma işlemi:

$$\mu_{\tilde{C}=\tilde{A}(-)\tilde{B}}(c) = \max_{c=a-b} \{\min[\mu_{\tilde{A}}(a), \mu_{\tilde{B}}(b)]\} \tag{3.24}$$

Çarpma işlemi:

$$\mu_{\tilde{C}=\tilde{A}\otimes\tilde{B}}(c) = \max_{c=ab} \{\min[\mu_{\tilde{A}}(a), \mu_{\tilde{B}}(b)]\} \tag{3.25}$$

Bölme işlemi:

$$\mu_{\tilde{C}=\tilde{A}(:)\tilde{B}}(c) = \max_{a/b\leq c} \{\min[\mu_{\tilde{A}}(a), \mu_{\tilde{B}}(b)]\} \tag{3.26}$$

3.3. Tip-2 Bulanık Kümeler ve Aralık Tip-2 Bulanık Kümeler

Tip-2 bulanık küme kavramı, Zadeh (1975) tarafından bulanık küme teorisinin genişletilmesiyle önerilmiştir. Üyelik fonksiyonları klasik kümeler olan bulanık kümeler, sayısal değerlerin dilsel tanımlarında ortaya çıkan çoğu belirsizliğin üstesinden gelmede yeterli değildir. Karnik ve Mendel (1998) bulanık mantık sistemleri için serbestlik derecelerinin sayılarını arttırmayı önermişler ve bulanık kümelere en az bir yüksek derece ekleyerek tamamen belirli üyelik fonksiyonları için bir saçılım ölçüsü sağlayabileceklerini düşünmüşlerdir. Böylece bulanık kümelerin bir yüksek dereceden genişletilmesiyle Tip-2 bulanık kümeler ortaya çıkmıştır (Celikyilmaz ve Turksen, 2009).

Tip-1 bulanık kümeler olarak da adlandırılan bulanık kümeler, kesin değerli üyelik derecelerine sahip iken, Tip-2 bulanık kümeler bulanık değerli üyelik derecelerine sahiptir. Tip-2 bulanık kümenin temel üyelik derecesi [0,1] aralığının herhangi bir alt kümesidir ve her temel üyelik derecesi için temel üyeliklerin olasılıklarını tanımlayan [0,1] aralığında ikincil bir üyelik vardır. Tip-1 bulanık küme, ikincil üyelik fonksiyonunda yalnızca 1 elemanı bulunan Aralık Tip-2 bulanık kümelerin özel halidir (Liang ve Mendel, 2000).

Tip-2 bulanık kümeler dilsel belirsizliklerin üstesinden gelmeyi sağlar. "Kelimeler insanlar için farklı anlamlar taşıyabilir" atasözünde olduğu gibi, bu farklı anlamlar dilsel belirsizliklere neden olabilir. Yüksek dereceden Tip-2 bulanık bir ifade, anlatımın bulanıklığını arttırmanın bir yolu olarak görülebilir. Hisdal (1981)'a göre mantıksal olarak doğru olan eksik bir bilgi ile başa çıkmanın yolu tanımlamadaki bulanıklığı arttırmaktır. John (1998)'a göre Tip-2 bulanık kümeler üyeliklerin dilsel derecelendirmelerine izin vererek bilginin yansıtılmasına yardımcı olur ve Tip-1 bulanık kümelerle çıkarım yapmada gelişme sağlar (Karnik ve ark., 1999).

Tip-2 bulanık kümeler üyelik fonksiyonlarına göre

i) Tip-2 bulanık kümeler

ii) Aralık Tip-2 bulanık kümeler

olmak üzere iki farklı biçimde tanımlanır (Celikyilmaz ve Turksen, 2009).

i) Tip-2 Bulanık Kümeler: $\tilde{\tilde{A}}$ ile gösterilen bir Tip-2 bulanık kümesi, $x \in X$, $u \in J_x \subseteq [0,1]$ olmak üzere Tip-2 üyelik fonksiyonu $\mu_{\tilde{\tilde{A}}}(x,u)$ ile tanımlanır ve

$$\tilde{\tilde{A}} = \{((x,u), \mu_{\tilde{\tilde{A}}}(x,u)), \forall x \in X, \forall u \in J_x \subseteq [0,1]\} \quad (3.27)$$

olarak ifade edilir. Burada, $0 \le \mu_{\tilde{\tilde{A}}}(x,u) \le 1$, J_x temel üyelik fonksiyonunu ve u temel üyelik değerlerini göstermektedir.

Tip-2 bulanık kümeler,

$$\tilde{\tilde{A}} = \int_{x \in X} \int_{u \in J_x} \mu_{\tilde{\tilde{A}}}(x,u)/(x,u) = \int_{x \in X} \int_{u \in J_x} f_x(u)/(x,u) \quad (3.28)$$

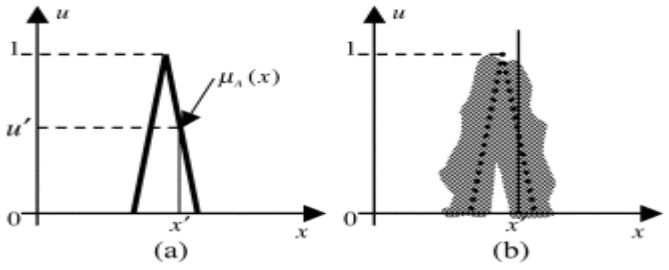
biçiminde de gösterilebilir. Eşitlik (3.28)'de $\int\int$ tüm kabul edilebilir x ve u değerlerinin birleşimini, $f_x(u)$, ikincil üyelik fonksiyonunu göstermektedir.

X kesikli bir küme ise Tip-2 bulanık kümeler

$$\tilde{\tilde{A}} = \sum_{x \in X} \sum_{u \in J_x} \mu_{\tilde{\tilde{A}}}(x,u)/(x,u) = \sum_{x \in X} \sum_{u \in J_x} f_x(u)/(x,u) \quad (3.29)$$

biçiminde ifade edilebilir (Celikyilmaz ve Turksen, 2009).

Tip-2 bulanık üyelik fonksiyonlarını elde etmek için Şekil 3.3 (a)'da gösterilen Tip-1 bulanık üyelik fonksiyonlarının sınırları Şekil 3.3 (b)'deki gibi bir çeşit yayma işlemi ile genişletilir. Şekil 3.3 (b)'den görüldüğü gibi belirli bir $x = x'$ değeri için tek bir üyelik değeri yoktur. Burada, üyelik değeri dikey çizgi ile bulanıklığın kesiştiği noktalardaki değerleri alır. Bu değerlerin ağırlıkları farklı olabileceği için, bu noktaların tümü için geniş bir dağılım atanır. Tüm $x \in X$ değerleri için bu işlem yapılarak Tip-2 bulanık kümeleri karakterize eden üç boyutlu üyelik fonksiyonu üretilir (Şekil 3.4).

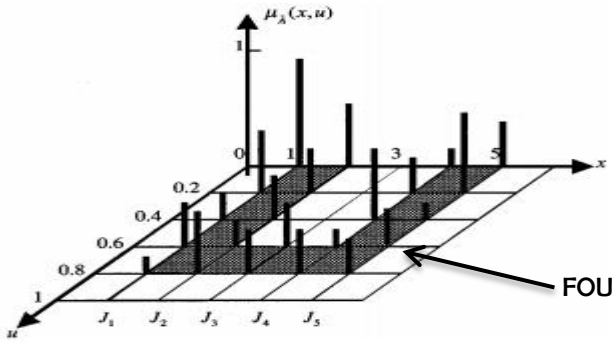


Şekil 3.3. (a) Tip-1 bulanık kümeler için üyelik fonksiyonu
(b) Bulanıklaştırılmış Tip-1 üyelik fonksiyonu (Mendel ve ark., 2006).

Tip-2 bulanık kümeleri elde etmek için yapılan yayma işlemi ile elde edilen alana "belirsizliğin ayak izi (FOU)" adı verilmektedir. FOU, tüm birincil üyelikler (J_x)'in birleşimi olarak

$$\mathrm{FOU}(\tilde{A}) = \bigcup_{x \in X} J_x \tag{3.30}$$

eşitliği ile ifade edilmektedir. Şekil 3.4'te taralı alan, belirsizliğin ayak izini göstermektedir.



Şekil 3.4. Tip-2 bulanık kümeler için üyelik fonksiyonu örneği (Mendel ve John, 2002)

İkincil üyelik fonksiyonu, $\mu_{\tilde{A}}(x,u)$'nın dikey parçasıdır ve Tip-2 bulanık kümeler ikincil üyelik fonksiyonlarının birleşimi olarak yazılabilir ve

$$\mu_{\tilde{A}}(x,u) = \int_{u \in J_x} f_x(u)/u \tag{3.31}$$

biçiminde ifade edilebilir.

X kesikli ise,

$$\mu_{\tilde{A}}(x,u) = \sum_{u \in J_x} f_x(u)/u \tag{3.32}$$

şeklinde ifade edilir. Tip-2 üyelik fonksiyonları, ikincil üyelik fonksiyonları kullanılarak

$$\mu_{\tilde{A}}(x): X \to f_x(u)/u, u \in J_x, J_x \subseteq [0,1] \tag{3.33}$$

biçiminde de tanımlanabilir (Celikyilmaz ve Turksen, 2009).

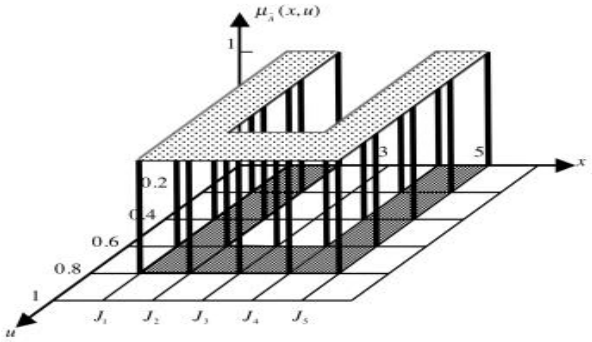
ii) Aralık Tip-2 bulanık kümeler: Aralık Tip-2 bulanık kümeler ikincil üyelik değeri "1" olan Tip-2 bulanık kümelerin bir türüdür. Aralık Tip-2 bulanık kümelerin üyelik fonksiyonu,

$$\mu_{\tilde{A}}(x): X \to 1/u,\ u \in J_x,\ J_x \subset [0,1] \tag{3.34}$$

biçiminde ve ikincil üyelik fonksiyonu ise

$$f_x(u) = 1, \forall x \in X,\ u \in J_x,\ J_x \subset [0,1] \tag{3.35}$$

biçiminde tanımlanır. Şekil 3.5'de Aralık Tip-2 fonksiyonu örneği gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Aralık Tip-2 bulanık kümeler için üyelik fonksiyonu örneği (Mendel ve ark.,2006).

Herhangi bir *x* için birden fazla üyelik fonksiyonu olabilir. Sınır değerlerini oluşturan üyelik fonksiyonları, alt üyelik fonksiyonu (LMF) ve üst üyelik fonksiyonu (UMF) olarak adlandırılır ve

$$\mu_{\tilde{A}}^{L}(x) = \min_{u \in J_x}(u),\ \forall x \in X \tag{3.36}$$

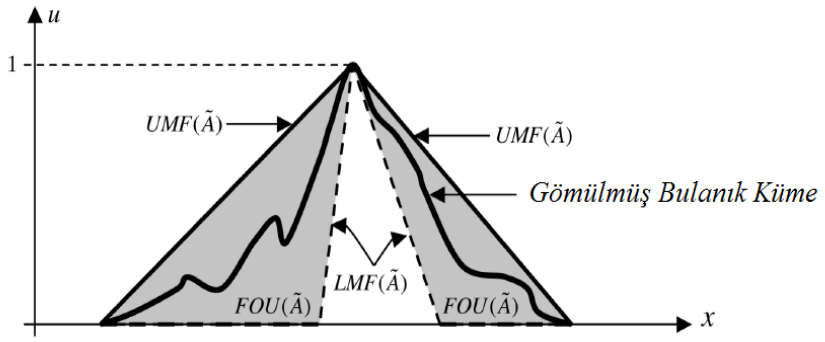
$$\mu_{\tilde{A}}^{U}(x) = \max_{u \in J_x}(u),\ \forall x \in X \tag{3.37}$$

eşitlikleri ile ifade edilir. Şekil 3.6'da görüldüğü gibi, $\mu_{\tilde{A}}^{L}(x)$ alt üyelik fonksiyonunu (LMF), $\mu_{\tilde{A}}^{U}(x)$ üst üyelik fonksiyonunu (UMF) göstermektedir.

Sonuç olarak, Aralık Tip-2 bulanık kümeler

$$\mu_{\tilde{\tilde{A}}}(x): X \to 1/u,\ u \in [\mu^L_{\tilde{\tilde{A}}}(x), \mu^U_{\tilde{\tilde{A}}}(x)] \tag{3.38}$$

olarak ifade edilebilir.



Şekil 3.6. FOU, LMF, UMF ve Aralık Tip-2 bulanık kümeler için gömülmüş bulanık küme (Mendel ve ark., 2006).

Chen ve Lee (2010a), bulanık ÇKKV problemlerini çözümünde Aralık Tip-2 bulanık kümeleri kullanarak yeni bir yöntem önermiştir. Bu yönteme göre; Tip-2 bulanık kümeleri ifade etmek için, Aralık Tip-2 bulanık kümelerin referans noktaları ve en yüksek ve en düşük üyelik fonksiyonları kullanılmıştır. Yamuksal Aralık Tip-2 bulanık kümeler, Chen ve Lee (2010a) tarafından,

$$\tilde{\tilde{A}}_i = (\tilde{A}_i^U, \tilde{A}_i^L) = ((a_{i1}^U, a_{i2}^U, a_{i3}^U, a_{i4}^U; H_1(\tilde{A}_i^U), H_2(\tilde{A}_i^U)),\ (a_{i1}^L, a_{i2}^L, a_{i3}^L, a_{i4}^L; H_1(\tilde{A}_i^L), H_2(\tilde{A}_i^L)) \tag{3.39}$$

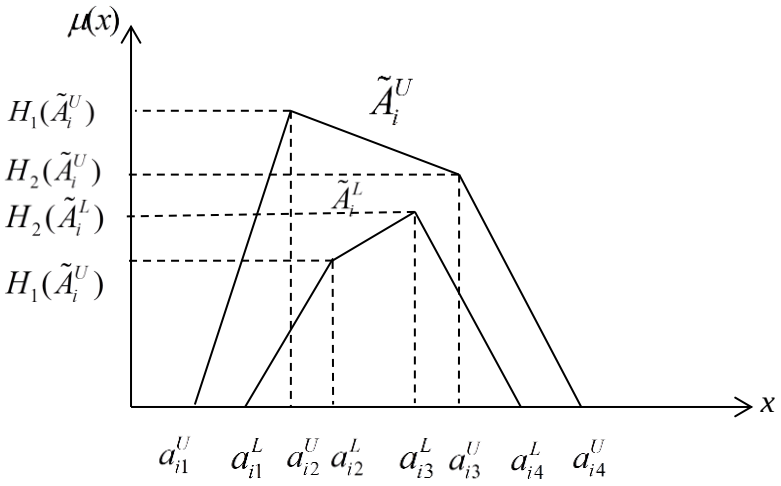
biçiminde gösterilmiştir. Şekil 3.7'de, $\tilde{A}_i^U$ ve $\tilde{A}_i^L$, Tip-1 bulanık kümeleri göstermektedir.

Eşitlik (3.39)'da;

$a_{i1}^U, a_{i2}^U, a_{i3}^U, a_{i4}^U, a_{i1}^L, a_{i2}^L, a_{i3}^L$ ve a_{i4}^L: Aralık Tip-2 bulanık küme olan $\tilde{\tilde{A}}_i$' nın referans noktalarını,

$H_j(\tilde{A}_i^U)$: Üst üyelik fonksiyonu ($\tilde{A}_i^U$)'ndaki $a_{i(j+1)}^L$ elemanının üyelik değerini,

$H_j(\tilde{A}_i^L)$: Alt üyelik fonksiyonu ($\tilde{A}_i^L$)'ndaki $a_{i(j+1)}^L$ elemanının üyelik değerini göstermektedir ve $H_1(\tilde{A}_i^U), H_2(\tilde{A}_i^U), H_1(\tilde{A}_i^L), H_2(\tilde{A}_i^L) \in [0,1]$'dir.



Şekil 3.7. Yamuksal Aralık Tip-2 bulanık küme (Chen ve Lee, 2010a).

3.4. Aralık Tip-2 Bulanık Kümelerde Aritmetik İşlemler

İki yamuksal Aralık Tip-2 bulanık küme,

$$\tilde{\tilde{A}}_1 = (\tilde{A}_1^U, \tilde{A}_1^L) = ((a_{i1}^U, a_{i2}^U, a_{i3}^U, a_{i4}^U; H_1(\tilde{A}_i^U), H_2(\tilde{A}_i^U)), (a_{i1}^L, a_{i2}^L, a_{i3}^L, a_{i4}^L; H_1(\tilde{A}_i^L), H_2(\tilde{A}_i^L)))$$

ve

$$\tilde{\tilde{A}}_2 = (\tilde{A}_2^U, \tilde{A}_2^L) = ((a_{21}^U, a_{22}^U, a_{23}^U, a_{24}^U; H_1(\tilde{A}_2^U), H_2(\tilde{A}_2^U)), (a_{21}^L, a_{22}^L, a_{23}^L, a_{24}^L; H_1(\tilde{A}_2^L), H_2(\tilde{A}_2^L)))$$

olmak üzere aritmetik işlemler aşağıdaki gibi tanımlanır (Chen ve Lee, 2010a):

Toplama İşlemi:

$$\begin{aligned}\tilde{\tilde{A}}_1 \oplus \tilde{\tilde{A}}_2 &= (\tilde{A}_1^U, \tilde{A}_1^L) \oplus (\tilde{A}_2^U, \tilde{A}_2^L) \\ &= ((a_{11}^U + a_{21}^U, a_{12}^U + a_{22}^U, a_{13}^U + a_{23}^U, a_{14}^U + a_{24}^U; \min(H_1(\tilde{A}_1^U), H_1(\tilde{A}_2^U)), \min(H_2(\tilde{A}_1^U), H_2(\tilde{A}_2^U))), \\ &\quad (a_{11}^L + a_{21}^L, a_{12}^L + a_{22}^L, a_{13}^L + a_{23}^L, a_{14}^U + a_{24}^L; \min(H_1(\tilde{A}_1^L), H_1(\tilde{A}_2^L)), \min(H_2(\tilde{A}_1^L), H_2(\tilde{A}_2^L))).\end{aligned} \tag{3.40}$$

Çıkarma İşlemi:

$$\begin{aligned}\tilde{\tilde{A}}_1 (-) \tilde{\tilde{A}}_2 &= (\tilde{A}_1^U, \tilde{A}_1^L)(-)(\tilde{A}_2^U, \tilde{A}_2^L) \\ &= ((a_{11}^U - a_{24}^U, a_{12}^U - a_{23}^U, a_{13}^U - a_{22}^U, a_{14}^U - a_{21}^U; \min(H_1(\tilde{A}_1^U), H_1(\tilde{A}_2^U)), \min(H_2(\tilde{A}_1^U), H_2(\tilde{A}_2^U))), \\ &\quad (a_{11}^L - a_{21}^L, a_{12}^L - a_{22}^L, a_{13}^L - a_{23}^L, a_{14}^L - a_{24}^L; \min(H_1(\tilde{A}_1^L), H_1(\tilde{A}_2^L)), \min(H_2(\tilde{A}_1^L), H_2(\tilde{A}_2^L))).\end{aligned} \tag{3.41}$$

Çarpma İşlemi:

$$\begin{aligned}\tilde{\tilde{A}}_1 \otimes \tilde{\tilde{A}}_2 &= (\tilde{A}_1^U, \tilde{A}_1^L) \otimes (\tilde{A}_2^U, \tilde{A}_2^L) \\ &= ((a_{11}^U a_{21}^U, a_{12}^U a_{22}^U, a_{13}^U a_{23}^U, a_{14}^U a_{24}^U; \min(H_1(\tilde{A}_1^U), H_1(\tilde{A}_2^U)),\ \min(H_2(\tilde{A}_1^U), H_2(\tilde{A}_2^U))), \\ &\quad (a_{11}^L a_{21}^L, a_{12}^L a_{22}^L, a_{13}^L a_{23}^L, a_{14}^U a_{24}^L; \min(H_1(\tilde{A}_1^L), H_1(\tilde{A}_2^L)), \min(H_2(\tilde{A}_1^L), H_2(\tilde{A}_2^L))).\end{aligned} \tag{3.42}$$

Bölme İşlemi:

$$\begin{aligned}\tilde{\tilde{A}}_1 (:) \tilde{\tilde{A}}_2 &= (\tilde{A}_1^U, \tilde{A}_1^L)(:)(\tilde{A}_2^U, \tilde{A}_2^L) \\ &= ((a_{11}^U / a_{24}^U, a_{12}^U / a_{23}^U, a_{13}^U / a_{22}^U, a_{14}^U / a_{21}^U; \min(H_1(\tilde{A}_1^U), H_1(\tilde{A}_2^U)),\ \min(H_2(\tilde{A}_1^U), H_2(\tilde{A}_2^U))), \\ &\quad (a_{11}^L / a_{21}^L, a_{12}^L / a_{22}^L, a_{13}^L / a_{23}^L, a_{14}^L / a_{24}^L; \min(H_1(\tilde{A}_1^L), H_1(\tilde{A}_2^L)), \min(H_2(\tilde{A}_1^L), H_2(\tilde{A}_2^L)))\end{aligned} \tag{3.43}$$

Reel Sayı ile Çarpma İşlemi:

$$k\,\tilde{\tilde{A}}_1 = ((ka_{11}^U, ka_{12}^U, ka_{13}^U, ka_{14}^U; H_1(\tilde{A}_1^U), H_2(\tilde{A}_1^U)), (ka_{11}^L, ka_{12}^L, ka_{13}^L, ka_{14}^L; H_1(\tilde{A}_1^L), H_2(\tilde{A}_1^L))) \tag{3.44}$$

Reel Sayı ile Bölme İşlemi:

$$\begin{aligned}\frac{\tilde{\tilde{A}}_1}{k} &= ((\frac{1}{k} a_{11}^U, \frac{1}{k}\ a_{12}^U, \frac{1}{k}\ a_{13}^U, \frac{1}{k} a_{14}^U; H_1(\tilde{A}_1^U), H_2(\tilde{A}_1^U)), \\ &\quad (\frac{1}{k} a_{11}^L, \frac{1}{k}\ a_{12}^L, \frac{1}{k} a_{13}^L, \frac{1}{k}\ a_{14}^L; H_1(\tilde{A}_1^L), H_2(\tilde{A}_1^L))), \quad k > 0 \text{ için}\end{aligned} \tag{3.45}$$

3.5. Aralık Tip-2 Bulanık Kümelerde Sıralama

Bu kesimde, Aralık Tip-2 bulanık kümelerin sıralamasında kullanılan Lee ve Chen (2008) ve Ghorabaee ve ark. (2014) tarafından önerilen yöntemler ayrıntılı biçimde verilecektir.

3.5.1. Lee ve Chen (2008) yöntemi

Lee ve Chen (2008), yamuksal Aralık Tip-2 bulanık kümelerinde sıralama değerleri kavramını ortaya koymuştur. Buna göre, Şekil 3.7'de gösterilen yamuksal Aralık Tip-2 bulanık kümesi için sıralama değeri olan Rank ($\tilde{\tilde{A}}_i$),

$$\begin{aligned}\text{Rank}(\tilde{\tilde{A}}_i) &= M_1(\tilde{A}_i^U) + M_1(\tilde{A}_i^L) + M_2(\tilde{A}_i^U) + M_2(\tilde{A}_i^L) + M_3(\tilde{A}_i^U) + M_1(\tilde{A}_i^L) \\ &\quad -\frac{1}{4}(S_1(\tilde{A}_i^U) + S_1(\tilde{A}_i^L) + S_2(\tilde{A}_i^U) + S_2(\tilde{A}_i^L) + S_3(\tilde{A}_i^U) + S_3(\tilde{A}_i^L) \\ &\quad + S_4(\tilde{A}_i^U) + S_4(\tilde{A}_i^L) + H_1(\tilde{A}_i^U) + H_1(\tilde{A}_i^L) + H_2(\tilde{A}_i^U) + H_2(\tilde{A}_i^L)\end{aligned} \tag{3.46}$$

eşitliğinden hesaplanır.

Eşitlik (3.46)'da; $H_p(\tilde{A}_i^j)$, $\tilde{A}_i^j$ yamuksal üyelik fonksiyonunda $a_{i(p+1)}^j$ elemanın üyelik değerini gösterir ve $M_p(\tilde{A}_i^j)$, $S_q(\tilde{A}_i^j), S_4(\tilde{A}_i^j)$ değerleri,

$$M_p(\tilde{A}_i^j) = (a_{ip}^j + a_{i(p+1)}^j)/2, \qquad 1 \le p \le 3 \tag{3.47}$$

$$S_q(\tilde{A}_i^j) = \sqrt{\frac{1}{4}\sum_{k=q}^{q+1}(a_{ik}^j - \frac{1}{2}\sum_{k=q}^{q+1}a_{ik}^j)^2}, \qquad 1 \le q \le 3 \tag{3.48}$$

$$S_4(\tilde{A}_i^j) = \sqrt{\frac{1}{4}\sum_{k=1}^{4}(a_{ik}^j - \frac{1}{2}\sum_{k=1}^{4}a_{ik}^j)^2} \tag{3.49}$$

eşitliklerinden elde edilir ($1 \le p \le 2$, $j \in \{U, L\}$ ve $1 \le i \le n$).

3.5.2. Ghorabaee ve ark. (2014) yöntemi

Yamuksal Aralık Tip-2 bulanık kümelerin sıralanması için Ghorabaee ve ark. (2014) tarafından geliştirilen yöntem aşağıdaki gibi özetlenebilir:

$\tilde{\tilde{A}}_i$ yamuksal Aralık Tip-2 bulanık kümesinin orta noktaları olan C_{ix} ve C_{iy}'yi belirlemek için

$$C_{ix}^T = \frac{1}{3}\left(a_{i1}^T + a_{i2}^T + a_{i3}^T + a_{i4}^T - \frac{a_{i3}^T a_{i4}^T - a_{i1}^T a_{i2}^T}{(a_{i3}^T + a_{i4}^T) - (a_{i1}^T + a_{i2}^T)}\right), \quad T \in \{U, L\} \tag{3.50}$$

ve

$$C_{iy}^T = \frac{w^T}{3}\left(1 + \frac{a_{i3}^T - a_{i2}^T}{(a_{i3}^T + a_{i4}^T) - (a_{i1}^T + a_{i2}^T)}\right), \quad T \in \{U, L\} \tag{3.51}$$

eşitlikleri kullanılır. Eşitlik (3.51)'de,

$$w^T = \frac{H_1(\tilde{A}_i^T) + H_2(\tilde{A}_i^T)}{2},\ T \in \{U, L\} \tag{3.52}$$

dir.

İki yamuksal Aralık Tip-2 bulanık küme,

$$\tilde{\tilde{A}}_s = (\tilde{A}_s^U, \tilde{A}_s^L) = ((a_{s1}^U, a_{s2}^U, a_{s3}^U, a_{s4}^U; H_1(\tilde{A}_s^U), H_2(\tilde{A}_s^U)), (a_{s1}^L, a_{s2}^L, a_{s3}^L, a_{s4}^L; H_1(\tilde{A}_s^L), H_2(\tilde{A}_s^L)))$$

ve

$$\tilde{\tilde{A}}_t = (\tilde{A}_t^U, \tilde{A}_t^L) = ((a_{t1}^U, a_{t2}^U, a_{t3}^U, a_{t4}^U; H_1(\tilde{A}_t^U), H_2(\tilde{A}_t^U)), (a_{t1}^L, a_{t2}^L, a_{t3}^L, a_{t4}^L; H_1(\tilde{A}_t^L), H_2(\tilde{A}_t^L)))$$

olmak üzere,

$$E_x = \frac{(C_{tx}^U + C_{tx}^L) - (C_{sx}^U + C_{sx}^L)}{|C_{tx}^U + C_{tx}^L| + |C_{sx}^U + C_{sx}^L|} \tag{3.53}$$

$$E_x^{'} = \max\left(\left(1 - \max\left(E_x, 0\right)\right), 0\right) \tag{3.54}$$

$$E_y = \frac{(C_{ty}^U + C_{ty}^L) - (C_{sy}^U + C_{sy}^L)}{C_{ty}^U + C_{ty}^L + C_{sy}^U + C_{sy}^L} \tag{3.55}$$

$$E_y^{'} = \max\left(\left(1 - \max\left(E_y, 0\right)\right), 0\right) \tag{3.56}$$

$$M = \alpha E_x^{'} + (1-\alpha) E_y^{'} \tag{3.57}$$

eşitlikleri hesaplanır. Eşitlik (3.57)'de;

$E_x^{'}$: Tanım kümesine karşılık $\tilde{\tilde{A}}_s$'nin $\tilde{\tilde{A}}_t$'ye göre önemini,

$E_y^{'}$: Üyelik fonksiyonlarına karşılık $\tilde{\tilde{A}}_s$'nin $\tilde{\tilde{A}}_t$'ye göre önemini,

α : E_x ve E_y arasındaki dengeleme faktörünü

göstermektedir. $\tilde{\tilde{A}}_s$'nin $\tilde{\tilde{A}}_t$'den büyük ya da eşit olması olasılığı,

$$P(\tilde{\tilde{A}}_s \geq \tilde{\tilde{A}}_t) = \min(M, 1) \tag{3.58}$$

olarak tanımlanır.

n tane yamuksal bulanık Tip-2 bulanık küme $\tilde{\tilde{A}}_1$, $\tilde{\tilde{A}}_2$,…, $\tilde{\tilde{A}}_n$ olmak üzere, Eşitlik (3.50)-(3.58) kullanılarak bulanık kümeler ikişer ikişer karşılaştırılır ve tüm olasılık değerleri hesaplanır.

$$P=\begin{bmatrix} P(\tilde{\tilde{A}}_1 \geq \tilde{\tilde{A}}_1) & P(\tilde{\tilde{A}}_1 \geq \tilde{\tilde{A}}_2) & \ldots & P(\tilde{\tilde{A}}_1 \geq \tilde{\tilde{A}}_n) \\ P(\tilde{\tilde{A}}_2 \geq \tilde{\tilde{A}}_1) & P(\tilde{\tilde{A}}_2 \geq \tilde{\tilde{A}}_2) & \ldots & P(\tilde{\tilde{A}}_2 \geq \tilde{\tilde{A}}_n) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ P(\tilde{\tilde{A}}_n \geq \tilde{\tilde{A}}_1) & P(\tilde{\tilde{A}}_n \geq \tilde{\tilde{A}}_2) & \ldots & P(\tilde{\tilde{A}}_n \geq \tilde{\tilde{A}}_n) \end{bmatrix} \tag{3.59}$$

Daha sonra alternatiflerin sıralama değerleri,

$$RV(\tilde{\tilde{A}}_i)=\frac{1}{n(n-1)}\left(\sum_{j=1}^{n} P(\tilde{\tilde{A}}_i \geq \tilde{\tilde{A}}_j)+\frac{n}{2}-1\right) \tag{3.60}$$

eşitliğinden elde edilir.

4. TİP-2 BULANIK KÜMELERE DAYALI ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ

Bu bölümde, Tip-2 bulanık kümelere dayalı ÇKKV yöntemleri ele alınacaktır. İlk olarak Tip-1 bulanık kümelere dayalı ÇKKV yöntemleri, daha sonra Tip-2 bulanık kümelere dayalı ÇKKV yöntemleri ayrıntılı biçimde incelenecektir.

Literatürde sıklıkla kullanılan Tip-2 bulanık kümelere dayalı ÇKKV yöntemleri ve tanımları Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Tip-2 Bulanık kümelere dayalı ÇKKV yöntemlerinin kısa açıklamaları (Celik ve ark., 2015)

Kısaltma	Yöntem	Tanım
T2BAHP	Tip-2 bulanık kümelere dayalı Analitik Hiyerarşi Prosesi	Tip-2 bulanık kümeler kullanılarak ikili karşılaştırmalara dayalı ÇKKV yöntemi
T2BTOPSIS	Tip-2 bulanık kümelere dayalı TOPSIS yöntemi	Tip-2 bulanık kümeler kullanılarak pozitif ideal çözüme en yakın ve negatif ideal çözüme en uzak alternatifin seçimine dayalı ÇKKV yöntemi
T2BPROMETHEE	Tip-2 bulanık kümelere dayalı PROMETHEE yöntemi	Tip-2 bulanık kümeler kullanılarak her bir kriter için alternatiflerin ikili karşılaştırılmasına dayalı sıralama yöntemi
T2BQUALIFLEX	Tip-2 bulanık kümelere dayalı QUALIFLEX yöntemi	Tip-2 bulanık kümeler kullanılarak alternatiflerin tüm mümkün olası sıralamalarının testine dayalı sıralama yöntemi.
T2BCOPRAS	Tip-2 bulanık kümelere dayalı COPRAS yöntemi	Tip-2 bulanık kümeler kullanılarak alternatiflerin önem ve fayda derecelerine göre uzlaşık çözüm belirleme yöntemi
T2BELECTRE	Tip-2 bulanık kümelere dayalı ELECTRE yöntemi	Tip-2 bulanık kümeler kullanılarak uyum ve uyumsuzluk kümelerini belirlemek için alternatiflerin ikili karşılaştırılmasına dayalı sıralama yöntemi
T2BLINMAP	Tip-2 bulanık kümelere dayalı LINMAP yöntemi	Tip-2 bulanık kümeler kullanılarak kriter ağırlıklarını belirlemek ve alternatiflerin ikili karşılaştırması ile en uygun alternatifin seçimi için optimizasyon yöntemi
T2BVIKOR	Tip-2 bulanık kümelere dayalı VIKOR yöntemi	Tip-2 bulanık kümeler kullanılarak ideal çözüm için yakınlık ölçeğine göre alternatiflerin uzlaşık sıralanmış listesini belirleyen ÇKKV yöntemi

T2BAHP, T2BPROMETHEE, T2BELECTRE ve T2BLINMAP yöntemleri alternatiflerin ikili karşılaştırmalarını ele alan yöntemler iken T2BQUALIFLEX yöntemi tüm mümkün olası sıralamaların testine dayalı bir yöntemdir ve büyük veri setlerinde çok fazla işlem yapmayı gerektirmektedir. T2BTOPSIS, T2BVIKOR ve T2BCOPRAS yöntemleri ise bulanık sıralama temeline dayalı yöntemlerdir.

Bu çalışmada, Tip-1 ve Tip-2 bulanık kümelere dayalı AHP, TOPSIS, VIKOR ve COPRAS yöntemleri ayrıntılı biçimde incelenmiştir.

4.1. Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemi

Analitik **H**iyerarşi **P**rosesi (AHP), Saaty (1980) tarafından geliştirilen toplamlı ağırlıklandırma yönteminin bir çeşididir. AHP yönteminin çeşitli alanlarda yaygın olarak uygulandığı ve yazılım programları tarafından kullanımının desteklendiği görülmektedir. Karar vericiler, kriterlerin önem ağırlıklarını doğru bir şekilde belirlemekte oldukça zorlanırlar. Kriter sayısı arttıkça, problem ikili karşılaştırmalara dönüştürüldüğünde daha iyi sonuçlar elde edilmektedir. AHP, kriterler arasında ikili karşılaştırmalar yaptırarak kriter ağırlıklandırma problemini daha kolay çözülebilir bir hale getirmektedir. AHP, ikili karşılaştırma matrisindeki karşılaştırma çiftlerinin bir sonucu olarak özetlenmektedir. Karar verici, her bir kriter çifti için "bir kriterin diğer bir kriterden ne kadar önemli olduğu" hakkında Saaty (1980) tarafından önerilen önem ölçeğine göre değerlendirme yapmaktadır (Kahraman, 2008).

4.1.1. Tip-1 bulanık kümelere dayalı AHP yöntemi

Bulanık AHP yöntemi, ikili karşılaştırma sürecindeki belirsizliklerin üstesinden gelebilmek için geliştirilmiştir. Bu yöntem, karar vericilerin belirsizliklerini daha iyi modelleyebilmek için kesin değerlerin yerine dilsel değişkenlerle ifade edilebilen bir değer aralığı kullanmaktadır (Kuswandari, 2004).

Bulanık AHP yöntemi algoritması:

Adım 1: Her bir kriter için dilsel terimler kullanılarak ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur.

$$\tilde{A}=\begin{bmatrix} 1 & \tilde{a}_{12} & \dots & \tilde{a}_{1n} \\ \tilde{a}_{21} & 1 & \dots & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1} & \tilde{a}_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix} \tag{4.1}$$

Eşitlik (4.1)'de, ikili karşılaştırma matrisi $\tilde{A}$'nın elemanları $\tilde{a}_{ij}=(l_{ij},m_{ij},u_{ij})\ \ i=1,2,...n;\ j=1,2,...n$ üçgensel bulanık sayılar ile ifade edilmektedir.

Adım 2: Bulanık ağırlıkları hesaplamak için her bir satır için geometrik ortalama ($\tilde{r}_i$),

$$\tilde{r}_i = \left[\tilde{a}_{i1} \otimes ..... \otimes \tilde{a}_{in}\right]^{1/n} \quad i = 1, 2, ..., n \tag{4.2}$$

biçiminde hesaplanır.

Adım 3: Bulanık ağırlıklar ($\tilde{w}_i$)

$$\tilde{w}_i = \tilde{r}_i \otimes (\tilde{r}_1 \oplus \tilde{r}_2 \oplus ... \oplus \tilde{r}_n)^{-1} \tag{4.3}$$

eşitliğinden hesaplanır. Eşitlik (4.3)'te, $\otimes$ ve $\oplus$, sırasıyla bulanık sayılarda çarpma ve toplama işlemlerini göstermektedir. $\tilde{r}_k = (l_k, m_k, u_k)$ olmak üzere, $(\tilde{r}_k)^{-1} = (1/u_k, 1/m_k, 1/l_k)$ 'dır (Buckley, 1985; Tzeng ve Huang, 2013).

4.1.2. Tip-2 bulanık kümelere dayalı AHP yöntemi

İkili karşılaştırma sürecinde, bazı belirsizliklerin üstesinden gelmede bulanık kümeler yeterli olmadığı için, Tip-2 bulanık kümelere dayalı AHP yöntemleri önerilmiştir.

Kahraman ve ark. (2014), Tip-2 bulanık kümeler için yeni bir sıralama yöntemi ile birlikte Buckley (1985) tarafından önerilen bulanık AHP yaklaşımını genişleterek Aralık Tip-2 bulanık AHP yöntemini önermişlerdir. Çalışmada, tedarikçi seçim problemini hem Tip-1 hem de Tip-2 bulanık AHP yöntemi ile çözmüş ve her iki yöntemle aynı sonucu elde etmişlerdir. Ayrıca, Aralık Tip-2 bulanık AHP yönteminin üyelik fonksiyonlarını belirlemede daha fazla esneklik sağladığı sonucuna varmışlardır.

Bu çalışmada, Kahraman ve ark. (2014) tarafından önerilen Aralık Tip-2 bulanık kümelere dayalı AHP yöntemi ele alınmıştır.

Tip-2 bulanık kümelere dayalı AHP (T2BAHP) yöntemi algoritması:

Adım 1: Her bir kriter için dilsel değişkenler kullanılarak bulanık ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur.

$$\tilde{\tilde{A}} = \begin{bmatrix} 1 & \tilde{\tilde{a}}_{12} & \dots & \tilde{\tilde{a}}_{1n} \\ 1/\tilde{\tilde{a}}_{12} & 1 & \dots & \tilde{\tilde{a}}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1/\tilde{\tilde{a}}_{1n} & 1/\tilde{\tilde{a}}_{2n} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (4.4)$$

$\tilde{\tilde{A}}$ ikili karşılaştırma matrisinin elemanları ($\tilde{\tilde{a}}_{ij}$), Aralık Tip-2 bulanık sayılardır ve $\tilde{\tilde{a}} = ((a_{11}^U, a_{12}^U, a_{13}^U, a_{14}^U; H_1(\tilde{A}_i^U), H_2(\tilde{A}_i^U)), (a_{21}^L, a_{22}^L, a_{23}^L, a_{24}^L; H_1(\tilde{A}_i^L), H_2(\tilde{A}_i^L)))$ olmak üzere,

$$1/\tilde{\tilde{a}} = ((\frac{1}{a_{14}^U}, \frac{1}{a_{13}^U}, \frac{1}{a_{12}^U}, \frac{1}{a_{11}^U}; H_1(\tilde{A}_i^U), H_2(\tilde{A}_i^U)), (\frac{1}{a_{24}^L}, \frac{1}{a_{23}^L}, \frac{1}{a_{22}^L}, \frac{1}{a_{21}^L}; H_1(\tilde{A}_i^L), H_2(\tilde{A}_i^L)))$$

olarak hesaplanır.

<u>Adım 2</u>: İkili karşılaştırma matrisinin tutarlı olup olmadığı incelenir. Öncelikle, bulanık ikili karşılaştırma matrisinin elemanları durulaştırılır. Durulaştırılmış değerlerden oluşan ikili karşılaştırma matrisi tutarlı ise, bulanık ikili karşılaştırma matrisinin de tutarlı olduğu sonucuna varılır.

Aralık Tip-2 bulanık kümeleri durulaştırmak için Kahraman ve ark. (2014) tarafından önerilen

$$DTraT = \frac{\frac{(u_U - l_U) + (\beta_U m_{1U} - l_U) + (\alpha_U m_{2U} - l_U)}{4} + l_U + \frac{(u_L - l_L) + (\beta_L m_{1L} - l_L) + (\alpha_L m_{2L} - l_L)}{4}}{2} \quad (4.5)$$

eşitlik kullanılır. Eşitlik (4.5)'te;

α ve β : Alt üyelik fonksiyonunun maksimum üyelik derecelerini,

u_U : Üst üyelik fonksiyonunun maksimum olabilirlik değerini,

l_U : Üst üyelik fonksiyonunun minimum olabilirlik değerini,

m_{1U} ve m_{2U} : Üst üyelik fonksiyonunun ikinci ve üçüncü parametrelerini,

u_L : Alt üyelik fonksiyonunun maksimum olabilirlik değerini,

l_U : Alt üyelik fonksiyonunun minimum olabilirlik değerini,

m_{1L} ve m_{2L} : Alt üyelik fonksiyonunun ikinci ve üçüncü parametrelerini göstermektedir.

Adım 3: İkili karşılaştırma matrisinin her bir satırı ($i = 1, 2, ..., n$) için geometrik ortalama

$$\tilde{r}_i = \left[\tilde{a}_{i1} \otimes ... \otimes \tilde{a}_{in} \right]^{1/n}, \qquad i = 1, 2, ..., n \tag{4.6}$$

ve j. kriterin bulanık ağırlığı

$$\tilde{w}_j = \tilde{r} \otimes \left[\tilde{r}_1 \otimes ... \otimes \tilde{r}_n \right]^{-1}, \qquad j = 1, 2, ..., n \tag{4.7}$$

eşitliklerinden hesaplanır. Eşitlik (4.6)'da;

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

olarak hesaplanır.

Adım 4: Bulanık ağırlıklar ve bulanık performans değerleri birleştirilir.

$$\tilde{U}_i = \sum_{j=1}^{n} \tilde{w}_j \tilde{r}_{ij}, \quad \forall i \tag{4.8}$$

Eşitlik (4.8)'de;

$\tilde{U}_i$: i. alternatifin bulanık faydasını,

$\tilde{w}_j$: j. kriterin ağırlığını,

$\tilde{r}_{ij}$: i. alternatifin j. kritere karşılık değerlendirilme derecesini göstermektedir.

Adım 5: $\tilde{U}_i$ değerleri durulaştırılarak kesin değerlere (U_i) dönüştürülür. En yüksek U_i değerine sahip alternatif, en iyi alternatif olarak belirlenir (Kahraman ve ark.,2014).

4.2. TOPSIS Yöntemi

TOPSIS (**T**echnique for **O**rder **P**reference by **S**imilarity to **I**deal **S**olution- İdeal Çözüme Yakınlığa Göre Tercih Sıralama Tekniği) yöntemi ilk olarak Hwang ve Yoon (1981) tarafından geliştirilmiştir. TOPSIS yönteminin temeli, pozitif ideal çözüme en yakın, negatif ideal çözüme en uzak olan alternatifin seçimine dayanmaktadır. Pozitif ideal çözüm, herhangi bir alternatifin tüm kriterlere göre değerlendirilmesiyle elde edilen karar matrisindeki en iyi derecelendirme değerlerinin birleşiminden, negatif ideal çözüm ise, en kötü derecelendirme değerlerinin birleşiminden oluşmaktadır (Kahraman, 2008; Özdağoğlu, 2011).

TOPSIS yöntemi; tedarik zinciri yönetimi ve lojistik, tasarım, mühendislik ve imalat sistemleri, işletme ve pazarlama yönetimi, sağlık, güvenlik ve çevre yönetimi, insan kaynakları yönetimi, enerji yönetimi, kimya mühendisliği, su kaynakları yönetimi gibi birçok alanda uygulanmaktadır (Behzadian ve ark., 2012).

4.2.1. Tip-1 bulanık kümelere dayalı TOPSIS yöntemi

TOPSIS yönteminde kriter ağırlıkları ve alternatif değerlendirmeleri kesin değerlerle ifade edimektedir. Karar verme sürecindeki ifadeler belirsizlik içerebileceğinden kesin değerleri kullanmak yeterli olmayabilir. Bu nedenle, daha gerçekçi bir yaklaşım, kesin değerler yerine, dilsel değişkenlerin kullanılmasıdır. Chen (2000) tarafından önerilen bulanık TOPSIS yöntemi, kriter ağırlıklarının ve her bir kritere göre alternatiflerin değerlendirilmesinde dilsel değişkenlerin kullanıldığı bulanık ÇKKV problemlerinin çözümü için geliştirilmiştir (Chen, 2000).

Bulanık TOPSIS yöntemi algoritması:

<u>Adım 1</u>: Bulanık karar matrisi ($\tilde{D}$) oluşturulur.

$$\tilde{D} = \left[\tilde{x}_{ij} \right]_{m \times n} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \cdots & \tilde{x}_{12} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \cdots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2}^{p} & \cdots & \tilde{x}_{mn}^{p} \end{bmatrix}$$

Kriterlerin bulanık ağırlık vektörü ($\tilde{W}$) elde edilir.

$$\tilde{W} = [\tilde{w}_j]_{1\times n} = [\tilde{w}_1 \quad \tilde{w}_2 \quad ... \quad \tilde{w}_n]$$

k karar vericilerin sayısını göstermek üzere, $\tilde{x}_{ij}$ ve $\tilde{w}_j$,

$$\tilde{x}_{ij} = \left(\frac{\tilde{x}_{ij}^1 \oplus \tilde{x}_{ij}^2 \oplus ... \oplus \tilde{x}_{ij}^k}{k} \right), \quad i = 1,2,...,m;\ j = 1,2,...,n \tag{4.9}$$

$$\tilde{w}_j = \left(\frac{\tilde{w}_j^1 \oplus \tilde{w}_j^2 \oplus ... \oplus \tilde{w}_j^k}{k} \right), \quad j = 1,2,...,n \tag{4.10}$$

eşitliklerinden hesaplanır. Eşitlik (4.9) ve (4.10)'da;

$\tilde{x}_{ij}$: i.alternatifin j.kritere göre değerlendirmesini ifade eden dilsel değişkeni veya bu dilsel değişkenin bulanık karşılığını,

$\tilde{w}_j$: j.kriterin bulanık önem ağırlığını ifade eden dilsel değişkeni veya bu dilsel değişkenin bulanık karşılığını ifade etmektedir.

Adım 2: Normalize edilmiş bulanık karar matrisi $\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m\times n}$ oluşturulur. $\tilde{r}_{ij}$ değerleri,

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*} \right), \quad j \in C_1, \ c_j^* = \max_i c_{ij} \tag{4.11}$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}} \right), \quad j \in C_2, \ a_j^- = \min_i c_{ij} \tag{4.12}$$

eşitliklerinden hesaplanır. Burada; C_1 fayda kriterleri kümesini, C_2 maliyet kriterleri kümesini gösterir ve $C_1 \cup C_2 = C$, $C_1 \cap C_2 = \varnothing$'dir.

Adım 3: Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi $\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m\times n}$ oluşturulur. $\tilde{v}_{ij}$ değerleri,

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} \otimes \tilde{w}_j \tag{4.13}$$

eşitliğinden hesaplanır.

Adım 4: Bulanık pozitif ideal çözüm,

$$A^* = \left(\tilde{v}_1^*, \tilde{v}_2^*, ..., \tilde{v}_n^*\right) \tag{4.14}$$

ve bulanık negatif ideal çözüm

$$A^- = \left(\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, ..., \tilde{v}_n^-\right) \tag{4.15}$$

olarak tanımlanır. Burada; $\tilde{v}_j^* = (1,1,1)$ ve $\tilde{v}_j^- = (0,0,0)$ ' dir. Her bir alternatifin bulanık pozitif ve bulanık negatif ideal çözümlerden olan uzaklıkları sırasıyla

$$d_i^* = \sum_{j=1}^{n} d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^*) \tag{4.16}$$

ve

$$d_i^- = \sum_{j=1}^{n} d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-) \tag{4.17}$$

eşitliklerinden hesaplanır. Eşitlik (4.16)-(4.17)'de, $d(\bullet,\bullet)$ iki bulanık sayı arasındaki uzaklığı gösterir ve Vertex Yöntemi ile hesaplanır.

İki üçgensel bulanık sayı $\tilde{a} = (a_1, a_2, a_3)$ ve $\tilde{b} = (b_1, b_2, b_3)$ olmak üzere, Vertex Yöntemi'ne göre bu iki bulanık sayı arasındaki uzaklık,

$$d(\tilde{a}, \tilde{b}) = \sqrt{\frac{1}{3}\left[(a_1 - b_1)^2 + (a_2 - b_2)^2 + (a_3 - b_3)^2\right]} \tag{4.18}$$

eşitliğinden bulunur.

Adım 5: Her bir alternatif için yakınlık katsayısı (CC_i),

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \tag{4.19}$$

eşitliğinden hesaplanır. Yakınlık katsayısı, $0 \le CC_i \le 1$ değerini alır. Yakınlık katsayısı değerleri azalan şekilde sıralanır ve en büyük CC_i değerine sahip alternatif, en iyi alternatif olarak belirlenir (Chen, 2000).

4.2.2. Tip-2 bulanık kümelere dayalı TOPSIS yöntemi

Tip-2 bulanık kümeler, değerlendirme derecelerinin ve kriter ağırlıklarının ifade edilmesinde Tip-1 bulanık kümelere göre daha esnek ve daha yeteneklidir. Bu nedenle, belirsizliğin yüksek olduğu durumlarda ÇKKV problemlerini çözmek için Tip-2 bulanık kümelere dayalı TOPSIS yöntemi önerilmiştir (Chen ve Lee, 2010a).

Chen ve Lee (2010a), Tip-2 bulanık kümelere dayalı ÇKKV problemlerini çözmek için Tip-2 bulanık TOPSIS yöntemini önermişlerdir. Uygulamada, bir sistem analiz mühendisinin işe alımı sürecinin değerlendirilmesi problemini incelemişler ve önerilen yöntemin Tip-1 bulanık TOPSIS yöntemine göre daha esnek ve kullanışlı olduğu sonucuna varmışlardır.

Bu çalışmada, Chen ve Lee (2010a) tarafından önerilen Tip-2 bulanık kümelere dayalı TOPSIS yöntemi ele alınmıştır.

Tip-2 bulanık kümelere dayalı TOPSIS (T2BTOPSIS) yöntemi algoritması:

<u>Adım 1</u>: Bulanık karar matrisi ($\tilde{\tilde{D}}$)

$$\tilde{\tilde{D}} = \left[\tilde{\tilde{x}}_{ij} \right]_{m \times n} = \begin{bmatrix} \tilde{\tilde{x}}_{11} & \tilde{\tilde{x}}_{12} & \dots & \tilde{\tilde{x}}_{1n} \\ \tilde{\tilde{x}}_{21} & \tilde{\tilde{x}}_{22} & \dots & \tilde{\tilde{x}}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{\tilde{x}}_{m1} & \tilde{\tilde{x}}_{m2} & \dots & \tilde{\tilde{x}}_{mn} \end{bmatrix}$$

ve kriterlerin bulanık ağırlık vektörü ($\tilde{\tilde{W}}$)

$$\tilde{\tilde{W}} = [\tilde{\tilde{w}}_j]_{1 \times n} = \begin{bmatrix} \tilde{\tilde{w}}_1 & \tilde{\tilde{w}}_2 & \dots & \tilde{\tilde{w}}_n \end{bmatrix}$$

biçiminde oluşturulur. *k* karar verici sayısını göstermek üzere, $\tilde{\tilde{x}}_{ij}$ ve $\tilde{\tilde{w}}_j$,

$$\tilde{\tilde{x}}_{ij} = \left(\frac{\tilde{\tilde{x}}_{ij}^{1} \oplus \tilde{\tilde{x}}_{ij}^{2} \oplus ... \oplus \tilde{\tilde{x}}_{ij}^{k}}{k} \right), \quad i = 1,2,...,m;\ j = 1,2,...,n \tag{4.20}$$

$$\tilde{\tilde{w}}_j = \left(\frac{\tilde{\tilde{w}}_j^{1} \oplus \tilde{\tilde{w}}_j^{2} \oplus ... \oplus \tilde{\tilde{w}}_j^{k}}{k} \right), \quad j = 1,2,...,n \tag{4.21}$$

eşitliklerinden hesaplanır. Eşitlik (4.20) ve (4.21)'de;

$\tilde{\tilde{x}}_{ij}$: *i*.alternatifin *j*.kritere karşılık değerlendirmesini ifade eden dilsel değişkeni veya bu dilsel değişkenin Tip-2 bulanık karşılığını,

$\tilde{\tilde{w}}_j$: *j*. kriterin bulanık önem ağırlığını ifade eden dilsel değişkeni veya bu dilsel değişkenin Tip-2 bulanık karşılığını ifade etmektedir.

<u>Adım 2</u>: Ağırlıklı bulanık karar matrisi $\tilde{\tilde{D}}_w = [\tilde{\tilde{v}}_{ij}]_{m\times n}$ oluşturulur. $\tilde{\tilde{v}}_{ij}$ değerleri,

$$\tilde{\tilde{v}}_{ij} = \tilde{\tilde{w}}_j \otimes \tilde{\tilde{x}}_{ij} \tag{4.22}$$

eşitliğinden hesaplanır.

<u>Adım 3</u>: $\tilde{\tilde{v}}_{ij}$'ye ilişkin sıra değeri, Lee ve Chen (2008) tarafından önerilen sıralama yöntemi kullanılarak hesaplanır. Sıralanmış ağırlıklı karar matrisi ($\bar{D}_w^*$)

$$\bar{D}_w^* = (Rank(\tilde{\tilde{v}}_{ij}))_{m\times n} \tag{4.23}$$

elde edilir.

<u>Adım 4</u>: Pozitif ideal çözüm $A^* = \left(v_1^+, v_2^+, ..., v_n^+\right)$ ve negatif ideal çözüm $A^- = \left(v_1^-, v_2^-, ..., v_n^-\right)$ belirlenir. v_j^+ ve v_j^- değerleri

$$v_j^+ = \begin{cases} \max\limits_{1\le i\le m}\{Rank(\tilde{\tilde{v}}_{ij})\} & , c_j \in C_1 \\ \min\limits_{1\le i\le m}\{Rank(\tilde{\tilde{v}}_{ij})\} & , c_j \in C_2 \end{cases} \quad (4.24)$$

$$v_j^- = \begin{cases} \min\limits_{1\le i\le m}\{Rank(\tilde{\tilde{v}}_{ij})\} & , c_j \in C_1 \\ \max\limits_{1\le i\le m}\{Rank(\tilde{\tilde{v}}_{ij})\} & , c_j \in C_2 \end{cases} \quad (4.25)$$

eşitliklerinden bulunur. Eşitlik (4.24) ve (4.25)'te; C_1 fayda kriterleri kümesini, C_2 maliyet kriterleri kümesini gösterir ve $C_1 \cup C_2 = C$, $C_1 \cap C_2 = \varnothing$ 'dir.

Adım 5: Her bir alternatif ile pozitif ideal çözüm arasındaki uzaklık (d_i^+)

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{i=1}^{m} (Rank(\tilde{\tilde{v}}_{ij}) - v_i^+)^2} \quad (4.26)$$

ve her bir alternatif ile negatif ideal çözüm arasındaki uzaklık (d_i^-)

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{i=1}^{m} (Rank(\tilde{\tilde{v}}_{ij}) - v_i^-)^2} \quad (4.27)$$

eşitliklerinden hesaplanır.

Adım 6: Her bir alternatif için yakınlık katsayısı(CC_i)

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad (4.28)$$

eşitliğinden hesaplanır.

Adım 7: Yakınlık katsayısı **(** CC_i)'nın değerleri azalan şekilde sıralanır ve en büyük CC_i değerine sahip alternatif, en iyi alternatif olarak belirlenir (Chen ve Lee, 2010a).

4.4. VIKOR Yöntemi

VIKOR (**Vi**se **K**riterijumska **O**ptimizacija I **Ko**mpromisno **R**esenje-Çok Kriterli Optimizasyon ve Uzlaşık Çözüm) yöntemi, birbiriyle çelişen ve aynı ölçekle ölçülemeyen kriterlerin olduğu ÇKKV problemlerini çözmek için Opricovic (1998) tarafından geliştirilmiştir. VIKOR yöntemi, maksimum grup faydası ve minimum pişmanlık sağlayan uzlaşık bir çözüm belirlemektedir (Chen ve Wang, 2009).

4.4.1. Tip-1 bulanık kümelere dayalı VIKOR yöntemi

Karar verme sürecinde kesin verilerin olmadığı durumlarda VIKOR yöntemi yetersiz kaldığından, bulanık mantık kavramı ile VIKOR yöntemi birleştirilerek Wang ve Chang (2005) tarafından bulanık VIKOR yöntemi önerilmiştir (Chen ve Wang, 2009).

Bulanık VIKOR yöntemi algoritması:

Adım 1: Bir grup karar verici oluşturularak karar kriterleri ve uygun alternatifler belirlenir.

Adım 2: Kriterlerin önem ağırlığını belirlemek ve her bir kritere göre alternatifleri değerlendirilmek için dilsel değişkenler ve bunlara karşılık gelen bulanık sayılar tanımlanır.

Adım 3: Karar vericilerin görüşleri birleştirilerek, her bir kriter için birleştirilmiş bulanık önem ağırlıkları ($\tilde{w}_j$),

$$\tilde{w}_j = \left(\frac{\tilde{w}_j^1 \oplus \tilde{w}_j^2 \oplus ... \oplus \tilde{w}_j^k}{k} \right), \quad j = 1, 2, ..., n \tag{4.29}$$

ve *i*. alternatifin *j*. kritere göre birleştirilmiş değerlendirme dereceleri ($\tilde{x}_{ij}$)

$$\tilde{x}_{ij} = \left(\frac{\tilde{x}_{ij}^1 \oplus \tilde{x}_{ij}^2 \oplus ... \oplus \tilde{x}_{ij}^k}{k} \right), \quad i = 1, 2, ..., m; \; j = 1, 2, ..., n \tag{4.30}$$

eşitliklerinden hesaplanır.

Adım 4: Bulanık karar matrisi,

$$\tilde{D} = [\tilde{x}_{ij}]_{m\times n} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \cdots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \cdots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \cdots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix}$$

ve kriterlerin bulanık ağırlıkları,

$$\tilde{W} = \left[\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, ..., \tilde{w}_n\right]$$

biçiminde oluşturulur. Burada; $\tilde{x}_{ij}$, *i*. alternatifin *j*. kritere göre değerlendirme derecesini ve $\tilde{w}_j$, *j*. kriterin önem ağırlığını göstermektedir.

Adım 5: Tüm kriterler için en iyi bulanık değerler ($\tilde{f}_j^*$)

$$\tilde{f}_j^* = \max_i \tilde{x}_{ij} \tag{4.31}$$

ve en kötü bulanık değerler($\tilde{f}_j^-$),

$$\tilde{f}_j^- = \min_i \tilde{x}_{ij} \tag{4.32}$$

eşitliklerinden belirlenir.

Adım 6: Tüm alternatifler için $\tilde{\tilde{S}}_i$ ve $\tilde{\tilde{R}}_i$ değerleri

$$\tilde{S}_i = \sum_{j=1}^{n} \tilde{w}_j (\tilde{f}_j^* - \tilde{x}_{ij}) / (\tilde{f}_j^* - \tilde{f}_j^-) \tag{4.33}$$

$$\tilde{R}_i = \max_j \left[\tilde{w}_j (\tilde{f}_j^* - \tilde{x}_{ij}) / (\tilde{f}_j^* - \tilde{f}_j^-) \right] \tag{4.34}$$

hesaplanır. Eşitlik (4.33) ve (4.34)'te;

$\tilde{S}_i$: *i*. alternatifin en iyi bulanık değerden uzaklığını,

$\tilde{R}_i$: *i*. alternatifin en kötü bulanık değerden uzaklığını göstermektedir.

Adım 7: $\tilde{S}^*, \tilde{S}^-, \tilde{R}^*, \tilde{R}^-$ ve $\tilde{Q}_i^*$ değerleri sırasıyla

$$\begin{aligned} \tilde{S}^* &= \min_i \tilde{S}_i, \quad \tilde{S}^- = \max_i \tilde{S}_i \\ \tilde{R}^* &= \min_i \tilde{R}_i, \quad \tilde{R}^- = \max_i \tilde{R}_i \end{aligned} \tag{4.35}$$

$$\tilde{Q}_i = v\left(\left(\tilde{S}_i - \tilde{S}^*\right)/\left(\tilde{S}^- - \tilde{S}^*\right)\right) \oplus (1-v)\left(\left(\tilde{R}_i - \tilde{R}^*\right)/\left(\tilde{R}^- - \tilde{R}^*\right)\right) \tag{4.36}$$

eşitliklerinden hesaplanır. Eşitlik (4.36)'da,

$\tilde{S}^*$: Maksimum grup faydasını gösteren $\tilde{S}_i$ değerinin minimumunu,

$\tilde{R}^*$: Minimum karşıt görüşleri gösteren $\tilde{R}_i$ değerinin minimumunu,

v: Maksimum grup faydası stratejisinin ağırlığını göstermektedir.

Adım 8: Hesaplanan $\tilde{Q}_i$ değerleri durulaştırılarak kesin değerlere dönüştürülür ve alternatiflerin sıralaması kesin Q_i değerlerine göre yapılır.

Adım 9: Uzlaşık çözüm belirlenir. Eğer aşağıda verilen Koşul 1 ve Koşul 2'nin her ikisi de sağlanırsa Q_i ile belirlenen çözüm, uzlaşık çözüm (a') olarak belirlenir.

Koşul 1: Kabul edilebilir avantaj:

$$Q(a'') - Q(a') \geq DQ, \quad DQ = \frac{1}{m-1} \quad (m\text{:alternatif sayısı}) \tag{4.37}$$

Koşul 2: Karar vermedeki kabul edilebilir istikrar:

a' aynı zamanda *S* ve/veya *R*'ye göre sıralanan listede en iyi alternatiftir.

Eğer Koşul 1 sağlanmıyorsa, $Q(a^m) - Q(a') < DQ$ olmak üzere $a', a'', ..., a^m$ benzer uzlaşık çözümlerdir. Eğer Koşul 2 sağlanmıyorsa, a' ve a'' benzer uzlaşık çözümlerdir.

Adım 10: En küçük $Q_i(a')$ değerine sahip a' alternatifi, en iyi alternatif olarak belirlenir (Momeni ve ark., 2011).

4.4.2. Tip-2 bulanık kümelere dayalı VIKOR yöntemi

Tip-2 bulanık kümelere dayalı VIKOR yöntemi, karar verme sürecinde belirsizlikleri daha iyi modelleyebilmek için geliştirilmiştir (Ghorabaee, 2015).

Ghorabaee (2015), robot seçimi problemi için Tip-2 bulanık kümelere dayalı VIKOR yöntemini önermiştir. Önerilen yöntemin sonuçlarını Tip-2 bulanık kümelere dayalı diğer yöntemlerle karşılaştırılmıştır. Ayrıca, yedi çeşit kriter ağırlığı kümesi ve Spearman korelasyon katsayısı ile önerilen yöntemin güvenilirliğini test etmiştir.

Bu çalışmada Ghorabaee (2015) tarafından geliştirilen Tip-2 bulanık kümelere dayalı VIKOR yöntemi ele alınmıştır.

Tip-2 bulanık kümelere dayalı VIKOR (T2BVIKOR) yöntemi algoritması:

Adım 1: Bulanık karar matrisi ($\tilde{\tilde{D}}$)

$$\tilde{\tilde{D}} = \left[\tilde{\tilde{x}}_{ij}\right]_{m\times n} = \begin{bmatrix} \tilde{\tilde{x}}_{11} & \tilde{\tilde{x}}_{12} & \dots & \tilde{\tilde{x}}_{1n} \\ \tilde{\tilde{x}}_{21} & \tilde{\tilde{x}}_{22} & \dots & \tilde{\tilde{x}}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{\tilde{x}}_{m1} & \tilde{\tilde{x}}_{m2} & \dots & \tilde{\tilde{x}}_{mn} \end{bmatrix}$$

ve kriterlerin bulanık ağırlık vektörü ($\tilde{\tilde{W}}$)

$$\tilde{\tilde{W}} = [\tilde{\tilde{w}}_j]_{1\times n} = \begin{bmatrix} \tilde{\tilde{w}}_1 & \tilde{\tilde{w}}_2 & \dots & \tilde{\tilde{w}}_n \end{bmatrix}$$

biçiminde oluşturulur. *k* karar verici sayısını göstermek üzere, $\tilde{\tilde{x}}_{ij}$ ve $\tilde{\tilde{w}}_j$,

$$\tilde{\tilde{x}}_{ij} = \left(\frac{\tilde{\tilde{x}}_{ij}^{1} \oplus \tilde{\tilde{x}}_{ij}^{2} \oplus \dots \oplus \tilde{\tilde{x}}_{ij}^{k}}{k}\right), \quad i = 1,2,\dots,m;\ j = 1,2,\dots,n \tag{4.38}$$

$$\tilde{\tilde{w}}_j = \left(\frac{\tilde{\tilde{w}}_j^{1} \oplus \tilde{\tilde{w}}_j^{2} \oplus ... \oplus \tilde{\tilde{w}}_j^{k}}{k} \right), \quad j = 1,2,...,n \tag{4.39}$$

eşitliklerinden hesaplanır. Eşitlik (4.38) ve (4.39)'da;

$\tilde{\tilde{x}}_{ij}$: *i*.alternatifin *j*.kritere karşılık değerlendirmesini ifade eden dilsel değişkeni veya bu dilsel değişkenin Tip-2 bulanık karşılığını,

$\tilde{\tilde{w}}_j$: *j*. kriterin bulanık önem ağırlığını ifade eden dilsel değişkeni veya bu dilsel değişkenin Tip-2 bulanık karşılığını ifade etmektedir.

Adım 2: Tüm kriterler için ideal değerler ($\tilde{\tilde{X}}_j^{*}$)

$$\tilde{\tilde{X}}_j^{*} = \begin{cases} \max\limits_i \tilde{\tilde{X}}_{ij}, & c_j \in C_1 \\ \min\limits_i \tilde{\tilde{X}}_{ij}, & c_j \in C_2 \end{cases} \tag{4.40}$$

ve en düşük değerler ($\tilde{\tilde{X}}_j^{o}$)

$$\tilde{\tilde{X}}_j^{o} = \begin{cases} \min\limits_i \tilde{\tilde{X}}_{ij}, & c_j \in C_1 \\ \max\limits_i \tilde{\tilde{X}}_{ij}, & c_j \in C_2 \end{cases} \tag{4.41}$$

hesaplanır. Eşitlik (4.40) ve (4.41)'de; C_1 fayda kriterleri kümesini, C_2 maliyet kriterleri kümesini gösterir ve $C_1 \cup C_2 = C$, $C_1 \cap C_2 = \varnothing$ 'dir.

Adım 3: Normalize edilmiş bulanık farklar hesaplanır.

$$\tilde{\tilde{d}}_{ij} = (\tilde{\tilde{X}}_j^{*} - \tilde{\tilde{X}}_{ij}) / \rho_b, \; c_j \in C_1 \tag{4.42}$$

$$\tilde{\tilde{d}}_{ij} = (\tilde{\tilde{X}}_{ij} - \tilde{\tilde{X}}_j^{*}) / \rho_h, \; c_j \in C_2 \tag{4.43}$$

Eşitlik (4.42) ve (4.43)'te; ρ_b ve ρ_h değerleri,

$$\rho_b = \frac{c_x^U(\tilde{\tilde{X}}_j^* - \tilde{\tilde{X}}_j^o) + c_x^L(\tilde{\tilde{X}}_j^* - \tilde{\tilde{X}}_j^o)}{2} \tag{4.44}$$

$$\rho_h = \frac{c_x^U(\tilde{\tilde{X}}_j^o - \tilde{\tilde{X}}_j^*) + c_x^L(\tilde{\tilde{X}}_j^o - \tilde{\tilde{X}}_j^*)}{2} \tag{4.45}$$

eşitliklerinden elde edilir.

<u>Adım 4</u>: Tüm alternatifler için $\tilde{\tilde{S}}_i$ ve $\tilde{\tilde{R}}_i$ değerleri hesaplanır.

$$\tilde{\tilde{S}}_i = (\tilde{\tilde{w}}_1 \otimes \tilde{\tilde{d}}_{i1}) \oplus (\tilde{\tilde{w}}_2 \otimes \tilde{\tilde{d}}_{i2}) \oplus \ldots \oplus (\tilde{\tilde{w}}_m \otimes \tilde{\tilde{d}}_{im}) \tag{4.46}$$

$$\tilde{\tilde{R}}_i = \max_j (\tilde{\tilde{w}}_j \otimes \tilde{\tilde{d}}_{ij}) \tag{4.47}$$

<u>Adım 5</u>: $\tilde{\tilde{S}}_i$ ve $\tilde{\tilde{R}}_i$ için en iyi değerler bulunur.

$$\tilde{\tilde{S}}^* = \min_i \tilde{\tilde{S}}_i \tag{4.48}$$

$$\tilde{\tilde{R}}^* = \min_i \tilde{\tilde{R}}_i \tag{4.49}$$

<u>Adım 6</u>: Tüm alternatifler için $\tilde{\tilde{Q}}_i$ değeri hesaplanır.

$$\tilde{\tilde{Q}}_i = v\left(\left(\tilde{\tilde{S}}_i - \tilde{\tilde{S}}^*\right) / \left(s^o - s_{i1}^{*U}\right)\right) \oplus (1-v)\left(\left(\tilde{\tilde{R}}_i - \tilde{\tilde{R}}^*\right) / \left(r^o - r_{i1}^{*U}\right)\right) \tag{4.50}$$

Eşitlik (4.50)'de; v grup fayda stratejisinin ağırlığını ve (1-v) bireysel pişmanlığın ağırlığını gösterir. s^o ve r^o değerleri

$$s^o = \max_i s_{i4}^U \tag{4.51}$$

$$r^o = \max_i r_{i4}^U \tag{4.52}$$

eşitliklerinden elde edilir.

Adım 7: $\tilde{\tilde{Q}}_i$ değerleri artan bir şekilde sıralanır ve en küçük $\tilde{\tilde{Q}}_i$ değerine sahip alternatif en iyi alternatif olarak belirlenir (Ghorabaee, 2015).

4.4. COPRAS Yöntemi

COPRAS (**Co**mplex **Pr**oportional **As**sesment–Karmaşık Oransal Değerlendirme) yöntemi ilk olarak Zavadskas ve Kaklauskas (1996) tarafından önerilmiştir. Bu yöntem, pozitif ideal çözüm ile bir oran ve negatif ideal çözüm ile bir oran belirleyerek en iyi alternatifi seçmeye dayanmaktadır (Yazdani ve ark., 2011).

4.4.1. Tip-1 bulanık kümelere dayalı COPRAS yöntemi

Kriter ağırlıklarının ve alternatif derecelendirmelerinin bulanık değerler olduğu durumlar için Zavadskas ve Antucheviciene (2007) tarafından bulanık COPRAS yöntemi önerilmiştir.

Bulanık COPRAS yöntemi algoritması:

Adım 1: Kriterlerin önem ağırlıkları ve alternatiflerin kriterlere göre değerlendirilmesi için dilsel değişkenler ve bunlara karşılık gelen bulanık sayılar tanımlanır.

Adım 2: Bulanık karar matrisi ($\tilde{D}$)

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix}$$

ve kriterlerin bulanık ağırlık vektörü ($\tilde{W}$)

$$\tilde{W} = \left[\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, ..., \tilde{w}_n\right]$$

oluşturulur. Burada; $\tilde{x}_{ij}$, *i*. alternatifin *j*. kritere göre değerlendirme derecesini ve $\tilde{w}_j$, *j*. kriterin önem ağırlığını göstermektedir.

Bulanık karar matrisi ve her bir kriterin bulanık ağırlıkları durulaştırılarak, kesin değerlere dönüştürülür. Burada, durulaştırma yapmak için ağırlık merkezi yöntemi (Center of Area-COA) kullanılır. COA yöntemine göre, $\tilde{A} = (l, m, u)$ üçgensel bulanık sayısı için durulaştırılmış değer,

$$A = \frac{(u-l)+(m-l)}{3} + l \tag{4.53}$$

eşitliğinden hesaplanır.

Adım 3: Durulaştırılmış normalize karar matrisi ($\bar{D}$) oluşturulur.

$$\bar{D} = \begin{bmatrix} \bar{x}_{11} & \bar{x}_{12} & \cdots & \bar{x}_{1n} \\ \bar{x}_{21} & \bar{x}_{22} & \cdots & \bar{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \bar{x}_{m1} & \bar{x}_{m2} & \cdots & \bar{x}_{mn} \end{bmatrix}$$

Burada, $\bar{x}_{ij}$ değerleri,

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{j=1}^{n} x_{ij}} \quad i = 1, 2, ..., m \ , \ j = 1, 2, ..., n \tag{4.54}$$

eşitliğinden hesaplanır.

Adım 4: Durulaştırılmış normalize karar matrisi ile kriter ağırlıkları çarpılarak ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi ($\hat{D} = \left[x_{ij} \right]_{m \times n}$) oluşturulur.

$$\hat{D} = \begin{bmatrix} \hat{x}_{11} & \hat{x}_{12} & \cdots & \hat{x}_{1n} \\ \hat{x}_{21} & \hat{x}_{22} & \cdots & \hat{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \hat{x}_{m1} & \hat{x}_{m2} & \cdots & \hat{x}_{mn} \end{bmatrix}$$

Burada, $\hat{x}_{ij}$ değerleri,

$$\hat{x}_{ij} = \overline{x}_{ij} \times w_j \tag{4.55}$$

eşitliğinden hesaplanır.

Adım 5: Her bir alternatif için fayda kriterlerine ilişkin $\hat{x}_{ij}$ değerleri toplanarak P_i değerleri,

$$P_i = \sum_{j=1}^{k} \hat{x}_{ij}, \quad j \in C_1 \tag{4.56}$$

ve her bir alternatif için maliyet kriterlerine ilişkin $\hat{x}_{ij}$ değerleri toplanarak R_i değerleri,

$$R_i = \sum_{j=k+1}^{m} \hat{x}_{ij}, \quad j \in C_2 \tag{4.57}$$

eşitliklerinden hesaplanır. Eşitlik (4.56) ve (4.57)'de; *k* fayda kriterlerinin sayısını, *m-k* maliyet kriterlerinin sayısını, C_1 fayda kriterleri kümesini, C_2 maliyet kriterleri kümesini göstermektedir.

Adım 6: Alternatiflerin göreceli önem dereceleri (Q_i) hesaplanır.

$$Q_i = P_i + \frac{R_{\min} \sum_{i=1}^{m} R_i}{R_i \sum_{i=1}^{n} (R_{\min} / R_i)} = P_i + \frac{\sum_{i=1}^{m} R_i}{R_i \sum_{i=1}^{n} (1 / R_i)} \tag{4.58}$$

Eşitlik (4.58)'de; $R_{\min} = \min_i R_i$ 'dir.

Adım 7: Alternatiflerin önem dereceleri hesaplanır. Önem derecesi en büyük olan alternatif ile diğer alternatiflerin kısmi önem dereceleri karşılaştırılarak nicel önem değerleri (U_i) hesaplanır.

$$U_i = \left(\frac{Q_i}{Q_{\max}} \right) \times 100 \tag{4.59}$$

Eşitlik (4.59)'da; $Q_{\max} = \max_i Q_i$'dir. En büyük U_i değerine sahip alternatif, en iyi alternatif olarak belirlenir (Yazdani ve ark., 2011).

4.4.2. Tip-2 bulanık kümelere dayalı COPRAS yöntemi

Tip-2 bulanık kümelere dayalı COPRAS yöntemi, belirsizliğin yüksek olduğu durumlar için önerilmiştir.

Ghorabaee ve ark. (2014), Tip-2 bulanık sayıları sıralamak için bulanık kümelerin ağırlık merkezine dayalı yeni bir sıralama yöntemi önermişlerdir. Bu sıralama yöntemini Tip-2 bulanık kümeler ile karar vermede COPRAS yöntemi için kullanmışlar ve tedarikçi seçim problemine uygulamışlardır.

Bu çalışmada Ghorabaee ve ark. (2014) tarafından geliştirilen Aralık Tip-2 bulanık kümelere dayalı COPRAS yöntemi ele alınmıştır.

Tip-2 bulanık kümelere dayalı COPRAS (T2BCOPRAS) yöntemi algoritması:

<u>Adım 1</u>: Bulanık karar matrisi ($\tilde{\tilde{D}}$)

$$\tilde{\tilde{D}} = \left[\tilde{\tilde{x}}_{ij} \right]_{m \times n} = \begin{bmatrix} \tilde{\tilde{x}}_{11} & \tilde{\tilde{x}}_{12} & \cdots & \tilde{\tilde{x}}_{1n} \\ \tilde{\tilde{x}}_{21} & \tilde{\tilde{x}}_{22} & \cdots & \tilde{\tilde{x}}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{\tilde{x}}_{m1} & \tilde{\tilde{x}}_{m2} & \cdots & \tilde{\tilde{x}}_{mn} \end{bmatrix}$$

ve kriterlerin bulanık ağırlık vektörü ($\tilde{\tilde{W}}$)

$$\tilde{\tilde{W}} = [\tilde{\tilde{w}}_j]_{1 \times n} = \begin{bmatrix} \tilde{\tilde{w}}_1 & \tilde{\tilde{w}}_2 & \cdots & \tilde{\tilde{w}}_n \end{bmatrix}$$

biçiminde oluşturulur. *k* karar verici sayısını göstermek üzere, $\tilde{\tilde{x}}_{ij}$ ve $\tilde{\tilde{w}}_j$,

$$\tilde{\tilde{x}}_{ij} = \left(\frac{\tilde{\tilde{x}}^{1}_{ij} \oplus \tilde{\tilde{x}}^{2}_{ij} \oplus ... \oplus \tilde{\tilde{x}}^{k}_{ij}}{k} \right), \quad i = 1,2,...,m;\ j = 1,2,...,n \tag{4.60}$$

$$\tilde{\tilde{w}}_{j} = \left(\frac{\tilde{\tilde{w}}^{1}_{j} \oplus \tilde{\tilde{w}}^{2}_{j} \oplus ... \oplus \tilde{\tilde{w}}^{k}_{j}}{k} \right), \quad j = 1,2,...,n \tag{4.61}$$

eşitliklerinden hesaplanır. Eşitlik (4.60) ve (4.61)'de;

$\tilde{\tilde{x}}_{ij}$: i. alternatifin j.kritere karşılık değerlendirmesini ifade eden dilsel değişkeni veya bu dilsel değişkenin Tip-2 bulanık karşılığını,

$\tilde{\tilde{w}}_{j}$: j. kriterin bulanık önem ağırlığını ifade eden dilsel değişkeni veya bu dilsel değişkenin Tip-2 bulanık karşılığını ifade etmektedir.

Adım 2: Karar matrisi ($\tilde{\tilde{D}}$) normalize edilerek normalize karar matrisi $N = \left[\tilde{\tilde{n}}_{ij} \right]_{m \times n}$ oluşturulur. $\tilde{\tilde{n}}_{ij}$ değerleri,

$$\tilde{\tilde{n}}_{ij} = \tilde{\tilde{X}}_{ij} / \tilde{\tilde{v}}_{j} \tag{4.62}$$

eşitliğinden hesaplanır. Eşitlik (4.62)'de $\tilde{\tilde{v}}_{j}$ değerleri,

$$\tilde{\tilde{v}}_{j} = \left(\tilde{\tilde{X}}_{1j} \oplus \tilde{\tilde{X}}_{2j} \oplus ... \oplus \tilde{\tilde{X}}_{mj} \right) \tag{4.63}$$

eşitliğinden elde edilir.

Adım 3: Ağırlıklı normalize karar matrisi $E = \left[\tilde{\tilde{e}}_{ij} \right]_{n \times m}$ oluşturulur. $\tilde{\tilde{e}}_{ij}$ değerleri,

$$\tilde{\tilde{e}}_{ij} = \tilde{\tilde{n}}_{ij} \otimes \tilde{\tilde{w}}_{j} \tag{4.64}$$

eşitliğinden hesaplanır.

Adım 4: Fayda ve maliyet kriterleri için ağırlıklı normalize edilmiş değerlerin toplamı hesaplanır.

$$\tilde{\tilde{S}}_{+i} = \left(\tilde{\tilde{e}}_{+i1} \oplus \tilde{\tilde{e}}_{+i2} \oplus \ldots \oplus \tilde{\tilde{e}}_{+in} \right) \tag{4.65}$$

$$\tilde{\tilde{S}}_{-i} = \left(\tilde{\tilde{e}}_{-i1} \oplus \tilde{\tilde{e}}_{-i2} \oplus \ldots \oplus \tilde{\tilde{e}}_{-in} \right) \tag{4.66}$$

Eşitlik (4.65) ve (4.66)'da; $\tilde{\tilde{e}}_{+ij}$ ve $\tilde{\tilde{e}}_{-ij}$ sırasıyla, fayda ve maliyet kriterleri için ağırlıklı normalize edilmiş değerlerdir.

Adım 5: $\tilde{\tilde{S}}_{+i}$ ve $\tilde{\tilde{S}}_{-i}$ $(1 \le i \le m)$ için sıralama değerleri Ghorabaee ve ark. (2014) tarafından önerilen sıralama yöntemi kullanılarak belirlenir.

Adım 6: Alternatiflerin göreceli önem dereceleri (Q_i) hesaplanır.

$$Q_i = Rank\left(\tilde{\tilde{S}}_{+i} \right) + \frac{Rank_{\min}\left(\tilde{\tilde{S}}_{-i} \right) \sum_{i=1}^{n} Rank\left(\tilde{\tilde{S}}_{-i} \right)}{Rank\left(\tilde{\tilde{S}}_{-i} \right) \sum_{i=1}^{n} \left(Rank_{\min}\left(\tilde{\tilde{S}}_{-i} \right) / Rank\left(\tilde{\tilde{S}}_{-i} \right) \right)} \tag{4.67}$$

Eşitlik (4.67)'da; $Rank_{\min}\left(\tilde{\tilde{S}}_{-i} \right)$ değeri en küçük $Rank\left(\tilde{\tilde{S}}_{-i} \right)$ değerini gösterir. Eşitlik (4.67),

$$Q_i = Rank\left(\tilde{\tilde{S}}_{+i} \right) + \frac{\sum_{i=1}^{n} Rank\left(\tilde{\tilde{S}}_{-i} \right)}{Rank\left(\tilde{\tilde{S}}_{-i} \right) \sum_{i=1}^{n} \left(1 / Rank\left(\tilde{\tilde{S}}_{-i} \right) \right)} \tag{4.68}$$

biçiminde de yazılabilir.

Adım 7: Önem derecesi en etkili olan alternatif ile diğer alternatiflerin kısmi önem dereceleri karşılaştırılarak, nicel önem değerleri (U_i) hesaplanır.

$$U_i = \left(\frac{Q_i}{Q_{\max}} \right) \times 100 \tag{4.69}$$

Eşitlik (4.69)'da; $Q_{\max}$ en büyük kısmi önem değerini göstermektedir. En büyük U_i değerine sahip alternatif, en iyi alternatif olarak belirlenir (Ghorabaee ve ark., 2014).

5. UYGULAMA

Bu bölümde Avrupa Yaşam ve Çalışma Koşullarını Geliştirme Kurumu (Eurofound) tarafından yürütülen "2012 Avrupa Yaşam Kalitesi" anketi verileri kullanılmıştır. Eurofound, görevi sosyal ve çalışma ile ilgili politikalar alanında bilgi sağlamak olan üç taraflı bir Avrupa Birliği organıdır. Her dört yılda bir gerçekleştirdikleri "Avrupa Yaşam Kalitesi" anketi ile hem Avrupalı vatandaşların hayatlarına dair objektif koşulları hem de vatandaşların bu koşullar ve genel olarak yaşamları hakkında ne hissettiklerini incelemektedir. Ankette; istihdam, gelir, eğitim, konut, aile, sağlık ve iş-yaşam dengesi gibi konular ele alınmaktadır. Ayrıca insanların mutluluk seviyeleri, yaşamlarından ne derece memnun oldukları ve yaşadıkları toplumlarının kalitesini ne şekilde algıladıkları gibi subjektif konular da değerlendirilmektedir (Eurofound, 2016).

2012 Avrupa Yaşam Kalitesi verileri kullanılarak Çizelge 5.1'de gösterilen 34 ülkenin yaşam kalitesi açısından sıralaması Çizelge 5.2'de verilen kriterler göz önüne alınarak T2BAHP, T2BTOPSIS, T2BVIKOR ve T2BCOPRAS yöntemleri uygulanarak yapılmıştır.

Çizelge 5.1. Ülke Adları ve Kodları

Sıra No	Ülke Adı	Ülke Kodu
1	İzlanda	IS
2	Karadağ	ME
3	Makedonya	MK
4	Sırbistan	RS
5	Türkiye	TR
6	Kosova	XK
7	Avusturya	AT
8	Belçika	BE
9	Bulgaristan	BG
10	Kıbrıs	CY
11	Çek Cumhuriyeti	CZ
12	Almanya	DE
13	Danimarka	DK
14	Estonya	EE
15	Yunanistan	EL
16	İspanya	ES
17	Finlandiya	FI
18	Fransa	FR
19	Hırvatistan	HR
20	Macaristan	HU
21	İrlanda	IE
22	İtalya	IT
23	Litvanya	LT
24	Lüksemburg	LU
25	Letonya	LV
26	Malta	MT
27	Hollanda	NL
28	Polonya	PL
29	Portekiz	PT
30	Romanya	RO
31	İsveç	SE
32	Slovenya	SI
33	Slovakya	SK
34	Birleşik Krallık	UK

Çizelge 5.2. Avrupa Yaşam Kalitesi Çalışmasında Ele Alınan Kriterler ve Alt kriterler

Kriterler	Alt Kriterler
İstihdam ve İş-Yaşam Dengesi	K1.İşten eve ev işlerini yapamayacak kadar yorgun gelme
	K2.İşte harcadığınız zamandan dolayı ailevi sorumlukları yerine getirememe
	K3.Aile sorumluluklarımdan dolayı işte konsantre olamama
	K4.Gelecek 6 ay içinde işini kaybetme durumu
	K5.Eğer işini kaybedersen, benzer maaşlı bir iş bulma ihtimali
Aile ve Sosyal Yaşam	K6.Hane dışında yaşayan çocuklarla yüz yüze görüşme
	K7.Hane dışında yaşayan anne veya baba ile yüz yüze görüşme
	K8.Hane dışında yaşayan akrabalarla yüz yüze görüşme
	K9.Arkadaşlar ve komşularla yüz yüze iletişim kurma
	K10.Hane dışında yaşayan çocuklarla telefon, internet veya posta yoluyla görüşme
	K11.Hane dışında yaşayan anne-baba ile telefon, internet veya posta yoluyla görüşme
	K12.Hane dışında yaşayan akrabalarla telefon, internet veya posta yoluyla görüşme
	K13.Arkadaşlar ve komşularla telefon, internet veya posta yoluyla görüşme
Sağlık	K14.Sağlık durumu
	K15.Gergin hissetme durumu
	K16.Yalnız hissetme durumu
	K17.Moral bozukluğu ve üzgün hissetme durumu
Sosyal dışlanma ve Topluluğa Katılım	K18.Düğün, cenaze, vaftiz törenleri dışında diğer dini etkinliklere katılım katılma
	K19.İş dışında internet kullanımı
	K20.Spor veya fiziksel aktivite yapma
	K21.Toplum dışlanmış hissetme
	K22.Yaşamın çok karmaşık olduğu düşüncesi
	K23.İş statüsünden ve gelirden dolayı aşağılandığını düşünme
	K24.Yaşadığı bölgedeki insanlara yakın hissetme
Hayat ve Yoksulluk Standarttı	K25.Ülkedeki diğer insanlarla karşılaştırdığında finansal durum
	K26.Ev giderlerini karşılamakta zorlanma
Subjektif Refah	K27.Gelecek hakkında iyimser olma
	K28.Yaptıklarının değerli olduğunu hissetme
	K29.Nasıl yaşayacağına karar vermede özgür olduğunu hissetme
	K30.Günlük yaşantıda, hobiler için vaktin olması

Çizelge 5.2'de yer alan kriterlerden K5, K6, K7, K8, K9, K10, K11, K12, K13, K14, K18, K19, K20, K24, K25, K27, K28, K29 ve K30 fayda kriteri olarak, diğer kriterler ise maliyet kriteri olarak belirlenmiştir.

Çalışmada ele alınan kriterlerin önem ağırlıklarının belirlenmesi için kullanılan dilsel değişkenler ve yamuksal Aralık Tip-2 bulanık sayı karşılıkları Çizelge 5.3'te, değerlendirmeler için kullanılan dilsel değişkenler ve bunların yamuksal Aralık Tip-2 bulanık karşılıkları ise Çizelge 5.4'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.3. Kriterlerin önem ağırlıkları için kullanılan dilsel değişkenler ve yamuksal Aralık Tip-2 bulanık sayı karşılıkları (Kahraman ve ark.,2014)

Sözel ifade	**Yamuksal Aralık Tip-2 bulanık sayı karşılıkları**
Eşit Derecede Önemli (E)	((1,1,1,1;1,1) (1,1,1,1;1,1))
Orta Derecede Önemli(O)	((1,2,4,5;1,1) (1.2,2.2,3.8,4.8;0.8,0.8))
Kuvvetli Derecede Önemli(K)	((3,4,6,7;1,1) (3.2,4.2,5.8,5.8;0.8,0.8))
Çok Kuvvetli Derecede Önemli(ÇK)	((5,6,8,9;1,1) (5.2,6.2,7.8,8.8;0.8,0.8))
Aşırı Derecede Önemli(A)	((7,8,9,9;1,1) (7.2,8.2,8.9,9;0.8,0.8))

Çizelge 5.4. Değerlendirmeler için kullanılan dilsel değişkenler ve yamuksal Aralık Tip-2 bulanık sayı karşılıkları (Abdullah ve Najib,2014)

Sözel ifade	**Yamuksal Aralık Tip-2 bulanık sayı karşılıkları**
Çok Düşük(ÇD)	((0,0.1,0.1,0.1;1;1) (0,0.1,0.1,0.05;0.9;0.9))
Düşük(D)	((0.2,0.3,0.3,0.4;1;1) (0.25,0.3,0.3,0.35;0.9;0.9))
Orta(O)	((0.4,0.5,0.5,0.6;1;1) (0.45,0.5,0.5,0.55;0.9;0.9))
Yüksek(Y)	((0.6,0.7,0.7,0.8;1;1) (0.65,0.7,0.7,0.75;0.9;0.9))
Çok Yüksek(ÇY)	((0.8,0.9,0.9,1;1;1) (0.85,0.9,0.9,0.95;0.9;0.9))

5.1. Tip-2 Bulanık Kümelere Dayalı AHP Yöntemi İle Kriter Ağırlıklarının Hesaplanması

Tip-2 bulanık kümelere dayalı ÇKKV yöntemlerinden AHP yöntemi kullanılarak Çizelge 5.2'de verilen kriterlerin önem ağırlıklarının hesaplanmasında uygulanan adımlar şunlardır:

Adım 1: Her bir kriter için Çizelge 5.3'te verilen dilsel değişkenler kullanılarak ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmuş ve Çizelge 5.5'te verilmiştir.

Adım 2: İkili karşılaştırma matrisinin tutarlılığı incelenir. Bunun için, öncelikle ikili karşılaştırma matrisindeki dilsel değişkenlerin yerine Çizelge 5.3'te verilen Tip-2 bulanık sayı karşılıkları ele alınmıştır. Daha sonra, bu bulanık sayılar Eşitlik (4.5) yardımıyla durulaştırılarak kesin değerlere dönüştürülmüş ve tutarlılık oranı (CR)

hesaplanmıştır. Tutarlılık oranı (CR)=0.056 <0.10 olduğundan ikili karşılaştırma matrisinin tutarlı olduğu sonucuna varılmıştır. Tutarlılık oranı hesaplamaları EK-1'de verilmiştir.

Çizelge 5.5'te verilen ikili karşılaştırma matrisindeki K1 ve K2 kriterlerine ilişkin dilsel değerlendirmelerin Aralık Tip-2 bulanık sayı karşılıkları örnek olarak aşağıda verilmiştir.

K1 ve K2 kriterlerine ilişkin bulanık ikili karşılaştırma değerleri

	K1	**K2**	**…**
K1	((1,1,1,1;1,1) (1,1,1,1;1,1))	((0.2,0.25,5,1;1,1) (0.2,0.26,0.45,0.83;1,1))	…
K2	((1,2,4,5;1,1) (1.2,2.2,3.8,4.8;0.8,0.8))	((1,1,1,1;1,1) (1,1,1,1;1,1))	…
…	…	…	…

<u>Adım 3</u>: Tip-2 bulanık ikili karşılaştırma matrisinin her bir satırı için geometrik ortalama hesaplanarak bulanık ağırlıklar elde edilmiştir. Tüm kriterler için Eşitlik (4.6) ve Eşitlik (4.7) kullanılarak elde edilen Tip-2 bulanık ağırlıklar Çizelge 5.6'da verilmiştir.

Örneğin K1 kriteri için geometrik ortalama,

$$\tilde{r}_1 = [((1,1,1,1;1,1)\ (\ 1,1,1,1;1,1)) \otimes ((0.2,0.25,5,1;1,1)\ (0.2,0.26,0.45,0.83;1,1)) \otimes \ldots \otimes ((0.2,0.25,5,1;1,1)\ (0.2,0.26,0.45,0.83;1,1))]^{1/30}$$
$$= ((0.412,0.469,0.635,0.810;1,1)\ (0.417,0.479,0.612,0.763;0.8,0.8))$$

biçiminde elde edilmiş ve K1 kriterinin bulanık ağırlığı

$$\tilde{w}_1 = ((23.366,29.939,43.329,53.121;1,1)\ (24.596,31.180,41.694,50.690;0.8,0.8)) \otimes [((0.412,0.469,0.635,0.810;1,1)\ (0.417,0.479,0.612,0.763;0.8,0.8)) \otimes \ldots \otimes ((0.483,0.538,0.701,0.857;1,1)\ (0.488,0.550,0.677,0.815;0.8,0.8))]^{-1}$$
$$= ((0.008,0.011,0.021,0.035;1,1)\ (0.008,0.012,0.020,0.031;0.8,0.8))$$

olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 5.5. Dilsel değişkenler kullanılarak kriterler için oluşturulan ikili karşılaştırma matrisi ($\tilde{\tilde{A}}$)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18	K19	K20	K21	K22	K23	K24	K25	K26	K27	K28	K29	K30
K1	E	1/O	E	1/ÇK	1/ÇK	1/O	E	E	E	1/O	E	E	E	1/A	1/O	1/O	1/O	O	ÇK	1/K	1/ÇK	E	1/ÇK	E	1/K	1/K	E	O	E	1/O
K2	O	E	O	1/K	1/K	E	O	O	O	E	O	O	O	1/A	E	E	E	K	ÇK	O	1/K	E	1/K	O	1/O	1/O	O	O	O	O
K3	E	1/O	E	1/ÇK	1/ÇK	E	E	O	O	E	E	O	O	1/A	E	E	E	O	ÇK	O	1/O	E	1/K	O	1/O	1/O	E	O	O	E
K4	ÇK	K	ÇK	E	E	O	O	K	K	O	O	K	K	1/A	K	K	K	K	A	K	E	K	E	K	E	E	K	K	O	K
K5	ÇK	K	ÇK	E	E	E	O	K	K	E	O	K	K	1/A	K	K	K	K	A	K	E	K	E	K	E	E	K	K	O	K
K6	O	E	E	1/O	E	E	O	K	K	K	K	ÇK	ÇK	1/A	E	E	E	K	ÇK	O	1/O	K	1/O	O	E	E	O	O	O	K
K7	E	1/O	E	1/O	1/O	1/O	E	O	O	E	O	K	K	1/A	E	E	E	K	ÇK	O	1/K	O	1/O	O	1/O	1/O	O	E	O	O
K8	E	1/O	1/O	1/K	1/K	1/K	1/O	E	E	1/O	1/O	O	O	1/A	1/O	1/O	1/O	E	ÇK	E	1/K	E	1/K	E	1/O	1/O	E	1/O	1/O	E
K9	E	1/O	1/O	1/K	1/K	1/K	1/O	E	E	1/O	1/O	O	O	1/A	1/O	1/O	1/O	E	ÇK	E	1/K	E	1/K	E	1/O	1/O	E	1/O	1/O	E
K10	O	E	E	1/O	E	1/K	E	O	O	E	O	K	K	1/A	E	E	E	K	ÇK	O	1/O	K	1/O	O	E	E	O	O	O	K
K11	E	1/O	E	1/O	1/O	1/K	1/O	O	O	1/O	E	O	O	1/A	E	E	E	K	ÇK	O	1/K	O	1/O	O	1/O	1/O	O	E	O	O
K12	E	1/O	1/O	1/K	1/K	1/ÇK	1/K	1/O	1/O	1/K	1/O	E	E	1/A	1/O	1/O	1/O	E	ÇK	E	1/K	E	1/K	E	1/O	1/O	E	1/O	1/O	E
K13	E	1/O	1/O	1/K	1/K	1/ÇK	1/K	1/O	1/O	1/K	1/O	E	E	1/A	1/O	1/O	1/O	E	ÇK	E	1/K	E	1/K	E	1/O	1/O	E	1/O	1/O	E
K14	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	E	ÇK	ÇK	ÇK	A	A	ÇK	K	ÇK	K	ÇK	K	K	K	K	ÇK	ÇK
K15	O	E	E	1/K	1/K	E	E	O	O	E	E	O	O	1/ÇK	E	E	E	K	ÇK	O	E	O	1/O	K	E	E	O	E	O	E
K16	O	E	E	1/K	1/K	E	E	O	O	E	E	O	O	1/ÇK	E	E	E	K	ÇK	O	E	O	1/O	K	E	E	O	E	O	E
K17	O	E	E	1/K	1/K	E	E	O	O	E	E	O	O	1/ÇK	E	E	E	K	ÇK	O	E	O	1/O	K	E	E	O	E	O	E
K18	1/O	1/K	1/O	1/K	1/K	1/K	1/K	E	E	1/K	1/K	E	E	1/A	1/K	1/K	1/K	E	ÇK	E	1/ÇK	1/O	1/K	E	1/K	1/K	E	1/O	1/O	E
K19	1/ÇK	1/ÇK	1/ÇK	1/A	1/A	1/ÇK	1/ÇK	1/ÇK	1/ÇK	1/ÇK	1/ÇK	1/ÇK	1/ÇK	1/A	1/ÇK	1/ÇK	1/ÇK	1/ÇK	E	1/K	1/ÇK	1/K	1/A	1/K	1/ÇK	1/ÇK	1/ÇK	1/ÇK	1/ÇK	1/ÇK
K20	K	1/O	1/O	1/K	1/K	1/O	1/O	E	E	1/O	1/O	E	E	1/ÇK	1/O	1/O	1/O	E	K	E	1/ÇK	1/O	1/ÇK	1/O	1/K	1/K	1/O	1/O	1/O	E
K21	ÇK	K	O	E	E	O	K	K	K	O	K	K	K	1/K	E	E	E	ÇK	ÇK	ÇK	E	ÇK	E	ÇK	K	K	K	K	K	ÇK
K22	E	E	E	1/K	1/K	1/K	1/O	E	E	1/K	1/O	E	E	1/ÇK	1/O	1/O	1/O	O	K	O	1/ÇK	E	1/K	E	1/K	1/K	E	E	E	E
K23	ÇK	K	K	E	E	O	O	K	K	O	O	K	K	1/K	O	O	O	K	A	ÇK	E	K	E	ÇK	K	K	K	K	K	ÇK
K24	E	1/O	1/O	1/K	1/K	1/O	1/O	E	E	1/O	1/O	E	E	1/ÇK	1/K	1/K	1/K	E	K	O	1/ÇK	E	1/ÇK	E	1/K	1/K	E	E	E	E
K25	K	O	O	E	E	E	O	O	O	E	O	O	O	1/K	E	E	E	K	ÇK	K	1/K	K	1/K	K	E	E	O	O	O	K
K26	K	O	O	E	E	E	O	O	O	E	O	O	O	1/K	E	E	E	K	ÇK	K	1/K	K	1/K	K	E	E	O	O	O	K
K27	E	1/O	E	1/K	1/K	1/O	1/O	E	E	1/O	1/O	E	E	1/K	1/O	1/O	1/O	E	ÇK	O	1/K	E	1/K	E	1/O	1/O	E	E	E	O
K28	1/O	1/O	1/O	1/K	1/K	1/O	E	O	O	1/O	E	O	O	1/K	E	E	E	O	ÇK	O	1/K	E	1/K	E	1/O	1/O	E	E	E	E
K29	E	1/O	1/O	1/O	1/O	1/O	1/O	O	O	1/O	1/O	O	O	1/ÇK	1/O	1/O	1/O	O	ÇK	O	1/K	E	1/K	E	1/O	1/O	E	E	E	O
K30	O	1/O	E	1/K	1/K	1/K	1/O	E	E	1/K	1/O	E	E	1/ÇK	E	E	E	E	ÇK	E	1/ÇK	E	1/ÇK	E	1/K	1/K	1/O	E	1/O	E

Çizelge 5.6. Tip-2 bulanık kümelere dayalı AHP yönteminden elde edilen bulanık kriter ağırlıkları ($\tilde{w}_j$)

Kriterler	Bulanık Kriter Ağırlıkları
K1	((0.008,0.011,0.021,0.035;1,1) (0.008,0.012,0.020,0.031;0.8,0.8))
K2	((0.013,0.024,0.054,0.084;1,1) (0.015,0.026,0.049,0.077;0.8,0.8))
K3	((0.012,0.019,0.039,0.061;1,1) (0.013,0.021,0.036,0.055,0.8,0.8))
K4	((0.032,0.052,0.108,0.161;1,1) (0.036,0.056,0.100,0.148,0.8;0.8))
K5	((0.032,0.049,0.098,0.144;1,1) (0.035,0.053,0.092,0.133;0.8,0.8))
K6	((0.023,0.036,0.075,0.114;1,1) (0.025,0.039,0.070,0.105,0.8,0.8))
K7	((0.013,0.022,0.049,0.082;1,1) (0.015,0.024,0.045,0.073,0.8,0.8))
K8	((0.007,0.010,0.022,0.040;1,1) (0.007,0.011,0.020,0.035;0.8,0.8))
K9	((0.007,0.010,0.022,0.040;1,1) (0.007,0.011,0.020,0.035;0.8,0.8))
K10	((0.018,0.029,0.061,0.093;1,1) (0.020,0.031,0.056,0.085;0.8,0.8))
K11	((0.011,0.018,0.043,0.073;1,1) (0.012,0.020,0.039,0.065;0.8,0.8))
K12	((0.007,0.009,0.020,0.036;1,1) (0.007,0.010,0.018,0.032;0.8,0.8))
K13	((0.007,0.009,0.020,0.036;1,1) (0.007,0.010,0.018,0.032;0.8,0.8))
K14	((0.023,0.035,0.079,0.141;1,1) (0.025,0.037,0.071,0.123;0.8,0.8))
K15	((0.017,0.026,0.051,0.075;1,1) (0.018,0.028,0.048,0.069;0.8,0.8))
K16	((0.017,0.026,0.051,0.075;1,1) (0.018,0.028,0.048,0.069;0.8,0.8))
K17	((0.017,0.026,0.051,0.075;1,1) (0.018,0.028,0.048,0.069;0.8,0.8))
K18	((0.007,0.009,0.019,0.031;1,1) (0.007,0.010,0.017,0.028;0.8,0.8))
K19	((0.002,0.003,0.006,0.009;1,1) (0.002,0.003,0.005,0.008;0.8,0.8))
K20	((0.006,0.008,0.019,0.036;1,1) (0.006,0.009,0.017,0.031;0.8,0.8))
K21	((0.040,0.062,0.122,0.176;1,1) (0.044,0.066,0.114,0.164;0.8,0.8))
K22	((0.009,0.013,0.025,0.039;1,1) (0.010,0.014,0.023,0.035;0.8,0.8))
K23	((0.032,0.053,0.115,0.177;1,1) (0.035,0.057,0.107,0.162;0.8,0.8))
K24	((0.007,0.010,0.019,0.032;1,1) (0.008,0.011,0.018,0.028;0.8,0.8))
K25	((0.020,0.034,0.073,0.108;1,1) (0.023,0.038,0.068,0.100;0.8,0.8))
K26	((0.020,0.035,0.074,0.110;1,1) (0.023,0.038,0.069,0.101;0.8,0.8))
K27	((0.008,0.012,0.025,0.043;1,1) (0.009,0.013,0.023,0.038;0.8,0.8))
K28	((0.010,0.015,0.032,0.053;1,1) (0.011,0.016,0.029,0.047;0.8,0.8))
K29	((0.008,0.013,0.031,0.059;1,1) (0.009,0.014,0.028,0.051;0.8,0.8))
K30	((0.009,0.012,0.023,0.037;1,1) (0.010,0.013,0.022,0.033;0.8,0.8))

5.2. Tip-2 Bulanık Kümelere Dayalı TOPSIS Yöntemi ile Sıralama

Adım 1: Avrupa Yaşam Kalitesi Araştırması 2012 verilerinden alınan dilsel değerlendirmeler ve Çizelge 5.4'de verilen Tip-2 bulanık karşılıkları göz önüne alınarak bulanık karar matrisi oluşturulmuştur. Kriterlerin önem ağırlığı olarak Tip-2 bulanık kümelere dayalı AHP yöntemi ile hesaplanan ve Çizelge 5.6'da verilen ağırlıklar kullanılmıştır. Örnek olarak, Ülkelerin K1 kriterine göre değerlendirmeleri ve Tip-2 bulanık sayı karşılıkları ($\tilde{\tilde{x}}_{i1}$), Çizelge 5.7'de verilmiştir.

Çizelge 5.7'de; İzlanda (IS)'nın K1 kriteri açısından değerlendirilmesinde, karar vericilerin %17.1'i "Çok Düşük (ÇD)", %14.4'ü "Düşük (D)", %17.2'si "Orta (O)", %36.3'ü "Yüksek (Y)" ve %14.9'u "Çok Yüksek (ÇY)" değerlendirmesini yapmıştır. Tüm karar vericilerin değerlendirmelerinin aritmetik ortalaması alınarak İzlanda (IS)'nın K1 kriteri açısından bulanık değerlendirilme derecesi ($\tilde{\tilde{x}}_{11}$),

$$
\begin{aligned}
\tilde{\tilde{x}}_{11} = (&((17.1\times 0+14.4\times 0.2+17.2\times 0.4+36.3\times 0.6+14.9\times 0.8)/(17.1+14.4+17.2+36.3+14.9),\\
&(17.1\times 0.1+14.4\times 0.3+17.2\times 0.5+36.3\times 0.7+14.9\times 0.9)/(17.1+14.4+17.2+36.3+14.9),\\
&(17.1\times 0.1+14.4\times 0.3+17.2\times 0.5+36.3\times 0.7+14.9\times 0.9)/(17.1+14.4+17.2+36.3+14.9),\\
&(17.1\times 0.1+14.4\times 0.4+17.2\times 0.6+36.3\times 0.8+14.9\times 1)/(17.1+14.4+17.2+36.3+14.9);\\
&\min(1,1,1,1,1),\min(1,1,1,1,1))\\
&((17.1\times 0+14.4\times 0.25+17.2\times 0.45+36.3\times 0.65+14.9\times 0.85)/(17.1+14.4+17.2+36.3+14.9),\\
&(17.1\times 0.1+14.4\times 0.3+17.2\times 0.5+36.3\times 0.7+14.9\times 0.9)/(17.1+14.4+17.2+36.3+14.9),\\
&(17.1\times 0.1+14.4\times 0.3+17.2\times 0.5+36.3\times 0.7+14.9\times 0.9)/(17.1+14.4+17.2+36.3+14.9),\\
&(17.1\times 0.05+14.4\times 0.35+17.2\times 0.55+36.3\times 0.75+14.9\times 0.95)/(17.1+14.4+17.2+36.3+14.9);\\
&\min(0.9,0.9,0.9,0.9,0.9),\min(0.9,0.9,0.9,0.9,0.9)))\\
=&((0.435,0.535,0.535,0.618;1,1)(0.476,0.535,0.535,0.568;0.9,0.9))
\end{aligned}
$$

olarak elde edilmiştir.

Adım 2: Ağırlıklı bulanık karar matrisi ($\tilde{\tilde{D}}_w = [\tilde{\tilde{v}}_{ij}]_{m\times n}$), Eşitlik (4.22) kullanılarak bulanık karar matrisi ile kriter ağırlıklarının çarpılmasıyla oluşturulmuştur. Örnek olarak, K1 kriteri için ağırlıklı bulanık karar derecesi ($\tilde{\tilde{v}}_{i1}$) Çizelge 5.8'de verilmiştir. Çizelge 5.8'de; İzlanda (IS)'nın K1 kriterine göre ağırlığı ($\tilde{\tilde{v}}_{11}$),

$$\tilde{\tilde{v}}_{11} = ((0.435,0.535,0.535,0.618;1,1)\ (0.476,0.535,0.535,0.568;0.9,0.9))$$
$$\otimes ((0.008,0.011,0.021,0.035;1,1)\ (0.008,0.012,0.020,0.031;0.8,0.8))$$
$$=((0.003,0.006,0.011,0.021;1,1)\ (0.004,0.006,0.011,0.018;0.8,0.8))$$

olarak hesaplanmıştır.

Adım 3: Lee ve Chen (2008) tarafından önerilen sıralama yöntemi kullanılarak $\tilde{\tilde{v}}_{ij}$ 'lerin sıra değerleri hesaplanmış ve sıralanmış ağırlıklı karar matrisi ($\bar{D}_w^*$) oluşturulmuştur. Örneğin, K1 kriteri için sıra değerleri ($\text{Rank}(\tilde{\tilde{v}}_{i1})$) Çizelge 5.8'de verilmiştir.

Adım 4: Pozitif ideal çözüm $A^+ = \left(v_1^+, v_2^+, ..., v_{30}^+\right)$

$$A^+ = \left(v_1^+, v_2^+, ..., v_{30}^+\right) = (3.642,3.667,3.634,3.689,3.866,3.866,3.759,3.668,3.680,3.814,$$
$$3.738,3.666,3.668,3.844,3.659,3.637,3.639,3.644,3.621,3.656,$$
$$3.696,3.625,3.699,3.663,3.777,3.721,3.680,3.709,3.703,3.659)$$

ve negatif ideal çözüm $A^- = \left(v_1^-, v_2^-, ..., v_{30}^-\right)$

$$A^- = \left(v_1^-, v_2^-, ..., v_{30}^-\right) = (3.666,3.730,3.679,3.812,3.717,3.798,3.704,3.642,3.652,3.724,$$
$$3.666,3.639,3.643,3.786,3.730,3.685,3.707,3.616,3.609,3.617,$$
$$3.808,3.668,3.821,3.651,3.732,3.835,3.642,3.677,3.667,3.640)$$

olarak belirlenmiştir. Burada; v_1^+ ve v_1^- değerleri, Eşitlik (4.24) ve Eşitlik (4.25)'ten

$$v_1^+ = \min_{1\le i\le 34}\{Rank(\tilde{\tilde{v}}_{ij})\} = \min\{3.650,3.662,3.661,3.666,3.665,3.657,3.648,3.649,3.659,$$
$$3.666,3.656,3.649,3.646,3.658,3.664,3.661,3.650,3.654,$$
$$3.663,3.655,3.653,3.648,3.647,3.653,3.662,3.662,3.642,$$
$$3.656,3.650,3.657,3.653,3.653,3.649,3.655\}$$
$$= 3.642$$

$$v_1^- = \max_{1\le i\le 34}\{Rank(\tilde{\tilde{v}}_{ij})\} = \max\{3.650,3.662,3.661,3.666,3.665,3.657,3.648,3.649,3.659,$$
$$3.666,3.656,3.649,3.646,3.658,3.664,3.661,3.650,3.654,$$
$$3.663,3.655,3.653,3.648,3.647,3.653,3.662,3.662,3.642,$$
$$3.656,3.650,3.657,3.653,3.653,3.649,3.655\}$$
$$= 3.666$$

olarak elde edilmiştir.

Adım 5: Her bir ülke ile pozitif ideal çözüm değerleri arasındaki uzaklık (d_i^+) ve negatif ideal çözüm değerleri arasındaki uzaklık (d_i^-), Eşitlik (4.26) ve Eşitlik (4.27)'den hesaplanmış ve Çizelge 5.9'da verilmiştir.

Örneğin, İzlanda (IS) için d_1^+ ve d_1^- uzaklıkları,

$$d_1^+ = \sqrt{\sum_{i=1}^{m}(Rank(\tilde{\tilde{v}}_{ij}) - v_1^+)^2}$$
$$= \sqrt{(3.6500-3.642)^2 + ... + (3.640-3.642)^2}$$
$$= 0.0936$$

$$d_1^- = \sqrt{\sum_{i=1}^{34}(Rank(\tilde{\tilde{v}}_{ij}) - x_1^-)^2}$$
$$= \sqrt{(3.6500-3.666)^2 + ... + (3.640-3.666)^2}$$
$$= 0.3000$$

biçiminde hesaplanmıştır.

Adım 6: Her bir ülke için yakınlık katsayısı (CC_i), Eşitlik (4.28)'den hesaplanarak Çizelge 5.9'da verilmiştir.

Örneğin, İzlanda (IS) için yakınlık katsayısı,

$$CC_1 = \frac{d_1^-}{d_1^+ + d_1^-} = \frac{0.3000}{0.0936 + 0.3000} = 0.7622$$

şeklinde hesaplanmıştır.

Adım 7: Yakınlık katsayısı **(**CC_i)'nin değerleri azalan şekilde sıralanmış ve en büyük CC_i değerine sahip ülke olan İzlanda (IS) yaşam kalitesi açısından en iyi ülke olarak belirlenmiştir (Çizelge 5.9).

Çizelge 5.7. Ülkelerin karar vericiler tarafından K1 kriterine göre değerlendirilmesi ve Tip-2 bulanık değerlendirme dereceleri ($\tilde{\tilde{x}}_{i1}$)

Ülke Kodu	Cevap	%	Cevap	%	Cevap	%	Cevap	%	Cevap	%	Tip-2 bulanık değerlendirme dereceleri ($\tilde{\tilde{x}}_{i1}$)
IS	ÇD	17.1	D	14.4	O	17.2	Y	36.3	ÇY	14.9	((0.435,0.535,0.535,0.618;1,1) (0.476,0.535,0.535,0.568;0.9,0.9))
ME	ÇD	1.9	D	17.1	O	9.2	Y	42.6	ÇY	29.3	((0.560,0.660,0.660,0.759;1,1) (0.609,0.660,0.660,0.709;0.9,0.9))
MK	ÇD	3.6	D	16.5	O	11	Y	36.4	ÇY	32.5	((0.555,0.655,0.655,0.752;1,1) (0.604,0.655,0.655,0.702;0.9,0.9))
RS	ÇD	3.6	D	8.2	O	9.4	Y	37.7	ÇY	41.1	((0.609,0.709,0.709,0.805;1,1) (0.657,0.709,0.709,0.755;0.9,0.9))
TR	ÇD	3.8	D	12.1	O	10.7	Y	30.1	ÇY	43.2	((0.594,0.694,0.694,0.790;1,1) (0.642,0.694,0.694,0.740;0.9,0.9))
XK	ÇD	6.8	D	20	O	13.8	Y	33.1	ÇY	26.3	((0.504,0.604,0.604,0.697;1,1) (0.551,0.604,0.604,0.647;0.9,0.9))
AT	ÇD	12.1	D	25.1	O	18.1	Y	32.4	ÇY	12.3	((0.415,0.515,0.515,0.603;1,1) (0.459,0.515,0.515,0.553;0.9,0.9))
BE	ÇD	18.4	D	21.5	O	11.6	Y	28.7	ÇY	19.8	((0.420,0.520,0.520,0.602;1,1) (0.461,0.520,0.520,0.552;0.9,0.9))
BG	ÇD	7.2	D	18.5	O	8.6	Y	31	ÇY	34.7	((0.535,0.635,0.635,0.728;1,1) (0.581,0.635,0.635,0.678;0.9,0.9))
CY	ÇD	9.5	D	8.7	O	7.1	Y	19.1	ÇY	55.5	((0.605,0.705,0.705,0.795;1,1) (0.650,0.705,0.705,0.745;0.9,0.9))
CZ	ÇD	6.3	D	16.1	O	18	Y	39.3	ÇY	20.3	((0.502,0.602,0.602,0.696;1,1) (0.549,0.602,0.602,0.646;0.9,0.9))
DE	ÇD	12.8	D	25.2	O	15.4	Y	30.5	ÇY	16.1	((0.424,0.524,0.524,0.611;1,1) (0.467,0.524,0.524,0.561;0.9,0.9))
DK	ÇD	17.3	D	26.5	O	14.3	Y	28.6	ÇY	13.4	((0.389,0.489,0.489,0.571;1,1) (0.430,0.489,0.489,0.521;0.9,0.9))
EE	ÇD	9.4	D	21.2	O	5.5	Y	29.6	ÇY	34.3	((0.516,0.616,0.616,0.707;1,1) (0.562,0.616,0.616,0.657;0.9,0.9))
EL	ÇD	5.3	D	11.9	O	10.2	Y	33.6	ÇY	39	((0.578,0.678,0.678,0.773;1,1) (0.626,0.678,0.678,0.723;0.9,0.9))
ES	ÇD	10.3	D	14.5	O	6.6	Y	27.3	ÇY	41.3	((0.550,0.650,0.650,0.739;1,1) (0.594,0.650,0.650,0.689;0.9,0.9))
FI	ÇD	9.2	D	26.8	O	18.3	Y	30.3	ÇY	15.4	((0.432,0.532,0.532,0.623;1,1) (0.477,0.532,0.532,0.573;0.9,0.9))
FR	ÇD	15	D	14.5	O	14.6	Y	27.3	ÇY	28.6	((0.480,0.580,0.580,0.665;1,1) (0.523,0.580,0.580,0.615;0.9,0.9))
HR	ÇD	8.1	D	8.1	O	10.6	Y	34.9	ÇY	38.4	((0.575,0.675,0.675,0.767;1,1) (0.621,0.675,0.675,0.717;0.9,0.9))
HU	ÇD	7.7	D	22.8	O	10.7	Y	33.3	ÇY	25.5	((0.492,0.592,0.592,0.685;1,1) (0.538,0.592,0.592,0.635;0.9,0.9))
IE	ÇD	13.6	D	20.8	O	10.3	Y	30.2	ÇY	25.1	((0.465,0.565,0.565,0.651;1,1) (0.508,0.565,0.565,0.601;0.9,0.9))
IT	ÇD	13.1	D	26.9	O	23.1	Y	15	ÇY	21.8	((0.411,0.511,0.511,0.598;1,1) (0.454,0.511,0.511,0.548;0.9,0.9))
LT	ÇD	20.8	D	17.9	O	18.3	Y	24.8	ÇY	18.2	((0.403,0.503,0.503,0.583;1,1) (0.443,0.503,0.503,0.533;0.9,0.9))
LU	ÇD	11	D	22	O	16.7	Y	24.7	ÇY	25.5	((0.463,0.563,0.563,0.652;1,1) 0.508,0.563,0.563,0.602;0.9,0.9))
LV	ÇD	9.7	D	8.6	O	11.3	Y	33.2	ÇY	37.3	((0.559,0.659,0.659,0.750;1,1) (0.605,0.659,0.659,0.700;0.9,0.9))
MT	ÇD	6.1	D	18	O	11.9	Y	18.1	ÇY	45.9	((0.559,0.659,0.659,0.753;1,1) (0.606,0.659,0.659,0.703;0.9,0.9))
NL	ÇD	21.2	D	28.7	O	13.9	Y	24.3	ÇY	11.9	((0.354,0.454,0.454,0.533;1,1) (0.393,0.454,0.454,0.483;0.9,0.9))
PL	ÇD	10.8	D	11.2	O	16.7	Y	40.2	ÇY	21.1	((0.499,0.599,0.599,0.688;1,1) (0.544,0.599,0.599,0.638;0.9,0.9))
PT	ÇD	15.3	D	22.2	O	13.6	Y	24.9	ÇY	24	((0.440,0.540,0.540,0.625;1,1) (0.483,0.540,0.540,0.575;0.9,0.9))
RO	ÇD	8.6	D	21.9	O	8.8	Y	30.1	ÇY	30.6	((0.504,0.604,0.604,0.696;1,1) (0.550,0.604,0.604,0.646;0.9,0.9))
SE	ÇD	10.5	D	21	O	14.1	Y	32.4	ÇY	22.1	((0.469,0.569,0.569,0.659;1,1) (0.514,0.569,0.569,0.609;0.9,0.9))
SI	ÇD	7.8	D	22.6	O	21.5	Y	27.6	ÇY	20.6	((0.461,0.561,0.561,0.653;1,1) (0.507,0.561,0.561,0.603;0.9,0.9))
SK	ÇD	18.5	D	18.7	O	16.4	Y	26.6	ÇY	19.8	((0.421,0.521,0.521,0.603;1,1) (0.462,0.521,0.521,0.553;0.9,0.9))
UK	ÇD	15.6	D	16	O	8.9	Y	28.2	ÇY	31.3	((0.487,0.587,0.587,0.672;1,1) (0.529,0.587,0.587,0.622;0.9,0.9))

Çizelge 5.8. K1 kriteri için ağırlıklı bulanık karar değerleri ($\tilde{\tilde{v}}_{i1}$) ve sıralama değerleri (Rank($\tilde{\tilde{v}}_{i1}$))

Ülke Kodu	$\tilde{\tilde{v}}_{i1}$	Rank($\tilde{\tilde{v}}_{i1}$)
IS	((0.003,0.006,0.011,0.021;1,1) (0.004,0.006,0.011,0.018;0.8,0.8))	3.6500
ME	((0.004,0.007,0.014,0.026;1,1) (0.005,0.008,0.013,0.022;0.8,0.8))	3.6620
MK	((0.004,0.007,0.014,0.026;1,1) (0.005,0.008,0.013,0.022;0.8,0.8))	3.6614
RS	((0.005,0.008,0.015,0.028;1,1) (0.005,0.008,0.014,0.023;0.8,0.8))	3.6664
TR	((0.005,0.008,0.015,0.027;1,1) (0.005,0.008,0.014,0.023;0.8,0.8))	3.6650
XK	((0.004,0.007,0.013,0.024;1,1) (0.005,0.007,0.012,0.020;0.8,0.8))	3.6566
AT	((0.003,0.006,0.011,0.021;1,1) (0.004,0.006,0.010,0.017;0.8,0.8))	3.6482
BE	((0.003,0.006,0.011,0.021;1,1) (0.004,0.006,0.010,0.017;0.8,0.8))	3.6485
BG	((0.004,0.007,0.013,0.025;1,1) (0.005,0.007,0.012,0.021;0.8,0.8))	3.6595
CY	((0.005,0.008,0.015,0.028;1,1) (0.005,0.008,0.014,0.023;0.8,0.8))	3.6659
CZ	((0.004,0.007,0.013,0.024;1,1) (0.005,0.007,0.012,0.020;0.8,0.8))	3.6565
DE	((0.003,0.006,0.011,0.021;1,1) (0.004,0.006,0.010,0.017;0.8,0.8))	3.6490
DK	((0.003,0.005,0.010,0.020;1,1) (0.004,0.006,0.010,0.016;0.8,0.8))	3.6456
EE	((0.004,0.007,0.013,0.025;1,1) (0.005,0.007,0.012,0.020;0.8,0.8))	3.6577
EL	((0.004,0.007,0.014,0.027;1,1) (0.005,0.008,0.013,0.022;0.8,0.8))	3.6635
ES	((0.004,0.007,0.014,0.026;1,1) (0.005,0.007,0.013,0.021;0.8,0.8))	3.6608
FI	((0.003,0.006,0.011,0.022;1,1) (0.004,0.006,0.010,0.018;0.8,0.8))	3.6498
FR	((0.004,0.006,0.012,0.023;1,1) (0.004,0.007,0.011,0.019;0.8,0.8))	3.6542
HR	((0.004,0.007,0.014,0.027;1,1) (0.005,0.008,0.013,0.022;0.8,0.8))	3.6631
HU	((0.004,0.006,0.013,0.024;1,1) (0.004,0.007,0.012,0.020;0.8,0.8))	3.6555
IE	((0.004,0.006,0.012,0.023;1,1) (0.004,0.006,0.011,0.019;0.8,0.8))	3.6528
IT	((0.003,0.006,0.011,0.021;1,1) (0.004,0.006,0.010,0.017;0.8,0.8))	3.6478
LT	((0.003,0.005,0.011,0.020;1,1) (0.004,0.006,0.010,0.017;0.8,0.8))	3.6469
LU	((0.004,0.006,0.012,0.023;1,1) (0.004,0.006,0.011,0.019;0.8,0.8))	3.6527
LV	((0.004,0.007,0.014,0.026;1,1) (0.005,0.008,0.013,0.022;0.8,0.8))	3.6617
MT	((0.004,0.007,0.014,0.026;1,1) (0.005,0.008,0.013,0.022;0.8,0.8))	3.6618
NL	((0.003,0.005,0.010,0.018;1,1) (0.003,0.005,0.009,0.015;0.8,0.8))	3.6423
PL	((0.004,0.006,0.013,0.024;1,1) (0.004,0.007,0.012,0.020;0.8,0.8))	3.6561
PT	((0.003,0.006,0.011,0.022;1,1) (0.004,0.006,0.011,0.018;0.8,0.8))	3.6505
RO	((0.004,0.007,0.013,0.024;1,1) (0.005,0.007,0.012,0.020;0.8,0.8))	3.6566
SE	((0.004,0.006,0.012,0.023;1,1) (0.004,0.007,0.011,0.019;0.8,0.8))	3.6533
SI	((0.004,0.006,0.012,0.023;1,1) (0.004,0.006,0.011,0.019;0.8,0.8))	3.6526
SK	((0.003,0.006,0.011,0.021;1,1) (0.004,0.006,0.010,0.017;0.8,0.8))	3.6486
UK	((0.004,0.006,0.012,0.023;1,1) (0.004,0.007,0.012,0.019;0.8,0.8))	3.6549

Çizelge 5.9. Ülkeler için d_i^+, d_i^-, CC_i ve Tip-2 bulanık kümelere dayalı TOPSIS yöntemi ile sıralama

Ülke Kodu	d_i^+	d_i^-	CC_i	**Sıralama**
IS	0.0936	0.3000	0.7622	1
ME	0.1827	0.2218	0.5483	13
MK	0.2095	0.1848	0.4687	21
RS	0.2297	0.1721	0.4283	27
TR	0.2274	0.1704	0.4283	26
XK	0.2379	0.1734	0.4216	30
AT	0.1153	0.2783	0.7071	4
BE	0.1742	0.2194	0.5574	11
BG	0.2497	0.1501	0.3755	32
CY	0.2653	0.1813	0.4060	31
CZ	0.2200	0.1605	0.4218	29
DE	0.1436	0.2547	0.6395	7
DK	0.1148	0.3124	0.7312	2
EE	0.2304	0.1688	0.4229	28
EL	0.2862	0.1560	0.3529	34
ES	0.1914	0.1997	0.5105	17
FI	0.1244	0.2701	0.6846	5
FR	0.1694	0.2194	0.5643	10
HR	0.2171	0.1841	0.4588	22
HU	0.2029	0.1806	0.4710	20
IE	0.1788	0.2124	0.5428	14
IT	0.1737	0.2130	0.5508	12
LT	0.2203	0.1653	0.4287	25
LU	0.1509	0.2461	0.6200	8
LV	0.2409	0.1410	0.3691	33
MT	0.1848	0.2064	0.5276	16
NL	0.1328	0.2614	0.6632	6
PL	0.2069	0.1711	0.4527	24
PT	0.1976	0.1874	0.4868	19
RO	0.2083	0.1751	0.4568	23
SE	0.1238	0.3057	0.7118	3
SI	0.1601	0.2155	0.5737	9
SK	0.1956	0.1954	0.4998	18
UK	0.1767	0.2069	0.5394	15

5.3. Tip-2 Bulanık Kümelere Dayalı VIKOR Yöntemi ile Sıralama

Adım 1: Avrupa Yaşam Kalitesi Araştırması 2012 verilerinden alınan dilsel değerlendirmeler ve Çizelge 5.4'te verilen Tip-2 bulanık karşılıkları göz önüne alınarak bulanık karar matrisi oluşturulmuştur. Kriterlerin önem ağırlığı olarak Tip-2 bulanık AHP yöntemi ile hesaplanan ve Çizelge 5.6'da verilen ağırlıklar kullanılmıştır. Örnek olarak, Ülkelerin K1 kriterine göre değerlendirmeleri ve Tip-2 bulanık sayı karşılıkları ($\tilde{\tilde{x}}_{i1}$), Çizelge 5.7'de verilmiştir.

Adım 2: Tüm kriterler için ideal değerler ($\tilde{\tilde{X}}_j^*$) ve en düşük değerler ($\tilde{\tilde{X}}_j^o$), Eşitlik (4.40)-(4.41) ve Ghorabaee ve ark. (2014) tarafından önerilen sıralama yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. İdeal değerler ($\tilde{\tilde{X}}_j^*$) Çizelge 5.10'da, en düşük değerler ($\tilde{\tilde{X}}_j^o$) ise Çizelge 5.11'de verilmiştir. K1 kriteri için ideal değer ($\tilde{\tilde{X}}_1^*$) ve en düşük değer ($\tilde{\tilde{X}}_1^o$) hesaplamaları EK-2'de verilmiştir.

Adım 3: Normalize edilmiş bulanık farklar Eşitlik (4.42) ve Eşitlik (4.43)'den hesaplanmıştır. Örneğin K1 kriteri için hesaplanan bulanık farklar ($\tilde{\tilde{d}}_{i1}$), Çizelge 5.12'de verilmiştir.

Adım 4: Tüm ülkeler için $\tilde{\tilde{S}}_i$ ve $\tilde{\tilde{R}}_i$ değerleri Eşitlik (4.46) ve Eşitlik (4.47)'den hesaplanmış ve Çizelge 5.13 - Çizelge 5.14'te verilmiştir.

Adım 5: $\tilde{\tilde{S}}_i$ ve $\tilde{\tilde{R}}_i$ nin en iyi değerleri Eşitlik (4.48) ve Eşitlik (4.49) kullanılarak hesaplanmış ve Çizelge 5.13 - Çizelge 5.14'te verilmiştir.

Adım 6: Tüm ülkeler için Eşitlik (4.50)'den $\tilde{\tilde{Q}}_i$ değeri hesaplanmış ve Çizelge 5.15'te verilmiştir. Burada, grup fayda stratejisinin ağırlığı (v)=0.8 olarak alınmıştır.

Adım 7: $\tilde{\tilde{Q}}_i$ değerlerine göre ülkelerin sıralaması Çizelge 5.15'te verilmiştir. Burada en düşük $\tilde{\tilde{Q}}_i$ değerine sahip ülke olan İsveç (SE) yaşam kalitesi açısından en iyi ülke olarak belirlenmiştir.

Çizelge 5.10. Kriterlere ilişkin ideal değerler ($\tilde{X}_j^*$)

Kriterler	$\tilde{X}_j^*$
K1	((0.354,0.454,0.454,0.533;1,1) (0.393,0.454,0.454,0.483;0.9,0.9))
K2	((0.208,0.308,0.308,0.367;1,1) (0.237,0.308,0.308,0.317;0.9,0.9))
K3	((0.115,0.215,0.215,0.253;1,1) (0.134,0.215,0.215,0.203;0.9,0.9))
K4	((0.105,0.205,0.205,0.241;1,1) (0.123,0.205,0.205,0.191;0.9,0.9))
K5	((0.530,0.630,0.630,0.722;1,1) (0.576,0.630,0.630,0.672;0.9,0.9))
K6	((0.734,0.834,0.834,0.934;1,1) (0.784,0.834,0.834,0.884;0.9,0.9))
K7	((0.674,0.774,0.774,0.872;1,1) (0.723,0.774,0.774,0.822;0.9,0.9))
K8	((0.613,0.713,0.713,0.812;1,1) (0.662,0.713,0.713,0.762;0.9,0.9))
K9	((0.738,0.838,0.838,0.938;1,1) (0.788,0.838,0.838,0.888;0.9,0.9))
K10	((0.738,0.838,0.838,0.934;1,1) (0.786,0.838,0.838,0.884;0.9,0.9))
K11	((0.680,0.780,0.780,0.873;1,1) (0.726,0.780,0.780,0.823;0.9,0.9))
K12	((0.657,0.757,0.757,0.854;1,1) (0.705,0.757,0.757,0.804;0.9,0.9))
K13	((0.682,0.782,0.782,0.880;1,1) (0.731,0.782,0.782,0.830;0.9,0.9))
K14	((0.629,0.730,0.729,0.828;1,1) (0.679,0.729,0.729,0.778;0.9,0.9))
K15	((0.172,0.272,0.272,0.326;1,1) (0.199,0.272,0.272,0.276;0.9,0.9))
K16	((0.082,0.182,0.182,0.207;1,1) (0.094,0.182,0.182,0.157;0.9,0.9))
K17	((0.090,0.190,0.189,0.218;1,1) (0.103,0.189,0.189,0.168;0.9,0.9))
K18	((0.436,0.536,0.536,0.613;1,1) (0.474,0.536,0.536,0.563;0.9,0.9))
K19	((0.709,0.809,0.809,0.901;1,1) (0.755,0.809,0.809,0.851;0.9,0.9))
K20	((0.582,0.682,0.682,0.776;1,1) (0.629,0.682,0.682,0.726;0.9,0.9))
K21	((0.094,0.194,0.194,0.221;1,1) (0.107,0.194,0.194,0.171;0.9,0.9))
K22	((0.150,0.250,0.250,0.305;1,1) (0.177,0.250,0.250,0.255;0.9,0.9))
K23	((0.117,0.217,0.217,0.246;1,1) (0.131,0.217,0.217,0.196;0.9,0.9))
K24	((0.633,0.733,0.733,0.831;1,1) (0.682,0.733,0.733,0.781;0.9,0.9))
K25	((0.480,0.580,0.580,0.678;1,1) (0.529,0.580,0.580,0.628;0.9,0.9))
K26	((0.292,0.392,0.392,0.469;1,1) (0.330,0.392,0.392,0.419;0.9,0.9))
K27	((0.632,0.732,0.732,0.830;1,1) (0.681,0.732,0.732,0.780;0.9,0.9))
K28	((0.702,0.802,0.802,0.902;1,1) (0.752,0.802,0.802,0.852;0.9,0.9))
K29	((0.684,0.784,0.784,0.882;1,1) (0.733,0.784,0.784,0.832;0.9,0.9))
K30	((0.468,0.568,0.568,0.666;1,1) (0.517,0.568,0.568,0.616;0.9,0.9))

Çizelge 5.11. Kriterlere ilişkin en düşük değerler ($\tilde{\tilde{X}}_j^o$)

Kriterler	$\tilde{\tilde{X}}_j^o$
K1	((0.605,0.705,0.705,0.795;1,1) (0.650,0.705,0.705,0.745;0.9,0.9))
K2	((0.491,0.591,0.591,0.677;1,1) (0.534,0.591,0.591,0.627;0.9,0.9))
K3	((0.377,0.477,0.477,0.551;1,1) (0.414,0.477,0.477,0.501;0.9,0.9))
K4	((0.368,0.468,0.468,0.549;1,1) (0.409,0.468,0.468,0.499;0.9,0.9))
K5	((0.182,0.282,0.282,0.337;1,1) (0.210,0.282,0.282,0.287;0.9,0.9))
K6	((0.520,0.620,0.620,0.719;1,1) (0.570,0.620,0.620,0.669;0.9,0.9))
K7	((0.404,0.504,0.504,0.597;1,1) (0.451,0.504,0.504,0.547;0.9,0.9))
K8	((0.344,0.444,0.444,0.540;1,1) (0.392,0.444,0.444,0.490;0.9,0.9))
K9	((0.450,0.550,0.550,0.645;1,1) (0.497,0.550,0.550,0.595;0.9,0.9))
K10	((0.390,0.490,0.490,0.553;1,1) (0.422,0.490,0.490,0.503;0.9,0.9))
K11	((0.279,0.379,0.379,0.425;1,1) (0.302,0.379,0.379,0.375;0.9,0.9))
K12	((0.348,0.448,0.448,0.520;1,1) (0.384,0.448,0.448,0.470;0.9,0.9))
K13	((0.396,0.496,0.496,0.572;1,1) (0.434,0.496,0.496,0.522;0.9,0.9))
K14	((0.456,0.556,0.556,0.652;1,1) (0.504,0.556,0.556,0.602;0.9,0.9))
K15	((0.492,0.592,0.592,0.682;1,1) (0.537,0.592,0.592,0.632;0.9,0.9))
K16	((0.293,0.393,0.393,0.456;1,1) (0.324,0.393,0.393,0.406;0.9,0.9))
K17	((0.387,0.487,0.487,0.564;1,1) (0.426,0.487,0.487,0.514;0.9,0.9))
K18	((0.099,0.199,0.199,0.230;1,1) (0.114,0.199,0.199,0.180;0.9,0.9))
K19	((0.263,0.363,0.363,0.408;1,1) (0.285,0.363,0.363,0.358;0.9,0.9))
K20	((0.124,0.224,0.224,0.254;1,1) (0.139,0.224,0.224,0.204;0.9,0.9))
K21	((0.298,0.398,0.398,0.484;1,1) (0.341,0.398,0.398,0.434;0.9,0.9))
K22	((0.526,0.626,0.626,0.721;1,1) (0.573,0.626,0.626,0.671;0.9,0.9))
K23	((0.360,0.460,0.460,0.547;1,1) (0.404,0.460,0.460,0.497;0.9,0.9))
K24	((0.490,0.590,0.590,0.684;1,1) (0.537,0.590,0.590,0.634;0.9,0.9))
K25	((0.331,0.431,0.431,0.520;1,1) (0.376,0.431,0.431,0.470;0.9,0.9))
K26	((0.663,0.763,0.763,0.862;1,1) (0.713,0.763,0.763,0.812;0.9,0.9))
K27	((0.294,0.394,0.394,0.474;1,1) (0.334,0.394,0.394,0.424;0.9,0.9))
K28	((0.464,0.564,0.564,0.659;1,1) (0.511,0.564,0.564,0.609;0.9,0.9))
K29	((0.409,0.509,0.509,0.598;1,1) (0.453,0.509,0.509,0.548;0.9,0.9))
K30	((0.281,0.381,0.381,0.468;1,1) (0.325,0.381,0.381,0.418;0.9,0.9))

Çizelge 5.12. K1 kriteri için bulanık farklar ($\tilde{\tilde{d}}_{i1}$)

Ülke Kodu	$\tilde{\tilde{d}}_{i1}$
IS	((-0.289,0.240,0.240,0.781;1,1) (-0.019,0.240,0.240,0.517;0.9,0.9))
ME	((0.082,0.611,0.611,1.197;1,1) (0.375,0.611,0.611,0.933;0.9,0.9))
MK	((0.067,0.596,0.596,1.177;1,1) (0.358,0.596,0.596,0.913;0.9,0.9))
RS	((0.226,0.755,0.755,1.336;1,1) (0.516,0.755,0.755,1.071;0.9,0.9))
TR	((0.181,0.710,0.710,1.290;1,1) (0.471,0.710,0.710,1.026;0.9,0.9))
XK	((-0.085,0.445,0.445,1.016;1,1) (0.201,0.445,0.445,0.752;0.9,0.9))
AT	((-0.347,0.182,0.182,0.738;1,1) (-0.069,0.182,0.182,0.473;0.9,0.9))
BE	((-0.334,0.195,0.195,0.733;1,1) (-0.065,0.195,0.195,0.468;0.9,0.9))
BG	((0.007,0.536,0.536,1.106;1,1) (0.292,0.536,0.536,0.842;0.9,0.9))
CY	((0.214,0.743,0.743,1.307;1,1) (0.496,0.743,0.743,1.042;0.9,0.9))
CZ	((-0.090,0.439,0.439,1.013;1,1) (0.197,0.439,0.439,0.748;0.9,0.9))
DE	((-0.323,0.207,0.207,0.761;1,1) (-0.046,0.207,0.207,0.496;0.9,0.9))
DK	((-0.427,0.102,0.102,0.643;1,1) (-0.156,0.102,0.102,0.379;0.9,0.9))
EE	((-0.049,0.481,0.481,1.045;1,1) (0.234,0.481,0.481,0.780;0.9,0.9))
EL	((0.134,0.664,0.664,1.240;1,1) (0.423,0.664,0.664,0.975;0.9,0.9))
ES	((0.050,0.579,0.579,1.140;1,1) (0.330,0.579,0.579,0.876;0.9,0.9))
FI	((-0.299,0.230,0.230,0.795;1,1) (-0.017,0.230,0.230,0.530;0.9,0.9))
FR	((-0.156,0.373,0.373,0.921;1,1) (0.118,0.373,0.373,0.656;0.9,0.9))
HR	((0.124,0.653,0.653,1.221;1,1) (0.408,0.653,0.653,0.956;0.9,0.9))
HU	((-0.120,0.409,0.409,0.978;1,1) (0.164,0.409,0.409,0.714;0.9,0.9))
IE	((-0.201,0.328,0.328,0.880;1,1) (0.075,0.328,0.328,0.615;0.9,0.9))
IT	((-0.360,0.169,0.169,0.722;1,1) (-0.084,0.169,0.169,0.457;0.9,0.9))
LT	((-0.383,0.146,0.146,0.677;1,1) (-0.118,0.146,0.146,0.412;0.9,0.9))
LU	((-0.205,0.324,0.324,0.883;1,1) (0.074,0.324,0.324,0.619;0.9,0.9))
LV	((0.079,0.608,0.608,1.171;1,1) (0.360,0.608,0.608,0.907;0.9,0.9))
MT	((0.079,0.608,0.608,1.182;1,1) (0.366,0.608,0.608,0.917;0.9,0.9))
NL	((-0.529,0.000,0.000,0.529;1,1) (-0.265,0.000,0.000,0.265;0.9,0.9))
PL	((-0.099,0.430,0.430,0.990;1,1) (0.181,0.430,0.430,0.725;0.9,0.9))
PT	((-0.274,0.255,0.255,0.802;1,1) (-0.001,0.255,0.255,0.537;0.9,0.9))
RO	((-0.084,0.445,0.445,1.012;1,1) (0.199,0.445,0.445,0.747;0.9,0.9))
SE	((-0.188,0.341,0.341,0.902;1,1) (0.092,0.341,0.341,0.637;0.9,0.9))
SI	((-0.212,0.317,0.317,0.886;1,1) (0.072,0.317,0.317,0.621;0.9,0.9))
SK	((-0.331,0.198,0.198,0.736;1,1) (-0.062,0.198,0.198,0.471;0.9,0.9))
UK	((-0.135,0.394,0.394,0.940;1,1) (0.138,0.394,0.394,0.675;0.9,0.9))

Çizelge 5.13. Ülkeler için $\tilde{\tilde{S}}_i$ değerleri ve min($\tilde{\tilde{S}}_i$) değeri

Ülke Kodu	$\tilde{\tilde{S}}_i$
IS	((-0.135,0.131,0.274,1.621;1,1) (-0.023,0.141,0.253,0.001;0.8,0.8))
ME	((-0.092,0.199,0.416,1.893;1,1) (0.031,0.216,0.385,0.006;0.8,0.8))
MK	((-0.063,0.242,0.504,2.025;1,1) (0.063,0.262,0.467,0.005;0.8,0.8))
RS	((-0.045,0.272,0.568,2.133;1,1) (0.084,0.294,0.525,0.006;0.8,0.8))
TR	((-0.038,0.282,0.591,2.181;1,1) (0.092,0.306,0.547,0.008;0.8,0.8))
XK	((-0.038,0.286,0.597,2.184;1,1) (0.093,0.310,0.553,0.005;0.8,0.8))
AT	((-0.107,0.172,0.361,1.762;1,1) (0.007,0.186,0.333,0.005;0.8,0.8))
BE	((-0.061,0.241,0.505,2.021;1,1) (0.062,0.260,0.466,0.004;0.8,0.8))
BG	((-0.026,0.298,0.622,2.220;1,1) (0.104,0.323,0.575,0.007;0.8,0.8))
CY	((-0.049,0.266,0.551,2.092;1,1) (0.080,0.288,0.510,0.006;0.8,0.8))
CZ	((-0.032,0.289,0.608,2.205;1,1) (0.097,0.313,0.561,0.005;0.8,0.8))
DE	((-0.085,0.203,0.426,1.862;1,1) (0.031,0.219,0.392,0.004;0.8,0.8))
DK	((-0.126,0.142,0.299,1.633;1,1) (-0.017,0.153,0.276,0.002;0.8,0.8))
EE	((-0.024,0.297,0.627,2.243;1,1) (0.105,0.321,0.578,0.005;0.8,0.8))
EL	((-0.019,0.309,0.640,2.237;1,1) (0.112,0.334,0.592,0.007;0.8,0.8))
ES	((-0.071,0.226,0.473,1.956;1,1) (0.050,0.244,0.437,0.006;0.8,0.8))
FI	((-0.102,0.182,0.384,1.820;1,1) (0.015,0.196,0.354,0.003;0.8,0.8))
FR	((-0.057,0.248,0.519,2.019;1,1) (0.064,0.268,0.479,0.004;0.8,0.8))
HR	((-0.062,0.245,0.514,2.041;1,1) (0.064,0.266,0.475,0.005;0.8,0.8))
HU	((-0.053,0.255,0.535,2.085;1,1) (0.073,0.275,0.494,0.006;0.8,0.8))
IE	((-0.085,0.206,0.430,1.894;1,1) (0.037,0.223,0.398,0.004;0.8,0.8))
IT	((-0.079,0.214,0.445,1.919;1,1) (0.043,0.231,0.411,0.006;0.8,0.8))
LT	((-0.031,0.291,0.614,2.214;1,1) (0.098,0.315,0.566,0.005;0.8,0.8))
LU	((-0.082,0.210,0.440,1.891;1,1) (0.036,0.227,0.406,0.003;0.8,0.8))
LV	((-0.018,0.310,0.654,2.282;1,1) (0.113,0.336,0.604,0.005;0.8,0.8))
MT	((-0.074,0.222,0.464,1.970;1,1) 0.050,0.240,0.429,0.005;0.8,0.8))
NL	((-0.097,0.185,0.392,1.824;1,1) (0.020,0.201,0.361,0.002;0.8,0.8))
PL	((-0.045,0.271,0.570,2.151;1,1) (0.084,0.293,0.526,0.006;0.8,0.8))
PT	((-0.053,0.253,0.530,2.055;1,1) (0.070,0.273,0.490,0.007;0.8,0.8))
RO	((-0.047,0.265,0.559,2.112;1,1) (0.078,0.287,0.516,0.007;0.8,0.8))
SE	((-0.112,0.165,0.348,1.737;1,1) (0.001,0.178,0.321,0.002;0.8,0.8))
SI	((-0.090,0.197,0.414,1.885;1,1) (0.031,0.214,0.383,0.005;0.8,0.8))
SK	((-0.072,0.228,0.480,1.995;1,1) (0.052,0.247,0.443,0.005;0.8,0.8))
UK	((-0.058,0.245,0.514,2.033;1,1) (0.065,0.265,0.474,0.004;0.8,0.8))
min($\tilde{\tilde{S}}_i$)	((-0.135,0.131,0.274,1.621;1,1) (-0.023,0.142,0.253,0.001;0.8,0,8))

Çizelge 5.14. Ülkeler için $\tilde{\tilde{R}}_i$ değerleri ve min($\tilde{\tilde{R}}_i$) değeri

Ülke Kodu	$\tilde{\tilde{R}}_i$
IS	((-0.007,0.025,0.053,0.194;1,1) (0.005,0.027,0.049,0.127;0.8,0.8))
ME	((-0.003,0.022,0.043,0.165;1,1) (0.009,0.032,0.056,0.141;0.8,0.8))
MK	((0.008,0.038,0.075,0.213;1,1) (0.021,0.041,0.070,0.163;0.8,0.8))
RS	((0.008,0.030,0.062,0.164;1,1) (0.017,0.032,0.058,0.127;0.8,0.8))
TR	((0.006,0.036,0.071,0.211;1,1) (0.020,0.039,0.066,0.161;0.8,0.8))
XK	((-0.008,0.022,0.048,0.187;1,1) (0.003,0.025,0.044,0.120;0.8,0.8))
AT	((0.002,0.029,0.058,0.187;1,1) (0.015,0.032,0.054,0.139;0.8,0.8))
BE	((0.006,0.036,0.071,0.207;1,1) (0.020,0.039,0.067,0.157;0.8,0.8))
BG	((0.010,0.042,0.084,0.233;1,1) (0.025,0.046,0.079,0.181;0.8,0.8))
CY	((0.007,0.029,0.059,0.161;1,1) (0.016,0.031,0.055,0.124;0.8,0.8))
CZ	((-0.003,0.022,0.046,0.155;1,1) (0.006,0.024,0.043,0.104;0.8,0.8))
DE	((-0.004,0.028,0.059,0.203;1,1)(0.007,0.030,0.055,0.137;0.8,0.8))
DK	((0.002,0.030,0.059,0.192;1,1) (0.016,0.032,0.055,0.143;0.8,0.8))
EE	((0.013,0.036,0.071,0.161;1,1) (0.021,0.038,0.066,0.128;0.8,0.8))
EL	((0.006,0.027,0.053,0.135;1,1) (0.013,0.029,0.049,0.101;0.8,0.8))
ES	((-0.008,0.023,0.048,0.188;1,1) (0.003,0.025,0.045,0.121;0.8,0.8))
FI	((-0.006,0.026,0.054,0.197;1,1) (0.006,0.028,0.051,0.130;0.8,0.8))
FR	((0.008,0.030,0.062,0.160;1,1) (0.016,0.032,0.057,0.123;0.8,0.8))
HR	((-0.009,0.019,0.043,0.212;1,1) (0.002,0.021,0.039,0.127;0.8,0.8))
HU	((-0.001,0.025,0.049,0.176;1,1) (0.012,0.027,0.046,0.129;0.8,0.8))
IE	((0.004,0.024,0.047,0.127;1,1) (0.012,0.026,0.044,0.094;0.8,0.8))
IT	((-0.003,0.029,0.065,0.253;1,1) (0.009,0.031,0.059,0.162;0.8,0.8))
LT	((-0.006,0.026,0.054,0.197;1,1) (0.005,0.028,0.051,0.130;0.8,0.8))
LU	((-0.002,0.029,0.066,0.253;1,1) (0.009,0.031,0.059,0.162;0.8,0.8))
LV	((0.001,0.028,0.056,0.187;1,1) (0.015,0.030,0.052,0.139;0.8,0.8))
MT	((-0.004,0.027,0.058,0.201;1,1) (0.007,0.030,0.054,0.136;0.8,0.8))
NL	((0.003,0.031,0.061,0.193;1,1) (0.016,0.034,0.057,0.144;0.8,0.8))
PL	((0.004,0.024,0.048,0.128;1,1) (0.011,0.026,0.045,0.094;0.8,0.8))
PT	((0.004,0.027,0.059,0.182;1,1) (0.014,0.029,0.055,0.136;0.8,0.8))
RO	((-0.002,0.007,0.013,0.050;1,1) (0.002,0.007,0.012,0.033;0.8,0.8))
SE	((0.001,0.019,0.037,0.112;1,1) (0.008,0.020,0.035,0.080;0.8,0.8))
SI	((0.007,0.028,0.059,0.158;1,1) (0.016,0.031,0.055,0.122;0.8,0.8))
SK	((0.001,0.028,0.056,0.184;1,1) (0.014,0.030,0.052,0.136;0.8,0.8))
UK	((-0.007,0.025,0.053,0.194;1,1) (0.005,0.027,0.049,0.127;0.8,0.8))
min($\tilde{\tilde{R}}_i$)	((-0.002,0.007,0.013,0.050;1,1) (0.002,0.007,0.012,0.033;0.8,0.8))

Çizelge 5.15. Ülkeler için $\tilde{\tilde{Q}}_i$ değerleri ve Tip-2 bulanık kümelere dayalı VIKOR yöntemi ile sıralama

Ülke Kodu	$\tilde{\tilde{Q}}_i$	Sıralama
IS	((-0.625,-0.038,0.083,0.732;1,1) (-0.030,-0.025,0.069,0.104;0.8,0.8))	2
ME	((-0.619,-0.018,0.125,0.813;1,1) (-0.008,-0.004,0.108,0.100;0.8,0.8))	8
MK	((-0.613,0.003,0.170,0.890;1,1) (0.007,0.020,0.150,0.121;0.8,0.8))	20
RS	((-0.608,0.020,0.206,0.955;1,1) (0.019,0.038,0.183,0.141;0.8,0.8))	27
TR	((-0.607,0.017,0.204,0.934;1,1) (0.018,0.035,0.181,0.112;0.8,0.8))	25
XK	((-0.608,0.023,0.213,0.972;1,1) (0.021,0.041,0.190,0.138;0.8,0.8))	29
AT	((-0.623,-0.027,0.109,0.780;1,1)(-0.021,-0.013,0.093,0.100;0.8,0.8))	4
BE	((-0.613,0.002,0.169,0.887;1,1)(0.006,0.018,0.148,0.118;0.8,0.8))	18
BG	((-0.607,0.027,0.223,0.985;1,1) (0.025,0.046,0.198,0.136;0.8,0.8))	32
CY	((-0.606,0.022,0.208,0.958;1,1) (0.021,0.040,0.186,0.158;0.8,0.8))	28
CZ	((-0.607,0.018,0.208,0.942;1,1) (0.019,0.036,0.184,0.109;0.8,0.8))	26
DE	((-0.618,-0.017,0.130,0.798;1,1) (-0.011,-0.002,0.113,0.089;0.8,0.8))	7
DK	((-0.623,-0.032,0.097,0.747;1,1) (-0.026,-0.019,0.082,0.113;0.8,0.8))	3
EE	((-0.609,0.022,0.214,0.979;1,1) (0.022,0.040,0.190,0.122;0.8,0.8))	31
EL	((-0.601,0.031,0.230,0.960;1,1) (0.029,0.050,0.206,0.115;0.8,0.8))	33
ES	((-0.611,-0.005,0.154,0.822;1,1) (0.001,0.011,0.135,0.090;0.8,0.8))	13
FI	((-0.623,-0.024,0.117,0.801;1,1) (-0.018,-0.009,0.100,0.100;0.8,0.8))	6
FR	((-0.617,0.001,0.170,0.890;1,1) (0.000,0.018,0.149,0.108;0.8,0.8))	17
HR	((-0.609,0.004,0.176,0.875;1,1) (0.008,0.021,0.155,0.109;0.8,0.8))	22
HU	((-0.619,-0.002,0.166,0.924;1,1) (0.001,0.014,0.145,0.105;0.8,0.8))	21
IE	((-0.617,-0.014,0.134,0.826;1,1) (-0.004,0.001,0.117,0.109;0.8,0.8))	11
IT	((-0.613,-0.012,0.139,0.799;1,1) (-0.003,0.004,0.121,0.083;0.8,0.8))	10
LT	((-0.613,0.019,0.213,1.012;1,1) (0.015,0.037,0.188,0.135;0.8,0.8))	30
LU	((-0.620,-0.012,0.141,0.839;1,1) (-0.009,0.004,0.123,0.107;0.8,0.8))	12
LV	((-0.611,0.025,0.228,1.040;1,1) (0.020,0.044,0.202,0.135;0.8,0.8))	34
MT	((-0.615,-0.005,0.152,0.865;1,1) (0.002,0.010,0.133,0.118;0.8,0.8))	14
NL	((-0.620,-0.019,0.128,0.817;1,1) (-0.014,-0.004,0.110,0.112;0.8,0.8))	9
PL	((-0.611,0.014,0.195,0.942;1,1) (0.015,0.031,0.173,0.124;0.8,0.8))	24
PT	((-0.611,0.002,0.170,0.855;1,1)(0.006,0.018,0.150,0.084;0.8,0.8))	16
RO	((-0.610,0.008,0.189,0.919;1,1) (0.011,0.026,0.167,0.118;0.8,0.8))	23
SE	((-0.620,-0.041,0.077,0.666;1,1) (-0.024,-0.029,0.064,0.033;0.8,0.8))	1
SI	((-0.617,-0.021,0.120,0.772;1,1) (-0.010,-0.007,0.103,0.071;0.8,0.8))	5
SK	((-0.611,-0.003,0.161,0.854;1,1) (0.003,0.013,0.141,0.107;0.8,0.8))	15
UK	((-0.613,0.002,0.170,0.889;1,1) (0.007,0.019,0.149,0.116;0.8,0.8))	19

5.4. Tip-2 Bulanık Kümelere Dayalı COPRAS Yöntemi ile Sıralama

Adım 1: Avrupa Yaşam Kalitesi Araştırması 2012 verilerinden alınan dilsel değerlendirmeler ve Çizelge 5.4'te verilen Tip-2 bulanık karşılıkları göz önüne alınarak bulanık karar matrisi oluşturulmuştur. Kriterlerin önem ağırlığı olarak Tip-2 bulanık AHP yöntemi ile hesaplanan ve Çizelge 5.6'da verilen ağırlıklar kullanılmıştır. Örnek olarak, Ülkelerin K1 kriterine göre değerlendirmeleri ve Tip-2 bulanık karşılıkları ($\tilde{\tilde{x}}_{i1}$) Çizelge 5.7'de verilmiştir.

Adım 2: Karar matrisi ($\tilde{\tilde{D}}$), Eşitlik (4.62) ve Eşitlik (4.63)'ten normalize edilerek normalize edilmiş karar matrisi ($N = \left[\tilde{\tilde{n}}_{ij}\right]_{30\times 34}$) oluşturulur. Örneğin, K1 kriteri için normalize edilmiş karar değerleri ($\tilde{\tilde{n}}_{i1}$), Çizelge 5.16'da verilmiştir.

Adım 3: Ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi ($E = \left[\tilde{\tilde{e}}_{ij}\right]_{30\times 34}$), Eşitlik (4.64)'ten normalize edilmiş bulanık karar matrisi ile kriter ağırlıklarının çarpılmasıyla oluşturulmuştur. Örneğin, K1 kriteri için ağırlıklı normalize edilmiş karar değerleri ($\tilde{\tilde{e}}_{i1}$) Çizelge 5.17'de verilmiştir.

Adım 4: Fayda ve maliyet kriterlerleri için ağırlıklandırılmış normalize değerlerin toplamı Eşitlik (4.65) ve Eşitlik (4.66)'den hesaplanmıştır. Fayda kriterleri için ağırlıklandırılmış normalize değerlerin toplamı ($\tilde{\tilde{S}}_{+i}$) Çizelge 5.18'de, maliyet kriterleri için ağırlıklandırılmış normalize değerlerin toplamı ($\tilde{\tilde{S}}_{-i}$) ise Çizelge 5.19'da verilmiştir.

Adım 5: Ghorabaee ve ark. (2014) tarafından önerilen sıralama yöntemi kullanılarak $\tilde{\tilde{S}}_{+i}$ ve $\tilde{\tilde{S}}_{-i}$ $(1 \le i \le m)$ için sıralama değerleri belirlenmiş ve Çizelge 5.18 ve Çizelge 5.19'da verilmiştir.

Adım 6: Ülkelerin göreceli önem dereceleri (Q_i), Eşitlik (4.67)'den hesaplanmış ve Çizelge 5.20'de verilmiştir.

Adım 7: Her bir ülke için nicel önem değerleri (U_i) Eşitlik (4.69)'dan hesaplanmış ve Çizelge 5.20'de verilmiştir. En büyük U_i değerine sahip ülke olan Danimarka (DK) yaşam kalitesi açısından en iyi ülke olarak belirlenmiştir.

Çizelge 5.16. K1 kriteri için normalize edilmiş karar değerleri ($\tilde{\tilde{n}}_{i1}$)

Ülke Kodu	$\tilde{\tilde{n}}_{i1}$
IS	((0.019,0.027,0.027,0.037;1,1) (0.022,0.027,0.027,0.031;0.9,0.9))
ME	((0.024,0.033,0.033,0.046;1,1) (0.028,0.033,0.033,0.039;0.9,0.9))
MK	((0.024,0.033,0.033,0.045;1,1) (0.028,0.033,0.033,0.039;0.9,0.9))
RS	((0.026,0.035,0.035,0.048;1,1) (0.031,0.035,0.035,0.042;0.9,0.9))
TR	((0.026,0.035,0.035,0.047;1,1) (0.030,0.035,0.035,0.041;0.9,0.9))
XK	((0.022,0.030,0.030,0.042;1,1) (0.026,0.030,0.030,0.036;0.9,0.9))
AT	((0.018,0.026,0.026,0.036;1,1) (0.021,0.026,0.026,0.030;0.9,0.9))
BE	((0.018,0.026,0.026,0.036;1,1) (0.022,0.026,0.026,0.030;0.9,0.9))
BG	((0.023,0.032,0.032,0.044;1,1) (0.027,0.032,0.032,0.037;0.9,0.9))
CY	((0.026,0.035,0.035,0.048;1,1) (0.030,0.035,0.035,0.041;0.9,0.9))
CZ	((0.022,0.030,0.030,0.042;1,1) (0.026,0.030,0.030,0.036;0.9,0.9))
DE	((0.018,0.026,0.026,0.037;1,1) (0.022,0.026,0.026,0.031;0.9,0.9))
DK	((0.017,0.024,0.024,0.034;1,1) (0.020,0.024,0.024,0.029;0.9,0.9))
EE	((0.022,0.031,0.031,0.042;1,1) (0.026,0.031,0.031,0.036;0.9,0.9))
EL	((0.025,0.034,0.034,0.046;1,1) (0.029,0.034,0.034,0.040;0.9,0.9))
ES	((0.024,0.032,0.032,0.044;1,1) (0.028,0.032,0.032,0.038;0.9,0.9))
FI	((0.019,0.026,0.026,0.037;1,1) (0.022,0.026,0.026,0.031;0.9,0.9))
FR	((0.021,0.029,0.029,0.040;1,1) (0.024,0.029,0.029,0.034;0.9,0.9))
HR	((0.025,0.034,0.034,0.046;1,1) (0.029,0.034,0.034,0.039;0.9,0.9))
HU	((0.021,0.030,0.030,0.041;1,1) (0.025,0.030,0.030,0.035;0.9,0.9))
IE	((0.020,0.028,0.028,0.039;1,1) (0.024,0.028,0.028,0.033;0.9,0.9))
IT	((0.018,0.025,0.025,0.036;1,1) (0.021,0.025,0.025,0.030;0.9,0.9))
LT	((0.017,0.025,0.025,0.035;1,1) (0.021,0.025,0.025,0.029;0.9,0.9))
LU	((0.020,0.028,0.028,0.039;1,1) (0.024,0.028,0.028,0.033;0.9,0.9))
LV	((0.024,0.033,0.033,0.045;1,1) (0.028,0.033,0.033,0.038;0.9,0.9))
MT	((0.024,0.033,0.033,0.045;1,1) (0.028,0.033,0.033,0.039;0.9,0.9))
NL	((0.015,0.023,0.023,0.032;1,1) (0.018,0.023,0.023,0.027;0.9,0.9))
PL	((0.022,0.030,0.030,0.041;1,1) (0.025,0.030,0.030,0.035;0.9,0.9))
PT	((0.019,0.027,0.027,0.037;1,1) (0.023,0.027,0.027,0.032;0.9,0.9))
RO	((0.022,0.030,0.030,0.042;1,1) (0.026,0.030,0.030,0.036;0.9,0.9))
SE	((0.020,0.028,0.028,0.040;1,1) (0.024,0.028,0.028,0.033;0.9,0.9))
SI	((0.020,0.028,0.028,0.039;1,1) (0.024,0.028,0.028,0.033;0.9,0.9))
SK	((0.018,0.026,0.026,0.036;1,1) (0.022,0.026,0.026,0.030;0.9,0.9))
UK	((0.021,0.029,0.029,0.040;1,1) (0.025,0.029,0.029,0.034;0.9,0.9))

Çizelge 5.17. K1 kriteri için ağırlıklı normalize edilmiş karar değerleri ($\tilde{\tilde{e}}_{i1}$)

Ülke Kodu	$\tilde{\tilde{e}}_{i1}$
IS	((0.0001,0.0003,0.0006,0.0013;1,1) (0.0002,0.0003,0.0005,0.0010;0.8,0.8))
ME	((0.0002,0.0004,0.0007,0.0016;1,1) (0.0002,0.0004,0.0006,0.0012;0.8,0.8))
MK	((0.0002,0.0004,0.0007,0.0016;1,1) (0.0002,0.0004,0.0006,0.0012;0.8,0.8))
RS	((0.0002,0.0004,0.0007,0.0017;1,1) (0.0003,0.0004,0.0007,0.0013;0.8,0.8))
TR	((0.0002,0.0004,0.0007,0.0016;1,1) (0.0002,0.0004,0.0007,0.0013;0.8,0.8))
XK	((0.0002,0.0003,0.0006,0.0015;1,1) (0.0002,0.0003,0.0006,0.0011;0.8,0.8))
AT	((0.0001,0.0003,0.0005,0.0013;1,1) (0.0002,0.0003,0.0005,0.0009;0.8,0.8))
BE	((0.0001,0.0003,0.0005,0.0013;1,1) (0.0002,0.0003,0.0005,0.0009;0.8,0.8))
BG	((0.0002,0.0003,0.0007,0.0015;1,1) (0.0002,0.0004,0.0006,0.0012;0.8,0.8))
CY	((0.0002,0.0004,0.0007,0.0017;1,1) (0.0003,0.0004,0.0007,0.0013;0.8,0.8))
CZ	((0.0002,0.0003,0.0006,0.0014;1,1) (0.0002,0.0003,0.0006,0.0011;0.8,0.8))
DE	((0.0001,0.0003,0.0006,0.0013;1,1) (0.0002,0.0003,0.0005,0.0010;0.8,0.8))
DK	((0.0001,0.0003,0.0005,0.0012;1,1) (0.0002,0.0003,0.0005,0.0009;0.8,0.8))
EE	((0.0002,0.0003,0.0007,0.0015;1,1) (0.0002,0.0004,0.0006,0.0011;0.8,0.8))
EL	((0.0002,0.0004,0.0007,0.0016;1,1) (0.0002,0.0004,0.0007,0.0012;0.8,0.8))
ES	((0.0002,0.0004,0.0007,0.0015;1,1) (0.0002,0.0004,0.0006,0.0012;0.8,0.8))
FI	((0.0001,0.0003,0.0006,0.0013;1,1) (0.0002,0.0003,0.0005,0.0010;0.8,0.8))
FR	((0.0002,0.0003,0.0006,0.0014;1,1) (0.0002,0.0003,0.0006,0.0010;0.8,0.8))
HR	((0.0002,0.0004,0.0007,0.0016;1,1) (0.0002,0.0004,0.0007,0.0012;0.8,0.8))
HU	((0.0002,0.0003,0.0006,0.0014;1,1) (0.0002,0.0003,0.0006,0.0011;0.8,0.8))
IE	((0.0002,0.0003,0.0006,0.0014;1,1) (0.0002,0.0003,0.0006,0.0010;0.8,0.8))
IT	((0.0001,0.0003,0.0005,0.0012;1,1) (0.0002,0.0003,0.0005,0.0009;0.8,0.8))
LT	((0.0001,0.0003,0.0005,0.0012;1,1) (0.0002,0.0003,0.0005,0.0009;0.8,0.8))
LU	((0.0002,0.0003,0.0006,0.0014;1,1) (0.0002,0.0003,0.0006,0.0010;0.8,0.8))
LV	((0.0002,0.0004,0.0007,0.0016;1,1) (0.0002,0.0004,0.0006,0.0012;0.8,0.8))
MT	((0.0002,0.0004,0.0007,0.0016;1,1) (0.0002,0.0004,0.0006,0.0012;0.8,0.8))
NL	((0.0001,0.0002,0.0005,0.0011;1,1) (0.0002,0.0003,0.0004,0.0008;0.8,0.8))
PL	((0.0002,0.0003,0.0006,0.0014;1,1) (0.0002,0.0003,0.0006,0.0011;0.8,0.8))
PT	((0.0001,0.0003,0.0006,0.0013;1,1) (0.0002,0.0003,0.0005,0.0010;0.8,0.8))
RO	((0.0002,0.0003,0.0006,0.0014;1,1) (0.0002,0.0003,0.0006,0.0011;0.8,0.8))
SE	((0.0002,0.0003,0.0006,0.0014;1,1) (0.0002,0.0003,0.0006,0.0010;0.8,0.8))
SI	((0.0002,0.0003,0.0006,0.0014;1,1) (0.0002,0.0003,0.0005,0.0010;0.8,0.8))
SK	((0.0001,0.0003,0.0006,0.0013;1,1) (0.0002,0.0003,0.0005,0.0009;0.8,0.8))
UK	((0.0002,0.0003,0.0006,0.0014;1,1) (0.0002,0.0003,0.0006,0.0011;0.8,0.8))

Çizelge 5.18. Fayda kriterleri için ağırlıklı normalize değerlerin toplamı ($\tilde{\tilde{S}}_{+i}$) ve sıralama değerleri

Ülke Kodu	($\tilde{\tilde{S}}_{+i}$)	$\tilde{\tilde{S}}_{+i}$ **için sıralama Değerleri**
IS	((0.005,0.011,0.023,0.053;1,1) (0.007,0.012,0.021,0.040;0.8,0.8))	14
ME	((0.005,0.011,0.023,0.053;1,1) (0.007,0.012,0.021,0.040;0.8,0.8))	29
MK	((0.005,0.010,0.022,0.051;1,1) (0.006,0.011,0.021,0.039;0.8,0.8))	18
RS	((0.005,0.010,0.022,0.051;1,1) (0.006,0.011,0.020,0.038;0.8,0.8))	31
TR	((0.005,0.010,0.022,0.050;1,1) (0.006,0.011,0.020,0.038;0.8,0.8))	22
XK	((0.005,0.010,0.022,0.051;1,1) (0.006,0.011,0.020,0.039;0.8,0.8))	5
AT	((0.005,0.010,0.022,0.051;1,1) (0.006,0.011,0.020,0.039;0.8,0.8))	25
BE	((0.005,0.010,0.021,0.048;1,1) (0.006,0.011,0.019,0.036;0.8,0.8))	16
BG	((0.005,0.010,0.021,0.048;1,1) (0.006,0.011,0.019,0.036;0.8,0.8))	8
CY	((0.005,0.011,0.023,0.052;1,1) (0.006,0.012,0.021,0.040;0.8,0.8))	10
CZ	((0.004,0.010,0.021,0.048;1,1) (0.006,0.011,0.019,0.036;0.8,0.8))	2
DE	((0.005,0.010,0.021,0.048;1,1) (0.006,0.011,0.019,0.036;0.8,0.8))	15
DK	((0.005,0.010,0.022,0.051;1,1) (0.006,0.011,0.020,0.038;0.8,0.8))	6
EE	((0.004,0.009,0.020,0.046;1,1) (0.006,0.010,0.018,0.034;0.8,0.8))	11
EL	((0.005,0.010,0.021,0.049;1,1) (0.006,0.011,0.020,0.037;0.8,0.8))	4
ES	((0.005,0.010,0.021,0.048;1,1) (0.006,0.011,0.019,0.036;0.8,0.8))	26
FI	((0.005,0.010,0.022,0.051;1,1) (0.006,0.011,0.020,0.039;0.8,0.8))	3
FR	((0.005,0.010,0.021,0.048;1,1) (0.006,0.011,0.019,0.036;0.8,0.8))	23
HR	((0.005,0.011,0.022,0.051;1,1) (0.006,0.011,0.021,0.039;0.8,0.8))	33
HU	((0.005,0.010,0.021,0.049;1,1) (0.006,0.011,0.020,0.037;0.8,0.8))	7
IE	((0.005,0.010,0.022,0.050;1,1) (0.006,0.011,0.020,0.038;0.8,0.8))	21
IT	((0.005,0.010,0.022,0.050;1,1) (0.006,0.011,0.020,0.038;0.8,0.8))	27
LT	((0.004,0.010,0.021,0.048;1,1) (0.006,0.011,0.019,0.036;0.8,0.8))	1
LU	((0.005,0.010,0.022,0.049;1,1) (0.006,0.011,0.020,0.037;0.8,0.8))	19
LV	((0.004,0.010,0.021,0.047;1,1) (0.006,0.010,0.019,0.036;0.8,0.8))	28
MT	((0.005,0.010,0.022,0.051;1,1) (0.006,0.011,0.020,0.038;0.8,0.8))	34
NL	((0.005,0.010,0.021,0.049;1,1) (0.006,0.011,0.020,0.037;0.8,0.8))	12
PL	((0.005,0.010,0.022,0.050;1,1) (0.006,0.011,0.020,0.038;0.8,0.8))	24
PT	((0.004,0.010,0.020,0.047;1,1) (0.006,0.010,0.019,0.035;0.8,0.8))	9
RO	((0.005,0.010,0.021,0.048;1,1) (0.006,0.011,0.019,0.037;0.8,0.8))	13
SE	((0.005,0.011,0.023,0.052;1,1) (0.006,0.011,0.021,0.039;0.8,0.8))	30
SI	((0.005,0.010,0.022,0.051;1,1) (0.006,0.011,0.020,0.038;0.8,0.8))	32
SK	((0.005,0.010,0.022,0.051;1,1) (0.006,0.011,0.020,0.038;0.8,0.8))	17
UK	((0.005,0.010,0.021,0.048;1,1) (0.006,0.011,0.019,0.037;0.8,0.8))	20

Çizelge 5.19. Maliyet kriterleri için ağırlıklı normalize değerlerin toplamı ($\tilde{\tilde{S}}_{-i}$) ve sıralama değerleri

Ülke Kodu	($\tilde{\tilde{S}}_{-i}$)	$\tilde{\tilde{S}}_{-i}$ **için sıralama değerleri**
IS	((0.003,0.008,0.016,0.040;1,1) (0.004,0.008,0.015,0.027;0.8,0.8))	29
ME	((0.004,0.010,0.022,0.055;1,1) (0.006,0.011,0.020,0.039;0.8,0.8))	8
MK	((0.004,0.011,0.023,0.058;1,1) (0.006,0.012,0.021,0.042;0.8,0.8))	7
RS	((0.005,0.012,0.024,0.060;1,1) (0.007,0.013,0.022,0.044;0.8,0.8))	12
TR	((0.005,0.012,0.025,0.062;1,1) (0.007,0.013,0.023,0.045;0.8,0.8))	21
XK	((0.005,0.012,0.025,0.062;1,1) (0.007,0.013,0.023,0.045;0.8,0.8))	27
AT	((0.003,0.008,0.017,0.042;1,1) (0.004,0.009,0.016,0.029;0.8,0.8))	19
BE	((0.003,0.010,0.020,0.049;1,1) (0.005,0.010,0.018,0.035;0.8,0.8))	32
BG	((0.005,0.012,0.025,0.061;1,1) (0.007,0.013,0.023,0.044;0.8,0.8))	31
CY	((0.005,0.013,0.026,0.065;1,1) (0.007,0.014,0.024,0.047;0.8,0.8))	14
CZ	((0.004,0.011,0.023,0.058;1,1) (0.006,0.012,0.022,0.042;0.8,0.8))	25
DE	((0.003,0.008,0.017,0.042;1,1) (0.004,0.009,0.016,0.029;0.8,0.8))	2
DK	((0.002,0.007,0.014,0.035;1,1) (0.003,0.008,0.013,0.024;0.8,0.8))	20
EE	((0.004,0.011,0.022,0.055;1,1) (0.006,0.011,0.020,0.039;0.8,0.8))	9
EL	((0.005,0.013,0.026,0.065;1,1) (0.007,0.014,0.025,0.048;0.8,0.8))	1
ES	((0.004,0.010,0.020,0.050;1,1) (0.005,0.010,0.019,0.035;0.8,0.8))	34
FI	((0.003,0.008,0.017,0.044;1,1) (0.004,0.009,0.016,0.030;0.8,0.8))	10
FR	((0.004,0.010,0.020,0.049;1,1) (0.005,0.011,0.019,0.035;0.8,0.8))	3
HR	((0.004,0.011,0.023,0.057;1,1) (0.006,0.012,0.021,0.041;0.8,0.8))	23
HU	((0.004,0.011,0.022,0.056;1,1) (0.006,0.012,0.021,0.040;0.8,0.8))	4
IE	((0.003,0.009,0.019,0.049;1,1) (0.005,0.010,0.018,0.034;0.8,0.8))	15
IT	((0.004,0.010,0.020,0.051;1,1) (0.005,0.011,0.019,0.037;0.8,0.8))	33
LT	((0.004,0.011,0.022,0.056;1,1) (0.006,0.012,0.021,0.040;0.8,0.8))	22
LU	((0.003,0.009,0.019,0.047;1,1) (0.005,0.010,0.017,0.033;0.8,0.8))	6
LV	((0.005,0.012,0.024,0.060;1,1) (0.006,0.013,0.022,0.043;0.8,0.8))	24
MT	((0.004,0.010,0.021,0.053;1,1) (0.005,0.011,0.019,0.038;0.8,0.8))	30
NL	((0.003,0.008,0.017,0.042;1,1) (0.004,0.009,0.015,0.029;0.8,0.8))	28
PL	((0.004,0.011,0.023,0.058;1,1) (0.006,0.012,0.021,0.042;0.8,0.8))	26
PT	((0.004,0.010,0.020,0.050;1,1) (0.005,0.011,0.019,0.036;0.8,0.8))	17
RO	((0.004,0.011,0.022,0.054;1,1) (0.006,0.012,0.020,0.039;0.8,0.8))	16
SE	((0.003,0.008,0.016,0.041;1,1) (0.004,0.009,0.015,0.028;0.8,0.8))	11
SI	((0.003,0.010,0.020,0.050;1,1) (0.005,0.010,0.018,0.035;0.8,0.8))	5
SK	((0.004,0.010,0.022,0.054;1,1) (0.006,0.011,0.020,0.039;0.8,0.8))	13
UK	((0.004,0.010,0.020,0.050;1,1) (0.005,0.011,0.019,0.036;0.8,0.8))	18

Çizelge 5.20. Ülkelerin göreceli (Q_i) ve nicel (U_i) önem dereceleri ve Tip-2 bulanık kümelere dayalı COPRAS yöntemi ile sıralama

Ülke Kodu	Q_i	U_i	**Sıralama**
IS	0.0899	99.0225	2
ME	0.0880	96.9530	17
MK	0.0879	96.7540	21
RS	0.0878	96.6469	25
TR	0.0877	96.5494	28
XK	0.0878	96.6356	27
AT	0.0894	98.4512	5
BE	0.0882	97.1179	11
BG	0.0875	96.3811	32
CY	0.0878	96.6376	26
CZ	0.0875	96.3983	31
DE	0.0892	98.2730	7
DK	0.0908	100.0000	1
EE	0.0874	96.2250	34
EL	0.0876	96.4166	30
ES	0.0881	97.0620	16
FI	0.0893	98.2944	6
FR	0.0882	97.1065	12
HR	0.0879	96.7680	20
HU	0.0878	96.6656	24
IE	0.0885	97.4525	9
IT	0.0882	97.1050	13
LT	0.0877	96.5288	29
LU	0.0887	97.6359	8
LV	0.0874	96.2739	33
MT	0.0882	97.0759	14
NL	0.0894	98.4830	4
PL	0.0878	96.6802	23
PT	0.0879	96.8048	19
RO	0.0878	96.6877	22
SE	0.0897	98.8248	3
SI	0.0884	97.3391	10
SK	0.0880	96.9317	18
UK	0.0881	97.0625	15

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

6.1 Sonuçlar

ÇKKV yöntemleri bankacılık, eğitim, finans, hizmet, sağlık, otomotiv, üretim, enerji ve ulaşım gibi çeşitli alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Karar verme sürecinde belirsiz ve kesin olmayan bilgilerin olduğu durumlar için bulanık ÇKKV yöntemleri oldukça kullanışlıdır. Bulanık kümelere dayalı ÇKKV yöntemleri ile ilgili çok fazla çalışma yapılmasına rağmen, bulanık kümeler bazı durumlarda belirsizlikleri modellemekte yeterli olmamaktadır. Bu nedenle, son yıllarda Tip-2 bulanık kümelere dayalı ÇKKV yöntemleri önerilmekte ve çeşitli alanlarda uygulanmaktadır.

Çalışmanın Giriş Bölümü'nde ÇKKV ile ilgili genel bilgiler verilmiştir. İkinci Bölüm'de, ÇKKV, Bulanık ÇKKV ve Tip-2 bulanık kümelere dayalı ÇKKV ile ilgili literatür araştırmasına yer verilmiştir. Üçüncü Bölüm'de, bulanık mantık, bulanık kümelerle ilgili temel kavramlar, tanımlar ve bulanık sayılar açıklandıktan sonra, Tip-2 bulanık kümeler, Aralık Tip-2 bulanık kümeler ve Aralık Tip-2 bulanık kümelerde sıralama yöntemleri ayrıntılı biçimde incelenmiştir. Dördüncü Bölüm'de, ÇKKV yöntemlerinden AHP, TOPSIS, VIKOR ve COPRAS yöntemleri bulanık kümelere ve Tip-2 bulanık kümelere dayalı olarak ayrıntılı bir şekilde ele alınmıştır.

Çalışmanın uygulama kısmını içeren Beşinci Bölüm'de, Avrupa Yaşam ve Çalışma Koşullarını Geliştirme Kurumu (Eurofound) tarafından 34 ülke için yürütülen "2012 Avrupa Yaşam Kalitesi" çalışmasındaki veriler ele alınmıştır. İlk olarak Tip-2 bulanık kümelere dayalı AHP yöntemi ile kriterlerin bulanık ağırlıkları elde edilmiştir. Daha sonra Tip-2 bulanık kümelere dayalı TOPSIS, VIKOR ve COPRAS yöntemleri ile ülkelerin kriterlere göre yaşam kalitesi açısından sıralaması yapılmış ve elde edilen sıralama sonuçları Çizelge 6.1'de verilmiştir.

TOPSIS yöntemine göre yaşam kalitesi açısından en iyi 3 ülke İzlanda, Danimarka ve İsveç iken en kötü 3 ülke Bulgaristan, Letonya ve Yunanistan'dır. Türkiye ise 34 ülke arasında yaşam kalitesi açından 26. sırada yer almıştır.

VIKOR yöntemine göre yaşam kalitesi açısından en iyi 3 ülke İsveç, İzlanda ve Danimarka iken en kötü 3 ülke Bulgaristan, Yunanistan ve Letonya'dır. Türkiye ise 34 ülke arasında yaşam kalitesi açından 25. sırada yer almıştır.

COPRAS yöntemine göre yaşam kalitesi açısından en iyi 3 ülke Danimarka, İzlanda ve İsveç; en kötü 3 ülke Bulgaristan, Letonya ve Estonya'dır. Türkiye ise 34 ülke arasında yaşam kalitesi açından 28. sırada yer almıştır.

Çizelge 6.1. Alternatiflerin Tip-2 bulanık kümelere dayalı ÇKKV yöntemlerine göre sıralaması

Ülke Kodu	Ülke Adı	T2BTOPSIS	T2BVIKOR	T2BCOPRAS
IS	İzlanda	1	2	2
ME	Karadağ	13	8	17
MK	Makedonya	21	20	21
RS	Sırbistan	27	27	25
TR	Türkiye	26	25	28
XK	Kosova	30	29	27
AT	Avusturya	4	4	5
BE	Belçika	11	18	11
BG	Bulgaristan	32	32	32
CY	Kıbrıs	31	28	26
CZ	Çek Cumhuriyeti	29	26	31
DE	Almanya	7	7	7
DK	Danimarka	2	3	1
EE	Estonya	28	31	34
EL	Yunanistan	34	33	30
ES	İspanya	17	13	16
FI	Finlandiya	5	6	6
FR	Fransa	10	17	12
HR	Hırvatistan	22	22	20
HU	Macaristan	20	21	24
IE	İrlanda	14	11	9
IT	İtalya	12	10	13
LT	Litvanya	25	30	29
LU	Lüksemburg	8	12	8
LV	Letonya	33	34	33
MT	Malta	16	14	14
NL	Hollanda	6	9	4
PL	Polonya	24	24	23
PT	Portekiz	19	16	19
RO	Romanya	23	23	22
SE	İsveç	3	1	3
SI	Slovenya	9	5	10
SK	Slovakya	18	15	18
UK	Birleşik Krallık	15	19	15

Çalışmada ele alınan T2BTOPSIS, T2BVIKOR ve T2BCOPRAS yöntemlerinin tutarlılığını incelemek için Sperman Korelasyon Katsayısı kullanılarak korelasyon matrisi oluşturulmuş ve Çizelge 6.2'de verilmiştir.

Çizelge 6.2. Ele alınan yöntemler arasındaki korelasyon matrisi

Yöntemler	**T2BTOPSIS**	**T2BVIKOR**	**T2BCOPRAS**
T2BTOPSIS	1	0.954	0.970
T2BVIKOR	0.954	1	0.943
T2BCOPRAS	0.970	0.943	1

Çizelge 6.2'ye göre tüm korelasyon katsayıları 0.9'dan büyük olduğu için yöntemlerin birbirleriyle tutarlı olduğunu söylenebilir.

6.2 Öneriler

Daha sonra yapılacak çalışmalarda, Tip-2 bulanık kümelere dayalı ÇKKV yöntemlerinden MOORA, ELECTRE, PROMETHEE, QUALIFLEX, ARAS yöntemleri ile sonuçlar elde edilerek bu çalışmanın sonuçları ile karşılaştırılabilir. Ayrıca, Tip-2 bulanık kümeler için farklı sıralama yöntemleri geliştirilip çözüm aşamasında kullanılabilir.

.

KAYNAKLAR

Abdullah, L. ve Najib, L., 2014, A new type-2 fuzzy set of linguistic variables for the fuzzy analytic hierarchy process, *Expert Systems with Applications*, 41 (7), 3297-3305.

Alp, S. ve Engin, T., 2011, Trafik Kazalarının Nedenleri ve Sonuçları Arasındaki İlişkinin Topsis ve AHP Yöntemleri Kullanılarak Analizi ve Değerlendirilmesi, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 10 (19), 63.

Anand, G. ve Kodali, R., 2008, Selection of lean manufacturing systems using the PROMETHEE, *Journal of modelling in management*, 3 (1), 40-70.

Ashtiani, B., Haghighirad, F., Makui, A. ve ali Montazer, G., 2009, Extension of fuzzy TOPSIS method based on interval-valued fuzzy sets, *Applied Soft Computing*, 9 (2), 457-461.

Athawale, V. M. ve Chakraborty, S., 2010, A TOPSIS method based approach to Machine tool selection, *International conference on Industrial engineering and operations management*.

Baldwin, J. ve Guild, N., 1979, Comparison of fuzzy sets on the same decision space, *Fuzzy sets and Systems*, 2 (3), 213-231.

Balezentiene, L. ve Kusta, A., 2012, Reducing greenhouse gas emissions in grassland ecosystems of the central Lithuania: multi-criteria evaluation on a basis of the ARAS method, *The Scientific World Journal*, 2012.

Baležentis, A., Brauers, W. K. M. ve Baležentis, T., 2011, MULTIMOORA for the EU Member States updated with fuzzy number theory, *Technological and Economic Development of Economy* (2), 259-290.

Behzadian, M., Otaghsara, S. K., Yazdani, M. ve Ignatius, J., 2012, A state-of the-art survey of TOPSIS applications, *Expert Systems with Applications*, 39 (17), 13051-13069.

Bellman, R. E. ve Zadeh, L. A., 1970, Decision-making in a fuzzy environment, *Management science*, 17 (4), B-141-B-164.

Benayoun, R., Roy, B. ve Sussman, N., 1966, Manual de reference du programme electre, *Note de synthese et Formation*, 25.

Black, M., 1937, Vagueness. An exercise in logical analysis, *Philosophy of science*, 4 (4), 427-455.

Brans, J., 1982, L'ingénieurie de la décision-Elaboration d'instruments d'aide à la décision. La méthode Prométhée–Dans Nadeau R. et Landry M, *L'aide à la décision: nature, intruments et perspectives d'avenir-Québec, Canada–1982-Presses de l'université de Laval–pp*, 182-213.

Brauers, W. K. M. ve Zavadskas, E. K., 2006, The MOORA method and its application to privatization in a transition economy, *Control and Cybernetics*, 35 (2), 445.

Brauers, W. K. M., 2013, Multi-objective seaport planning by MOORA decision making, *Annals of Operations Research*, 206 (1), 39-58.

Buchanan, J. ve Vanderpooten, D., 2007, Ranking projects for an electricity utility using ELECTRE III, *International Transactions in Operational Research*, 14 (4), 309-323.

Buckley, J. J., 1985, Fuzzy hierarchical analysis, *Fuzzy sets and Systems*, 17 (3), 233-247.

Büyüközkan, G., Çifçi, G. ve Güleryüz, S., 2011, Strategic analysis of healthcare service quality using fuzzy AHP methodology, *Expert Systems with Applications*, 38 (8), 9407-9424.

Cao, Q.-w. ve Wu, J., 2011, The extended COWG operators and their application to multiple attributive group decision making problems with interval numbers, *Applied mathematical modelling*, 35 (5), 2075-2086.

Cebeci, U., 2009, Fuzzy AHP-based decision support system for selecting ERP systems in textile industry by using balanced scorecard, *Expert Systems with Applications*, 36 (5), 8900-8909.

Celik, E., Gul, M., Aydin, N., Gumus, A. T. ve Guneri, A. F., 2015, A comprehensive review of multi criteria decision making approaches based on interval type-2 fuzzy sets, *Knowledge-Based Systems*, 85, 329-341.

Celikyilmaz, A. ve Turksen, I. B., 2009, Modeling uncertainty with fuzzy logic, *Studies in fuzziness and soft computing*, 240.

Chang, D.-Y., 1996, Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP, *European journal of operational research*, 95 (3), 649-655.

Chang, P.-T. ve Lee, E., 1994, Ranking of fuzzy sets based on the concept of existence, *Computers & Mathematics with Applications*, 27 (9), 1-21.

Chen, C.-T., 2000, Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment, *Fuzzy sets and Systems*, 114 (1), 1-9.

Chen, S.-H., 1985, Ranking fuzzy numbers with maximizing set and minimizing set, *Fuzzy sets and Systems*, 17 (2), 113-129.

Chen, S.-J., Hwang, C.-L. ve Hwang, F. P., 1992, Fuzzy multiple attribute decision making(methods and applications), *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*.

Chen, S.-M. ve Lee, L.-W., 2010a, Fuzzy multiple attributes group decision-making based on the interval type-2 TOPSIS method, *Expert Systems with Applications*, 37 (4), 2790-2798.

Chen, S.-M. ve Lee, L.-W., 2010b, Fuzzy multiple criteria hierarchical group decision-making based on interval type-2 fuzzy sets, *Systems, Man and Cybernetics, Part A: Systems and Humans, IEEE Transactions on*, 40 (5), 1120-1128.

Chen, S.-M., Yang, M.-W., Lee, L.-W. ve Yang, S.-W., 2012, Fuzzy multiple attributes group decision-making based on ranking interval type-2 fuzzy sets, *Expert Systems with Applications*, 39 (5), 5295-5308.

Chen, T.-Y. ve Wang, J.-C., 2009, Interval-valued fuzzy permutation method and experimental analysis on cardinal and ordinal evaluations, *Journal of Computer and System Sciences*, 75 (7), 371-387.

Chen, T.-Y., Chang, C.-H. ve Lu, J.-f. R., 2013, The extended QUALIFLEX method for multiple criteria decision analysis based on interval type-2 fuzzy sets and applications to medical decision making, *European Journal of Operational Research*, 226 (3), 615-625.

Chen, T.-Y., 2014a, An ELECTRE-based outranking method for multiple criteria group decision making using interval type-2 fuzzy sets, *Information Sciences*, 263, 1-21.

Chen, T.-Y., 2014b, A PROMETHEE-based outranking method for multiple criteria decision analysis with interval type-2 fuzzy sets, *Soft Computing*, 18 (5), 923-940.

Chen, T.-Y., 2015a, An interval type-2 fuzzy technique for order preference by similarity to ideal solutions using a likelihood-based comparison approach for

multiple criteria decision analysis, *Computers & Industrial Engineering*, 85, 57-72.

Chen, T.-Y., 2015b, An interval type-2 fuzzy PROMETHEE method using a likelihood-based outranking comparison approach, *Information Fusion*, 25, 105-120.

Chen, T.-Y., 2015c, An interval type-2 fuzzy LINMAP method with approximate ideal solutions for multiple criteria decision analysis, *Information Sciences*, 297, 50-79.

Chen, Y.-H., Wang, T.-C. ve Wu, C.-Y., 2011, Strategic decisions using the fuzzy PROMETHEE for IS outsourcing, *Expert Systems with Applications*, 38 (10), 13216-13222.

Cheng, C.-H., 1998, A new approach for ranking fuzzy numbers by distance method, *Fuzzy sets and Systems*, 95 (3), 307-317.

Çebi, F. ve Otay, İ., 2015, Multi-Criteria and Multi-Stage Facility Location Selection under Interval Type-2 Fuzzy Environment: A Case Study for a Cement Factory, *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 8 (2), 330-344.

Das, M. C., Sarkar, B. ve Ray, S., 2012, A framework to measure relative performance of Indian technical institutions using integrated fuzzy AHP and COPRAS methodology, *Socio-Economic Planning Sciences*, 46 (3), 230-241.

Elmas, Ç., 2003, Bulanık mantık denetleyiciler (Kuram, Uygulama, Sinirsel Bulanık mantık), *Seçkin Yayıncılık*, 35-40.

Erdoğan, M. ve Kaya, İ., 2014, A Type-2 Fuzzy MCDM Method for Ranking Private Universities in İstanbul, *Proceedings of the World Congress on Engineering*.

Eurofound, 2016, http://www.eurofound.europa.eu/: [12.01].

Germano, M. ve Roulet, C.-A., 2006, Multicriteria assessment of natural ventilation potential, *Solar energy*, 80 (4), 393-401.

Ghaemi Nasab, F. ve Rostami Malkhalifeh, M., 2010, Extension of TOPICS for group DM based on the type two fuzzy positive and negative ideal solutions, *International Journal of Industrial Mathematics*, 2 (3), 199-213.

Ghorabaee, M. K., Amiri, M., Sadaghiani, J. S. ve Goodarzi, G. H., 2014, Multiple criteria group decision-making for supplier selection based on COPRAS method with interval type-2 fuzzy sets, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 75 (5-8), 1115-1130.

Ghorabaee, M. K., 2015, Developing an MCDM method for robot selection with interval type-2 fuzzy sets, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*.

Girubha, R. J. ve Vinodh, S., 2012, Application of fuzzy VIKOR and environmental impact analysis for material selection of an automotive component, *Materials & Design*, 37, 478-486.

Goumas, M. ve Lygerou, V., 2000, An extension of the PROMETHEE method for decision making in fuzzy environment: Ranking of alternative energy exploitation projects, *European Journal of Operational Research*, 123 (3), 606-613.

Harris, R., 1998, Introduction to decision making.

Hatami-Marbini, A. ve Tavana, M., 2011, An extension of the Electre I method for group decision-making under a fuzzy environment, *Omega*, 39 (4), 373-386.

Hisdal, E., 1981, The IF THEN ELSE statement and interval-valued fuzzy sets of higher type, *International Journal of Man-Machine Studies*, 15 (4), 385-455.

Hwang, C.-L. ve Yoon, K., 1981, Multiple criteria decision making, *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*.

John, R., 1998, Type 2 fuzzy sets: an appraisal of theory and applications, *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 6 (06), 563-576.

Junior, F. R. L., Osiro, L. ve Carpinetti, L. C. R., 2014, A comparison between Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS methods to supplier selection, *Applied Soft Computing*, 21, 194-209.

Kahraman, C., 2008, Fuzzy multi-criteria decision making: theory and applications with recent developments, Springer Science & Business Media.

Kahraman, C. ve Sarı, İ. U., 2012, Multicriteria Environmental Risk Evaluation Using Type II Fuzzy Sets, In: Advances in Computational Intelligence, Eds: Springer, p. 449-457.

Kahraman, C., Öztayşi, B., Sarı, İ. U. ve Turanoğlu, E., 2014, Fuzzy analytic hierarchy process with interval type-2 fuzzy sets, *Knowledge-Based Systems*, 59, 48-57.

Karande, P. ve Chakraborty, S., 2012, A Fuzzy-MOORA approach for ERP system selection, *Decision Science Letters*, 1 (1), 11-21.

Karnik, N. N. ve Mendel, J. M., 1998, Introduction to type-2 fuzzy logic systems, *Fuzzy Systems Proceedings, 1998. IEEE World Congress on Computational Intelligence., The 1998 IEEE International Conference on*, 915-920.

Karnik, N. N., Mendel, J. M. ve Liang, Q., 1999, Type-2 fuzzy logic systems, *Fuzzy Systems, IEEE Transactions on*, 7 (6), 643-658.

Kildienė, S., Kaklauskas, A. ve Zavadskas, E. K., 2011, COPRAS based comparative analysis of the European country management capabilities within the construction sector in the time of crisis, *Journal of Business Economics and Management*, 12 (2), 417-434.

Kılıç, M. ve Kaya, İ., 2015, Investment project evaluation by a decision making methodology based on type-2 fuzzy sets, *Applied Soft Computing*, 27, 399-410.

Klir, G. ve Yuan, B., 1995, Fuzzy sets and fuzzy logic, Prentice Hall New Jersey.

Kuswandari, R., 2004, Assessment of different methods for measuring the sustainability of forest management, *International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation Enschede, Netherlands*.

Lai, Y.-J. ve Hwang, C.-L., 1992, Fuzzy mathematical programming(methods and applications), *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*.

Lee, L.-w. ve Chen, S.-M., 2008, Fuzzy multiple attributes group decision-making based on the extension of TOPSIS method and interval type-2 fuzzy sets, *Machine Learning and Cybernetics, 2008 International Conference on*, 3260-3265.

Liang, Q. ve Mendel, J. M., 2000, Interval type-2 fuzzy logic systems, *Fuzzy Systems, 2000. FUZZ IEEE 2000. The Ninth IEEE International Conference on*, 328-333.

Liaudanskienė, R., Ustinovičius, L. ve Bogdanovičius, A., 2015, Evaluation of construction process safety solutions using the TOPSIS method, *Engineering Economics*, 64 (4).

Liou, J. J., Tsai, C.-Y., Lin, R.-H. ve Tzeng, G.-H., 2011, A modified VIKOR multiple-criteria decision method for improving domestic airlines service quality, *Journal of Air Transport Management*, 17 (2), 57-61.

Liu, H.-C., Liu, L., Liu, N. ve Mao, L.-X., 2012, Risk evaluation in failure mode and effects analysis with extended VIKOR method under fuzzy environment, *Expert Systems with Applications*, 39 (17), 12926-12934.

Liu, P. ve Zhang, X., 2010, The study on multi-attribute decision-making with risk based on linguistic variable, *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 3 (5), 601-609.

Liu, P., 2011, A weighted aggregation operators multi-attribute group decision-making method based on interval-valued trapezoidal fuzzy numbers, *Expert Systems with Applications*, 38 (1), 1053-1060.

Liu, P., Jin, F., Zhang, X., Su, Y. ve Wang, M., 2011, Research on the multi-attribute decision-making under risk with interval probability based on prospect theory and the uncertain linguistic variables, *Knowledge-Based Systems*, 24 (4), 554-561.

Liu, P. ve Jin, F., 2012a, A multi-attribute group decision-making method based on weighted geometric aggregation operators of interval-valued trapezoidal fuzzy numbers, *Applied mathematical modelling*, 36 (6), 2498-2509.

Liu, P. ve Jin, F., 2012b, Methods for aggregating intuitionistic uncertain linguistic variables and their application to group decision making, *Information Sciences*, 205, 58-71.

Mangla, S. K., Kumar, P. ve Barua, M. K., 2015, Risk analysis in green supply chain using fuzzy AHP approach: A case study, *Resources, Conservation and Recycling*.

Mendel, J. M. ve John, R. I. B., 2002, Type-2 fuzzy sets made simple, *Fuzzy Systems, IEEE Transactions on*, 10 (2), 117-127.

Mendel, J. M., John, R. ve Liu, F., 2006, Interval type-2 fuzzy logic systems made simple, *Fuzzy Systems, IEEE Transactions on*, 14 (6), 808-821.

Mir, M. A., Ghazvinei, P. T., Sulaiman, N., Basri, N. E. A., Saheri, S., Mahmood, N., Jahan, A., Begum, R. A. ve Aghamohammadi, N., 2016, Application of TOPSIS and VIKOR improved versions in a multi criteria decision analysis to develop an optimized municipal solid waste management model, *Journal of environmental management*, 166, 109-115.

Modarres, M. ve Sadi-Nezhad, S., 2001, Ranking fuzzy numbers by preference ratio, *Fuzzy sets and Systems*, 118 (3), 429-436.

Momeni, M., Fathi, M. ve Kashef, M., 2011, A Fuzzy VIKOR Approach for Plant Location Selection, *Journal of American Science*, 7 (9), 766-771.

Montazer, G. A., Saremi, H. Q. ve Ramezani, M., 2009, Design a new mixed expert decision aiding system using fuzzy ELECTRE III method for vendor selection, *Expert Systems with Applications*, 36 (8), 10837-10847.

Nourianfar, K. ve Montazer, G. A., 2013, A fuzzy MCDM approach based on COPRAS method to solve supplier selection problems, *Information and Knowledge Technology (IKT), 2013 5th Conference on*, 231-235.

Opricovic, S., 1998, Multicriteria optimization of civil engineering systems, *Faculty of Civil Engineering, Belgrade*, 2 (1), 5-21.

Otheman, A. ve Abdullah, L., 2014, A new concept of similarity measure for IT2FS TOPSIS and its use in decision making, *PROCEEDINGS OF THE 3RD INTERNATIONAL CONFERENCE ON MATHEMATICAL SCIENCES*, 608-614.

Özdağoğlu, A., 2011, Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri ve Uygulama Örnekleri, *Tmmob Makine Mühendisleri Odası, Yayın* (570).

Özek, M. B., 2010, Bulanık Mantık İçin Yeni Bir Yaklaşım: TYPE-2 Bulanık Mantık, *NWSA: Engineering Sciences*, 5 (3), 541-557.

Paelinck, J. H., 1976, Qualitative multiple criteria analysis, environmental protection and multiregional development, *Papers in Regional Science*, 36 (1), 59-76.

Park, J. H., Cho, H. J. ve Kwun, Y. C., 2011, Extension of the VIKOR method for group decision making with interval-valued intuitionistic fuzzy information, *Fuzzy Optimization and Decision Making*, 10 (3), 233-253.

Qin, J. ve Liu, X., 2015, Multi-attribute group decision making using combined ranking value under interval type-2 fuzzy environment, *Information Sciences*, 297, 293-315.

Qin, J., Liu, X. ve Pedrycz, W., 2015, An extended VIKOR method based on prospect theory for multiple attribute decision making under interval type-2 fuzzy environment, *Knowledge-Based Systems*, 86, 116-130.

Ross, T. J., 2009, Fuzzy logic with engineering applications, John Wiley & Sons, p.

Rostamzadeh, R., Govindan, K., Esmaeili, A. ve Sabaghi, M., 2015, Application of fuzzy VIKOR for evaluation of green supply chain management practices, *Ecological Indicators*, 49, 188-203.

Saaty, T. L., 1980, The analytic hierarchy process: planning, priority setting, resources allocation, *New York: McGraw*.

Saaty, T. L., 1996, Decision making with dependence and feedback: The analytic network process, RWS publications Pittsburgh.

San Cristóbal, J., 2011, Multi-criteria decision-making in the selection of a renewable energy project in spain: The Vikor method, *Renewable energy*, 36 (2), 498-502.

Sivilevičius, H. ve Maskeliūnaite, L., 2010, The criteria for identifying the quality of passengers' transportation by railway and their ranking using AHP method, *Transport*, 25 (4), 368-381.

Şanlı, K., 2005, Bulanık robust regresyon çözümlemesi, *Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Ankara, Turkey*.

Şengül, Ü., Eren, M., Shiraz, S. E., Gezder, V. ve Şengül, A. B., 2015, Fuzzy TOPSIS method for ranking renewable energy supply systems in Turkey, *Renewable energy*, 75, 617-625.

Temur, G. T., Kaya, T. ve Kahraman, C., 2014, Facility location selection in reverse logistics using a type-2 fuzzy decision aid method, In: Supply Chain Management Under Fuzziness, Eds: Springer, p. 591-606.

Triantaphyllou, E. ve Lin, C.-T., 1996, Development and evaluation of five fuzzy multiattribute decision-making methods, *international Journal of Approximate reasoning*, 14 (4), 281-310.

Turskis, Z. ve Zavadskas, E. K., 2010, A new additive ratio assessment (ARAS) method in multicriteria decision-making, *Technological and Economic Development of Economy* (2), 159-172.

Türkşen, İ. B., 1985, Bulanık Kümeler Kuramı ve Uygulamaları, *Yöneylem Araştırması Dergisi*, 4 (1), 1-15.

Tzeng, G.-H. ve Huang, J.-J., 2013, Fuzzy multiple objective decision making, CRC Press.

Van Laarhoven, P. ve Pedrycz, W., 1983, A fuzzy extension of Saaty's priority theory, *Fuzzy sets and Systems*, 11 (1), 199-227.

Venkata Rao, R. ve Patel, B. K., 2010, Decision making in the manufacturing environment using an improved PROMETHEE method, *International Journal of Production Research*, 48 (16), 4665-4682.

Wan, S.-P., Wang, Q.-Y. ve Dong, J.-Y., 2013, The extended VIKOR method for multi-attribute group decision making with triangular intuitionistic fuzzy numbers, *Knowledge-Based Systems*, 52, 65-77.

Wang, J.-C., Tsao, C.-Y. ve Chen, T.-Y., 2014, A likelihood-based QUALIFLEX method with interval type-2 fuzzy sets for multiple criteria decision analysis, *Soft Computing*, 1-19.

Wang, L.-X., 1997, A course in fuzzy systems and control, 1997.

Wang, T. C. ve Chang, T. H., 2005, Fuzzy VIKOR as a resolution for multicriteria group decision-making, *The 11th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 352-356.

Wang, T. C. ve Chang, T. H., 2007, Application of TOPSIS in evaluating initial training aircraft under a fuzzy environment, *Expert Systems with Applications*, 33 (4), 870-880.

Wang, W., Liu, X. ve Qin, Y., 2012, Multi-attribute group decision making models under interval type-2 fuzzy environment, *Knowledge-Based Systems*, 30, 121-128.

Wang, Y. M. ve Elhag, T. M., 2006, Fuzzy TOPSIS method based on alpha level sets with an application to bridge risk assessment, *Expert Systems with Applications*, 31 (2), 309-319.

Wu, D. ve Mendel, J. M., 2007, Aggregation using the linguistic weighted average and interval type-2 fuzzy sets, *Fuzzy Systems, IEEE Transactions on*, 15 (6), 1145-1161.

Xiao, Z., Xia, S., Gong, K. ve Li, D., 2012, The trapezoidal fuzzy soft set and its application in MCDM, *Applied mathematical modelling*, 36 (12), 5844-5855.

Yao, J.-S. ve Wu, K., 2000, Ranking fuzzy numbers based on decomposition principle and signed distance, *Fuzzy sets and Systems*, 116 (2), 275-288.

Yapıcı Pehlivan, N., 2005, Parametrik Olmayan Regresyonda Bulanık Tahmin Ediciler, *Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya*.

Yaralıoğlu, K., 2010, Karar verme yöntemleri, Detay Yayıncılık.

Yayar, R. ve Baykara, H. V., 2012, TOPSIS Yöntemi ile Katılım Bankalarının Etkinliği ve Verimliliği Üzerine Bir Uygulama, *Business and Economics Research Journal*, 3 (4), 21-42.

Yazdani, M., Alidoosti, A. ve Zavadskas, E. K., 2011, Risk analysis of critical infrastructures using fuzzy COPRAS, *Ekonomska istrazivanja*, 24 (4), 27.

Yazici, İ. ve Kahraman, C., 2015, VIKOR method using interval type two fuzzy sets, *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*.

Yildiz, S. ve Yildiz, E., 2015, Service Quality Evaluation of Restaurants Using The Ahp And Topsis Method, *Journal of Social and Administrative Sciences*, 2 (2), 53-61.

Yong, D., 2006, Plant location selection based on fuzzy TOPSIS, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 28 (7-8), 839-844.

Zadeh, L. A., 1965, Fuzzy sets, *Information and control*, 8 (3), 338-353.

Zadeh, L. A., 1975, The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning—I, *Information Sciences*, 8 (3), 199-249.

Zamri, N. ve Abdullah, L., 2013, A new linguistic variable in interval type-2 fuzzy entropy weight of a decision making method, *Procedia Computer Science*, 24, 42-53.

Zavadskas, E. ve Kaklauskas, A., 1996, Determination of an efficient contractor by using the new method of multicriteria assessment, *International Symposium for "The Organization and Management of Construction". Shaping Theory and Practice*, 94-104.

Zavadskas, E., Turskis, Z. ve Vilutiene, T., 2010, Multiple criteria analysis of foundation instalment alternatives by applying Additive Ratio Assessment (ARAS) method, *Archives of civil and mechanical engineering*, 10 (3), 123-141.

Zavadskas, E. K. ve Antucheviciene, J., 2007, Multiple criteria evaluation of rural building's regeneration alternatives, *Building and Environment*, 42 (1), 436-451.

Zhang, X. ve Xu, Z., 2015, Hesitant fuzzy QUALIFLEX approach with a signed distance-based comparison method for multiple criteria decision analysis, *Expert Systems with Applications*, 42 (2), 873-884.

Zhang, Z. ve Zhang, S., 2013, A novel approach to multi attribute group decision making based on trapezoidal interval type-2 fuzzy soft sets, *Applied mathematical modelling*, 37 (7), 4948-4971.

Zimmermann, H.-J., 2001, Fuzzy set theory—and its applications, Springer Science & Business Media.

EKLER

EK-1 AHP Yönteminde Tutarlılık Oranının Hesaplanması

Durulaştırılmış ikili karşılaştırma matrisi (*A*) ve durulaştırılmış kriter ağırlıkları (*w*)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18	K19	K20	K21	K22	K23	K24	K25	K26	K27	K28	K29	K30
K1	1.00	0.44	1.00	0.14	0.14	0.44	1.00	1.00	1.00	0.44	1.00	1.00	1.00	0.11	0.44	0.44	0.44	2.85	6.65	0.21	0.14	1.00	0.14	1.00	0.21	0.21	1.00	2.85	1.00	0.44
K2	2.85	1.00	2.85	0.21	0.21	1.00	2.85	2.85	2.85	1.00	2.85	2.85	2.85	0.11	1.00	1.00	1.00	4.75	6.65	2.85	0.21	1.00	0.21	2.85	0.44	0.44	2.85	2.85	2.85	2.85
K3	1.00	0.44	1.00	0.14	0.14	1.00	1.00	2.85	2.85	1.00	1.00	2.85	2.85	0.11	1.00	1.00	1.00	2.85	6.65	2.85	0.44	1.00	0.21	2.85	0.44	0.44	1.00	2.85	2.85	1.00
K4	6.65	4.75	6.65	1.00	1.00	2.85	2.85	4.75	4.75	2.85	2.85	4.75	4.75	0.11	4.75	4.75	4.75	4.75	7.85	4.75	1.00	4.75	1.00	4.75	1.00	1.00	4.75	4.75	2.85	4.75
K5	6.65	4.75	6.65	1.00	1.00	1.00	2.85	4.75	4.75	1.00	2.85	4.75	4.75	0.11	4.75	4.75	4.75	4.75	7.85	4.75	1.00	4.75	1.00	4.75	1.00	1.00	4.75	4.75	2.85	4.75
K6	2.85	1.00	1.00	0.44	1.00	1.00	2.85	4.75	4.75	4.75	4.75	6.65	6.65	0.11	1.00	1.00	1.00	4.75	6.65	2.85	0.44	4.75	0.44	2.85	1.00	1.00	2.85	2.85	2.85	4.75
K7	1.00	0.44	1.00	0.44	0.44	0.44	1.00	2.85	2.85	1.00	2.85	4.75	4.75	0.11	1.00	1.00	1.00	4.75	6.65	2.85	0.21	2.85	0.44	2.85	0.44	0.44	2.85	1.00	2.85	2.85
K8	1.00	0.44	0.44	0.21	0.21	0.21	0.44	1.00	1.00	0.44	0.44	2.85	2.85	0.11	0.44	0.44	0.44	1.00	6.65	1.00	0.21	1.00	0.21	1.00	0.44	0.44	1.00	0.44	0.44	1.00
K9	1.00	0.44	0.44	0.21	0.21	0.21	0.44	1.00	1.00	0.44	0.44	2.85	2.85	0.11	0.44	0.44	0.44	1.00	6.65	1.00	0.21	1.00	0.21	1.00	0.44	0.44	1.00	0.44	0.44	1.00
K10	2.85	1.00	1.00	0.44	1.00	0.21	1.00	2.85	2.85	1.00	2.85	4.75	4.75	0.11	1.00	1.00	1.00	4.75	6.65	2.85	0.44	4.75	0.44	2.85	1.00	1.00	2.85	2.85	2.85	4.75
K11	1.00	0.44	1.00	0.44	0.44	0.21	0.44	2.85	2.85	0.44	1.00	2.85	2.85	0.11	1.00	1.00	1.00	4.75	6.65	2.85	0.21	2.85	0.44	2.85	0.44	0.44	2.85	1.00	2.85	2.85
K12	1.00	0.44	0.44	0.21	0.21	0.14	0.21	0.44	0.44	0.21	0.44	1.00	1.00	0.11	0.44	0.44	0.44	1.00	6.65	1.00	0.21	1.00	0.21	1.00	0.44	0.44	1.00	0.44	0.44	1.00
K13	1.00	0.44	0.44	0.21	0.21	0.14	0.21	0.44	0.44	0.21	0.44	1.00	1.00	0.11	0.44	0.44	0.44	1.00	6.65	1.00	0.21	1.00	0.21	1.00	0.44	0.44	1.00	0.44	0.44	1.00
K14	7.85	7.85	7.85	7.85	7.85	7.85	7.85	7.85	7.85	7.85	7.85	7.85	7.85	1.00	6.65	6.65	6.65	7.85	7.85	6.65	4.75	6.65	4.75	6.65	4.75	4.75	4.75	4.75	6.65	6.65
K15	2.85	1.00	1.00	0.21	0.21	1.00	1.00	2.85	2.85	1.00	1.00	2.85	2.85	0.14	1.00	1.00	1.00	4.75	6.65	2.85	1.00	2.85	0.44	4.75	1.00	1.00	2.85	1.00	2.85	1.00
K16	2.85	1.00	1.00	0.21	0.21	1.00	1.00	2.85	2.85	1.00	1.00	2.85	2.85	0.14	1.00	1.00	1.00	4.75	6.65	2.85	1.00	2.85	0.44	4.75	1.00	1.00	2.85	1.00	2.85	1.00
K17	2.85	1.00	1.00	0.21	0.21	1.00	1.00	2.85	2.85	1.00	1.00	2.85	2.85	0.14	1.00	1.00	1.00	4.75	6.65	2.85	1.00	2.85	0.44	4.75	1.00	1.00	2.85	1.00	2.85	1.00
K18	0.44	0.21	0.44	0.21	0.21	0.21	0.21	1.00	1.00	0.21	0.21	1.00	1.00	0.11	0.21	0.21	0.21	1.00	6.65	1.00	0.14	0.44	0.21	1.00	0.21	0.21	1.00	0.44	0.44	1.00
K19	0.14	0.14	0.14	0.11	0.11	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.11	0.14	0.14	0.14	0.14	1.00	0.21	0.14	0.21	0.11	0.21	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
K20	4.75	0.44	0.44	0.21	0.21	0.44	0.44	1.00	1.00	0.44	0.44	1.00	1.00	0.14	0.44	0.44	0.44	1.00	4.75	1.00	0.14	0.44	0.14	0.44	0.21	0.21	0.44	0.44	0.44	1.00
K21	6.65	4.75	2.85	1.00	1.00	2.85	4.75	4.75	4.75	2.85	4.75	4.75	4.75	0.21	1.00	1.00	1.00	6.65	6.65	6.65	1.00	6.65	1.00	6.65	4.75	4.75	4.75	4.75	4.75	6.65
K22	1.00	1.00	1.00	0.21	0.21	0.21	0.44	1.00	1.00	0.21	0.44	1.00	1.00	0.14	0.44	0.44	0.44	2.85	4.75	2.85	0.14	1.00	0.21	1.00	0.21	0.21	1.00	1.00	1.00	1.00
K23	6.65	4.75	4.75	1.00	1.00	2.85	2.85	4.75	4.75	2.85	2.85	4.75	4.75	0.21	2.85	2.85	2.85	4.75	7.85	6.65	1.00	4.75	1.00	6.65	4.75	4.75	4.75	4.75	4.75	6.65
K24	1.00	0.44	0.44	0.21	0.21	0.44	0.44	1.00	1.00	0.44	0.44	1.00	1.00	0.14	0.21	0.21	0.21	1.00	4.75	2.85	0.14	1.00	0.14	1.00	0.21	0.21	1.00	1.00	1.00	1.00
K25	4.75	2.85	2.85	1.00	1.00	1.00	2.85	2.85	2.85	1.00	2.85	2.85	2.85	0.21	1.00	1.00	1.00	4.75	6.65	4.75	0.21	4.75	0.21	4.75	1.00	1.00	2.85	2.85	2.85	4.75
K26	4.75	2.85	2.85	1.00	1.00	1.00	2.85	2.85	2.85	1.00	2.85	2.85	2.85	0.21	1.00	1.00	1.00	4.75	6.65	4.75	0.21	4.75	0.21	4.75	1.00	1.00	2.85	2.85	2.85	4.75
K27	1.00	0.44	1.00	0.21	0.21	0.44	0.44	1.00	1.00	0.44	0.44	1.00	1.00	0.21	0.44	0.44	0.44	1.00	6.65	2.85	0.21	1.00	0.21	1.00	0.44	0.44	1.00	1.00	1.00	2.85
K28	0.44	0.44	0.44	0.21	0.21	0.44	1.00	2.85	2.85	0.44	1.00	2.85	2.85	0.21	1.00	1.00	1.00	2.85	6.65	2.85	0.21	1.00	0.21	1.00	0.44	0.44	1.00	1.00	1.00	1.00
K29	1.00	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	2.85	2.85	0.44	0.44	2.85	2.85	0.14	0.44	0.44	0.44	2.85	6.65	2.85	0.21	1.00	0.21	1.00	0.44	0.44	1.00	1.00	1.00	2.85
K30	2.85	0.44	1.00	0.21	0.21	0.21	0.44	1.00	1.00	0.21	0.44	1.00	1.00	0.14	1.00	1.00	1.00	1.00	6.65	1.00	0.14	1.00	0.14	1.00	0.21	0.21	0.44	1.00	0.44	1.00

$$w = [0.01, 0.03, 0.02, 0.06, 0.06, 0.04, 0.03, 0.01, 0.01, 0.04, 0.03, 0.01, 0.01, 0.05, 0.03, 0.03, 0.03, 0.01, 0.00, 0.01, 0.07, 0.01, 0.07, 0.01, 0.04, 0.04, 0.02, 0.02, 0.02, 0.01]'$$

Tutarlılık Oranı (CR)'nın Hesaplanması:

$$E = A \times w = [0.47, 1.05, 0.80, 2.34, 2.19, 1.56, 0.97, 0.44, 0.44, 1.19, 0.83, 0.36, 0.36, 5.39, 1.02, 1.02, 1.02, 0.30, 0.12, 0.39, 2.49, 0.45, 2.55, 0.39, 1.41, 1.41, 0.49, 0.64, 0.62, 0.45]'$$

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^{30} E_i = 0.47 + 1.05 + ... + 0.45 = 33.15$$

Tutarlılık Göstergesi: $CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n} = \frac{33.15 - 30}{30} = 0.105$

Rasgele Tutarlılık Göstergesi: $RI = \frac{1.98(n-2)}{n} = \frac{1.98(30-2)}{30} = 1.848$

Tutarlılık Oranı: $CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0.105}{1.848} = 0.056$

EK-2 Ghorabaee ve ark. (2014) tarafından önerilen sıralama yöntemine göre K1 kriteri için ideal ($\tilde{X}_1^*$) ve en düşük ($\tilde{X}_1^o$) değerlerin hesaplanması

C_{ix}^U , C_{ix}^L , C_{iy}^U , C_{iy}^L **değerleri**

Ülke Kodları	**IS**	**ME**	**MK**	**RS**	**TR**	**XK**	**AT**	**BE**	**BG**	**CY**	**CZ**	**DE**	**DK**	**EE**	**EL**	**ES**	**FI**
C_{ix}^U	0.53	0.66	0.65	0.71	0.69	0.60	0.51	0.51	0.63	0.70	0.60	0.52	0.48	0.61	0.68	0.65	0.53
C_{ix}^L	0.53	0.66	0.65	0.71	0.69	0.60	0.51	0.51	0.63	0.70	0.60	0.52	0.48	0.61	0.68	0.64	0.53
C_{iy}^U	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
C_{iy}^L	2.06	2.30	2.30	2.47	2.42	2.18	1.95	2.02	2.28	2.52	2.17	1.98	1.90	2.24	2.39	2.35	1.97
Ülke Kodları	**FR**	**HR**	**HU**	**IE**	**IT**	**LT**	**LU**	**LV**	**MT**	**NL**	**PL**	**PT**	**RO**	**SE**	**SI**	**SK**	**UK**
C_{ix}^U	0.58	0.67	0.59	0.56	0.51	0.50	0.56	0.66	0.66	0.45	0.60	0.54	0.60	0.57	0.56	0.51	0.58
C_{ix}^L	0.57	0.67	0.59	0.56	0.50	0.49	0.56	0.65	0.66	0.44	0.59	0.53	0.60	0.56	0.56	0.51	0.58
C_{iy}^U	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
C_{iy}^L	2.18	2.41	2.15	2.12	1.94	1.99	2.09	2.38	2.34	1.82	2.20	2.05	2.19	2.10	2.05	2.02	2.21

E(X) ve E'(X) matrisi

Ülke Kodları	E(X)																													
IS	0.00	0.11	0.11	0.15	0.13	0.07	-0.02	-0.01	0.09	0.14	0.06	-0.01	-0.05	0.07	0.12	0.10	0.00	0.04	0.12	0.05	0.03	-0.02	-0.03	0.03	0.11	0.11	-0.09	0.06	0.01	0.06
ME	-0.11	0.00	0.00	0.04	0.02	-0.05	-0.13	-0.13	-0.02	0.03	-0.05	-0.12	-0.16	-0.04	0.01	-0.01	-0.11	-0.07	0.01	-0.06	-0.08	-0.13	-0.14	-0.08	0.00	0.00	-0.19	-0.05	-0.11	-0.05
MK	-0.11	0.00	0.00	0.04	0.03	-0.04	-0.12	-0.12	-0.02	0.03	-0.04	-0.12	-0.15	-0.03	0.02	-0.01	-0.11	-0.07	0.01	-0.05	-0.08	-0.13	-0.14	-0.08	0.00	0.00	-0.19	-0.05	-0.10	-0.04
RS	-0.15	-0.04	-0.04	0.00	-0.01	-0.08	-0.16	-0.16	-0.06	0.00	-0.08	-0.15	-0.19	-0.07	-0.02	-0.05	-0.15	-0.10	-0.03	-0.09	-0.12	-0.17	-0.18	-0.12	-0.04	-0.04	-0.23	-0.09	-0.14	-0.08
TR	-0.13	-0.02	-0.03	0.01	0.00	-0.07	-0.15	-0.15	-0.05	0.01	-0.07	-0.14	-0.18	-0.06	-0.01	-0.04	-0.13	-0.09	-0.02	-0.08	-0.11	-0.16	-0.17	-0.11	-0.03	-0.03	-0.22	-0.08	-0.13	-0.07
XK	-0.07	0.05	0.04	0.08	0.07	0.00	-0.08	-0.08	0.02	0.08	0.00	-0.07	-0.11	0.01	0.06	0.04	-0.06	-0.02	0.05	-0.01	-0.04	-0.09	-0.10	-0.04	0.04	0.04	-0.15	-0.01	-0.06	0.00
AT	0.02	0.13	0.12	0.16	0.15	0.08	0.00	0.00	0.11	0.16	0.08	0.01	-0.03	0.09	0.14	0.12	0.02	0.06	0.14	0.07	0.05	0.00	-0.02	0.05	0.12	0.13	-0.07	0.08	0.02	0.08
BE	0.01	0.13	0.12	0.16	0.15	0.08	0.00	0.00	0.10	0.16	0.08	0.01	-0.03	0.09	0.14	0.11	0.02	0.06	0.13	0.07	0.04	-0.01	-0.02	0.04	0.12	0.12	-0.07	0.07	0.02	0.08
BG	-0.09	0.02	0.02	0.06	0.05	-0.02	-0.11	-0.10	0.00	0.05	-0.03	-0.10	-0.14	-0.02	0.03	0.01	-0.09	-0.05	0.03	-0.04	-0.06	-0.11	-0.12	-0.06	0.02	0.02	-0.17	-0.03	-0.08	-0.03
CY	-0.14	-0.03	-0.03	0.00	-0.01	-0.08	-0.16	-0.16	-0.05	0.00	-0.08	-0.15	-0.19	-0.07	-0.02	-0.04	-0.14	-0.10	-0.02	-0.09	-0.11	-0.16	-0.17	-0.11	-0.03	-0.03	-0.22	-0.08	-0.14	-0.08
CZ	-0.06	0.05	0.04	0.08	0.07	0.00	-0.08	-0.08	0.03	0.08	0.00	-0.07	-0.11	0.01	0.06	0.04	-0.06	-0.02	0.06	-0.01	-0.04	-0.09	-0.10	-0.04	0.04	0.05	-0.15	0.00	-0.06	0.00
DE	0.01	0.12	0.12	0.15	0.14	0.07	-0.01	-0.01	0.10	0.15	0.07	0.00	-0.04	0.08	0.13	0.11	0.01	0.05	0.13	0.06	0.04	-0.01	-0.02	0.04	0.12	0.12	-0.08	0.07	0.01	0.07
DK	0.05	0.16	0.15	0.19	0.18	0.11	0.03	0.03	0.14	0.19	0.11	0.04	0.00	0.12	0.17	0.15	0.05	0.09	0.16	0.10	0.07	0.02	0.01	0.07	0.15	0.15	-0.04	0.11	0.05	0.11
EE	-0.07	0.04	0.03	0.07	0.06	-0.01	-0.09	-0.09	0.02	0.07	-0.01	-0.08	-0.12	0.00	0.05	0.03	-0.07	-0.03	0.05	-0.02	-0.05	-0.10	-0.11	-0.05	0.03	0.03	-0.16	-0.01	-0.07	-0.01
EL	-0.12	-0.01	-0.02	0.02	0.01	-0.06	-0.14	-0.14	-0.03	0.02	-0.06	-0.13	-0.17	-0.05	0.00	-0.02	-0.12	-0.08	0.00	-0.07	-0.09	-0.14	-0.15	-0.09	-0.02	-0.01	-0.21	-0.06	-0.12	-0.06
ES	-0.10	0.01	0.01	0.05	0.04	-0.04	-0.12	-0.11	-0.01	0.04	-0.04	-0.11	-0.15	-0.03	0.02	0.00	-0.10	-0.06	0.02	-0.05	-0.07	-0.12	-0.13	-0.07	0.01	0.01	-0.18	-0.04	-0.09	-0.04
FI	0.00	0.11	0.11	0.15	0.13	0.06	-0.02	-0.02	0.09	0.14	0.06	-0.01	-0.05	0.07	0.12	0.10	0.00	0.04	0.12	0.05	0.03	-0.02	-0.03	0.03	0.11	0.11	-0.09	0.06	0.01	0.06
FR	-0.04	0.07	0.07	0.10	0.09	0.02	-0.06	-0.06	0.05	0.10	0.02	-0.05	-0.09	0.03	0.08	0.06	-0.04	0.00	0.08	0.01	-0.01	-0.06	-0.07	-0.01	0.07	0.07	-0.13	0.02	-0.04	0.02
HR	-0.12	-0.01	-0.01	0.03	0.02	-0.05	-0.14	-0.13	-0.03	0.02	-0.06	-0.13	-0.16	-0.05	0.00	-0.02	-0.12	-0.08	0.00	-0.07	-0.09	-0.14	-0.15	-0.09	-0.01	-0.01	-0.20	-0.06	-0.11	-0.06
HU	-0.05	0.06	0.05	0.09	0.08	0.01	-0.07	-0.07	0.04	0.09	0.01	-0.06	-0.10	0.02	0.07	0.05	-0.05	-0.01	0.07	0.00	-0.03	-0.08	-0.09	-0.03	0.05	0.05	-0.14	0.00	-0.05	0.01
IE	-0.03	0.08	0.08	0.12	0.11	0.04	-0.05	-0.04	0.06	0.11	0.04	-0.04	-0.07	0.05	0.09	0.07	-0.03	0.01	0.09	0.03	0.00	-0.05	-0.06	0.00	0.08	0.08	-0.11	0.03	-0.02	0.04
IT	0.02	0.13	0.13	0.17	0.16	0.09	0.00	0.01	0.11	0.16	0.09	0.01	-0.02	0.10	0.14	0.12	0.02	0.06	0.14	0.08	0.05	0.00	-0.01	0.05	0.13	0.13	-0.06	0.08	0.03	0.09
LT	0.03	0.14	0.14	0.18	0.17	0.10	0.02	0.02	0.12	0.17	0.10	0.02	-0.01	0.11	0.15	0.13	0.03	0.07	0.15	0.09	0.06	0.01	0.00	0.06	0.14	0.14	-0.05	0.09	0.04	0.10
LU	-0.03	0.08	0.08	0.12	0.11	0.04	-0.05	-0.04	0.06	0.11	0.04	-0.04	-0.07	0.05	0.09	0.07	-0.03	0.01	0.09	0.03	0.00	-0.05	-0.06	0.00	0.08	0.08	-0.11	0.03	-0.02	0.04
LV	-0.11	0.00	0.00	0.04	0.03	-0.04	-0.12	-0.12	-0.02	0.03	-0.04	-0.12	-0.15	-0.03	0.02	-0.01	-0.11	-0.07	0.01	-0.05	-0.08	-0.13	-0.14	-0.08	0.00	0.00	-0.19	-0.05	-0.10	-0.04
MT	-0.11	0.00	0.00	0.04	0.03	-0.04	-0.13	-0.12	-0.02	0.03	-0.05	-0.12	-0.15	-0.03	0.01	-0.01	-0.11	-0.07	0.01	-0.05	-0.08	-0.13	-0.14	-0.08	0.00	0.00	-0.19	-0.05	-0.10	-0.04
NL	0.09	0.19	0.19	0.23	0.22	0.15	0.07	0.07	0.17	0.22	0.15	0.08	0.04	0.16	0.21	0.18	0.09	0.13	0.20	0.14	0.11	0.06	0.05	0.11	0.19	0.19	0.00	0.14	0.09	0.15
PL	-0.06	0.05	0.05	0.09	0.08	0.01	-0.08	-0.07	0.03	0.08	0.00	-0.07	-0.11	0.01	0.06	0.04	-0.06	-0.02	0.06	0.00	-0.03	-0.08	-0.09	-0.03	0.05	0.05	-0.14	0.00	-0.05	0.01
PT	-0.01	0.11	0.10	0.14	0.13	0.06	-0.02	-0.02	0.08	0.14	0.06	-0.01	-0.05	0.07	0.12	0.09	-0.01	0.04	0.11	0.05	0.02	-0.03	-0.04	0.02	0.10	0.10	-0.09	0.05	0.00	0.06
RO	-0.06	0.05	0.04	0.08	0.07	0.00	-0.08	-0.08	0.03	0.08	0.00	-0.07	-0.11	0.01	0.06	0.04	-0.06	-0.02	0.06	-0.01	-0.04	-0.09	-0.10	-0.04	0.04	0.04	-0.15	-0.01	-0.06	0.00
SE	0.00	0.11	0.11	0.15	0.13	0.07	-0.02	-0.01	0.09	0.14	0.06	-0.01	-0.05	0.07	0.12	0.10	0.00	0.04	0.12	0.05	0.03	-0.02	-0.03	0.03	0.11	0.11	-0.09	0.06	0.01	0.06
SI	-0.11	0.00	0.00	0.04	0.02	-0.05	-0.13	-0.13	-0.02	0.03	-0.05	-0.12	-0.16	-0.04	0.01	-0.01	-0.11	-0.07	0.01	-0.06	-0.08	-0.13	-0.14	-0.08	0.00	0.00	-0.19	-0.05	-0.11	-0.05
SK	-0.11	0.00	0.00	0.04	0.03	-0.04	-0.12	-0.12	-0.02	0.03	-0.04	-0.12	-0.15	-0.03	0.02	-0.01	-0.11	-0.07	0.01	-0.05	-0.08	-0.13	-0.14	-0.08	0.00	0.00	-0.19	-0.05	-0.10	-0.04
UK	-0.15	-0.04	-0.04	0.00	-0.01	-0.08	-0.16	-0.16	-0.06	0.00	-0.08	-0.15	-0.19	-0.07	-0.02	-0.05	-0.15	-0.10	-0.03	-0.09	-0.12	-0.17	-0.18	-0.12	-0.04	-0.04	-0.23	-0.09	-0.14	-0.08

Ülke Kodları	E'(X)																														
IS	1.00	0.89	0.89	0.85	0.87	0.93	1.00	1.00	0.91	0.86	0.94	1.00	1.00	0.93	0.88	0.90	1.00	0.96	0.88	0.95	0.97	1.00	1.00	0.97	0.89	0.89	1.00	0.94	0.99	0.94
ME	1.00	1.00	1.00	0.96	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
MK	1.00	1.00	1.00	0.96	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
RS	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
TR	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
XK	1.00	0.95	0.96	0.92	0.93	1.00	1.00	1.00	0.98	0.92	1.00	1.00	1.00	0.99	0.94	0.96	1.00	1.00	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00
AT	0.98	0.87	0.88	0.84	0.85	0.92	1.00	1.00	0.89	0.84	0.92	0.99	1.00	0.91	0.86	0.88	0.98	0.94	0.86	0.93	0.95	1.00	1.00	0.95	0.88	0.87	1.00	0.92	0.98	0.92
BE	0.99	0.87	0.88	0.84	0.85	0.92	1.00	1.00	0.90	0.84	0.92	0.99	1.00	0.91	0.86	0.89	0.98	0.94	0.87	0.93	0.96	1.00	1.00	0.96	0.88	0.88	1.00	0.93	0.98	0.92
BG	1.00	0.98	0.98	0.94	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.99	1.00	1.00	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00
CY	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
CZ	1.00	0.95	0.96	0.92	0.93	1.00	1.00	1.00	0.97	0.92	1.00	1.00	1.00	0.99	0.94	0.96	1.00	1.00	0.94	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00
DE	0.99	0.88	0.88	0.85	0.86	0.93	1.00	1.00	0.90	0.85	0.93	1.00	1.00	0.92	0.87	0.89	0.99	0.95	0.87	0.94	0.96	1.00	1.00	0.96	0.88	0.88	1.00	0.93	0.99	0.93
DK	0.95	0.84	0.85	0.81	0.82	0.89	0.97	0.97	0.86	0.81	0.89	0.96	1.00	0.88	0.83	0.85	0.95	0.91	0.84	0.90	0.93	0.98	0.99	0.93	0.85	0.85	1.00	0.89	0.95	0.89
EE	1.00	0.96	0.97	0.93	0.94	1.00	1.00	1.00	0.98	0.93	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.97	1.00	1.00	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00
EL	1.00	1.00	1.00	0.98	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
ES	1.00	0.99	0.99	0.95	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98	1.00	1.00	1.00	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00
FI	1.00	0.89	0.89	0.85	0.87	0.94	1.00	1.00	0.91	0.86	0.94	1.00	1.00	0.93	0.88	0.90	1.00	0.96	0.88	0.95	0.97	1.00	1.00	0.97	0.89	0.89	1.00	0.94	0.99	0.94
FR	1.00	0.93	0.93	0.90	0.91	0.98	1.00	1.00	0.95	0.90	0.98	1.00	1.00	0.97	0.92	0.94	1.00	1.00	0.92	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	0.93	0.93	1.00	0.98	1.00	0.98
HR	1.00	1.00	1.00	0.97	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
HU	1.00	0.94	0.95	0.91	0.92	0.99	1.00	1.00	0.96	0.91	0.99	1.00	1.00	0.98	0.93	0.95	1.00	1.00	0.93	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.95	1.00	1.00	1.00	0.99
IE	1.00	0.92	0.92	0.88	0.89	0.96	1.00	1.00	0.94	0.89	0.96	1.00	1.00	0.95	0.91	0.93	1.00	0.99	0.91	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	0.92	0.92	1.00	0.97	1.00	0.96
IT	0.98	0.87	0.87	0.83	0.84	0.91	1.00	0.99	0.89	0.84	0.91	0.99	1.00	0.90	0.86	0.88	0.98	0.94	0.86	0.92	0.95	1.00	1.00	0.95	0.87	0.87	1.00	0.92	0.97	0.91
LT	0.97	0.86	0.86	0.82	0.83	0.90	0.98	0.98	0.88	0.83	0.90	0.98	1.00	0.89	0.85	0.87	0.97	0.93	0.85	0.91	0.94	0.99	1.00	0.94	0.86	0.86	1.00	0.91	0.96	0.90
LU	1.00	0.92	0.92	0.88	0.89	0.96	1.00	1.00	0.94	0.89	0.96	1.00	1.00	0.95	0.91	0.93	1.00	0.99	0.91	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	0.92	0.92	1.00	0.97	1.00	0.96
LV	1.00	1.00	1.00	0.96	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
MT	1.00	1.00	1.00	0.96	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
NL	0.91	0.81	0.81	0.77	0.78	0.85	0.93	0.93	0.83	0.78	0.85	0.92	0.96	0.84	0.79	0.82	0.91	0.87	0.80	0.86	0.89	0.94	0.95	0.89	0.81	0.81	1.00	0.86	0.91	0.85
PL	1.00	0.95	0.95	0.91	0.92	0.99	1.00	1.00	0.97	0.92	1.00	1.00	1.00	0.99	0.94	0.96	1.00	1.00	0.94	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.95	1.00	1.00	1.00	0.99
PT	1.00	0.89	0.90	0.86	0.87	0.94	1.00	1.00	0.92	0.86	0.94	1.00	1.00	0.93	0.88	0.91	1.00	0.96	0.89	0.95	0.98	1.00	1.00	0.98	0.90	0.90	1.00	0.95	1.00	0.94
RO	1.00	0.95	0.96	0.92	0.93	1.00	1.00	1.00	0.97	0.92	1.00	1.00	1.00	0.99	0.94	0.96	1.00	1.00	0.94	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00
SE	1.00	0.92	0.93	0.89	0.90	0.97	1.00	1.00	0.94	0.89	0.97	1.00	1.00	0.96	0.91	0.93	1.00	0.99	0.91	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	0.93	0.92	1.00	0.97	1.00	0.97
SI	1.00	0.92	0.92	0.88	0.89	0.96	1.00	1.00	0.94	0.89	0.96	1.00	1.00	0.95	0.90	0.93	1.00	0.99	0.91	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	0.92	0.92	1.00	0.97	1.00	0.96
SK	0.99	0.88	0.88	0.84	0.85	0.92	1.00	1.00	0.90	0.85	0.92	0.99	1.00	0.91	0.86	0.89	0.99	0.94	0.87	0.93	0.96	1.00	1.00	0.96	0.88	0.88	1.00	0.93	0.98	0.92
UK	1.00	0.94	0.94	0.90	0.91	0.98	1.00	1.00	0.96	0.91	0.98	1.00	1.00	0.97	0.92	0.95	1.00	1.00	0.93	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	0.94	0.94	1.00	0.99	1.00	0.98

E(Y) ve E'(Y) matrisi

Ülke Kodları	E(Y)																												
IS	0.00	-0.11	-0.11	-0.15	-0.13	-0.07	0.02	0.01	-0.09	-0.14	-0.06	0.01	0.05	-0.07	-0.12	-0.10	0.00	-0.04	-0.12	-0.05	-0.03	0.02	0.03	-0.03	-0.11	-0.11	0.09	-0.06	-0.01	-0.06
ME	0.11	0.00	0.00	-0.04	-0.02	0.05	0.13	0.13	0.02	-0.03	0.05	0.12	0.16	0.04	-0.01	0.01	0.11	0.07	-0.01	0.06	0.08	0.13	0.14	0.08	0.00	0.00	0.19	0.05	0.11	0.05
MK	0.11	0.00	0.00	-0.04	-0.03	0.04	0.12	0.12	0.02	-0.03	0.04	0.12	0.15	0.03	-0.02	0.01	0.11	0.07	-0.01	0.05	0.08	0.13	0.14	0.08	0.00	0.00	0.19	0.05	0.10	0.04
RS	0.15	0.04	0.04	0.00	0.01	0.08	0.16	0.16	0.06	0.00	0.08	0.15	0.19	0.07	0.02	0.05	0.15	0.10	0.03	0.09	0.12	0.17	0.18	0.12	0.04	0.04	0.23	0.09	0.14	0.08
TR	0.13	0.02	0.03	-0.01	0.00	0.07	0.15	0.15	0.05	-0.01	0.07	0.14	0.18	0.06	0.01	0.04	0.13	0.09	0.02	0.08	0.11	0.16	0.17	0.11	0.03	0.03	0.22	0.08	0.13	0.07
XK	0.07	-0.05	-0.04	-0.08	-0.07	0.00	0.08	0.08	-0.02	-0.08	0.00	0.07	0.11	-0.01	-0.06	-0.04	0.06	0.02	-0.05	0.01	0.04	0.09	0.10	0.04	-0.04	-0.04	0.15	0.01	0.06	0.00
AT	-0.02	-0.13	-0.12	-0.16	-0.15	-0.08	0.00	0.00	-0.11	-0.16	-0.08	-0.01	0.03	-0.09	-0.14	-0.12	-0.02	-0.06	-0.14	-0.07	-0.05	0.00	0.02	-0.05	-0.12	-0.13	0.07	-0.08	-0.02	-0.08
BE	-0.01	-0.13	-0.12	-0.16	-0.15	-0.08	0.00	0.00	-0.10	-0.16	-0.08	-0.01	0.03	-0.09	-0.14	-0.11	-0.02	-0.06	-0.13	-0.07	-0.04	0.01	0.02	-0.04	-0.12	-0.12	0.07	-0.07	-0.02	-0.08
BG	0.09	-0.02	-0.02	-0.06	-0.05	0.02	0.11	0.10	0.00	-0.05	0.03	0.10	0.14	0.02	-0.03	-0.01	0.09	0.05	-0.03	0.04	0.06	0.11	0.12	0.06	-0.02	-0.02	0.17	0.03	0.08	0.03
CY	0.14	0.03	0.03	0.00	0.01	0.08	0.16	0.16	0.05	0.00	0.08	0.15	0.19	0.07	0.02	0.04	0.14	0.10	0.02	0.09	0.11	0.16	0.17	0.11	0.03	0.03	0.22	0.08	0.14	0.08
CZ	0.06	-0.05	-0.04	-0.08	-0.07	0.00	0.08	0.08	-0.03	-0.08	0.00	0.07	0.11	-0.01	-0.06	-0.04	0.06	0.02	-0.06	0.01	0.04	0.09	0.10	0.04	-0.04	-0.05	0.15	0.00	0.06	0.00
DE	-0.01	-0.12	-0.12	-0.15	-0.14	-0.07	0.01	0.01	-0.10	-0.15	-0.07	0.00	0.04	-0.08	-0.13	-0.11	-0.01	-0.05	-0.13	-0.06	-0.04	0.01	0.02	-0.04	-0.12	-0.12	0.08	-0.07	-0.01	-0.07
DK	-0.05	-0.16	-0.15	-0.19	-0.18	-0.11	-0.03	-0.03	-0.14	-0.19	-0.11	-0.04	0.00	-0.12	-0.17	-0.15	-0.05	-0.09	-0.16	-0.10	-0.07	-0.02	-0.01	-0.07	-0.15	-0.15	0.04	-0.11	-0.05	-0.11
EE	0.07	-0.04	-0.03	-0.07	-0.06	0.01	0.09	0.09	-0.02	-0.07	0.01	0.08	0.12	0.00	-0.05	-0.03	0.07	0.03	-0.05	0.02	0.05	0.10	0.11	0.05	-0.03	-0.03	0.16	0.01	0.07	0.01
EL	0.12	0.01	0.02	-0.02	-0.01	0.06	0.14	0.14	0.03	-0.02	0.06	0.13	0.17	0.05	0.00	0.02	0.12	0.08	0.00	0.07	0.09	0.14	0.15	0.09	0.02	0.01	0.21	0.06	0.12	0.06
ES	0.10	-0.01	-0.01	-0.05	-0.04	0.04	0.12	0.11	0.01	-0.04	0.04	0.11	0.15	0.03	-0.02	0.00	0.10	0.06	-0.02	0.05	0.07	0.12	0.13	0.07	-0.01	-0.01	0.18	0.04	0.09	0.04
FI	0.00	-0.11	-0.11	-0.15	-0.13	-0.06	0.02	0.02	-0.09	-0.14	-0.06	0.01	0.05	-0.07	-0.12	-0.10	0.00	-0.04	-0.12	-0.05	-0.03	0.02	0.03	-0.03	-0.11	-0.11	0.09	-0.06	-0.01	-0.06
FR	0.04	-0.07	-0.07	-0.10	-0.09	-0.02	0.06	0.06	-0.05	-0.10	-0.02	0.05	0.09	-0.03	-0.08	-0.06	0.04	0.00	-0.08	-0.01	0.01	0.06	0.07	0.01	-0.07	-0.07	0.13	-0.02	0.04	-0.02
HR	0.12	0.01	0.01	-0.03	-0.02	0.05	0.14	0.13	0.03	-0.02	0.06	0.13	0.16	0.05	0.00	0.02	0.12	0.08	0.00	0.07	0.09	0.14	0.15	0.09	0.01	0.01	0.20	0.06	0.11	0.06
HU	0.05	-0.06	-0.05	-0.09	-0.08	-0.01	0.07	0.07	-0.04	-0.09	-0.01	0.06	0.10	-0.02	-0.07	-0.05	0.05	0.01	-0.07	0.00	0.03	0.08	0.09	0.03	-0.05	-0.05	0.14	0.00	0.05	-0.01
IE	0.03	-0.08	-0.08	-0.12	-0.11	-0.04	0.05	0.04	-0.06	-0.11	-0.04	0.04	0.07	-0.05	-0.09	-0.07	0.03	-0.01	-0.09	-0.03	0.00	0.05	0.06	0.00	-0.08	-0.08	0.11	-0.03	0.02	-0.04
IT	-0.02	-0.13	-0.13	-0.17	-0.16	-0.09	0.00	-0.01	-0.11	-0.16	-0.09	-0.01	0.02	-0.10	-0.14	-0.12	-0.02	-0.06	-0.14	-0.08	-0.05	0.00	0.01	-0.05	-0.13	-0.13	0.06	-0.08	-0.03	-0.09
LT	-0.03	-0.14	-0.14	-0.18	-0.17	-0.10	-0.02	-0.02	-0.12	-0.17	-0.10	-0.02	0.01	-0.11	-0.15	-0.13	-0.03	-0.07	-0.15	-0.09	-0.06	-0.01	0.00	-0.06	-0.14	-0.14	0.05	-0.09	-0.04	-0.10
LU	0.03	-0.08	-0.08	-0.12	-0.11	-0.04	0.05	0.04	-0.06	-0.11	-0.04	0.04	0.07	-0.05	-0.09	-0.07	0.03	-0.01	-0.09	-0.03	0.00	0.05	0.06	0.00	-0.08	-0.08	0.11	-0.03	0.02	-0.04
LV	0.11	0.00	0.00	-0.04	-0.03	0.04	0.12	0.12	0.02	-0.03	0.04	0.12	0.15	0.03	-0.02	0.01	0.11	0.07	-0.01	0.05	0.08	0.13	0.14	0.08	0.00	0.00	0.19	0.05	0.10	0.04
MT	0.11	0.00	0.00	-0.04	-0.03	0.04	0.13	0.12	0.02	-0.03	0.05	0.12	0.15	0.03	-0.01	0.01	0.11	0.07	-0.01	0.05	0.08	0.13	0.14	0.08	0.00	0.00	0.19	0.05	0.10	0.04
NL	-0.09	-0.19	-0.19	-0.23	-0.22	-0.15	-0.07	-0.07	-0.17	-0.22	-0.15	-0.08	-0.04	-0.16	-0.21	-0.18	-0.09	-0.13	-0.20	-0.14	-0.11	-0.06	-0.05	-0.11	-0.19	-0.19	0.00	-0.14	-0.09	-0.15
PL	0.06	-0.05	-0.05	-0.09	-0.08	-0.01	0.08	0.07	-0.03	-0.08	0.00	0.07	0.11	-0.01	-0.06	-0.04	0.06	0.02	-0.06	0.00	0.03	0.08	0.09	0.03	-0.05	-0.05	0.14	0.00	0.05	-0.01
PT	0.01	-0.11	-0.10	-0.14	-0.13	-0.06	0.02	0.02	-0.08	-0.14	-0.06	0.01	0.05	-0.07	-0.12	-0.09	0.01	-0.04	-0.11	-0.05	-0.02	0.03	0.04	-0.02	-0.10	-0.10	0.09	-0.05	0.00	-0.06
RO	0.06	-0.05	-0.04	-0.08	-0.07	0.00	0.08	0.08	-0.03	-0.08	0.00	0.07	0.11	-0.01	-0.06	-0.04	0.06	0.02	-0.06	0.01	0.04	0.09	0.10	0.04	-0.04	-0.04	0.15	0.01	0.06	0.00
SE	0.03	-0.08	-0.07	-0.11	-0.10	-0.03	0.05	0.05	-0.06	-0.11	-0.03	0.04	0.08	-0.04	-0.09	-0.07	0.03	-0.01	-0.09	-0.02	0.01	0.06	0.07	0.01	-0.07	-0.08	0.12	-0.03	0.03	-0.03
SI	0.03	-0.08	-0.08	-0.12	-0.11	-0.04	0.04	0.04	-0.06	-0.11	-0.04	0.04	0.07	-0.05	-0.10	-0.07	0.03	-0.01	-0.09	-0.03	0.00	0.05	0.06	0.00	-0.08	-0.08	0.11	-0.03	0.02	-0.04
SK	-0.01	-0.12	-0.12	-0.16	-0.15	-0.08	0.00	0.00	-0.10	-0.15	-0.08	-0.01	0.03	-0.09	-0.14	-0.11	-0.01	-0.06	-0.13	-0.07	-0.04	0.01	0.02	-0.04	-0.12	-0.12	0.07	-0.07	-0.02	-0.08
UK	0.05	-0.06	-0.06	-0.10	-0.09	-0.02	0.06	0.06	-0.04	-0.09	-0.02	0.06	0.09	-0.03	-0.08	-0.05	0.05	0.01	-0.07	-0.01	0.02	0.07	0.08	0.02	-0.06	-0.06	0.13	-0.01	0.04	-0.02

Ülke Kodları	E'(Y)																													
IS	1.00	0.95	0.95	0.92	0.93	0.98	1.00	1.00	0.96	0.91	0.98	1.00	1.00	0.96	0.93	0.94	1.00	0.97	0.93	0.98	0.99	1.00	1.00	0.99	0.94	0.94	1.00	0.97	1.00	0.97
ME	1.00	1.00	1.00	0.97	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98	0.99	1.00	1.00	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00
MK	1.00	1.00	1.00	0.97	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98	0.99	1.00	1.00	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00
RS	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
TR	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
XK	1.00	0.98	0.98	0.95	0.95	1.00	1.00	1.00	0.98	0.94	1.00	1.00	1.00	0.99	0.96	0.97	1.00	1.00	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00
AT	0.98	0.93	0.93	0.90	0.91	0.95	1.00	0.98	0.93	0.89	0.95	0.99	1.00	0.94	0.91	0.92	0.99	0.95	0.91	0.96	0.96	1.00	0.99	0.97	0.91	0.92	1.00	0.95	0.98	0.95
BE	0.99	0.94	0.94	0.91	0.92	0.97	1.00	1.00	0.95	0.90	0.97	1.00	1.00	0.95	0.93	0.93	1.00	0.97	0.92	0.97	0.98	1.00	1.00	0.99	0.93	0.94	1.00	0.96	0.99	0.96
BG	1.00	0.99	0.99	0.93	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	0.91	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	0.97	1.00	1.00	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00
CY	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
CZ	1.00	0.97	0.97	0.94	0.95	1.00	1.00	1.00	0.98	0.93	1.00	1.00	1.00	0.99	0.96	0.96	1.00	1.00	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	0.97	1.00	0.99	1.00	0.99
DE	0.98	0.94	0.93	0.90	0.91	0.96	1.00	0.99	0.94	0.90	0.96	1.00	1.00	0.95	0.92	0.92	1.00	0.96	0.91	0.96	0.97	1.00	1.00	0.98	0.92	0.93	1.00	0.95	0.98	0.96
DK	0.97	0.92	0.92	0.89	0.90	0.94	0.99	0.98	0.92	0.88	0.94	0.98	1.00	0.93	0.90	0.91	0.99	0.94	0.90	0.95	0.95	0.99	0.98	0.96	0.90	0.91	1.00	0.94	0.97	0.94
EE	1.00	0.99	0.99	0.96	0.97	1.00	1.00	1.00	0.99	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.98	1.00	1.00	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00
EL	1.00	1.00	1.00	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
ES	1.00	1.00	1.00	0.98	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
FI	0.98	0.93	0.93	0.90	0.91	0.96	1.00	0.99	0.94	0.89	0.96	1.00	1.00	0.95	0.92	0.92	1.00	0.96	0.91	0.96	0.97	1.00	1.00	0.98	0.92	0.93	1.00	0.95	0.98	0.95
FR	1.00	0.98	0.98	0.95	0.95	1.00	1.00	1.00	0.98	0.94	1.00	1.00	1.00	0.99	0.96	0.97	1.00	1.00	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00
HR	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
HU	1.00	0.97	0.97	0.94	0.95	0.99	1.00	1.00	0.97	0.93	1.00	1.00	1.00	0.98	0.95	0.96	1.00	0.99	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	0.96	1.00	0.99	1.00	0.99
IE	1.00	0.96	0.96	0.93	0.94	0.99	1.00	1.00	0.97	0.92	0.99	1.00	1.00	0.98	0.95	0.95	1.00	0.99	0.94	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.96	1.00	0.98	1.00	0.98
IT	0.98	0.93	0.93	0.90	0.90	0.95	1.00	0.98	0.93	0.89	0.95	0.99	1.00	0.94	0.91	0.92	0.99	0.95	0.91	0.96	0.96	1.00	0.99	0.97	0.91	0.92	1.00	0.95	0.98	0.95
LT	0.99	0.94	0.94	0.91	0.91	0.96	1.00	0.99	0.94	0.90	0.96	1.00	1.00	0.95	0.92	0.93	1.00	0.96	0.92	0.97	0.97	1.00	1.00	0.98	0.92	0.93	1.00	0.96	0.99	0.96
LU	1.00	0.96	0.96	0.93	0.94	0.98	1.00	1.00	0.96	0.92	0.98	1.00	1.00	0.97	0.94	0.95	1.00	0.98	0.94	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	0.94	0.95	1.00	0.98	1.00	0.98
LV	1.00	1.00	1.00	0.98	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
MT	1.00	1.00	1.00	0.98	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
NL	0.95	0.90	0.90	0.87	0.88	0.92	0.97	0.96	0.91	0.86	0.93	0.97	0.98	0.91	0.88	0.89	0.97	0.92	0.88	0.93	0.94	0.97	0.96	0.94	0.89	0.89	1.00	0.92	0.95	0.92
PL	1.00	0.98	0.98	0.95	0.96	1.00	1.00	1.00	0.99	0.94	1.00	1.00	1.00	0.99	0.96	0.97	1.00	1.00	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00
PT	1.00	0.95	0.95	0.92	0.93	0.98	1.00	1.00	0.96	0.91	0.98	1.00	1.00	0.96	0.93	0.94	1.00	0.97	0.93	0.98	0.99	1.00	1.00	0.99	0.94	0.94	1.00	0.97	1.00	0.97
RO	1.00	0.98	0.98	0.95	0.96	1.00	1.00	1.00	0.98	0.94	1.00	1.00	1.00	0.99	0.96	0.97	1.00	1.00	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00
SE	1.00	0.96	0.96	0.93	0.94	0.98	1.00	1.00	0.97	0.92	0.99	1.00	1.00	0.97	0.94	0.95	1.00	0.98	0.94	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.95	1.00	0.98	1.00	0.98
SI	1.00	0.95	0.95	0.92	0.93	0.97	1.00	1.00	0.96	0.91	0.98	1.00	1.00	0.96	0.93	0.94	1.00	0.97	0.93	0.98	0.99	1.00	1.00	0.99	0.94	0.94	1.00	0.97	1.00	0.97
SK	0.99	0.94	0.94	0.91	0.92	0.97	1.00	1.00	0.95	0.90	0.97	1.00	1.00	0.96	0.93	0.93	1.00	0.97	0.92	0.97	0.98	1.00	1.00	0.99	0.93	0.94	1.00	0.96	0.99	0.96
UK	1.00	0.98	0.98	0.95	0.96	1.00	1.00	1.00	0.99	0.94	1.00	1.00	1.00	0.99	0.97	0.97	1.00	1.00	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00

P değerleri

Ülke Kodları	P																												
IS	1.00	0.92	0.92	0.89	0.90	0.96	1.00	1.00	0.93	0.89	0.96	1.00	1.00	0.94	0.91	0.92	1.00	0.97	0.91	0.96	0.98	1.00	1.00	0.98	0.91	0.92	1.00	0.96	1.00	0.95
ME	1.00	1.00	1.00	0.97	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	0.99	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
MK	1.00	1.00	1.00	0.97	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98	1.00	1.00	1.00	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
RS	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
TR	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
XK	1.00	0.96	0.97	0.93	0.94	1.00	1.00	1.00	0.98	0.93	1.00	1.00	1.00	0.99	0.95	0.97	1.00	1.00	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00
AT	0.98	0.90	0.90	0.87	0.88	0.93	1.00	0.99	0.91	0.87	0.94	0.99	1.00	0.92	0.89	0.90	0.99	0.95	0.89	0.94	0.96	1.00	1.00	0.96	0.89	0.90	1.00	0.94	0.98	0.93
BE	0.99	0.91	0.91	0.88	0.89	0.94	1.00	1.00	0.92	0.87	0.95	1.00	1.00	0.93	0.89	0.91	0.99	0.95	0.89	0.95	0.97	1.00	1.00	0.97	0.90	0.91	1.00	0.94	0.99	0.94
BG	1.00	0.98	0.99	0.94	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	0.93	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	0.98	1.00	1.00	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00
CY	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
CZ	1.00	0.96	0.97	0.93	0.94	1.00	1.00	1.00	0.98	0.93	1.00	1.00	1.00	0.99	0.95	0.96	1.00	1.00	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00
DE	0.99	0.91	0.91	0.88	0.88	0.94	1.00	1.00	0.92	0.87	0.94	1.00	1.00	0.93	0.89	0.91	1.00	0.95	0.89	0.95	0.97	1.00	1.00	0.97	0.90	0.90	1.00	0.94	0.98	0.94
DK	0.96	0.88	0.88	0.85	0.86	0.92	0.98	0.97	0.89	0.85	0.92	0.97	1.00	0.91	0.87	0.88	0.97	0.93	0.87	0.92	0.94	0.98	0.98	0.94	0.88	0.88	1.00	0.92	0.96	0.91
EE	1.00	0.98	0.98	0.94	0.95	1.00	1.00	1.00	0.99	0.94	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	0.98	1.00	1.00	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00
EL	1.00	1.00	1.00	0.98	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
ES	1.00	0.99	1.00	0.97	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
FI	0.99	0.91	0.91	0.88	0.89	0.95	1.00	1.00	0.92	0.88	0.95	1.00	1.00	0.94	0.90	0.91	1.00	0.96	0.90	0.95	0.97	1.00	1.00	0.97	0.91	0.91	1.00	0.95	0.99	0.94
FR	1.00	0.95	0.96	0.92	0.93	0.99	1.00	1.00	0.97	0.92	0.99	1.00	1.00	0.98	0.94	0.95	1.00	1.00	0.94	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.95	1.00	0.99	1.00	0.99
HR	1.00	1.00	1.00	0.98	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
HU	1.00	0.96	0.96	0.92	0.93	0.99	1.00	1.00	0.97	0.92	0.99	1.00	1.00	0.98	0.94	0.96	1.00	1.00	0.94	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.95	1.00	0.99	1.00	0.99
IE	1.00	0.94	0.94	0.91	0.92	0.98	1.00	1.00	0.95	0.91	0.98	1.00	1.00	0.97	0.93	0.94	1.00	0.99	0.93	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	0.94	0.94	1.00	0.98	1.00	0.97
IT	0.98	0.90	0.90	0.86	0.87	0.93	1.00	0.99	0.91	0.86	0.93	0.99	1.00	0.92	0.88	0.90	0.99	0.94	0.88	0.94	0.96	1.00	1.00	0.96	0.89	0.89	1.00	0.93	0.97	0.93
LT	0.98	0.90	0.90	0.86	0.87	0.93	0.99	0.99	0.91	0.86	0.93	0.99	1.00	0.92	0.88	0.90	0.98	0.94	0.88	0.94	0.96	0.99	1.00	0.96	0.89	0.89	1.00	0.93	0.97	0.93
LU	1.00	0.94	0.94	0.91	0.91	0.97	1.00	1.00	0.95	0.90	0.97	1.00	1.00	0.96	0.92	0.94	1.00	0.98	0.92	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	0.93	0.94	1.00	0.97	1.00	0.97
LV	1.00	1.00	1.00	0.97	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
MT	1.00	1.00	1.00	0.97	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
NL	0.93	0.85	0.86	0.82	0.83	0.89	0.95	0.94	0.87	0.82	0.89	0.94	0.97	0.88	0.84	0.85	0.94	0.90	0.84	0.90	0.91	0.96	0.96	0.91	0.85	0.85	1.00	0.89	0.93	0.89
PL	1.00	0.96	0.97	0.93	0.94	1.00	1.00	1.00	0.98	0.93	1.00	1.00	1.00	0.99	0.95	0.96	1.00	1.00	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00
PT	1.00	0.92	0.92	0.89	0.90	0.96	1.00	1.00	0.94	0.89	0.96	1.00	1.00	0.95	0.91	0.92	1.00	0.97	0.91	0.97	0.98	1.00	1.00	0.99	0.92	0.92	1.00	0.96	1.00	0.96
RO	1.00	0.97	0.97	0.93	0.94	1.00	1.00	1.00	0.98	0.93	1.00	1.00	1.00	0.99	0.95	0.97	1.00	1.00	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00
SE	1.00	0.94	0.94	0.91	0.92	0.98	1.00	1.00	0.95	0.91	0.98	1.00	1.00	0.97	0.93	0.94	1.00	0.99	0.93	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	0.94	0.94	1.00	0.98	1.00	0.98
SI	1.00	0.93	0.94	0.90	0.91	0.97	1.00	1.00	0.95	0.90	0.97	1.00	1.00	0.96	0.92	0.93	1.00	0.98	0.92	0.98	0.99	1.00	1.00	1.00	0.93	0.93	1.00	0.97	1.00	0.97
SK	0.99	0.91	0.91	0.88	0.89	0.94	1.00	1.00	0.92	0.87	0.95	1.00	1.00	0.93	0.90	0.91	0.99	0.96	0.90	0.95	0.97	1.00	1.00	0.97	0.90	0.91	1.00	0.95	0.99	0.94
UK	1.00	0.96	0.96	0.93	0.94	0.99	1.00	1.00	0.97	0.92	0.99	1.00	1.00	0.98	0.95	0.96	1.00	1.00	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.96	1.00	0.99	1.00	0.99

$\tilde{x}_{i1}$, $RV(\tilde{\tilde{A}}_i)$, $\tilde{\tilde{X}}_1^o$ **ve** $\tilde{\tilde{X}}_1^*$ **değerleri**

$\tilde{x}_{i1}$	$RV(\tilde{\tilde{A}}_i)$
((0.435,0.535,0.535,0.618;1,1)(0.476,0.535,0.535,0.568;0.9,0.9))	0.04509
((0.560,0.660,0.660,0.759;1,1)(0.609,0.660,0.660,0.709;0.9,0.9))	0.04622
((0.555,0.655,0.655,0.752;1,1)(0.604,0.655,0.655,0.702;0.9,0.9))	0.04621
((0.609,0.709,0.709,0.805;1,1)(0.657,0.709,0.709,0.755;0.9,0.9))	0.04634
((0.594,0.694,0.694,0.790;1,1)(0.642,0.694,0.694,0.740;0.9,0.9))	0.04633
((0.504,0.604,0.604,0.697;1,1)(0.551,0.604,0.604,0.647;0.9,0.9))	0.04588
((0.415,0.515,0.515,0.603;1,1)(0.459,0.515,0.515,0.553;0.9,0.9))	0.04460
((0.420,0.520,0.520,0.602;1,1)(0.461,0.520,0.520,0.552;0.9,0.9))	0.04482
((0.535,0.635,0.635,0.728;1,1)(0.581,0.635,0.635,0.678;0.9,0.9))	0.04603
((0.605,0.705,0.705,0.795;1,1)(0.650,0.705,0.705,0.745;0.9,0.9))	0.04634
((0.502,0.602,0.602,0.696;1,1)(0.549,0.602,0.602,0.646;0.9,0.9))	0.04586
((0.424,0.524,0.524,0.611;1,1)(0.467,0.524,0.524,0.561;0.9,0.9))	0.04479
((0.389,0.489,0.489,0.571;1,1)(0.430,0.489,0.489,0.521;0.9,0.9))	0.04407
((0.516,0.616,0.616,0.707;1,1)(0.562,0.616,0.616,0.657;0.9,0.9))	0.04601
((0.578,0.678,0.678,0.773;1,1)(0.626,0.678,0.678,0.723;0.9,0.9))	0.04630
((0.550,0.650,0.650,0.739;1,1)(0.594,0.650,0.650,0.689;0.9,0.9))	0.04622
((0.432,0.532,0.532,0.623;1,1)(0.477,0.532,0.532,0.573;0.9,0.9))	0.04488
((0.480,0.580,0.580,0.665;1,1)(0.523,0.580,0.580,0.615;0.9,0.9))	0.04572
((0.575,0.675,0.675,0.767;1,1)(0.621,0.675,0.675,0.717;0.9,0.9))	0.04630
((0.492,0.592,0.592,0.685;1,1)(0.538,0.592,0.592,0.635;0.9,0.9))	0.04577
((0.465,0.565,0.565,0.651;1,1)(0.508,0.565,0.565,0.601;0.9,0.9))	0.04550
((0.411,0.511,0.511,0.598;1,1)(0.454,0.511,0.511,0.548;0.9,0.9))	0.04452
((0.403,0.503,0.503,0.583;1,1)(0.443,0.503,0.503,0.533;0.9,0.9))	0.04451
((0.463,0.563,0.563,0.652;1,1)(0.508,0.563,0.563,0.602;0.9,0.9))	0.04545
((0.559,0.659,0.659,0.750;1,1)(0.605,0.659,0.659,0.700;0.9,0.9))	0.04626
((0.559,0.659,0.659,0.753;1,1)(0.606,0.659,0.659,0.703;0.9,0.9))	0.04625
((0.354,0.454,0.454,0.533;1,1)(0.393,0.454,0.454,0.483;0.9,0.9))	0.04323
((0.499,0.599,0.599,0.688;1,1)(0.544,0.599,0.599,0.638;0.9,0.9))	0.04588
((0.440,0.540,0.540,0.625;1,1)(0.483,0.540,0.540,0.575;0.9,0.9))	0.04515
((0.504,0.604,0.604,0.696;1,1)(0.550,0.604,0.604,0.646;0.9,0.9))	0.04591
((0.469,0.569,0.569,0.659;1,1)(0.514,0.569,0.569,0.609;0.9,0.9))	0.04552
((0.461,0.561,0.561,0.653;1,1)(0.507,0.561,0.561,0.603;0.9,0.9))	0.04536
((0.421,0.521,0.521,0.603;1,1)(0.462,0.521,0.521,0.553;0.9,0.9))	0.04485
((0.487,0.587,0.587,0.672;1,1)(0.529,0.587,0.587,0.622;0.9,0.9))	0.04580

→ $\tilde{\tilde{X}}_1^o$ =((0.605,0.705,0.705,0.795;1,1)(0.650,0.705,0.705,0.745;0.9,0.9))

→ $\tilde{\tilde{X}}_1^*$ =((0.354,0.454,0.454,0.533;1,1)(0.393,0.454,0.454,0.483;0.9,0.9))

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı	**:**	Aynur ŞAHİN
Uyruğu	**:**	T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi	**:**	Kırşehir/ 08.07.1989
Telefon	**:**	
Faks	**:**	
e-mail	**:**	aynursahin@selcuk.edu.tr

EĞİTİM

Derece		**Adı, İlçe, İl**	**Bitirme Yılı**
Lise	:	Pursaklar Lisesi	2006
Üniversite	:	Ankara Üniversitesi İstatistik	2012
Yüksek Lisans	:	Selçuk Üniversitesi İstatistik	-
Doktora	:		

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	**Kurum**	**Görevi**
2013	Selçuk Üniversitesi	Araştırma Görevlisi

UZMANLIK ALANI

YÖNEYLEM ARAŞTIRMASI

YABANCI DİLLER

İNGİLİZCE

YAYINLAR

Şahin A., Yapıcı PEHLİVAN, N., 2015, Multi-Criteria Decision Making Method Based on The Ranking Values of Interval Type-2 Fuzzy Sets, *The International Conference On Science, Ecology And Technology I (Iconsete'2015 – Vienna) Abstract Book,*192.