

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DENİZ GÜVENLİĞİNİN SAĞLANMASI İÇİN
BULANIK ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME
TEKNİKLERİ İLE İHA YERİ SEÇİMİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Caner TABAN

Enstitü Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Alper KIRAZ

Eylül 2019

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DENİZ GÜVENLİĞİNİN SAĞLANMASI İÇİN
BULANIK ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME
TEKNİKLERİ İLE İHA YERİ SEÇİMİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Caner TABAN

Enstitü Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 03 /09 /2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Dr.Öğr.Üyesi

Alper KIRAZ

Jüri Başkanı



Dr.Öğr.Üyesi

Çağatay TEKE

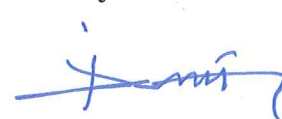
Üye



Dr.Öğr.Üyesi

H.İbrahim DEMİR

Üye



BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Caner TABAN

03.09.2019

TEŞEKKÜR

Öncelikle yüksek lisans eğitimim boyunca bana yol gösteren ve tez çalışmanın gerçekleşmesinde yapmış olduğu katkı ve yönlendirmeler ile büyük destek veren danışman hocam Sayın Dr. Öğretim Üyesi Alper KİRAZ'a teşekkür ederim. Ayrıca bu güne gelmemde maddi ve manevi desteğini esirgemeyen, hep yanımda olan çok kıymetli aileme, bilgi ve saha tecrübelerini aktaran tüm deniz kuvvetleri personeline en içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	vi
TABLolar LİSTESİ.....	vii
ÖZET.....	viii
SUMMARY	ix
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ	1
1.1. Tezin Amacı.....	2
BÖLÜM 2.	
BULANIK DEMATEL VE BULANIK TOPSIS YÖNTEMLERİ.....	5
2.1. Örnek Uygulamada Kullanılan ÇKKV Yöntemleri.....	5
2.1.1. Bulanık mantık, bulanık küme teorisi, bulanık sayılar, bulanık matris kavramlarının incelenmesi	5
2.1.2. Bulanık DEMATEL yöntemi.....	9
2.1.3. Bulanık TOPSIS yöntemi.....	14
BÖLÜM 3.	
İHA YER SEÇİMİ	20
3.1. Uygulama / Çözüm Önerisi Aşamaları	20
3.1.1. Amaç, kriter ve alternatiflerin belirlenmesi	22
3.1.2. Ana kriterler arasındaki ilişkinin ve ağırlıklarının tespit edilmesi	23

3.1.3. Alternatiflerin değerlendirilmesi ve en iyi alternatifin seęimi 32

BÖLÜM 4.

SONUÇ VE ÖNERİLER 41

KAYNAKLAR 43

ÖZGEÇMİŞ 46



SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

$\mu_A(x)$: Üyelik fonksiyonu
A	: Seçenekler veya x'i de içinde barındıran küme
\tilde{A}	: Bulanık küme veya üçgen bulanık sayı
A^*	: Bulanık pozitif ideal çözüm
A^-	: Bulanık negatif ideal çözüm
AHP	: Analytic Hierarchy Process-Analitik Hiyerarşi Prosesi
C_i	: Kriterler
CC_i	: Yakınlık katsayısı
ÇKKV	: Çok kriterli karar verme
DEMATEL	: Decision Making Trial and Evaluation Laboratory-Karar Verme ve Değerlendirme Laboratuvar Metodu
\tilde{D}	: Bulanık matris
\tilde{D}_i	: Toplam ilişki matrisinin sütun elemanları toplamı
\tilde{R}_i	: Toplam ilişki matrisinin satır elemanları toplamı
$d(\dots, \dots)$: İki bulanık sayı arasındaki uzaklık
d_i^*	: Bulanık pozitif ideal çözümden uzaklık
d_i^-	: Bulanık negatif ideal çözümden uzaklık
k	: Uzman
l	: Bir üçgensel bulanık sayının mümkün olan en küçük değeri
m	: Bir üçgensel bulanık sayının en çok beklenen değeri
MCDM	: Multi-Criteria Decision Making-Çok Kriterli Karar Verme
\tilde{R}	: Normalize edilmiş bulanık karar matrisi
TOPSIS	: Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution-İdeal Çözüme Benzerlik Bakımından Sıralama Tercihi Tekniği
\tilde{T}	: Toplam bulanık direkt ilişki matrisi
u	: Bir üçgensel bulanık sayının mümkün olan en büyük değeri

- \tilde{V} : Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi
- \tilde{v}_{ij} : Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisini oluşturan elemanlardan her biri
- X : Evrensel küme
- \tilde{x}_{ij} : Bulanık matrisin elemanlarından her biri
- W_i : i .kriterin önem ağırlığı
- \tilde{w}_j : j . kriterin önem ağırlığı
- \tilde{z} : Bulanık matris
- \tilde{z}_{ij}^k : i . kriterin j . kriteri etkileme derecesini gösteren k uzmanına ait



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Üçgen bulanık sayı.....	8
Şekil 3.1. Neden sonuç ilişki diyagramı.....	31



TABLolar LİSTESİ

Tablo 1.1. Literatürde ÇKKV yöntemleriyle ele alındığı çalışmalar.....	3
Tablo 2.1. Dilsel değişkenler, sayısal ve bulanık karşılıkları	11
Tablo 3.1. Ölçütler	22
Tablo 3.2. Ölçütlerin kodlanması.....	22
Tablo 3.3. Seçeneklerin kodlanması	23
Tablo 3.4. Uzman'ın ana kriter değerlendirmesi	24
Tablo 3.5. Uzman'ın ana kriter değerlendirmesinin bulanık sayılara çevrilmesi ...	25
Tablo 3.6. Bulanık direkt ilişki matrisi	26
Tablo 3.7. Normalize bulanık direkt ilişki matrisi	27
Tablo 3.8. Toplam bulanık direkt ilişki matrisi.....	30
Tablo 3.9. \tilde{D}_i ve \tilde{R}_i değerleri.....	30
Tablo 3.10. $\tilde{D}_i + \tilde{R}_i$ ve $\tilde{D}_i - \tilde{R}_i$ değerleri.....	30
Tablo 3.11. $\tilde{D}_i^{def} + \tilde{R}_i^{def}$ ve $\tilde{D}_i^{def} - \tilde{R}_i^{def}$ değerleri	32
Tablo 3.12. Ölçüt ağırlıkları.....	32
Tablo 3.13. 1.Uzman'ın kriter-seçenekler değerlendirmesi.....	33
Tablo 3.14. 1.Uzman'ın kriter-seçenekler değerlendirmesinin üçgen bulanık sayılarla gösterimi.....	34
Tablo 3.15. Bulanık karar matrisi	35
Tablo 3.16. Normalize edilmiş bulanık karar matrisi	36
Tablo 3.17. Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi.....	37
Tablo 3.18. Her kriter için $A_i(i=1,..15)$ ve A^* arasındaki uzaklık (yakınlık katsayıları).....	39
Tablo 3.19. Her kriter için $A_i(i=1,..15)$ ve A^- arasındaki uzaklık (yakınlık katsayıları).....	39
Tablo 3.20. Her seçenek için yakınlık katsayılarının bulunması	40

ÖZET

Anahtar Kelimeler: Yer Seçimi, Çok Kriterli Karar Verme, Bulanık DEMATEL, Bulanık TOPSIS, İHA Yer Seçimi, Deniz Güvenliği, Keşif ve Gözetleme.

Güvenlik konusu günümüzün en önemli konularından biri olup, ülkeler muhasımların sınırlarından gelebilecek tehlikelere karşı önlem almak için büyük harcamalar yapmaktadır. Ülkemiz üç tarafı denizlerle çevrili bir ülke olup stratejik öneme sahip bir bölgede yer almaktadır. Komşu ülkelerdeki olaylar, savaşlar, siyasi çalkantılar, enerji politikalarının karadan denize yön değiştirmesi, denizlerin politik ve ticari statülerinin değişmesi sebebiyle denizlerin korunmasının önemi gün geçtikçe artmaktadır.

Ege denizinin çok parçacıklı yapısı bilgi almayı engellemekte, Akdeniz ve Karadeniz'in ise geniş yapısı doğru bilgi almayı güçleştirmektedir. İnsansız hava araçları konusunda ülkemizin önde olması ve bilgi almayı kolaylaştırması açısından denizlerimizde ve karasularımızda güvenliği sağlamak için İHA konuşlanması için yer seçimi amaçlanmakta ve sonuçta ülkemiz için kazanç sağlaması istenmektedir.

İnsansız hava araçları yeri seçimi için Bulanık DEMATEL yöntemiyle ölçütlerin ağırlıkları belirlenmiş ve Bulanık TOPSIS yöntemiyle de İHA yer seçimi kararının seçenekleri arasındaki en iyi alternatif çözüm bulunmuştur.

Kriterler arasındaki etkileşimin tümünün nicel olarak ifade edilmesinin mümkün olmamasından dolayı kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesinde DEMATEL yöntemi bulanık küme teorisi ile genişletilerek Bulanık DEMATEL yöntemi kullanılmıştır.

Yer Seçimi kararının seçenekleri arasında en iyi çözümü bulmak amacıyla da karar verme sürecinde insan yargılarının sebep olduğu belirsiz durumları ortadan kaldırmak için TOPSIS yöntemi bulanık küme teorisi ile genişletilerek Bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmıştır.

Çalışmanın sonucunda farklı uzman kişilerin verdiği farklı önem ağırlıklarına göre ortaya çıkartılan kriter ağırlıkları yer seçimi kararının seçeneklerinin tespitinde kullanılmış ve seçenekler arasında en iyi seçenektan en kötü seçeneğe doğru bir sıralama yapılmıştır.

Bu çalışma önemli kritik karar verme konularından biri olan 'Yer Seçimi Kararları'nın verilmesinde karar vericilere bir rehber olması amacıyla hazırlanmıştır.

UAV HUB SELECTION WITH FUZZY MULTI CRITERIA DECISION MAKING TECHNIQUES FOR ENSURING MARITIME SAFETY

SUMMARY

Keywords: Site Selection, Multi Criteria Decision Making, Fuzzy DEMATEL, Fuzzy TOPSIS, UAV Site Selection, Maritime Safety, Exploration and Surveillance.

The issue of security is one of the most important issues of our time, and countries are making large expenditures to take precautions against the dangers that may come from the borders of accountants. Our country is surrounded by seas on three sides and is located in a region of strategic importance. The importance of the protection of the seas is increasing day by day due to the events, wars, political turmoil, the shifting of energy policies from land to sea and the political and commercial status of the seas.

The multi-particle structure of the Aegean Sea prevents information retrieval, while the broader structure of the Mediterranean and Black Sea makes it difficult to obtain accurate information. It is aimed to select a place for UAV deployment in order to provide security in our seas and territorial waters in order to be in the lead of our country in terms of unmanned aerial vehicles and to facilitate information retrieval and as a result, it is requested to provide gains for our country.

Weights of criteria were determined by Fuzzy DEMATEL method for the selection of unmanned aerial vehicles location and the best alternative solution among the options of UAV location decision decision was found by Fuzzy TOPSIS method.

Since it is not possible to quantify all the interaction between the criteria, DEMATEL method has been extended with fuzzy set theory and Fuzzy DEMATEL method has been used to determine the weights of the criteria.

In order to find the best solution among the options of the Site Selection decision, TOPSIS method has been extended with fuzzy set theory to eliminate the uncertain situations caused by human judgments in the decision making process.

As a result of the study, the criteria weights which were determined according to the different importance weights given by different experts were used to determine the options of the site selection decision and a ranking was made from the best option to the worst option.

This study has been prepared to provide guidance to decision-makers in making one of the important critical decision-making issues, 'Site Selection Decisions'.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Teknolojinin hızlı gelişimi ile birlikte pek çok modern araç ve gereç yanında İnsansız hava araçları (İHA) modern savaş yöntemlerinin ifa edilmesinde yardımcı olmaya başlamıştır. İnsansız Hava Araçları kompakt, ekonomik ve kullanışlı bir araç olarak günümüzde kullanılan ve gelecekte muharebe sahasında kullanılacak vazgeçilmez ve sürpriz etkisi yaratan savaş platformu haline gelmektedir. İnsansız hava araçları önemini giderek arttırmakta olup, önceleri kara harekât ortamlarında kullanılsa da, deniz güvenliğinin sağlanmasında ve deniz resminin oluşturulmasında önemli bir görev alacağı düşünülmektedir.

İHA sistemleri, özellikle askeri alanda; deniz güvenliğinin sağlanmasında, deniz keşif ve gözetlemesinin kritik ve yoğun olarak tehdit altındaki bölgelerde, insan kaynağına daha az bağımlı olması, personel yaşam riskinin bulunmaması, İHA'nın personel hatalarına karşı az risk içermesi, hâlihazırda keşif ve gözetleme faaliyeti icra eden karakol gemileri ve deniz karakol uçaklarına göre işletme kolaylığı sağlaması ve ekonomik olması gibi, personele bağımlı sistemlere göre önemli üstünlüklere sahiptir. Son derece görev ve maliyet etkin bir keşif/gözetleme vasıtası olan İHA sistemleri özellikle tehlikeli bölgelerde görev yapabilmeleri ve uzun süre havada kalabilmeleri açısından oldukça faydalı sistemlerdir. İHA sistemlerinin daha etkin ve verimli bir şekilde kullanılması yine etkin ve verimli bir görev planlaması ile olacaktır.

Günümüzde birçok ülke sınırlarını uydu kontrollü küresel konumlandırma sistemleri, İHA'lar ve farklı algılayıcı sistemler gibi birçok yöntem ile korumak için yatırımlar yapmaktadır. Ülkemizdeki yerli ve milli dönüşüm çalışmaları da hem bu sistemlere ilginin giderek artmasına hem de bu sistemlerin yerli ve milli projeler olarak kara, hava ve denizlerimizin güvenliğinin sağlanmasına yardımcı olmaktadır. Bu noktada denizde farkındalık araçları gelecekteki tehditlere karşı torpidolar ve füzelerden daha yararlı olacağı benziyor.

Çalışmada, artan ilgi ve ihtiyaç göz önünde bulundurularak insansız hava araçlarıyla Türkiye Denizlerinin keşif ve gözetlenmesi maksadıyla İHA yeri seçimi problemi ele alınmıştır.

Çalışmanın bölümlerinde sırasıyla aşağıdaki konular işlenmiştir;

- Tezin ilk kısmında çalışmaya giriş yapılmış ve çalışmanın varmak istediği nokta ile ilgili bilgiler sunulmuştur.
- İkinci kısımda uygulamada kullanılan Bulanık DEMATEL ve TOPSIS yöntemleri hakkında literatür çalışmaları verilmiş, müteakiben metotların uygulama yöntemleri ile ilgili adımlar anlatılmıştır.
- Üçüncü kısımda yer seçimi karar problemi ile ilgili örnek uygulama Bulanık DEMATEL ve TOPSIS metotları ile çözülmüştür.
- Dördüncü ve son bölümde sonuç ve önerilere yer verilmiştir.

1.1. Tezin Amacı

Çalışmada yer seçimi karar problemlerine literatürde daha önce ele alınmayan ÇKKV yöntemlerinden Bulanık TOPSIS ve Bulanık DEMATEL metotları ile açıklama getirilmeye çalışılmış ve Deniz Güvenliğinin Sağlanması için uygun hava aracı konuşlanma yeri seçimi karar problemi bu metotlar aracılığıyla çözülmüştür. Genel olarak kriterler dilsel ifadeler kullanılarak uzman karar vericiler tarafından belirlenmiştir. Bulanık DEMATEL yöntemiyle ağırlıklandırılmış müteakiben Bulanık TOPSIS yöntemiyle alternatif çözümlerden en ideal çözüm ve alternatif çözümlerin sıralaması oluşturulmuştur.

Tablo 1.1. Literatürde ÇKKV yöntemleriyle ele alındığı çalışmalar

Sıra	Yazar	Yıl	ÇKKV Yöntemi
1	Padillo ve Diaby	1999	AHP ile dört seviyeli bir model önermiştir.
2	Wei,Chien, Wang	2005	Kurumsal Kaynak Planlaması Sistemini Seçmek için AHP kullanmıştır.
3	Öncü ve arkadaşları	2006	Firmaların kararlarını ithalat veya milli üretim olarak değerlendirip bu kararlar için AHP kullanmışlardır.
4	Water ve Peet	2007	Literatürde mevcut modellerinin temel elemanlarıyla bir AHP uygulaması yapmıştır.
5	Hwang ve arkadaşları	2007	Bulanık AHP Web tabanlı ve iki aşamalı bir model geliştirdiler. 1.aşama beyin fırtınası, 2.aşama AHP ile model geliştirme
6	Wang ve Yang	2007	AHP ve PROMETHEE II Dış kaynak kullanımı için 6 kriterli bir model geliştirdiler. AHP ile kriter ağırlıkları bulunup, PROMETHEE ile seçenek sıralaması yapılmıştır.
7	Kahraman ve arkadaşları	2008	Bulanık TOPSIS Dış kaynak kullanımını bulanık TOPSIS ile modellemişlerdir.
8	Özbıyık (tez)	2010	AHP, Bulanık AHP, ANP, PROMETHEE 4 metodu kullanarak karar problemini çözmüşlerdir.
9	Cheshmber ah	2010	Bulanık TOPSIS 2 aşamalı bir model geliştirdiler. 1. aşama faaliyetin ana yetkinlik olup olmadığı değerlendirilir, 2.aşamada Bulanık TOPSIS uygulaması
10	Minh	2011	AHP Japonyada otomotivde kullanılan parçaların üretme satın alma kararları ile ilgili değerlendirmeyi AHP ile yapmıştır.
11	Şentan (tez)	2013	DEMATEL, ANP, TOPSIS Savunma Sanayi helikopter projesi için 3 yöntemli bir metot geliştirerek seçenekleri sıralamıştır.

Literatüre bakıldığında Çok Kriterli Karar Verme metotlarından ekseriyetle Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) metodunun ele alındığını görebiliriz. AHP metodu ilk kez Myers ve Alpert tarafından 1968 yılında kullanılmıştır. Pr. Thomas Larie Saaty 1977 yılında metodu bir modele çevirerek karar verme problemlerini çözmek için kullanmıştır. Saaty'nin çalışması üzerinden uyarlanarak diğer AHP metodu ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. AHP metodunun temelinde homojenlik, terslik, bağımsızlık ve beklentiler olmak üzere dört aksiyom vardır. AHP ile karar problemlerinin çözümünde de üç kural uygulanmaktadır, bunlar sırasıyla ayrıştırma, karşılaştırmalı yargılar ve önceliklerin sentezi kurallarıdır. AHP nin uygulama adımları da aşağıdaki gibidir (Saaty, 1994).

1. Aşama – Karar probleminin tanımı
2. Aşama – Karar kriterlerinin sıralanması ve hiyerarşi yapısının oluşturulması
3. Aşama – Kriterlere göre ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması

4. Aşama – Matris öncelik vektörlerinin hesabı
5. Aşama – Tutarlılık kontrolleri
6. Aşama – Ağırlıkların birleştirilerek sonuca varılması

Literatür araştırmalarında AHP'nin çok tercih edildiğini görebiliriz. Ancak bununla beraber TOPSIS metodunun da tercih edildiğini görebiliriz. Biz çalışmada TOPSIS ve DEMATEL metodunu kullanacağımızdan dolayı TOPSIS ve DEMATEL ile ilgili detay bilgiler 2. Bölümde sunulacaktır.



BÖLÜM 2. BULANIK DEMATEL VE BULANIK TOPSIS YÖNTEMLERİ

Bu bölümde sırasıyla seçilen Bulanık DEMATEL ve Bulanık TOPSIS yöntemleri örnek uygulama olan yer seçimi kararının çözümünün yapılması için açıklamalı olarak adım adım anlatılmış, müteakiben üçüncü bölümde bu metotların kullanılmasıyla İHA yeri seçimi karar sürecinin nasıl çözüme kavuşturulduğu gösterilmiştir.

2.1. Çalışmada Kullanılan ÇKKV metotları

Bu kısımda çalışmada kullanılan ÇKKV metotlarından Bulanık DEMATEL ile ölçütlerin ağırlıklarının belirlenmesi sağlanacak ve Bulanık TOPSIS yöntemi ile seçeneklerin değerlendirilmesi ve en iyi alternatifin seçiminin nasıl yapılacağı anlatılmıştır. Ancak bu yöntemlerin Bulanık Mantık temelinde ele alınabilmesi için önce Bulanık Mantık kavramı ve ona dair bazı temel bilgiler anlatılmıştır.

2.1.1. Bulanık mantık, bulanık küme teorisi, bulanık sayılar, bulanık matris kavramlarının incelenmesi

Bulanık mantık Lotfi A. Zadeh'in 1965 yılında "Information and Control" dergisinde yayınlanan Bulanık Kümeler adlı makalesiyle ilk kez ortaya çıkmış oldu. Günlük hayatta insanlar karar almak istediği zamanlarda yer seçimi kararlarında olduğu gibi; kararlar, karara etki eden kriterler ve seçenekler kesin olarak bilinmeyebilir. Böyle durumlarda ortam belirsiz iken olasılık teorisi, karar teorisi gibi teoriler insanların karar verebilmeleri için genel olarak yardımcı olmuşlardır. Ancak böyle durumlarda ise belirsizlik ile rassallık kavramları birbirlerine denge oluştururlar. Rassallık bir kümeye üye olmak ya da olmamak arasındaki belirsizliği tanımlarken, bulanıklık ise üye olmak ya da olmamanın dışında derecelendirilmiş üyelikleri tanımlamak için kullanılır. Kısaca açıklarsak bulanık mantıkta "evet-hayır", "doğru-yanlış" gibi

kavramlar yoktur bunun yerine “çok az, az, orta, yüksek, çok yüksek” gibi ara değerleri de kullanarak dereceli veri modellemesi yapılır. Gündelik hayattan örneklersek eğer havanın sıcak ya da soğuk olmasını “bugün biraz sıcak, bugün hava çok sıcak, havalar çok soğudu” gibi nispi değerlerle ifade ederiz. Gündelik yaşamda kullanılan bu kelimeleri matematiksel ifadelere dökmek Bulanık Mantığın bir amacıdır. (Zadeh, 1965).

Bulanık kümeler belirsizlik kavramını açıklamak için üyeler arasındaki kati geçişleri kaldırarak kümedeki tüm üyelere üyelik derecesi tanımlar ve matematiksel olarak ifade eder. Klasik küme yaklaşımı iki seviyeli sisteme dayalı sadece $[0,1]$ ile tanımlanırken; bulanık küme, bulanık mantık yaklaşımı $[0,1]$ arasında çok seviyeli bir sisteme dayanır.

Literatür araştırdığımızda bulduğumuz bulanık mantık kavramının genel özelliklerini aşağıdaki şekilde ifade edebiliriz.

- $[0,1]$ aralığında ara değerlere sahip çok seviyeli bir yapı kullanır.
- Kesin değerlere dayalı yaklaşımdan uzak durur.
- Netliği belirli olmayan muğlak verilerle işlem yapmaya imkân verir.
- Sözel ifadeleri matematiksel olarak kullanmaya imkân sağlar.
- Bütün mantıksal işlemler bulanık ortama çevrilebilir.

Kısaca açıklanmaya çalışıldığı üzere klasik küme teorisinde üyelik sistemi karakteristik bir fonksiyonla ifade edilir. x elemanlarından meydana gelen evrensel küme, x ve içinde bulunan kümenin ise A ile ifade edildiğini varsayarsak böyle bir durumda bir x elemanı ya A kümesine aittir ya da değildir. Karakteristik fonksiyon ; x in A kümesine ait olduğu durumda 1 ile ifade edilirken, ait olmadığı durumlarda 0 değeri ile ifade edilir. Matematiksel ifade edersek formül 2.1’de gösterildiği şekildedir.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & x \in A \\ 0 & x \notin A \end{cases} \quad (2.1)$$

Bulanık küme teorisinde ise her bir elemana üyelik fonksiyonu vasıtasıyla üyelik dereceleri verilir. Bulanık küme elemanlarının üyelik dereceleri sınır değerler olan $[0-1]$ arasındaki sonsuz sayıdaki değer olabilir. x evrensel kümesinde tanımlanan \tilde{A} bulanık kümesindeki x elemanlarının üyelik fonksiyonu formül 2.2’de gösterilmiştir.

$$\mu_{\tilde{A}} : x \rightarrow [0,1] \quad (2.2)$$

Klasik ve bulanık kümelerin özelliklerine bakılırsa söylenebilecek temel fark üyelik fonksiyonlarının farklı oluşudur. Teorik olarak değerlendirdiğimizde bulanık kümelerin üyelik fonksiyonu sonsuz sayıda olmasına karşın klasik kümeler sadece bir üyelik fonksiyonuna sahiptir.

Bulanık sayılar, bulanık kümelerin özel birer alt kümelerini oluşturur. Bulanık sayılar yaklaşık olarak 7, 8’e yakın, 9 civarında vb. kesinlik içermeyen nicelikleri ifade edebilmek için geliştirilmiş ifade biçimleridir.

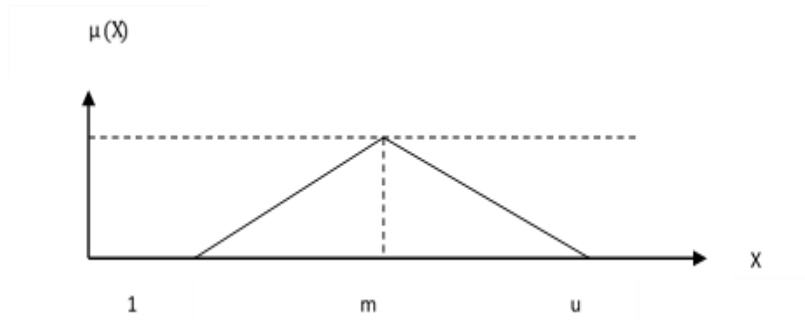
Kaptanoğlu ve Özok yazdıkları makalede Dubois ve Prade’in ifade ettiği biçimde Bulanık sayıların barındırması gereken özellikleri dile getirmişlerdir. (Kaptanoğlu ve Özok, 2006). Üyelik fonksiyonu $\mu_{\tilde{A}}(x) : \mathbb{R} \rightarrow [0,1]$ olan “ \tilde{A} ” bulanık sayısı için:

- $\mu_{\tilde{A}}(x)$, reel sayılar kümesinden $[0,1]$ aralığında bir fonksiyondur.
- $\mu_{\tilde{A}}(x)$ bir dışbükey bulanık alt kümedir.
- $\mu_{\tilde{A}}(x)=1$ yapan bir X_0 sayısı vardır.

Teoride ve uygulamalarda Bulanık sayılar çok çeşitli şekillerde yer alabilir ancak en yoğun kullanıma sahip bulanık sayılar üçgen bulanık sayılardır. Üçgen bulanık bir sayılar (l, m, u) biçiminde ifade edilir. İfade edilen değerlere bakıldığında;

- l = Olabilecek en küçük değer
- m = En çok beklenen değer
- u = Olabilecek en büyük değer

Şekil 2.1.'de üçgen bulanık sayıların grafiksel olarak gösterimi verilmiştir.



Şekil 2.1. Üçgen bulanık sayı

Grafik gösterim dışında formülize edilmiş haliyle bulanık sayının lineer biçimi de sol ve sağ taraf olarak formül 2.3.'de gösterilmiştir.

$$\mu(x/\tilde{M}) = \begin{cases} 0, & x < 1 \\ \frac{x-1}{m-1}, & 1 \leq x \leq m, \\ \frac{u-x}{u-m}, & m \leq x \leq u, \\ 0, & x > u \end{cases} \quad (2.3)$$

X_{ij} bir bulanık sayıyı temsil etmek üzere \tilde{D} bulanık matrisi aşağıdaki gibi gösterilir.

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

Bu çalışmada yer aldığı gibi Çok Kriterli Karar Verme metodlarının bulanık tiplerinde üçgen bulanık sayılarla temel matematik işlemleri yapılmaktadır. Bu matematiksel işlemler aşağıda gösterilmiştir.

$(x, y, z)_{LR}$ ve $(t, u, v)_{LR}$ iki üçgen sayıyı, L ve R harfleri de üyelik fonsiyonunun sola ve sağa doğru değişimini ifade ederse, temel matematiksel formüller de aşağıdaki gibi olur.

Toplama işlemi

$$(x, y, z)_{LR} + (t, u, v)_{LR} = (x+t, y+u, z+v)_{LR} \quad (2.4)$$

Çıkarma işlemi

$$(x, y, z)_{LR} - (t, u, v)_{LR} = (x-t, y-u, z-v)_{LR} \quad (2.5)$$

Çarpma işlemi

$$(x, y, z)_{LR} \times (t, u, v)_{LR} = (xt, yu, zv)_{LR} \quad (2.6)$$

Bölme işlemi

$$(x, y, z)_{LR} / (t, u, v)_{LR} = (x/t, y/u, z/v)_{LR} \quad (2.7)$$

2.1.2. Bulanık DEMATEL yöntemi

Fontela ve Gabus tarafından ortaya atılmış olan bir Çok Kriterli Karar Verme metodu olan DEMATEL metodu diğer Çok Kriterli Karar Verme metotları gibi uzman görüşlerinin karar verme problemlerinin analizlerinde kullanıldığı bir metot olarak 1973 yılında karşımıza çıkmıştır. (Fontela ve Gabus, 1973). DEMATEL metodu karmaşık ve çoklu ölçütler arasındaki bağları sebep sonuç ilişkisi açısından dikkate alarak kriterler arasındaki bağların ağırlıklarının ölçülebilmesine yardımcı olur.

Bu metodoloji kriterler arasında olan karşılıklı bağımlılığı doğrulamaya yardımcı olur ve aynı zamanda ilişkilerin sistem içerisinde benzer özelliklere sahip olmasına engel olur (Gharakhani, 2012). DEMATEL metodu, karmaşık gündelik hayat faktörleri arasında geçici ilişkiler oluşturan yapısal bir model kurmak için kapsamlı ve iyi bilinen bir metottur. Bu metot, geleneksel tekniklerde önemsiz görülen nedensel diyagram üzerinden bir sistemin faktörleri arasındaki karşılıklı ilişkileri hesaplamaya izin verdiği için AHP gibi diğer Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinden daha üstün özelliğe sahiptir (Menteş ve ark., 2014).

DEMATEL metodu karar vermek için karara etki eden çok sayıdaki etmenler arasındaki sebep sonuç ilişkisini görsel veriler olarak sunar ve anlamlı sonuçların ortaya çıkması için çalışır fakat tüm ölçütler sayısal olarak ifade edilemediğinden dolayı bu ölçütlerin ifade edilmesinde bir takım zorluklar yaşanabilir. Bu zorlukların üstesinden gelmek için bulanık küme teorisi yardımıyla ölçütler alınan uzman

görüşlerinin dilsel ifadeleri bulanık sayılara dönüştürülür. Başka bir ifadeyle DEMATEL metodu bulanıklaştırılır. (Lin ve Wu, 2008).

Bulanık DEMATEL yöntemi özellikle 2000li yıllardan sonra çok daha sık literatürde yer almaya başlamıştır fakat genel olarak fabrika uygulamaları olan makine seçimi, tedarikçi seçimi, üçüncü parti firma seçimi gibi seçim kararlarını vermek amacıyla ölçütler arasındaki önemlilik farklarını tespit etmek için kullanılmıştır. Yer seçimi kararlarını vermek için pek kullanılmamıştır.

Literatürde Bulanık DEMATEL yöntemi kullanılarak hazırlanan birkaç örnek yıl sıralamasına göre aşağıdaki gibidir;

- Yamazaki ve arkadaşları yardım hizmetlerini engelleyici faktörlerin analizi için kullanmıştır (Yamazaki ve ark., 1997)
- Hori ve Shimizu denetleyici bir kontrol sisteminin analizinde ekran yapısını gösteren yazılımı tasarlamak ve değerlendirmek için kullanmıştır (Hori ve Shimizu, 1999).
- Tamura ve arkadaşları yaşam içindeki çeşitli rahatsız edici faktörlerin tespitinde kullanmıştır (Tamura ve ark., 2002).
- Chang ve arkadaşları, Dalalah ve arkadaşları ve Gharakhani gibi bir çok araştırmacı yazar tedarikçi seçiminde etkili olan kilit faktörlerin tespit edilmesinde kullanmıştır (Chang ve ark., 2011; Dalalah ve ark., 2011; Gharakhani, 2012).
- Büyüközkan ve Çiftçi yeşil tedarikçilerin değerlendirilmesinde Bulanık DEMATEL, Bulanık ANP ve Bulanık TOPSIS içeren karma bir çözüm önermiştir (Büyüközkan ve Çiftçi, 2012).
- Sumrit ve Anuntavoranich teknoloji firmalarının innovasyon yeteneklerini etkileyen ölçütlerin arasındaki ilişkiyi bulmak için kullanmıştır (Sumrit ve Anuntavoranich, 2013).
- Tsai ve arkadaşları Tayvandaki baskılı devre levhası sektöründe çevreye duyarlı üretim yapmayı etkileyen faktörleri araştırmak için kullanmıştır (Tsai ve ark., 2015).

- Şeker ve Zavadskas şantiye sahalarında mesleki risklerin analizini yapmak için kullanmıştır (Şeker ve Zavadskas, 2017).
- Hung yaptığı çalışmada global risk ortamında rekabet avantajı sağlamak amacıyla tedarik zincirinin doğru planlanması gerektiğini belirtmiştir. Faaliyet tabanlı tedarik zinciri planlaması için de Bulanık DEMATEL-ANP ve bulanık hedef programlama yöntemlerini kullanmıştır (Hung, 2011).

Bulanık DEMATEL yönteminin uygulama adımları sırasıyla aşağıdaki gibidir. (Lin ve Wu, 2008; Dalalah ve ark., 2011; Büyüközkan ve Çiftçi, 2012).

1. Adım: Ölçütlerin tespit edilip belirlenmesi ve bulanık değerlendirme cetvelinin yapılması

Bu adımda uzman görüşleri sonucunda tespit edilen ve karar verme probleminde etkisinin olduğu düşünülen bütün ölçütler yazılır. Müteakiben tespit edilen ölçütler arasında ikili kıyaslama yapılır fakat bu kıyaslamaları yaparken bir ölçütün diğer bir ölçüte etki derecesi dilsel ifade olarak düşünülür, bu ifadelerin karşılığı olan bir sayısal gösterge tablosu ve onun da karşılığı olan bir bulanık gösterge tablosu ortaya koyulur. (Li, 1999).

Tablo 2.1. Dilsel değişkenler, sayısal ve bulanık karşılıkları

Dilsel Değişkenler	Sayısal Karşılıklar	Bulanık Karşılıklar
Çok az etkili	0	(0,00;0,00;0,25)
Az etkili	1	(0,00;0,25;0,50)
Normal etkili	2	(0,25;0,50;0,75)
Çok etkili	3	(0,50;0,75;1,00)
Çok fazla etkili	4	(0,75;1,00;1,00)

2. Adım: Bulanık direkt ilişki matrisinin oluşturulması

$C = \{C_i \mid i=1,2,\dots,n\}$ ölçütleri arasındaki ilişkiler p tane uzman kişiden oluşan bir karar verici grubun yukarıda verilen tablodaki dilsel ifadelerin karşılığı olan sayısal ifade karşılıklarını vermesi sağlanarak ölçütler arasındaki etkileşim analizini yapmak için ikili kıyaslama işlemleri yapılmış olur. Böylelikle p tane uzman görüşünü gösteren $\tilde{Z}^1, \tilde{Z}^2, \dots, \tilde{Z}^p$ olarak ifade edilen bulanık matrisler meydana getirilir.

Buna göre elemanları i . kriterin j . kriteri etkileme oranını gösteren k uzmanına ait $\tilde{z}_{ij}^k = (l_{ij}^k, m_{ij}^k, u_{ij}^k)$ üçgensel bulanık sayılarından oluşan direkt ilişki matrisi aşağıda 2.8.'de gösterildiği formüldeki gibi olacaktır.

$$\tilde{Z}_k = \begin{bmatrix} 0 & \dots & \tilde{z}_{1n}^k \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \tilde{z}_{n1}^k & \dots & 0 \end{bmatrix}, k=1,2,\dots,p; \quad i=1,2,\dots,n \quad (2.8)$$

3. Adım: Normalize bulanık direkt ilişki matrisinin oluşturulması

2.9 ve 2.10 formülleri kullanılarak normalize bulanık direkt ilişki matrisi oluşturulur.

$$\tilde{x}_{ij}^k = \frac{\tilde{z}_{ij}^k}{r^k} = \left(\frac{l_{ij}^k}{r^k}, \frac{m_{ij}^k}{r^k}, \frac{u_{ij}^k}{r^k} \right) \quad (2.9)$$

$$r^k = \max_{1 \leq i < n} \left(\sum_{i=1}^n u_{ij}^k \right) \quad (2.10)$$

Burada direkt ilişki matrisindeki u sütunları yani olabilecek en büyükler toplanır ve onların maksimum değeri bulunur, bulanık direkt ilişki matrisindeki tüm sayılar bu değere bölünür ve bu sayede normalleştirme işlemi yapılmış olur ve aşağıdaki gibi normalize bulanık direkt ilişki matrisi aşağıdaki gibi oluşur.

$$\tilde{X} = \begin{bmatrix} \tilde{X}_{11} & \tilde{X}_{12} & \cdots & \tilde{X}_{1n} \\ \tilde{X}_{21} & \tilde{X}_{22} & \cdots & \tilde{X}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{X}_{n1} & \tilde{X}_{n2} & \cdots & \tilde{X}_{nn} \end{bmatrix}$$

4. Adım: Toplam bulanık direkt ilişki matrisinin oluşturulması

Normalize bulanık direkt ilişki matrisinin üzerine formül 2.11 uygulanarak Toplam direkt ilişki matrisi oluşturulur.

$$\tilde{T} = \tilde{X} + \tilde{X}^2 + \tilde{X}^3 + \cdots = \sum_{i=1}^{\infty} \tilde{X}^i = \tilde{X}(I - \tilde{X})^{-1} \quad (2.11)$$

Üçgensel sayılardan oluşmuş olan normalize bulanık direkt ilişki matrisine bunu uygulamak zor olduğu için l, m, u sayılarının her birinden ayrı birer matris oluşturulup öyle uygulanır. Üç matris için de aynı işlem uygulanır yani önce birim matrsten çıkarılır, sonrasında ortaya çıkan matrisin tersi alınır, en son işlem olarak da matrisin ilk haliyle çarpılır. Bu işlem üç matris için de uygulandıktan sonra üç matris de birleştirilir ve toplam ilişki matrisi aşağıdaki gibi oluşturulmuş olur.

$$\tilde{T} = \begin{bmatrix} \tilde{T}_{11} & \tilde{T}_{12} & \cdots & \tilde{T}_{1n} \\ \tilde{T}_{21} & \tilde{T}_{22} & \cdots & \tilde{T}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{T}_{n1} & \tilde{T}_{n2} & \cdots & \tilde{T}_{nn} \end{bmatrix}$$

5. Adım: Neden sonuç ilişkilerinin (Gönderici alıcı gruplarının) belirlenmesi

Toplam ilişki matrisi oluşturulduktan sonra bu matrisin sütun elemanları toplamı \tilde{D}_i ve satır elemanları toplamı olan \tilde{R}_i değerleri bulunur. Bu değerlerin toplanmasıyla $\tilde{D}_i + \tilde{R}_i$ ve $\tilde{D}_i - \tilde{R}_i$ değerleri ortaya çıkar. Bu değerler hala üçgensel bulanık sayılardan oluşmakta olduğu için bu değerlere 2.12 ve 2.13 formülleri uygulanarak durulaştırma işlemi yapılır.

$$\tilde{D}_i^{def} + \tilde{R}_i^{def} = \frac{1}{4} (x_{ij,l} + 2x_{ij,m} + x_{ij,u}) \quad (2.12)$$

$$\tilde{D}_i^{def} - \tilde{R}_i^{def} = \frac{1}{4} (x_{ij,l} + 2x_{ij,m} + x_{ij,u}) \quad (2.13)$$

$\tilde{D}_i^{def} + \tilde{R}_i^{def}$ değeri bir kriterin diğer ölçütler içindeki önemini ve toplam etkisini gösterirken, $\tilde{D}_i^{def} - \tilde{R}_i^{def}$ değeri ise ölçütlerin gönderici ya da alıcı olarak iki gruba ayrılmasını sağlar. Bu değer pozitifse kriter gönderici grubunda olup diğer kriterler üzerindeki etkisi yüksektir. Eğer bu değer negatifse kriter alıcı grupta yer almakta olup diğer kriterler üzerindeki etkisi düşüktür. Bu veriler yardımıyla neden sonuç ilişki diyagramı çizilebilir, buna etki yönlü graf diyagramı da denir.

6. Adım: Ağırlıkların hesaplanması

5.14 formülüne göre kriter ağırlıkları hesaplanır.

$$w_i = \left\{ \left(\tilde{D}_i^{def} + \tilde{R}_i^{def} \right)^2 + \left(\tilde{D}_i^{def} - \tilde{R}_i^{def} \right)^2 \right\}^{1/2}, \quad W_i = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (2.14)$$

2.1.3. Bulanık TOPSIS yöntemi

Hwang ve Yoon tarafından 1981 yılında TOPSIS metodunun ortaya konmasından sonra yaygın olarak kullanılan bir Çok Kriterli Karar Verme metodlarından biri olmaya başlamıştır. TOPSIS metodu da diğer ÇKKV metodlarında olduğu gibi uzman görüşlerinin karar verme sürecindeki seçeneklerin değerlendirilmesi için işlenebilmesini sağlar. TOPSIS metodu ideal çözüm için gerekli olan yakınlıkların hesaplanması temeline dayanır ve bu yakınlıklar pozitif ideal çözüme uzaklık ve negatif ideal çözüme uzaklık olarak iki şekilde hesaplanır. Buradaki amaç seçenekler arasında en iyi seçeneği seçmek ve bir sıralama yapmak olduğu için en iyi alternatif çözümü pozitif ideal çözüme en yakın ve negatif ideal çözüme en uzak olan alternatif gösterir.

Bottani ve Rizzi TOPSIS yönteminin ÇKKV metotları arasında en sık olarak uygulanan bir metot olmasının sebeplerini üç şekilde ifade eder;

- TOPSIS metodu seçenekler arasındaki en iyi alternatif çözümü pozitif ideal çözüme en yakın ve negatif ideal çözüme en uzun mesafe kuralına göre hesaplamaktadır. Bu AHP ya da diğer basit ağırlıklı toplama metotlarından ayrılan en büyük özelliklerinden biridir.
- TOPSIS metodu sezgilere dayanan, kolay kavranan ve kolay bir yöntemdir.
- TOPSIS metodunun sonuçlara olan duyarlılığı seçeneklerin sayılarına göre kısmi olarak değişir ve seçeneklerin sıralama farkları açısından da artan seçenek ve kriter sayıları ile daha doğru sonuçlar bulunması doğrultusunda güçlenir. Seçeneklerin sırası da uygun olmayan seçenekler girildiğinde değişebilir (Bottani ve Rizzi, 2006).

Bulanık TOPSIS yöntemi 2000 yılında Chen tarafından çok sayıda karar vericinin bulunduğu ve belirsizliğin olduğu karar verme problemlerinde ortamın daha fazla gerçeği yansıtması için karar vericilerin dilsel değişkenler kullanmalarını ve bu dilsel değişkenlerin de bulanık küme teorisi kapsamında genişletip çözümün bulanık ortamda yapılmasını sağlayarak bulunmuştur. (Chen, 2000).

Normal TOPSIS metodunda, kriterlerin ağırlık dereceleri ve seçeneklerin derecelendirmeleri net ifadelerle bilinir ve değerlendirme yapılırken kesin bir şekilde belirtilir ancak çoğunlukla bu veriler gündelik yaşamdaki karar problemlerini modelleyebilmek için eksik kalır. Bu nedenle, Bulanık TOPSIS metodu seçeneklerin ve kriterlerin ağırlık derecelerini, normal TOPSIS metodundaki yetersizliğe çare olması için bulanık sayıların kullanılarak temsil edilen dilsel değişkenlerin ifade edildiği ve işlemlerin yapılabildiği bir metot olarak tavsiye edilmektedir. (Ertuğrul ve Karakaşoğlu, 2008).

Literatürdeki örnek uygulamalardan, Bulanık TOPSIS yöntemi kullanılarak hazırlananlardan bazıları yıllara göre aşağıda verilmiştir;

- Yong Bulanık TOPSIS'i fabrika kurulum yeri seçimi için kullanmıştır (Yong, 2006).
- Chen ve arkadaşları Bulanık TOPSIS'i tedarikçi değerlendirme ve seçimleri için kullanmıştır (Chen ve ark., 2006)
- Altan ve Karaş Aydın Bulanık TOPSIS'i üçüncü parti lojistik firma seçimi için kullanmıştır (Altan ve Karaş Aydın, 2015).
- Matin ve arkadaşları Bulanık TOPSIS'i personel seçimi için kullanmışlardır (Matin ve ark., 2011).
- Asrafzadeh ve arkadaşları Bulanık TOPSIS yöntemini lojistik depo yeri seçimi için kullanmıştır (Asrafzadeh ve ark., 2012).
- Kahraman ve arkadaşları Bulanık TOPSIS yöntemini endüstriyel robotik sistem seçimleri için kullanmıştır (Kahraman ve ark., 2007).
- Wang ve Chang Temel eğitim uçağı seçimi için Bulanık TOPSIS kullanmıştır (Wang ve Chang, 2007).
- Ekmekçioğlu ve arkadaşları belediyenin katı atık imha yöntemini ve alanını seçmek için Bulanık TOPSIS yöntemini kullanmıştır (Ekmekçioğlu ve ark., 2010).
- Akkoç ve Vatansever ise farklı bir alan olan bankacılık alanında küresel mali kriz sonrası Türk Bankacılık Sektörü ile ilgili yaptıkları çalışmada Bulanık TOPSIS yöntemini kullanmışlardır (Akkoç ve Vatansever, 2013).

Bulanık TOPSIS yönteminin uygulanması için sırasıyla aşağıdaki adımlar izlenir (Chen, 2000).

1. Adım: Karar vericilerin ve çözüm seçeneklerinin belirlenmesi

Problemin çözümünde görüşleri ile etkisi olacak olan personelden karar verici grup meydana getirilir ve seçenekler belirlenir.

2. Adım: Kriter ve seçeneklerin dilsel ifadelerle değerlendirilmeye tutulması

Kriterlere göre seçenekler dilsel ifadelerle değerlendirilir. Dilsel ifadelerin karşılığı bir bulanık sayı cetveli oluşturulur.

3. Adım: Değerlendirmelerin bulanık sayılara çevrilmesi

2.adımdaki değerlendirmeler oluşturulan bulanık cetvele bakılarak bulanık sayılara çevrilir.

4. Adım: Bulanık karar matrisinin oluşturulması

Bu adımda gruptaki her bir uzmanın verdiği kararların bulanık sayılara çevrilmesi sonucu, bu sayıların ortalaması alınarak bulanık karar matrisi oluşturulur. Uzman kişiler (K tane), $C = \{C_i \mid i = 1, 2, \dots, n\}$ ile ifade edilen karar kriterlerine bakarak A_1, A_2, \dots, A_m seçenekleri arasından değerlendirmelerini yapar. \tilde{D} bulanık karar matrisi 2.15 formülasyonunda gösterildiği üzere \tilde{x}_{ij} elemanlarından oluşur ve bu elemanlar da $C_j (j = 1, 2, \dots, n)$ kriterlerine göre $A_i (i = 1, 2, \dots, m)$ seçeneklerinin performansını gösterir. W ise $C_j (j = 1, 2, \dots, n)$ kriterlerinin önem ağırlık derecelerini temsil eden \tilde{w}_i elemanlarının oluşturduğu karar kriterlerinin matrisidir.

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{K} [\tilde{x}_{ij}^1 + \tilde{x}_{ij}^2 + \dots + \tilde{x}_{ij}^K] \quad (2.15)$$

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix}$$

$$W = [\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \dots, \tilde{w}_n]$$

5. Adım: Normalize edilmiş bulanık karar matrisinin oluşturulması

4.adımda oluşturulmuş olan bulanık karar matrisi 2.16 ve 2.17 formülleriyle normalize edilir. Burada \tilde{r}_{ij} normalize edilmiş bulanık karar matrisinin elemanlarını oluşturur.

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*} \right), \quad j \in B, \quad c_j^* = \max_i c_{ij} \quad (2.16)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}} \right), \quad j \in C, \quad a_j^- = \min_i a_{ij} \quad (2.17)$$

Karar kriterleri fayda ve maliyet olarak ikiye ayrılabilir. 2.16 da yer alan B fayda, 2.17 de yer alan C ise maliyeti ifade etmektedirler. Normalize edilmiş bulanık karar matrisi de \tilde{R} ile ifade edilir ve 2.18 e göre formülleştirilir.

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}], \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (2.18)$$

6. Adım: Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisinin oluşturulması

Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi \tilde{v}_{ij} elemanlarından oluşan \tilde{V} matrisidir ve 2.19 da gösterilmiştir.

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}] = \tilde{r}_{ij} \times \tilde{w}_j, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (2.19)$$

7. Adım: Bulanık pozitif ve negatif ideal çözümlerin belirlenmesi

A^* = Bulanık pozitif ideal çözümü ifade eder, formül 2.20'ye göre hesaplanır.

A^- = Bulanık negatif ideal çözümü ifade eder, formül 2.21'e göre hesaplanır.

$$A^* = (\tilde{v}_1^*, \tilde{v}_2^*, \dots, \tilde{v}_n^*) \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (2.20)$$

$$A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^-) \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (2.21)$$

Bu formülasyonda $\tilde{v}_j^* = (1, 1, 1)$ ve $\tilde{v}_j^- = (0, 0, 0)$ olarak kabul edilir.

8. Adım: Yakınlık katsayılarının hesaplanması

Her bir çözüm alternatifinin bulanık pozitif ideal çözümden ve bulanık negatif ideal çözümden uzaklıkları 2.22 ve 2.23 e göre hesaplanır. d_i^* bulanık ideal çözümden olan uzaklığı, d_i^- ise bulanık negatif ideal çözümden olan uzaklığı ifade eder.

$$d_i^* = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^*), \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (2.22)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-), \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (2.23)$$

$d(\dots, \dots)$ iki bulanık sayı arasındaki uzaklığı ifade eder ve Vertex yöntemine göre hesaplanır. Bu yöntem $\tilde{m} = (m_1, m_2, m_3)$, $\tilde{n} = (n_1, n_2, n_3)$ gibi iki üçgen bulanık sayı arasındaki uzaklık 2.24 e göre hesaplanır.

$$d(\tilde{m}, \tilde{n}) = \sqrt{\frac{1}{3}[(m_1 - n_1)^2 + (m_2 - n_2)^2 + (m_3 - n_3)^2]} \quad (2.24)$$

9. Adım: Yakınlık katsayılarının seçenekler için bulunması

Tüm seçenekler için yakınlık katsayıları 2.25 e göre hesaplanır.

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-}, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (2.25)$$

10. Adım: Seçeneklerin Sıralanması

Her bir seçenek için hesaplanan yakınlık katsayılarına göre en büyük sayıdan en küçüğe doğru sıralama yapılır. En büyük yakınlık katsayısına sahip seçenek, alternatif çözüm olarak seçilir. Yakınlık katsayısı yüksek ise alternatif bulanık pozitif ideal çözüme daha yakın, bulanık negatif ideal çözüme de daha uzaktır.

BÖLÜM 3. İHA YER SEÇİMİ

3.1. Uygulama / Çözüm Önerisi Aşamaları

İHA yerlerinin belirlenmesi için öncelikle seçeneklerin ortaya konması gereklidir. Türkiye'deki mevcut havaalanları olası ana üs seçenekleri olarak alınmıştır. Uygun üsleri belirlemek birden fazla ölçütü göz önüne almayı gerektirmektedir. Çalışmada, enbüyüklenecek ve enküçüklenecek, niteliksel ve/veya niceliksel ölçütleri bir arada modelleme imkânı sunan Bulanık TOPSIS ve Bulanık DEMATEL yöntemi kullanılmıştır.

Türkiye'de mevcut olan havaalanları olası ana üsler olarak seçildiğinden çalışmada ana üs kurma maliyeti değerlendirme dışı tutulmuştur. Olası ana üsler/mevcut havaalanları önemli olduğu düşünülen ölçütler temelinde puanlanarak ana üs olarak açılması halinde ne oranda fayda sağlayacağını gösteren ağırlıkların elde edilmesi amaçlanmıştır. Tablo 3.1.'de Değerlendirmeye alınan ölçütleri ve Tablo 3.3.'de ele değerlendirilen seçenekler verilmiştir.

ÇKKV yöntemleri bu doğrultuda yer seçimi kararlarının verilmesinde nitel ve nicel ölçütlere dayalı, problemlerin çözümlerinde kolay uygulama sahası olan ve değişik sorunlar için ortak çözümler verebilen metotlardır. Yöntemlerin karar verme sürecindeki mantığı genel manada birbirlerine yakınlık göstermektedir fakat uygulamada farklılıkları vardır. Literatür araştırmasında ortaya çıkan sebeplerden dolayı bu çalışmada yapılan örnek uygulamada yer seçimi kararlarına yönelik çözüm önerisinde ÇKKV yöntemlerinin kullanılmasına karar verilmiştir.

DEMATEL yöntemi ile karmaşık sebep sonuç ağlarını görsel verilerle sunarak anlamlı neticeler çıkarılmaktadır ancak bu ilişkilerde ölçütler arasındaki etkileşim seviyelerini belirlemek oldukça zordur. Bunun sebebi de ölçütler arasındaki etkileşimin sayısal

olarak göstermenin zor olmasıdır. Bu nedenle de DEMATEL yöntemi bulanık küme teorisi ile genişletilir (Öztürk, 2009).

TOPSIS yöntemi ile çözüm seçenekleri içerisinde en iyi seçeneğe ulaşmak için gerekli olan yakınlıklar hesaplanırken hem pozitif ideal çözüme uzaklık hem de negatif ideal çözüme uzaklıklar hesaplanır fakat TOPSIS metodu dilsel muğlaklığın olduğu ve grupça sonuca varılması gereken sorunların çözümünde karar verme aşamasındaki insana bağlı etmenlerden kaynaklanan belirsizliği yok etmek için bulanık küme teorisi ile genişletilir (Chen, 2000).

Yukarıda son iki paragraftaki sebeplere bağlı olarak yer seçimi karar süreçlerinde nicel ve nitel ölçütlerin değerlendirilmesi farklı karar vericilerin öznel değerlendirmelerine bağlı olarak belirsizlik içerdiğinden karar verme süreçlerindeki belirsizliği modellemede Zadeh tarafından geliştirilen bulanık küme teorisinin kullanılmasının farklı bir çözüm önerisi getireceği düşünülerek örnek uygulama olan yer seçimi kararlarının verilmesinde çözüm önerisi olarak ÇKKV yöntemlerinden Bulanık DEMATEL ve Bulanık TOPSIS yöntemleri ikisi bir arada kullanılmıştır.

Bu doğrultuda yer seçimi karar sürecine yönelik çözüm önerisi aşamaları aşağıdaki gibi ilerletilecektir;

- 1.Aşama
Amaç: Amaç, ölçüt ve alternatiflerin belirlenmesi
Yöntem: Uzman Görüşleri Alma
- 2.Aşama
Amaç: Ölçütler arasındaki ilişkilerin ve ağırlıklarının tespit edilmesi
Yöntem: Bulanık DEMATEL
- 3.Aşama
Amaç: Seçeneklerin değerlendirilmesi ve en iyi seçeneğin belirlenmesi
Yöntem: Bulanık TOPSIS

Uygulamada çözüm önerisi aşamalarından ilk aşamada literatürde daha önce yapılmış olan yer seçimi problemlerinde yer verilen ölçütler ve uzman karar vericilerin belirlediği ölçütler arasından problemin çözümündeki karar sürecine dâhil edilmesi gereken ölçütler ve seçenekler belirlenmiştir. İkinci aşamada karar sürecine dâhil edilen ölçütler arasındaki bağları belirlemek için uzmanların verdiği görüşler bulanık DEMATEL yöntemi ile işlenmiştir. Üçüncü aşamada da karar verme sürecine dâhil olan uzman karar vericilerin verdiği puanlara göre seçeneklerden en uygun olanı ve seçeneklerin öncelik durumlarına karar verilmiştir.

3.1.1. Amaç, ölçüt ve seçeneklerin belirlenmesi

Bu çalışmanın amacı deniz güvenliğinin sağlanması için İnsansız hava araçlarının konuşlanması ve harekât icra edebilmesi için İHA yeri seçimi kararını verebilmektir. Bu yer seçimi probleminde karar vericiler uzman kişilerden belirlenmiştir. Tez yazarı tarafından yapılan literatür araştırmaları sonucunda literatürde yer seçimi kararları ile ilgili çalışmalar incelenerek bu çalışmalar içindeki ölçütler arasından uzmanlar tarafından en uygun ölçütler seçilmiştir. Karar vericiler tarafından yer seçimi problemi için önemli olduğu düşünülen ölçütler 10 ana kıstas belirlenmiştir. Ölçütler dışında seçenekler de yine aynı uzman kişiler tarafından on beş farklı seçenek olarak belirlenmiştir.

Sonuç olarak birinci aşama sonunda oluşturulan karar süreci çözüm modelinde ölçütler Tablo 3.1.'de ortaya çıkmıştır.

Tablo 3.1. Ölçütler

1	Güvenlik
2	Önemli Tesislere Uzaklık
3	Hava Trafik Yoğunluğu
4	Hizmet Süresi
5	Göç Yollarına Uzaklık
6	Önemli Deniz Yollarına Uzaklık
7	Lojistik Destek Durumu
8	Hava Durumu Uygunluğu
9	Bakım Merkezlerine Yakınlık
10	Acil İniş Uygunluk

Ölçütler için bir kodlama yapılmıştır ve Tablo 3.2.'de belirtilmiştir. Seçenekleri oluşturacak 15 adet Askeri ve Sivil İHA yerleri ise güvenlik sebebiyle sadece kodlamalarla Tablo 3.3'de belirtilmiştir.

Tablo 3.2. Ölçütlerin kodlanması

Kodlama	Ölçütler
K1	Güvenlik
K2	Önemli Tesislere Uzaklık
K3	Hava Trafik Yoğunluğu
K4	Hizmet Süresi
K5	Göç Yollarına Uzaklık
K6	Önemli Deniz Yollarına Uzaklık
K7	Lojistik Destek Durumu
K8	Hava Durumu Uygunluğu
K9	Bakım Merkezlerine Yakınlık
K10	Acil İniş Uygunluk

Tablo 3.3. Seçeneklerin kodlanması

Kodlama	Seçenekler
A1	İHA Yeri 1
A2	İHA Yeri 2
A..	İHA Yeri ..
A14	İHA Yeri 14
A15	İHA Yeri 15

3.1.2. Ölçütler arasındaki ilişkinin ve ağırlıklarının tespit edilmesi

Bu aşamada uzman 10 kişi ölçütleri değerlendirir ve ölçütler arasındaki ilişkiler Bulanık DEMATEL yöntemiyle çıkartılıp değerlendirilir.

1. Adım: Ölçütlerin belirlenmesi ve bulanık değerlendirme gösterge cetvelinin oluşturulması

Belirlenmiş olan ölçütler için uzmanların değerlendirmeleri Tablo 2.1.'e göre sayısal verilerle alınır ve bulanık gösterge cetveline göre bulanık sayılara çevrilir. 1.Uzman'ın değerlendirme sonuçları sayısal olarak Tablo 3.4.'de, bulanık sayılara çevrilmiş hali de Tablo 3.5.'de örnek olarak verilmiştir.

Tablo 3.4. Uzman'ın ölçüt değerlendirmesi

1.Uzman	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
K1		3	3	2	1	3	4	4	2	3
K2	4		3	2	1	3	4	1	3	3
K3	3	3		3	0	1	2	3	1	4
K4	3	2	3		1	0	3	3	3	4
K5	0	1	0	1		4	2	1	1	2
K6	0	3	0	1	3		3	1	3	2
K7	3	4	1	3	0	1		3	4	3
K8	2	0	1	0	0	1	1		1	3
K9	3	3	3	4	0	2	4	2		3
K10	1	2	2	4	3	3	4	4	3	

2.Adım: Bulanık direkt ilişki matrisinin oluşturulması

10 uzman karar vericiden alınan verilere dayanarak hazırlanan 10 tane Tablo 3.5.'de olduğu gibi oluşturulmuş olan matrislerin 10 tanesinin her hücresinin ortalaması alınarak bulanık direkt ilişki matrisi Tablo 3.6.'da olduğu gibi oluşturulur.

Tablo 3.5.Uzman'ın ölçüt değerlendirmesinin bulanık sayılara çevrilmesi

	K1			K2			K3			K4			K5			K6			K7			K8			K9			K10					
1.Uzman	1	m	u	1	m	u	1	m	u	1	m	u	1	m	u	1	m	u	1	m	u	1	m	u	1	m	u	1	m	u	1	m	u
K1	0	0	0	0,5	0,75	1	0,5	0,75	1	0,25	0,5	0,75	0	0,25	0,5	0,5	0,75	1	0,75	1	1	0,75	1	1	0,25	0,5	0,75	0,5	0,75	1			
K2	0,75	1	1	0	0	0	0,5	0,75	1	0,25	0,5	0,75	0	0,25	0,5	0,5	0,75	1	0,75	1	1	0	0,25	0,5	0,5	0,75	1	0,5	0,75	1			
K3	0,5	0,75	1	0,5	0,75	1	0	0	0	0,5	0,75	1	0	0	0,25	0	0,25	0,5	0,25	0,5	0,75	0,5	0,75	1	0	0,25	0,5	0,75	1	1			
K4	0,5	0,75	1	0,25	0,5	0,75	0,5	0,75	1	0	0	0	0	0,25	0,5	0	0	0,25	0,5	0,75	1	0,5	0,75	1	0,5	0,75	1	0,75	1	1			
K5	0	0	0,25	0	0,25	0,5	0	0	0,25	0	0,25	0,5	0	0	0	0,75	1	1	0,25	0,5	0,75	0	0,25	0,5	0	0,25	0,5	0,25	0,5	0,75			
K6	0	0	0,25	0,5	0,75	1	0	0	0,25	0	0,25	0,5	0,5	0,75	1	0	0	0	0,5	0,75	1	0	0,25	0,5	0,5	0,75	1	0,25	0,5	0,75			
K7	0,5	0,75	1	0,75	1	1	0	0,25	0,5	0,5	0,75	1	0	0	0,25	0	0,25	0,5	0	0	0	0,5	0,75	1	0,75	1	1	0,5	0,75	1			
K8	0,25	0,5	0,75	0	0	0,25	0	0,25	0,5	0	0	0,25	0	0	0,25	0	0,25	0,5	0	0,25	0,5	0	0	0	0	0	0	0,25	0,5	0,75			
K9	0,5	0,75	1	0,5	0,75	1	0,5	0,75	1	0,75	1	1	0	0	0,25	0,25	0,5	0,75	0,75	1	1	0,25	0,5	0,75	0	0	0	0,5	0,75	1			
K10	0	0,25	0,5	0,25	0,5	0,75	0,25	0,5	0,75	0,75	1	1	0,5	0,75	1	0,5	0,75	1	0,75	1	1	0,75	1	1	0,5	0,75	1	0	0	0			

Tablo 3.6. Bulanık direkt ilişki matrisi

Direkt ilişki matrisi	K1			K2			K3			K4			K5			K6			K7			K8			K9			K10				
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m
K1	0,00	0,00	0,00	0,50	0,75	1,00	0,50	0,75	1,00	0,25	0,50	0,75	0,00	0,23	0,48	0,50	0,75	1,00	0,75	1,00	1,00	0,75	1,00	1,00	0,25	0,50	0,75	0,50	0,75	1,00		
K2	0,75	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,75	1,00	0,25	0,50	0,75	0,00	0,23	0,48	0,50	0,75	1,00	0,75	1,00	1,00	0,00	0,23	0,48	0,50	0,75	1,00	0,50	0,75	1,00		
K3	0,50	0,75	1,00	0,50	0,75	1,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,75	1,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,23	0,48	0,25	0,50	0,75	0,50	0,75	1,00	0,00	0,23	0,48	0,75	1,00	1,00		
K4	0,50	0,75	1,00	0,25	0,50	0,75	0,50	0,75	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23	0,48	0,00	0,00	0,25	0,50	0,75	1,00	0,50	0,75	1,00	0,50	0,75	1,00	0,75	1,00	1,00		
K5	0,00	0,00	0,25	0,00	0,23	0,48	0,00	0,00	0,25	0,00	0,23	0,48	0,00	0,00	0,00	0,75	1,00	1,00	0,25	0,50	0,75	0,00	0,25	0,50	0,00	0,23	0,48	0,25	0,50	0,75		
K6	0,00	0,00	0,25	0,50	0,75	1,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,25	0,50	0,50	0,75	1,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,75	1,00	0,00	0,23	0,48	0,50	0,75	1,00	0,25	0,50	0,75		
K7	0,50	0,75	1,00	0,75	1,00	1,00	0,00	0,23	0,48	0,50	0,75	1,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,23	0,48	0,00	0,00	0,00	0,50	0,75	1,00	0,75	1,00	1,00	0,50	0,75	1,00		
K8	0,25	0,50	0,75	0,00	0,00	0,25	0,00	0,23	0,48	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,25	0,00	0,23	0,48	0,00	0,23	0,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23	0,48	0,50	0,75	1,00		
K9	0,50	0,75	1,00	0,50	0,75	1,00	0,50	0,75	1,00	0,75	1,00	1,00	0,00	0,00	0,25	0,25	0,50	0,75	0,75	1,00	1,00	0,25	0,50	0,75	0,00	0,00	0,00	0,50	0,75	1,00		
K10	0,00	0,23	0,48	0,25	0,50	0,75	0,25	0,50	0,75	0,75	1,00	1,00	0,50	0,75	1,00	0,50	0,75	1,00	0,75	1,00	1,00	0,75	1,00	1,00	0,50	0,75	1,00	0,00	0,00	0,00		
Toplam U	6,73			7,23			6,20			6,73			4,43			6,43			7,98			7,20			7,18			8,50				

Tablo 3.7. Normalize bulanık direkt ilişki matrisi

	K1			K2			K3			K4			K5			K6			K7			K8			K9			K10					
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
K1	0,00	0,00	0,00	0,06	0,09	0,12	0,06	0,09	0,12	0,03	0,06	0,09	0,00	0,03	0,06	0,06	0,09	0,12	0,09	0,12	0,12	0,09	0,12	0,12	0,09	0,12	0,12	0,03	0,06	0,09	0,06	0,09	0,12
K2	0,09	0,12	0,12	0,00	0,00	0,00	0,06	0,09	0,12	0,03	0,06	0,09	0,00	0,03	0,06	0,06	0,09	0,12	0,09	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,00	0,03	0,06	0,06	0,09	0,12	0,06	0,09	0,12
K3	0,06	0,09	0,12	0,06	0,09	0,12	0,00	0,00	0,00	0,06	0,09	0,12	0,00	0,00	0,03	0,00	0,03	0,06	0,03	0,06	0,09	0,06	0,09	0,12	0,00	0,03	0,06	0,09	0,12	0,12	0,00	0,03	0,06
K4	0,06	0,09	0,12	0,03	0,06	0,09	0,06	0,09	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,06	0,00	0,03	0,06	0,09	0,12	0,12	0,06	0,09	0,12	0,06	0,09	0,12	0,06	0,09	0,12	0,09	0,12	0,12
K5	0,00	0,00	0,03	0,00	0,03	0,06	0,00	0,00	0,03	0,00	0,03	0,06	0,00	0,00	0,00	0,09	0,12	0,12	0,03	0,06	0,09	0,00	0,03	0,06	0,00	0,03	0,06	0,03	0,06	0,09	0,03	0,06	0,09
K6	0,00	0,00	0,03	0,06	0,09	0,12	0,00	0,00	0,03	0,00	0,03	0,06	0,06	0,09	0,12	0,00	0,00	0,00	0,06	0,09	0,12	0,00	0,03	0,06	0,06	0,09	0,12	0,03	0,06	0,09	0,06	0,09	0,12
K7	0,06	0,09	0,12	0,09	0,12	0,12	0,00	0,03	0,06	0,06	0,09	0,12	0,00	0,00	0,03	0,00	0,03	0,06	0,00	0,00	0,00	0,06	0,09	0,12	0,09	0,12	0,12	0,09	0,12	0,12	0,06	0,09	0,12
K8	0,03	0,06	0,09	0,00	0,00	0,03	0,00	0,03	0,06	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,03	0,00	0,03	0,06	0,00	0,03	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,06	0,06	0,09	0,12	0,12
K9	0,06	0,09	0,12	0,06	0,09	0,12	0,06	0,09	0,12	0,09	0,12	0,12	0,00	0,00	0,03	0,03	0,06	0,09	0,09	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,03	0,06	0,09	0,00	0,00	0,00	0,06	0,09	0,12
K10	0,00	0,03	0,06	0,03	0,06	0,09	0,03	0,06	0,09	0,09	0,12	0,12	0,06	0,09	0,12	0,06	0,09	0,12	0,09	0,12	0,12	0,09	0,12	0,12	0,09	0,12	0,12	0,06	0,09	0,12	0,00	0,00	0,00

L	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	$Lx(I-L)^{-1}$									
K1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1
K2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0
K3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
K4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1
K5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
K6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
K7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
K8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
K9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1
K1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0
0	0	3	3	9	6	6	9	9	6	0	3	6	5	1	7	7	2	1	9	4
M	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	$Mx(I-M)^{-1}$									
K1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,2	0,1	0,1	0,0	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2
K2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2
K3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
K4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,2	0,2	0,1	0,2	
K5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1
K6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
K7	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,2	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2
K8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
K9	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,1	0,2	0,0	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2
K1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1
0	3	6	6	2	9	9	2	2	9	0	4	7	4	2	3	7	5	3	0	5
U	u	u	u	u	u	u	u	u	u	u	$Ux(I-U)^{-1}$									
K1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,4	0,5	0,4	0,5	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6
K2	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,5	0,4	0,4	0,5	0,3	0,4	0,5	0,4	0,5	0,6
K3	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,4	0,5	0,3	0,4	0,2	0,4	0,5	0,5	0,4	0,5
K4	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5
K5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,3	0,2	0,3	0,1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4
K6	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4
K7	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,5	0,5	0,4	0,4	0,2	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5
K8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,3	0,2	0,3	0,4
K9	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3	0,4	0,5	0,5	0,4	0,6
K1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,4	0,5	0,4	0,5	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5
0	6	9	9	2	2	2	2	2	2	0	6	1	6	1	8	9	8	4	4	0

3. Adım: Normalize bulanık direkt ilişki matrisinin oluşturulması

Bulanık direkt ilişki matrisinin her hücresi maksimum “Toplam u” satırındaki değere bölünerek normalize edilmiş direkt ilişki matrisi elde edilir. Tablo 3.7.’de gösterilmiştir.

4. Adım: Toplam bulanık direkt ilişki matrisinin oluşturulması

l, m ve u sütunları için ayrı ayrı 3 tane L, M ve U adları altında 10x10 luk 3 tane matris oluşturulur. Sonrasında I birim matris kullanılarak $Lx(I - L)^{-1}$, $Mx(I - M)^{-1}$ ve $Ux(I - U)^{-1}$ matrisleri oluşturulur, aşağıda gösterilmiştir. Bu matrisler ile toplam bulanık direkt ilişki matrisi oluşturulur.

Ortaya çıkan bu üç matris toplam bulanık direkt ilişki matrisini oluşturur. Toplam bulanık direkt ilişki matrisi tablo halinde aşağıda Tablo 3.8.’de belirtilmiştir;

5. Adım: Neden sonuç ilişkilerinin (Gönderici alıcı gruplarının) belirlenmesi

Toplam bulanık direkt ilişki matrisindeki sütun toplamları \tilde{D}_i , satır toplamları da \tilde{R}_i olarak aşağıdaki gibi bulunmuştur. Tablo 3.9.’da verilmiştir.

Bir sonraki aşamada $\tilde{D}_i + \tilde{R}_i$ ve $\tilde{D}_i - \tilde{R}_i$ değerlerinin bulunmasıdır, bu değerler de Tablo 3.10.’da verilmiştir.

Tablo 3.8. Toplam bulanık direkt ilişki matrisi

Toplam ilişki matrisi	K1			K2			K3			K4			K5			K6			K7			K8			K9			K10				
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m
K1	0,03	0,11	0,42	0,09	0,20	0,55	0,08	0,17	0,49	0,06	0,17	0,50	0,01	0,07	0,33	0,07	0,17	0,49	0,12	0,25	0,59	0,12	0,23	0,55	0,06	0,18	0,52	0,10	0,23	0,62		
K2	0,11	0,22	0,52	0,04	0,12	0,44	0,08	0,18	0,49	0,06	0,18	0,50	0,01	0,08	0,33	0,08	0,18	0,49	0,13	0,26	0,58	0,04	0,16	0,49	0,09	0,20	0,55	0,10	0,23	0,61		
K3	0,08	0,18	0,48	0,08	0,18	0,50	0,02	0,08	0,35	0,08	0,18	0,48	0,01	0,04	0,28	0,02	0,10	0,40	0,06	0,18	0,51	0,09	0,19	0,50	0,03	0,13	0,45	0,12	0,23	0,56		
K4	0,08	0,19	0,51	0,06	0,16	0,50	0,08	0,17	0,48	0,03	0,11	0,40	0,01	0,07	0,31	0,02	0,09	0,40	0,10	0,22	0,56	0,09	0,20	0,53	0,08	0,19	0,53	0,12	0,24	0,59		
K5	0,01	0,05	0,29	0,01	0,08	0,33	0,00	0,04	0,27	0,01	0,08	0,31	0,01	0,03	0,18	0,09	0,15	0,35	0,04	0,13	0,38	0,01	0,08	0,33	0,01	0,09	0,33	0,04	0,12	0,40		
K6	0,02	0,07	0,36	0,08	0,16	0,45	0,01	0,06	0,34	0,02	0,11	0,39	0,06	0,12	0,33	0,02	0,07	0,31	0,08	0,18	0,49	0,02	0,10	0,40	0,08	0,16	0,46	0,05	0,15	0,48		
K7	0,09	0,19	0,50	0,11	0,22	0,51	0,03	0,12	0,42	0,09	0,19	0,49	0,01	0,05	0,29	0,02	0,11	0,41	0,04	0,14	0,45	0,09	0,20	0,52	0,11	0,22	0,52	0,10	0,22	0,58		
K8	0,03	0,09	0,32	0,01	0,05	0,29	0,01	0,06	0,28	0,01	0,05	0,27	0,00	0,02	0,19	0,01	0,06	0,28	0,01	0,08	0,33	0,01	0,05	0,26	0,01	0,07	0,31	0,06	0,14	0,40		
K9	0,09	0,20	0,53	0,09	0,20	0,55	0,08	0,18	0,50	0,12	0,23	0,52	0,01	0,05	0,31	0,05	0,14	0,47	0,13	0,26	0,59	0,07	0,19	0,53	0,04	0,12	0,44	0,10	0,23	0,62		
K10	0,03	0,14	0,46	0,06	0,17	0,51	0,05	0,14	0,46	0,11	0,22	0,51	0,07	0,13	0,38	0,07	0,17	0,49	0,12	0,25	0,58	0,11	0,23	0,54	0,09	0,20	0,54	0,04	0,15	0,50		

Tablo 3.9. \tilde{D}_i ve \tilde{R}_i değerleri

	K1			K2			K3			K4			K5			K6			K7			K8			K9			K10				
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m
Di	0,57	1,44	4,39	0,62	1,55	4,63	0,43	1,21	4,08	0,59	1,51	4,38	0,19	0,66	2,93	0,45	1,25	4,10	0,84	1,95	5,05	0,63	1,64	4,66	0,59	1,57	4,65	0,83	1,94	5,37		
Ri	0,73	1,79	5,06	0,73	1,80	5,00	0,57	1,49	4,51	0,67	1,64	4,82	0,23	0,85	3,19	0,43	1,18	4,01	0,68	1,66	4,69	0,15	0,68	2,95	0,77	1,81	5,04	0,76	1,81	4,97		

Tablo 3.10. $\tilde{D}_i + \tilde{R}_i$ ve $\tilde{D}_i - \tilde{R}_i$ değerleri.

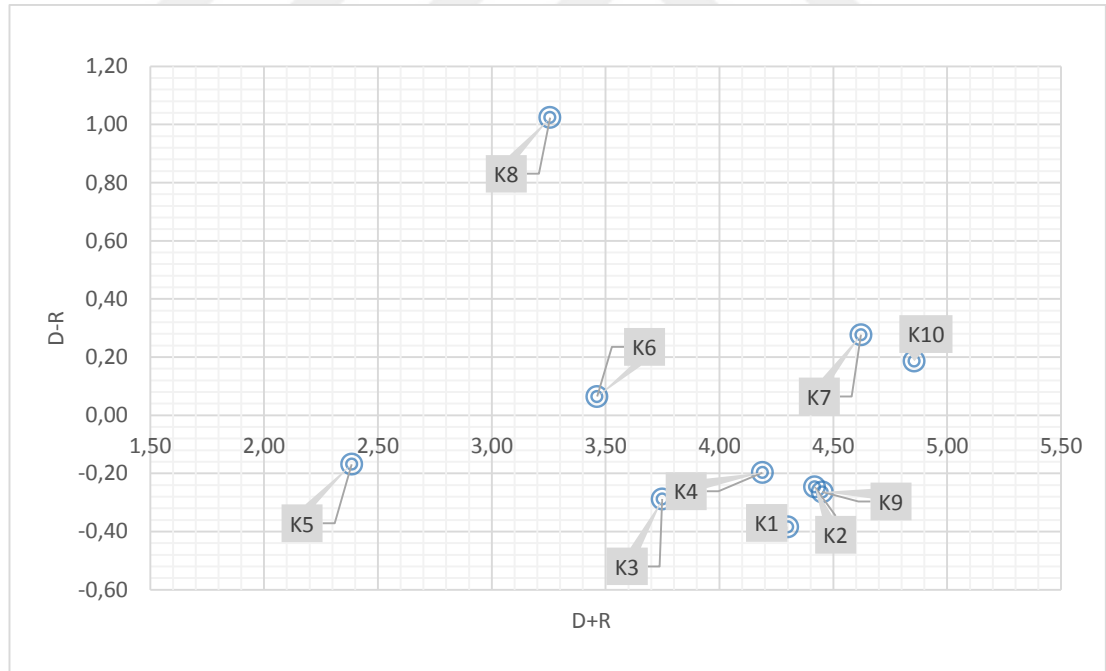
	K1			K2			K3			K4			K5			K6			K7			K8			K9			K10		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
Di+Ri	1,30	3,22	9,45	1,35	3,34	9,63	1,00	2,70	8,59	1,26	3,15	9,20	0,42	1,50	6,11	0,88	2,43	8,11	1,52	3,61	9,75	0,79	2,32	7,61	1,36	3,38	9,69	1,58	3,75	10,33
Di-Ri	0,16	0,35	0,67	0,12	0,25	0,37	0,15	0,28	0,44	0,08	0,13	0,44	-0,03	-0,19	-0,26	0,02	0,07	0,09	0,16	0,29	0,36	0,48	0,96	1,70	0,18	0,24	0,39	0,07	0,13	0,40

2.12. ve 2.13 formüllerine göre $\tilde{D}_i^{def} + \tilde{R}_i^{def}$ ve $\tilde{D}_i^{def} - \tilde{R}_i^{def}$ değerleri aşağıdaki gibi bulunur. Bu işleme durulaştırma denir, “def” İngilizcedeki “defuzzying” kelimesinden gelmektedir. Bu değerler Tablo 3.11.’de gösterilmiştir.

Tablo 3.11. $\tilde{D}_i^{def} + \tilde{R}_i^{def}$ ve $\tilde{D}_i^{def} - \tilde{R}_i^{def}$ değerleri

Ölçüt	$\tilde{D}_i^{def} + \tilde{R}_i^{def}$	$\tilde{D}_i^{def} - \tilde{R}_i^{def}$
K1	4,30	-0,38
K2	4,42	-0,25
K3	3,75	-0,29
K4	4,19	-0,20
K5	2,38	-0,17
K6	3,46	0,06
K7	4,62	0,28
K8	3,26	1,02
K9	4,45	-0,26
K10	4,86	0,19

Tablo 3.11.’deki verilerle Şekil 3.1.’de yer alan neden sonuç diyagramı oluşturulur.



Şekil 3.1. Neden sonuç ilişkisi diyagramı

Bu diyagrama göre K1,K2,K3,K4,K5,,K9 alıcı ya da etkilenen, K6,K7,K8,K10 ise gönderici ya da etkileyen gruptadır. K8 en çok etkileyen ölçüt olarak ortaya çıkmıştır.

6. Adım: Ölçüt ağırlıklarının belirlenmesi

2.14. deki formülasyona göre Tablo 3.12.'deki gibi ölçüt ağırlıkları oluşturulur.

Tablo 3.12. Ölçüt ağırlıkları

Ölçüt	w	W
K1	4,32	0,11
K2	4,43	0,11
K3	3,76	0,09
K4	4,19	0,11
K5	2,39	0,06
K6	3,46	0,09
K7	4,63	0,12
K8	3,41	0,09
K9	4,46	0,11
K10	4,86	0,12

3.1.3. Seçeneklerin değerlendirilmesi ve en iyi seçeneğin belirlenmesi

Bu aşamada projede karar verici durumunda olan 10 kişi alt ölçütler ile seçeneklerin birbirleriyle olan ilişkilerini değerlendirir ve bu ilişkiler üzerinden Bulanık TOPSIS yöntemiyle seçenek sıralamaları çıkartılır.

1. Adım: Karar vericilerin ve çözüm seçeneklerinin seçimi

Problemin çözüm kararının verilmesinde yetkisi olacak olan ve ölçüt ağırlıklarını belirleyen karar verici grubun değerlendirmesi sonrasında 15 farklı çözüm seçeneği tespit edilir.

2. Adım: Ölçüt ve seçeneklerin dilsel değişkenler ile değerlendirilmesi

Ölçütlere göre seçenekler dilsel değişkenler ile değerlendirilir. 10 farklı uzman tarafından değerlendirme yapılır. Örnek olarak 1.Uzman'ın yapmış olduğu değerlendirmeler Tablo 3.134.'te verilmiştir.

Tablo 3.13. 1.Uzman'ın ölçütlerle-seçenekleri değerlendirmesi

Kriterler	Alternatifler														
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15
K1	3	3	2	4	1	2	2	4	4	2	2	2	2	4	4
K2	3	2	2	4	2	4	3	4	4	2	1	1	1	3	3
K3	2	2	2	3	1	2	2	4	3	2	2	2	2	3	2
K4	3	4	2	3	2	4	3	4	4	2	2	2	2	3	2
K5	2	2	3	4	3	3	4	2	4	4	1	1	1	3	4
K6	4	3	2	4	2	3	2	3	3	3	2	3	1	3	2
K7	2	2	2	4	1	4	2	4	4	2	2	3	2	4	4
K8	4	4	2	2	3	2	3	2	3	3	1	1	1	4	3
K9	2	2	2	4	1	3	3	4	4	2	2	2	1	4	4
K10	2	3	3	4	2	2	3	4	4	1	1	2	1	4	4

3. Adım: Değerlendirmelerin bulanık sayılara dönüştürülmesi

2.adımda yapılan değerlendirmeler Tablo 2.1.'de belirlenen bulanık skalaya göre bulanık sayılara dönüştürülür. Tablo 3.14.'de 1.Uzman'ın değerlendirme sonuçları bulanık skalaya göre üçgen bulanık sayılara dönüştürülmüştür.

4. Adım: Bulanık karar matrisinin oluşturulması

10 uzman karar vericiden alınan verilere dayanarak hazırlanan 10 tane Tablo 3.15.'de olduğu gibi oluşturulmuş olan matrislerin 10 tanesinin her hücrelerinin ortalaması alınarak yani 2.15.te yer alan formül uygulanarak bulanık karar matrisi Tablo 3.15.'de olduğu gibi oluşturulur.

Tablo 3.14. 1.Uzman'ın ölçüt-seçenekler değerlendirmesinin üçgen bulanık sayılarla gösterimi

Krt	Alternatifler																																											
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15																													
K1	0,5	0,75	1	0,5	0,75	1	0,25	0,5	0,75	0,75	1	1	0	0,25	0,5	0,25	0,5	0,75	0,25	0,5	0,75	0,75	1	1	0,75	1	10,25	0,5	0,75	0,25	0,5	0,75	0,25	0,5	0,25	0,5	0,75	0,75	1	10,75	1	1		
K2	0,5	0,75	1	0,25	0,5	0,75	0,25	0,5	0,75	0,75	1	1	0,25	0,5	0,75	0,75	1	1	0,5	0,75	1	0,75	1	1	0,75	1	10,25	0,5	0,75	0	0,25	0,5	0	0,5	0,75	0	0,25	0,5	0,5	0,75	1	0,5	0,75	1
K3	0,25	0,5	0,75	0,25	0,5	0,75	0,25	0,5	0,75	0,5	0,75	1	0	0,25	0,5	0,25	0,5	0,75	0,25	0,5	0,75	0,75	1	1	0,5	0,75	10,25	0,5	0,75	0,25	0,5	0,75	0,25	0,5	0,25	0,5	0,75	0,5	0,75	10,25	0,5	0,75		
K4	0,5	0,75	1	0,75	1	1	0,25	0,5	0,75	0,5	0,75	1	0,25	0,5	0,75	0,75	1	1	0,5	0,75	1	0,75	1	1	0,75	1	10,25	0,5	0,75	0,25	0,5	0,75	0,25	0,5	0,75	0,25	0,5	0,75	0,5	0,75	10,25	0,5	0,75	
K5	0,25	0,5	0,75	0,25	0,5	0,75	0,5	0,75	1	0,75	1	1	0,5	0,75	1	0,5	0,75	1	0,75	1	1	0,25	0,5	0,75	0,75	1	10,75	1	1	0	0,25	0,5	0	0,75	1	0	0,25	0,5	0,5	0,75	10,75	1	1	
K6	0,75	1	1	0,5	0,75	1	0,25	0,5	0,75	0,75	1	1	0,25	0,5	0,75	0,5	0,75	1	0,25	0,5	0,75	0,5	0,75	1	0,5	0,75	10,5	0,75	1	0,25	0,5	0,75	0,5	0,5	0,75	0	0,25	0,5	0,5	0,75	10,25	0,5	0,75	
K7	0,25	0,5	0,75	0,25	0,5	0,75	0,25	0,5	0,75	0,75	1	1	0	0,25	0,5	0,75	1	1	0,25	0,5	0,75	0,75	1	1	0,75	1	10,25	0,5	0,75	0,25	0,5	0,75	0,5	0,25	0,5	0,25	0,5	0,75	0,75	1	10,75	1	1	
K8	0,75	1	1	0,75	1	1	0,25	0,5	0,75	0,25	0,5	0,75	0,5	0,75	1	0,25	0,5	0,75	0,5	0,75	1	0,25	0,5	0,75	0,5	0,75	10,5	0,75	1	0	0,25	0,5	0	0,75	1	0	0,25	0,5	0,75	1	10,5	0,75	1	
K9	0,25	0,5	0,75	0,25	0,5	0,75	0,25	0,5	0,75	0,75	1	1	0	0,25	0,5	0,5	0,75	1	0,5	0,75	1	0,75	1	1	0,75	1	10,25	0,5	0,75	0,25	0,5	0,75	0,25	0,5	0	0,25	0,5	0,75	1	10,75	1	1		
K10	0,25	0,5	0,75	0,5	0,75	1	0,5	0,75	1	0,75	1	1	0,25	0,5	0,75	0,25	0,5	0,75	0,5	0,75	1	0,75	1	1	0,75	1	1	0	0,25	0,5	0	0,25	0,5	0,25	0,5	0,75	0	0,25	0,5	0,75	1	10,75	1	1

Tablo 3.15. Bulanık karar matrisi

K	Alternatifler																																																
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15																																		
K1	0,4	0,6	0,9	0,4	0,7	0,9	0,2	0,5	0,7	0,6	0,8	0,9	0,1	0,3	0,5	0,2	0,5	0,7	0,3	0,5	0,7	0,7	0,9	1,0	0,7	0,9	1,0	0,3	0,5	0,7	0,2	0,5	0,7	0,2	0,3	0,5	0,2	0,4	0,7	0,7	0,9	1,0	0,7	0,9	1,0				
K2	0,4	0,7	0,9	0,2	0,5	0,7	0,2	0,4	0,7	0,6	0,8	0,9	0,2	0,5	0,7	0,7	0,9	1,0	0,5	0,7	0,9	0,6	0,9	1,0	0,6	0,9	1,0	0,2	0,4	0,7	0,0	0,3	0,5	0,1	0,5	0,7	0,0	0,3	0,5	0,4	0,7	0,9	0,4	0,7	0,9	0,4	0,7	0,9	
K3	0,2	0,5	0,7	0,2	0,4	0,7	0,1	0,4	0,6	0,4	0,7	0,9	0,0	0,2	0,5	0,3	0,5	0,7	0,2	0,5	0,7	0,6	0,8	0,9	0,5	0,7	0,9	0,2	0,5	0,7	0,2	0,4	0,7	0,2	0,2	0,5	0,2	0,5	0,7	0,4	0,7	0,9	0,2	0,4	0,7	0,9	0,2	0,4	0,7
K4	0,4	0,7	0,9	0,7	0,9	1,0	0,2	0,5	0,7	0,4	0,7	0,9	0,2	0,5	0,7	0,6	0,9	0,9	0,5	0,7	0,9	0,7	0,9	1,0	0,7	0,9	1,0	0,3	0,5	0,7	0,2	0,4	0,7	0,2	0,5	0,7	0,2	0,4	0,7	0,4	0,7	0,9	0,2	0,4	0,7	0,9	0,2	0,4	0,7
K5	0,2	0,4	0,7	0,2	0,4	0,7	0,4	0,6	0,9	0,6	0,9	0,9	0,4	0,7	0,9	0,4	0,6	0,9	0,6	0,9	0,9	0,2	0,5	0,7	0,6	0,9	0,9	0,7	0,9	1,0	0,0	0,3	0,5	0,0	0,7	0,9	0,0	0,2	0,5	0,3	0,6	0,8	0,7	0,9	0,9	0,9	0,9		
K6	0,6	0,9	1,0	0,5	0,7	0,9	0,2	0,5	0,7	0,6	0,9	0,9	0,3	0,5	0,7	0,4	0,7	0,9	0,3	0,5	0,7	0,4	0,7	0,9	0,4	0,7	0,9	0,5	0,7	0,9	0,2	0,5	0,7	0,4	0,5	0,7	0,0	0,2	0,5	0,4	0,7	0,9	0,2	0,5	0,7	0,9	0,2	0,5	0,7
K7	0,2	0,5	0,7	0,2	0,5	0,7	0,2	0,5	0,7	0,6	0,8	0,9	0,0	0,3	0,5	0,6	0,9	0,9	0,3	0,5	0,7	0,7	0,9	1,0	0,6	0,9	0,9	0,2	0,4	0,7	0,2	0,4	0,7	0,4	0,3	0,5	0,2	0,4	0,7	0,7	0,9	1,0	0,6	0,9	0,9	0,9	0,9		
K8	0,7	0,9	1,0	0,7	0,9	1,0	0,2	0,5	0,7	0,2	0,4	0,7	0,4	0,7	0,9	0,2	0,5	0,7	0,4	0,7	0,9	0,2	0,5	0,7	0,4	0,7	0,9	0,4	0,7	0,9	0,0	0,2	0,5	0,0	0,7	0,9	0,0	0,2	0,4	0,7	0,9	1,0	0,5	0,7	0,9	0,9	0,9	0,9	
K9	0,2	0,4	0,7	0,2	0,5	0,7	0,2	0,5	0,7	0,6	0,9	0,9	0,0	0,2	0,5	0,4	0,7	0,9	0,5	0,7	0,9	0,7	0,9	1,0	0,6	0,9	0,9	0,2	0,4	0,7	0,2	0,5	0,7	0,2	0,2	0,5	0,0	0,2	0,5	0,7	0,9	1,0	0,7	0,9	1,0	0,7	0,9	1,0	
K1	0,2	0,4	0,7	0,4	0,7	0,9	0,4	0,7	0,9	0,7	0,9	1,0	0,2	0,4	0,7	0,2	0,4	0,7	0,4	0,7	0,9	0,7	0,9	1,0	0,6	0,9	0,9	0,0	0,2	0,5	0,0	0,2	0,5	0,2	0,4	0,7	0,0	0,2	0,5	0,6	0,9	0,9	0,6	0,9	0,9	0,6	0,9	0,9	

Tablo 3.16. Normalize edilmiş bulanık karar matrisi

K	Alternatifler																																																			
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15																																					
K1	0,40	0,65	0,90	0,48	0,73	0,98	0,26	0,51	0,77	0,60	0,85	0,93	0,10	0,33	0,56	0,25	0,50	0,73	0,31	0,56	0,79	0,70	0,95	0,00	0,68	0,93	0,00	0,68	0,93	0,00	0,23	0,48	0,73	0,10	0,39	0,71	0,10	0,51	0,77	0,10	0,41	0,76	0,48	0,73	0,98	0,00	0,73	0,98	0,00	0,73	0,98	0,00
K2	0,45	0,70	0,95	0,25	0,50	0,75	0,23	0,49	0,74	0,63	0,88	0,95	0,26	0,51	0,77	0,70	0,95	0,00	0,54	0,79	0,00	0,68	0,93	0,00	0,68	0,93	0,00	0,23	0,48	0,73	0,10	0,39	0,71	0,10	0,51	0,77	0,10	0,41	0,76	0,48	0,73	0,98	0,45	0,70	0,5							
K3	0,28	0,53	0,75	0,20	0,45	0,70	0,18	0,44	0,69	0,45	0,70	0,93	0,05	0,28	0,54	0,33	0,58	0,78	0,26	0,51	0,74	0,63	0,88	0,95	0,53	0,78	0,98	0,28	0,53	0,75	0,29	0,61	0,94	0,26	0,28	0,54	0,34	0,69	0,00	0,45	0,70	0,95	0,23	0,48	0,3							
K4	0,48	0,73	0,98	0,73	0,98	0,00	0,28	0,54	0,77	0,45	0,70	0,95	0,26	0,51	0,77	0,68	0,93	0,98	0,51	0,77	0,00	0,70	0,95	0,00	0,73	0,98	0,00	0,33	0,58	0,78	0,29	0,61	0,94	0,23	0,51	0,77	0,31	0,66	0,00	0,48	0,73	0,98	0,23	0,48	0,3							
K5	0,20	0,45	0,70	0,23	0,48	0,73	0,44	0,69	0,95	0,65	0,90	0,98	0,46	0,72	0,95	0,40	0,65	0,90	0,67	0,92	0,97	0,25	0,50	0,73	0,65	0,90	0,95	0,70	0,95	0,00	0,10	0,39	0,68	0,00	0,72	0,95	0,03	0,34	0,69	0,38	0,63	0,88	0,70	0,95	0,8							
K6	0,68	0,93	0,00	0,50	0,75	0,98	0,28	0,54	0,77	0,68	0,93	0,98	0,31	0,56	0,79	0,45	0,70	0,95	0,31	0,56	0,79	0,45	0,70	0,95	0,45	0,70	0,93	0,50	0,75	0,98	0,35	0,68	0,00	0,49	0,56	0,79	0,07	0,38	0,72	0,45	0,70	0,95	0,25	0,50	0,5							
K7	0,25	0,50	0,75	0,28	0,53	0,75	0,28	0,54	0,77	0,63	0,88	0,95	0,08	0,31	0,56	0,68	0,93	0,98	0,33	0,59	0,79	0,70	0,95	0,00	0,68	0,93	0,98	0,23	0,48	0,73	0,29	0,61	0,94	0,49	0,31	0,56	0,28	0,62	0,97	0,70	0,95	0,00	0,68	0,93	0,8							
K8	0,70	0,95	0,00	0,70	0,95	0,00	0,26	0,51	0,77	0,23	0,48	0,73	0,49	0,74	0,00	0,25	0,50	0,75	0,49	0,74	0,00	0,28	0,53	0,75	0,48	0,73	0,98	0,48	0,73	0,98	0,06	0,35	0,68	0,00	0,74	0,00	0,00	0,31	0,66	0,70	0,95	0,00	0,50	0,75	0,8							
K9	0,23	0,48	0,73	0,28	0,53	0,75	0,28	0,54	0,77	0,68	0,93	0,98	0,05	0,28	0,54	0,45	0,70	0,95	0,51	0,77	0,00	0,70	0,95	0,00	0,68	0,93	0,98	0,23	0,48	0,73	0,32	0,65	0,97	0,26	0,28	0,54	0,03	0,34	0,69	0,70	0,95	0,00	0,70	0,95	0,0							
K10	0,23	0,48	0,73	0,48	0,73	0,98	0,49	0,74	0,00	0,70	0,95	0,00	0,23	0,49	0,74	0,23	0,48	0,73	0,49	0,74	0,00	0,73	0,98	0,00	0,65	0,90	0,95	0,03	0,25	0,50	0,03	0,32	0,65	0,26	0,49	0,74	0,03	0,34	0,69	0,68	0,93	0,98	0,68	0,93	0,8							

Tablo 3.17. Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi

	Alternatifler																																														
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15																	
K1	0,04	0,07	0,10	0,05	0,08	0,11	0,03	0,06	0,08	0,06	0,09	0,10	0,01	0,04	0,06	0,03	0,05	0,08	0,03	0,06	0,09	0,08	0,10	0,11	0,08	0,11	0,11	0,04	0,06	0,08	0,04	0,07	0,11	0,03	0,04	0,06	0,03	0,07	0,10	0,08	0,11	0,11	0,08	0,11	0,11		
K2	0,05	0,08	0,11	0,03	0,06	0,08	0,03	0,05	0,08	0,07	0,10	0,11	0,03	0,06	0,09	0,08	0,11	0,11	0,06	0,09	0,11	0,07	0,10	0,11	0,07	0,10	0,11	0,02	0,05	0,08	0,01	0,04	0,08	0,01	0,06	0,09	0,01	0,05	0,08	0,05	0,08	0,11	0,05	0,08	0,11		
K3	0,03	0,05	0,07	0,02	0,04	0,07	0,02	0,04	0,07	0,04	0,07	0,09	0,00	0,03	0,05	0,03	0,05	0,07	0,02	0,05	0,07	0,06	0,08	0,09	0,05	0,07	0,09	0,03	0,05	0,07	0,03	0,06	0,09	0,02	0,03	0,05	0,03	0,06	0,09	0,04	0,07	0,09	0,02	0,04	0,07		
K4	0,05	0,08	0,10	0,08	0,10	0,11	0,03	0,06	0,08	0,05	0,07	0,10	0,03	0,05	0,08	0,07	0,10	0,10	0,05	0,08	0,11	0,07	0,10	0,11	0,08	0,10	0,11	0,03	0,06	0,08	0,03	0,06	0,10	0,02	0,05	0,08	0,03	0,07	0,11	0,05	0,08	0,10	0,02	0,05	0,08		
K5	0,01	0,03	0,04	0,01	0,03	0,04	0,03	0,04	0,06	0,04	0,05	0,06	0,03	0,04	0,06	0,02	0,04	0,05	0,04	0,06	0,06	0,01	0,03	0,04	0,04	0,05	0,06	0,04	0,06	0,06	0,01	0,02	0,04	0,00	0,04	0,06	0,00	0,02	0,04	0,02	0,04	0,02	0,04	0,05	0,04	0,06	0,06
K6	0,06	0,08	0,09	0,04	0,07	0,08	0,02	0,05	0,07	0,06	0,08	0,08	0,03	0,05	0,07	0,04	0,06	0,08	0,03	0,05	0,07	0,04	0,06	0,08	0,04	0,06	0,08	0,04	0,07	0,08	0,03	0,06	0,09	0,04	0,05	0,07	0,01	0,03	0,06	0,04	0,06	0,08	0,02	0,04	0,07		
K7	0,03	0,06	0,09	0,03	0,06	0,09	0,03	0,06	0,09	0,07	0,10	0,11	0,01	0,04	0,07	0,08	0,11	0,11	0,04	0,07	0,09	0,08	0,11	0,12	0,08	0,11	0,11	0,03	0,06	0,08	0,03	0,07	0,11	0,06	0,04	0,07	0,03	0,07	0,11	0,08	0,11	0,12	0,08	0,11	0,11		
K8	0,06	0,08	0,09	0,06	0,08	0,09	0,02	0,04	0,07	0,02	0,04	0,06	0,04	0,06	0,09	0,02	0,04	0,06	0,04	0,06	0,09	0,02	0,04	0,06	0,04	0,06	0,08	0,04	0,06	0,08	0,01	0,03	0,06	0,00	0,06	0,09	0,00	0,03	0,06	0,06	0,08	0,09	0,04	0,06	0,08		
K9	0,03	0,05	0,08	0,03	0,06	0,08	0,03	0,06	0,09	0,08	0,10	0,11	0,01	0,03	0,06	0,05	0,08	0,11	0,06	0,09	0,11	0,08	0,11	0,11	0,08	0,10	0,11	0,03	0,05	0,08	0,04	0,07	0,11	0,03	0,03	0,06	0,00	0,04	0,08	0,08	0,11	0,11	0,08	0,11	0,11		
K10	0,03	0,06	0,09	0,06	0,09	0,12	0,06	0,09	0,12	0,09	0,12	0,12	0,03	0,06	0,09	0,03	0,06	0,09	0,06	0,09	0,12	0,09	0,12	0,12	0,08	0,11	0,12	0,00	0,03	0,06	0,00	0,04	0,08	0,03	0,06	0,09	0,00	0,04	0,08	0,08	0,11	0,12	0,08	0,11	0,12		
	0,38	0,63	0,85	0,41	0,66	0,86	0,30	0,55	0,80	0,57	0,82	0,94	0,21	0,46	0,71	0,45	0,70	0,87	0,43	0,69	0,91	0,61	0,86	0,95	0,63	0,88	0,97	0,30	0,55	0,77	0,22	0,53	0,85	0,25	0,46	0,71	0,15	0,48	0,82	0,59	0,84	0,98	0,52	0,77	0,91		

5. Adım: Normalize edilmiş bulanık karar matrisinin oluşturulması

4.adımda oluşturulmuş olan bulanık karar matrisi 2.16 ve 2.17 formülleriyle normalize edilir. Kısaca her bir seçeneğin altındaki değerler, o seçeneğin içindeki en büyük değere bölünür. Bu şekilde Tablo 3.16.'de yer alan normalize edilmiş bulanık karar matrisi oluşur.

6. Adım: Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisinin oluşturulması

Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi 2.19 daki formülasyona göre hesaplanır. Kısacası 5.adımda bulunan normalize edilmiş bulanık karar matrisi 2.1.2. kısımda Bulanık DEMATEL yöntemiyle bulunan alt ölçüt ağırlıkları ile çarpılarak ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi elde edilir. Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi Tablo 3.17.'de verilmiştir.

7. Adım: Bulanık pozitif ve negatif ideal çözümlerin belirlenmesi

A^* = Bulanık pozitif ideal çözümü ifade eder, 2.20 ye göre hesaplanır.

A^- = Bulanık negatif ideal çözümü ifade eder, 2.21 e göre hesaplanır.

Bu formülasyonda $\tilde{v}_j^* = (1, 1, 1)$ ve $\tilde{v}_j^- = (0, 0, 0)$ olarak kabul edilir. Dolayısıyla A^* ve A^- aşağıdaki gibi bulunmuş olur.

$$A^* = [(1,1,1), (1,1,1), (1,1,1), (1,1,1), (1,1,1)]$$

$$A^- = [(0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0)]$$

8. Adım: Yakınlık katsayılarının hesaplanması

15 alternatif çözümün 10 ölçüte göre pozitif ve negatif uzaklıkları öncelikle 2.24 formülündeki Vertex yöntemine göre hesaplanır. Sonrasında 2.22 ve 2.23 formüllerinde olduğu gibi aşağıdaki Tablo 3.18. ve 3.19.'de olduğu gibi çıkartılır.

Tablo 3.18. Her ölçüt için $A_i(i=1,..,15)$ ve A^* arasındaki uzaklık (yakınlık katsayıları)

	d (A1, A [*])	d (A2, A [*])	d (A3, A [*])	d (A4, A [*])	d (A5, A [*])	d (A6, A [*])	d (A7, A [*])	d (A8, A [*])	d (A9, A [*])	d (A10, A [*])	d (A11, A [*])	d (A12, A [*])	d (A13, A [*])	d (A14, A [*])	d (A15, A [*])
K1	0,95	0,94	0,96	0,93	0,93	0,97	0,96	0,95	0,92	0,92	0,94	0,97	0,95	0,92	0,92
K2	0,94	0,96	0,96	0,93	0,93	0,96	0,92	0,93	0,92	0,92	0,97	0,96	0,97	0,94	0,94
K3	0,96	0,97	0,97	0,95	0,95	0,98	0,96	0,96	0,94	0,94	0,96	0,97	0,95	0,95	0,97
K4	0,94	0,92	0,96	0,94	0,94	0,96	0,93	0,94	0,92	0,92	0,95	0,96	0,95	0,94	0,96
K5	0,98	0,98	0,97	0,96	0,96	0,97	0,97	0,96	0,98	0,96	0,98	0,98	0,99	0,97	0,96
K6	0,94	0,95	0,96	0,94	0,94	0,96	0,95	0,96	0,95	0,95	0,96	0,96	0,98	0,95	0,97
K7	0,96	0,95	0,95	0,92	0,92	0,97	0,92	0,95	0,92	0,92	0,95	0,96	0,95	0,92	0,92
K8	0,94	0,94	0,97	0,97	0,97	0,95	0,97	0,95	0,97	0,95	0,98	0,96	0,98	0,94	0,95
K9	0,96	0,96	0,95	0,92	0,92	0,98	0,94	0,93	0,92	0,92	0,95	0,97	0,97	0,92	0,92
K10	0,96	0,93	0,93	0,91	0,91	0,96	0,96	0,93	0,91	0,92	0,97	0,95	0,97	0,91	0,91
	9,52	9,50	9,58	9,38	9,38	9,66	9,47	9,47	9,35	9,33	9,60	9,65	9,65	9,36	9,42

Tablo 3.19 . Her ölçüt için $A_i(i=1,..,15)$ ve A^- arasındaki uzaklık (yakınlık katsayıları)

	d (A1, A ⁻)	d (A2, A ⁻)	d (A3, A ⁻)	d (A4, A ⁻)	d (A5, A ⁻)	d (A6, A ⁻)	d (A7, A ⁻)	d (A8, A ⁻)	d (A9, A ⁻)	d (A10, A ⁻)	d (A11, A ⁻)	d (A12, A ⁻)	d (A13, A ⁻)	d (A14, A ⁻)	d (A15, A ⁻)
K1	0,19	0,20	0,17	0,19	0,14	0,17	0,17	0,20	0,20	0,17	0,20	0,15	0,19	0,20	0,20
K2	0,19	0,17	0,17	0,20	0,17	0,21	0,20	0,21	0,21	0,17	0,16	0,17	0,17	0,20	0,19
K3	0,16	0,15	0,15	0,18	0,13	0,16	0,16	0,18	0,18	0,16	0,18	0,13	0,18	0,18	0,15
K4	0,19	0,20	0,17	0,19	0,17	0,20	0,20	0,20	0,20	0,17	0,19	0,17	0,19	0,19	0,16
K5	0,12	0,12	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,12	0,14	0,15	0,12	0,14	0,12	0,13	0,15
K6	0,18	0,17	0,15	0,18	0,16	0,17	0,16	0,17	0,17	0,17	0,17	0,16	0,15	0,17	0,15
K7	0,17	0,17	0,18	0,20	0,15	0,21	0,18	0,21	0,21	0,17	0,20	0,15	0,20	0,21	0,21
K8	0,18	0,18	0,15	0,15	0,17	0,15	0,17	0,15	0,17	0,17	0,14	0,17	0,14	0,18	0,17
K9	0,17	0,17	0,17	0,20	0,14	0,20	0,20	0,21	0,20	0,17	0,20	0,14	0,16	0,21	0,21
K10	0,18	0,21	0,21	0,22	0,18	0,18	0,21	0,22	0,21	0,14	0,16	0,18	0,17	0,21	0,21
	1,73	1,75	1,66	1,85	1,56	1,77	1,80	1,87	1,90	1,64	1,71	1,56	1,67	1,89	1,81

9. Adım: Yakınlık katsayılarının seçenekler için bulunması

15 seçeneğin de tüm ölçütler için pozitif ve negatif ideal çözüme uzaklıklarının hesaplanmasının ardından seçenekler için d_i^* ve d_i^- değerleri elde edilir ve 2.25. deki formülasyona göre her seçenek için CCI yakınlık katsayıları bulunur.

Tablo 3.20. Her seçenek için yakınlık katsayılarının bulunması

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15
d_i^*	9,52	9,50	9,58	9,38	9,38	9,66	9,47	9,47	9,35	9,33	9,60	9,65	9,65	9,36	9,42
d_i^-	1,73	1,75	1,66	1,85	1,56	1,77	1,80	1,87	1,90	1,64	1,71	1,56	1,67	1,89	1,81
$d_i^*+d_i^-$	11,24	11,24	11,24	11,23	10,93	11,42	11,27	11,34	11,25	10,97	11,31	11,21	11,32	11,25	11,23
CCI	0,153	0,155	0,148	0,165	0,142	0,155	0,159	0,165	0,169	0,150	0,151	0,139	0,147	0,168	0,162

10. Adım: Seçeneklerin sıralanması

CCI yani seçeneklerin yakınlık katsayılarını büyükten küçüğe doğru sıralandığında $A9>A14>A4>A8>A15>A7>A2>A6>A1>A11>A10>A3>A13>A5>A12$ olarak çıkmıştır. Yani sırasıyla alternatif çözümler sıralanmıştır.

BÖLÜM 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemizin üç tarafı denizlerle çevrili konumu, Karadenizi Akdeniz'e bağlayan iki önemli boğaza ve deniz yollarına sahip olması, ege'nin adalı yapısı göz önüne alındığında, Türkiye deniz güvenliği ve kontrolünün ne kadar önemli olduğu karşımıza çıkmaktadır. Bu önem sebebiyle sürekli devriye yapan güvenlik güçlerimiz bu esnada hem yoğun iş gücü hem de enerji harcamaktadır. İHA'ların uygun yerlerde kullanılması ile bu maliyetlerin zamanla azalacağı düşünülmektedir.

Çalışmada Türkiye deniz güvenlik sistemi konusu ele alınarak İnsansız Hava Araçlarıyla denizlerimizde hareketin izlenmesi amaçlanmıştır. Devlet Hava Meydanları Genel Müdürlüğü'nün işlettiği havaalanlarıyla birlikte üsler dikkate alınarak olası seçenekler içerisinde İHA yeri belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmada Bulanık DEMATEL ve TOPSIS kullanılarak 15 seçenek ve 10 ölçütle değerlendirilerek sonuca ulaşılmıştır.

Ölçütlerin ağırlıklandırılması noktasında da literatürde çok fazla AHP yöntemi kullanılmış olmasına rağmen yer seçimi karar sürecinde ölçütler ve alternatif çözümler - arası ilişkiler ve bağlar mevcuttur. Bu nedenle de yer seçimi karar problemlerinin hiyerarşik yapıda modellenmesinin doğru olmadığı yaklaşımı ile ölçütlerin ağırlıklandırılması sürecinde DEMATEL yöntemi kullanılmıştır fakat DEMATEL yöntemi ile bu karmaşıklıkta sebep sonuç ilişkilerini belirlemek oldukça zor olup ölçütlerin arasındaki ilişkilerin karar vericilerin değerlendirmelerine bağlı olduğu durumda bu ölçütleri ifade etmek zor duruma düşmektedir. Bu durumu ortadan kaldırmak için bulanık küme teorisi ile uzmanlardan alınan görüşler sonrasında bulanık sayılara dönüştürülerek çözüme ulaştırılmasının daha doğru olacağı tespiti ile

birlikte ölçütlerin ağırlıklandırılmasında bu çalışmada Bulanık DEMATEL yöntemi tercih edilmiştir.

Bu çalışmanın aşağıdaki alanlarda fayda sağlayacağı öngörülmektedir;

- Yer seçimi karar problemlerinin çözümünde ölçütler arasındaki ilişkilerin belirlenmesinde Bulanık DEMATEL yöntemi ilk defa, alternatif çözüm önerilerinin sıralanması ve içlerinden en iyisinin tespiti noktasında da Bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Kısacası karar problemi bütünleşik ya da karma olarak tabir edilen bir yöntemle çözülmüştür. Yer seçimi karar probleminin çözümünde Bulanık DEMATEL ve Bulanık TOPSIS yöntemlerinin kullanıldığı ilk uygulama olması nedeniyle çalışma literatürde bir ilk olmuştur.
- Hazırlanmış olan bu bütünleşik çalışma metodolojisi yer seçimi karar probleminin çözümüne bilimsel bir yaklaşım getirmiştir.
- Yer seçimi karar problemi disiplinler arası bir süreçle yönetilmesi gerekirken çok az kişinin ortak kararı ile yürütülerek sonraki aşamalarda görüşü alınmayan alanlarla ilgili sorunlarla karşılaşıldığı göze alınarak süreçte yer alması gereken tüm disiplinler karar verme sürecine ortak edilmişlerdir.

İlk defa uygulanan bu bütünleşik yöntem gelecek çalışmalarda farklı ÇKKV yöntemlerinin yine bulanık versiyonlarının kullanılmasıyla ele alınabilir.

Sonuç olarak bu çalışmada yer seçimi kararlarının çözümünde kullanılan bu bütünleşik yöntemle birlikte A9>A14>A4>A8>A15>A7>A2>A6>A1>A11>A10> A3>A13> A5>A12 kararı ortaya çıkmıştır. Sonuçlara bakıldığında seçilen yerlerin Ege ve Akdeniz bölgesinde yoğunlaştığı görülmektedir. Alternatiflerin sıralanmasında ortaya çıkan sonuç bu bölgelerde yer ihtiyacı olduğunu doğrular niteliktedir ve buna göre çalışmalar yapılmaktadır.

KAYNAKLAR

- Altan, Ş. Kardeş Aydın, E. 2015. Bulanık DEMATEL ve Bulanık TOPSIS yöntemleri ile üçüncü parti lojistik firma seçimi için bütünleşik bir model yaklaşımı, Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Y.2015, C.20, S.3, s.99-119.
- Asrafzadeh, M. Rafiei, F.M. Isfahani, N.M. Zare, Z. 2012. Interdisciplinary Journal of Contemporary Research in Business, January 2012, Vol.3 No.9.
- Büyüközkan, G. Çifçi G. 2012. A Novel Hybrid MCDM Approach Based On Fuzzy DEMATEL, Fuzzy ANP And Fuzzy TOPSIS To Evaluate Green Suppliers, Expert Systems with Applications, 39, 3000-3011
- Chang, B. Chang, C.W. Wu, C.H. 2011. Fuzzy DEMATEL Method For Developing Supplier Selection Criteria, Expert Systems With Applications, Volume 38, Issue 3, March 2011, 1850-1858.
- Chen, C.T. 2000. Extensions of the TOPSIS for Group Decision Making Under Fuzzy Environment, Fuzzy Set and Systems, 114, 1-9.
- Chen, C. T. Lin, C. T. Huang, S.F. 2006. A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management, International Journal of Production Economics, Vol. 102, No.2, pp. 289-301.
- Cheshmberah, M. Makui, A. Seyedhoseini, S.M. 2010. Manufacturing Outsourcing Decisionmaking based on Screening Core Activities and Fuzzy Multi-criteria Approach, Journal of Applied Sciences, X, 19, 2010, 2276-2282.
- Dalalah, D. Hayajneh, M. Batieha, F. 2011. A Fuzzy Multi-Criteria Decision Making Model for Supplier Selection, Expert Systems with Applications, 38(7), 8384-8391.
- Ekmekçioglu, M. Kaya, T. Kahraman, C. 2010. Fuzzy multi-criteria disposal method and site selection for municipal solid waste. Waste Management, Vol. 30, No. 8-9, pp. 1729-1736.
- Ertuğrul, İ. Karakaşoğlu, N. 2008. Comparison of fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methods for facility location selection, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 39:783–795 (2008).
- Fontela, E. Gabus, A. 1974. DEMATEL, Innovative Methods. Report No.2 Structural Analysis of the World Problematique, Battelle Geneva Research Institute,67-69.

- Gharakhani, D. 2012. The Evaluation of Supplier Selection Criteria by Fuzzy DEMATEL Method, *Journal of Basic and Applied Scientific Research*, 2(4), 3215-3224.
- Hung, S.J. 2011. Activity-Based Divergent Supply Chain Planning For Competitive Advantage In The Risky Global Environment: A DEMATEL-ANP Fuzzy Goal Programming Approach, *Expert Systems With Applications*, Volume 38, Issue 8, 9053-9062.
- Kahraman, C. Cevik, S. Ates, N.Y. Gulbay, M. 2007. Fuzzy multi-criteria evaluation of industrial robotic systems, *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 52, No. 4, pp. 414-433.
- Kahraman, C. Engin, O. Kabak, Ö. Kaya, İ. 2008. Information systems outsourcing decisions using a group decision-making approach, *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 22.
- Kaptanoğlu, D. Özok, A.F. 2006. A Fuzzy Model for Academic Performance Evaluation, *İtü Dergisi/D*, Cilt:5, Sayı:1, Kısım:2, 193-204, Şubat, 2006.
- Li, R.J. 1999. Fuzzy Method in Group Decision Making. *Computers and Mathematics with Applications*, 38(1): 91-101.
- Lin, C.J. Wu, W.W. 2008. A Causal Analytical Method For Group Decision-Making Under Fuzzy Environment, *Expert Systems with Applications*, Volume 34, Issue 1, 205-213.
- Matin, H.Z. Fathi, M.R. Zarchi, M.K. Azizollahi, S. 2011, The Application of fuzzy TOPSIS approach to personnel selection for Padir Company, Iran, *Journal of Management Research* ISSN 1941-899X 2011, Vol. 3, No. 2: E15.
- Menteş, A. Akyıldır, H. Helvacıoğlu, I. 2014. A Grey Based Dematel Technique for Risk Assessment of Cargo Ships, In *Proceedings of the 7th International Conference on Model Transformation ICMT 2014*, Glasgow, UK, 7–9 July 2014.
- Özbıyık, G. 2010. Çok kriterli karar verme yöntemleri ile Isısan A.Ş. 'de üret veya satın al kararlarının uygulanması, *Kayseri Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Fakültesi, Yüksek Lisans Tezi*
- Öztürk, O. 2009. Kazaların çevresel ve teknik araştırması, *Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Padillo, J.M. Diaby, M. 1999. A multiple-criteria decision methodology for the make-or-buy problem, *International Journal of Production Research*, XXXVII, 14, 1999, 3203-3229.
- Saaty, T.L. 1994. How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process, *Interfaces* 24:6, 19-43.
- Sumrit, D. Anuntavoranich, P. 2013. Using DEMATEL Method to Analyze The Causal Relations on Technological Innovation Capability Evaluation Factors in Thai Technology-Based Firms, *International Transaction Journal of Engineering, Management, Applied Science&Technology*, 4(2), 81-103.

- Şeker, Ş. Zavadskas, K. 2017. Application of Fuzzy DEMATEL Method for Analyzing Occupational Risks on Construction Sites, *Sustainability* 2017, 9, 2083; doi:10.3390/su9112083.
- Şentan, M.A. 2013. Üret veya satın al karar sürecine yönelik çözüm önerisi: Savunma sanayi uygulaması, Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Tamura, H. Akazawa, K. Nagata, H. 2002. Structural modeling of uneasy factors for creating safe, secure and reliable society, *SICE System Integration Division Annual Conference*, pp. 330-340, 2002.
- Tsai, S. B. Chien, M. F. Xue, Y. Li, L. Jiang, X. Chen, Q. Wang, L. 2015. Using The Fuzzy DEMATEL to Determine Environmental Performance: A Case of Printed Circuit board Industry in Taiwan, *PloS One*, 10(6), e0129153.
- Wang, J. Yang, D. 2007. Using a hybrid multi-criteria decision aid method for information systems outsourcing, *Computers & Operations Research*, XXXIV, 12, 2007, 3691-3700.
- Wang, T. C. Chang, T.H. 2007. Application of TOPSIS in evaluating initial training aircraft under a fuzzy environment, *Expert Systems with Applications*, Vol. 33, No. 4, pp. 870-880.
- Wei, Chien, Wang, M-J. J. 2005 “An AHP-Based Approach To Erp System Selection, *International Journal of Production Economics*, Volume 96, P.47-62.
- Yamazaki M. Ishibe K. Yamashita S. 1997. Analysis of obstructive factors to welfare service using DEMATEL method, *Reports of the Faculty of Engineering*, vol. 48, pp. 25-30, 1997.
- Yong, D. 2006. Plant location selection based on fuzzy TOPSIS, *International Journal of Advanced Manufacturing Technologies*, Vol. 28, No. 7-8, pp. 323-326.
- Zadeh, L.A. 1965. Fuzzy sets, *Information Control*. 8, 338–353, 1965.

ÖZGEÇMİŞ

Caner TABAN, 01.01.1992'de Çanakkale'de doğdu. İlk, orta eğitimini Çanakkale'de, lise eğitimini İzmir'de tamamladı. 2009 yılında İzmir Anadolu Öğretmen Lisesi'nden mezun oldu. 2009 yılında başladığı Kocaeli Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nü 2013 yılında bitirdi. 2012 Yılında Farplas Otomotiv Sanayiinde daha öğrenci iken Üretim Geliştirme Mühendisi Olarak Çalışmaya Başladı. 2013 yılının sonlarına doğru Elginkan Holding Firmalarında Üretim Planlama ve Kontrol Mühendisi Olarak başladığı işte 2015 yılına kadar çalıştı. Aynı zamanda 2014 yılında Sakarya Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde yüksek lisans eğitimine başladı. Viyana Teknik Üniversitesinde bir yıla yakın çalışmalarda bulundu. Şuan kamuda çalışmaktadır.