

**T.C. KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ**  
**SOSYAL BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**EĞİTİM BİLİMLERİ ANABİLİM DALI**  
**EĞİTİMDE ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME BİLİM DALI**

**BULANIK MANTIK YAKLAŞIMININ MADDE SEÇİMİNDE**  
**KULLANILMASI**

**(YÜKSEK LİSANS TEZİ)**

**Kübra ÇETİNER KOÇ**

**KOCAELİ 2021**

**T.C. KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ**  
**SOSYAL BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**EĞİTİM BİLİMLERİ ANABİLİM DALI**  
**EĞİTİMDE ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME BİLİM DALI**

**BULANIK MANTIK YAKLAŞIMININ MADDE SEÇİMİNDE**  
**KULLANILMASI**

**(YÜKSEK LİSANS TEZİ)**

**Kübra ÇETİNER KOÇ**

**Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Fatih KEZER**

**KOCAELİ 2021**

**T.C. KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ**  
**SOSYAL BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**EĞİTİM BİLİMLERİ ANABİLİM DALI**  
**EĞİTİMDE ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME BİLİM DALI**

**BULANIK MANTIK YAKLAŞIMININ MADDE SEÇİMİNDE**  
**KULLANILMASI**

**(YÜKSEK LİSANS TEZİ)**

**Tezi Hazırlayan: Kübra ÇETİNER KOÇ**

**Tezin Kabul Edildiği Enstitü Yönetim Kurulu Karar ve No: .....07.07.2021/16**

**KOCAELİ 2021**

## ARAŞTIRMA BİLDİRİMİ

Bu rapor içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm. Bilimsel ilkeler ve etik kurallara uygun olmayan bir durum söz konusu olduğunda sonuçlarını peőinen kabul ediyorum. Raporun tüm sorumluluğu bana aittir.

Kübra ÇETİNER KOÇ



## ÖNSÖZ

Vatandaşı olduğum için gurur duyduğum bu ülkenin bir öğretmeni olarak kendimi geliştirip bu görevi layıkıyla yapabilmek adına çıktığım bu yolda, yüksek lisans çalışmam boyunca eğitimde ölçme ve değerlendirme alanında edindiğim bilgiler, daha mezun olmadan bana pek çok şey kattı. Bu fırsatı bana sağlayan, iyi bir eğitim almamız için var gücüyle uğraşan, tüm tez sürecim boyunca desteğini esirgemeyen, nezaketini, bilgisini ve eğitimci duruşunu örnek aldığım Sayın Hocam Dr. Öğr. Üyesi Fatih KEZER'e teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans eğitimim boyunca, akademik gelişimime katkı sağlayan Sayın Hocalarım Prof. Dr. Satılmış TEKİNDAL'a, Dr. Öğr. Üyesi Safiye BİLİCAN DEMİR'e ve tez sürecinde kendisine sıklıkla danıştığım Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Arzu ARI'ya teşekkürlerimi sunarım.

Eğitimim için hiçbir fedakârlıktan kaçınmayan, hakkını asla ödeyemeyeceğim annem Tülay ÇETİNER ve babam Metin ÇETİNER'e, bana daima örnek olan ablam Büşra ÇETİNER'e, desteğini asla esirgemeyen kardeşim Zehra ÇETİNER'e, tez yazma sürecim boyunca beni motive eden ve anlayışını esirgemeyen, en büyük destekçim olan eşim Yunus Emre KOÇ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Mayıs, 2021

Kübra ÇETİNER KOÇ

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ .....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
ÖZET .....	iv
ABSTRACT.....	v
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ .....	vi
TABLOLAR DİZİNİ .....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	ix
GİRİŞ.....	1

### BİRİNCİ BÖLÜM

1. PROBLEM.....	3
1.1. PROBLEM DURUMU .....	3
1.2. AMAÇ .....	10
1.3. ÖNEM.....	11
1.4. SINIRLILIKLAR.....	12
1.5. VARSAYIMLAR .....	13

### İKİNCİ BÖLÜM

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE .....	14
2.1. TEST GELİŞTİRME .....	14
2.1.1. Testin Puanlarının Kullanım Amacının Belirlenmesi .....	16
2.1.2. Testin Kapsamının Belirlenmesi .....	17
2.1.3. Kapsamdaki Öğrenme Ürünlerinin Hangi Tür Maddelerle Yoklanacağı ve Bu Maddelerin Sayısının Belirlenmesi .....	18
2.1.4. Yazılan Maddelerin Gözden Geçirilmesi (Redaksiyon) .....	18
2.1.5. Deneme Formu Hazırlanması .....	19
2.1.6. Oluşturulan Testin Deneme Uygulamasının Yapılması.....	20
2.1.7. Madde Analizlerinin Gerçekleştirilmesi .....	20
2.1.8. Nitelikli Maddelerin Seçilmesi .....	27
2.1.9. Nihai Testin Oluşturulması .....	29
2.1.10. Nihai Testin Test İstatistiklerinin Hesaplanması .....	29
2.2. BULANIK MANTIK.....	30
2.2.1. Bulanık Mantığın Kullanımı ve Uygulama Alanları.....	34
2.2.2. Dilsel Belirsizlik .....	35

2.2.3. Bulanık Kümeler ve Üyelik Fonksiyonları .....	36
2.2.4. Üyelik Fonksiyon Çeşitleri .....	40
2.2.5. Bulanık TOPSIS Yöntemi.....	42
2.2.6. Bulanık VIKOR Yöntemi .....	49
2.3. İLGİLİ ARAŞTIRMALAR .....	54
<b>ÜÇÜNCÜ BÖLÜM</b>	
3. YÖNTEM .....	61
3.1. Araştırma Modeli .....	61
3.2. Simülasyon Tasarımı .....	61
3.3. Verilerin Analizi .....	63
3.3.1. Bulanık TOPSIS Yönteminin Uygulanması .....	65
3.3.2. Bulanık VIKOR Yönteminin Uygulanması .....	84
<b>DÖRDÜNCÜ BÖLÜM</b>	
4. BULGULAR VE YORUMLAR.....	94
4.1. Bulanık TOPSIS yöntemi ile madde havuzundan madde seçimi yapıldığında ilk 20 madde sıralaması nasıldır? .....	94
4.2. Bulanık VIKOR yöntemi ile madde havuzundan madde seçimi yapıldığında ilk 20 madde sıralaması nasıldır? .....	96
4.3. Bulanık mantık yöntemlerinden Bulanık TOPSIS ve Bulanık VIKOR yöntemlerinin madde havuzundan madde seçiminde kullanılmasında benzerlikleri, farklılıkları ve üstünlükleri nelerdir? .....	97
SONUÇ TARTIŞMA VE ÖNERİLER .....	101
Sonuç ve Tartışma.....	101
Öneriler .....	104
KAYNAKÇA.....	106

## ÖZET

Bu çalışmada test geliştirme adımlarından biri olan madde havuzundan madde seçim işlemi, çok kriterli belirsizlik içeren karar problemi olarak ele alınıp bulanık TOPSIS ve bulanık VIKOR yöntemleri ile gerçekleştirilmiş ve bu iki yöntemin benzerlik ve farklılıkları üzerinde durulmuştur.

Yöntemlerin uygulanması için simülasyon verileri oluşturulmuş ve değerlendirme komitesinde yer alan beş uzman adına havuzdaki maddeler, kazanıma uygunluk, madde ayırt ediciliği ve madde güçlüğü kriterleri altında dilsel değişkenler kullanılarak değerlendirilmiştir. Dilsel değişkenler üçgen bulanık sayılara dönüştürülerek bulanıklaştırılmıştır.

Değerlendiricilerin kriterlere ilişkin değerlendirmeleri, kriterlerin önem ağırlıkları ve her uzmanın alternatifler hakkındaki görüşleri birleştirilerek bulanık karar matrisi oluşturulmuştur. Elde edilen matris üzerinden bulanık TOPSIS yöntemi ile yakınlık katsayıları ve bulanık VIKOR yöntemi ile karar indeksi hesaplanarak alternatif maddeler sıralanmıştır. İki yöntem sonucunda belirlenen en iyi maddenin aynı olduğu ve sıralamada yer alan diğer maddeler kontrol edildiğinde seçilen maddelerin büyük oranda benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir.

Yöntemlerin madde seçim problemine kolayca uygulanabilir olduğu, karar alma sürecinin içerdiği belirsizlik ve objektiflik probleminin çözümünde bilimsel temellere dayalı çözüm arayışı öne sürdüğü sonucuna ulaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Bulanık TOPSIS, Bulanık VIKOR, Test Geliştirme, Madde Seçimi.



## **ABSTRACT**

In this study, item selection from the item pool, which is one of the test development steps, was handled as a decision problem with multi-criteria uncertainty, was carried out with Fuzzy TOPSIS and Fuzzy VIKOR methods, and the similarities and differences between these two methods were emphasized.

Simulation data were created for the implementation of the methods, and the suitability of the items in the pool for the test purpose, item discrimination and item difficulty were evaluated on behalf of five experts in the evaluation committee using linguistic variables. Linguistic variables are blurred by transforming them into fuzzy numbers.

A fuzzy decision matrix was created by combining the evaluations of the assessors regarding the criteria, the importance weights of the criteria and the opinions of each expert on the alternatives. The alternative items were listed by calculating the proximity coefficients with the Fuzzy TOPSIS method and the decision index with the Fuzzy VIKOR method on the matrix obtained. It was observed that the best item determined as a result of the two methods was the same and when the other items in the ranking were checked, the selected items were largely similar.

It was concluded that the methods are easily applicable to the item selection problem and that they put forward a search for a solution based on scientific foundations for solving the problem of uncertainty and objectivity in the decision making process.

**Key Words:** Fuzzy TOPSIS, Fuzzy VIKOR, Test Development, Item Selection.

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

<b>AHP</b>	: Analitik Hiyerarşi Prosesi
<b>VIKOR</b>	: Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje (Çoklu Kriter Optimizasyonu ve Uzlaşma Çözümü)
<b>TOPSIS</b>	: Technique for Order Performans by Similarity to Ideal Solution- Performan Sırası İçin İdeal Çözüme Benzerlik Tekniği)
$\alpha'$	: Q indeksine göre sıralanan en iyi alternatif
$\alpha''$	: Q indeksine göre sıralanan en iyi ikinci alternatif
$\tilde{A}$	: Bulanık küme
$A^*$	: Bulanık pozitif ideal çözüm
$A^-$	: Bulanık negatif ideal çözüm
<b>CCi</b>	: Yakınlık katsayı
<b>D</b>	: Değerlendirici
$d_i^*$	: Bulanık pozitif ideal çözüme uzaklık
$d_i^-$	: Bulanık negatif ideal çözüme uzaklık
$f_i^*$	: Bulanık karar matrisinde en iyi değer
$f_i^-$	: Bulanık karar matrisinde en kötü değer
<b>M</b>	: Alternatif test maddesi
<b>N</b>	: Alt ve üst grupta yer alan toplam öğrenci sayısı ve testi alan öğrenci sayısı
<b>N(D)</b>	: Maddeyi doğru yanıt verenlerin sayısı
$p_A$	: Alt grupta soruyu doğru cevaplayan öğrencilerin toplamı
$p_j$	: Madde güçlük indeksi
$P_{\tilde{u}}$	: Üst grupta soruyu doğru cevaplayan öğrencilerin toplamı
$\tilde{Q}_j$	: Grup faydasının ve minimum pişmanlığın birlikte değerlendirilmesi
$\tilde{R}$	: Normalize edilmiş bulanık karar matrisi
$\tilde{R}_j$	: i. kritere göre $A_j$ alternatifinin bulanık en kötü değere olan maksimum uzaklığı
$\tilde{R}^*$	: $\tilde{R}_j$ değerinin minimum değeri
$\tilde{R}^-$	: $\tilde{R}_j$ değerinin maksimum değeri
$r_j$	: Madde güvenilirlik indeksi
$r_{jx}$	: Madde ayırt edicilik indeksi
$S_j$	: Standart sapma
$S_j^2$	: Madde varyansı
$\tilde{S}_j$	: $A_j$ alternatifinde kriter değerlerinin bulanık en iyi değer olan uzaklıklarının toplamı
$\tilde{S}^*$	: $\tilde{S}_j$ değerinin minimum değeri
$\tilde{S}^-$	: $\tilde{S}_j$ değerinin maksimum değeri
$\tilde{V}_{ij}$	: Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi
$\tilde{w}$	: Bulanık ağırlıklar matrisi
$\tilde{X}_{ij}$	: i. kritere göre j. alternatifinin önem ağırlığı
$\bar{X}_{jD}$	: j maddesine doğru yanıt verenlerin test puanları ortalaması
$\bar{X}_x$	: Test puanları ortalaması
$\mu$	: Üyelik fonksiyonu

## TABLolar DİZİNİ

Tablo 1. Kişilerin Boy Uzunlukları.....	37
Tablo 2. Kriterlerin Önem Ağırlıkları İçin Dilsel Değişkenler ve Bulanık Karşılığı	41
Tablo 3. Değerlendirmeler İçin Dilsel Değişkenler ve Bulanık Karşılığı.....	42
Tablo 4. Karar Vericilerin Dilsel Değişkenlerle Belirlediği Kriter Önem Ağırlıkları	65
Tablo 5. Karar Vericilerin Madde Ayırt Ediciliği Kriteri Altında Dilsel Değişkenlerle Belirlediği Alternatif Maddelerin Önem Dereceleri .....	66
Tablo 6. Karar Vericilerin Madde Güçlüğü Kriteri Altında Dilsel Değişkenlerle Belirlediği Alternatif Maddelerin Önem Dereceleri .....	66
Tablo 7. Karar Vericilerin Kazanıma Uygunluk Kriteri Altında Dilsel Değişkenlerle Belirlediği Alternatif Maddelerin Önem Dereceleri .....	67
Tablo 8. Kriterlerin Önem Ağırlıklarının Karar Vericiler Tarafından Değerlendirilmesi.....	68
Tablo 9. Karar Vericilerin Madde Ayırt Ediciliği Kriteri Altında Alternatif Maddeleri Değerlendirmesi .....	69
Tablo 10. Karar Vericilerin Madde Güçlüğü Kriteri Altında Alternatif Maddeleri Değerlendirmesi .....	70
Tablo 11. Karar Vericilerin Kazanıma Uygunluk Kriteri Altında Alternatifleri Değerlendirmesi .....	71
Tablo 12. Kriterlerin Bulanık Ağırlıklar Matrisi.....	72
Tablo 13. Alternatif Maddelerin Tüm Kriterler Altında Karar Vericiler Tarafından Değerlendirilmesi Sonucu Elde Edilen Bulanık Karar Matrisi.....	72
Tablo 14. Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi.....	74
Tablo 15. Ağırlıklı Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi .....	76
Tablo 16. Alternatif Maddelerin Standartlaştırılmış Pozitif İdeal ve Negatif İdeal Çözüm Noktalarına Uzaklıkları .....	79
Tablo 17. Alternatif Maddelerin Standartlaştırılmamış Pozitif İdeal ve Negatif İdeal Çözüm Noktalarına Uzaklıkları .....	80
Tablo 18. Standartlaştırılmış Çözüm Noktalarına Göre Alternatif Maddelerin Yakınlık Katsayısına Göre Sırası .....	81
Tablo 19. Standartlaştırılmamış Çözüm Noktalarına Göre Alternatif Maddelerin Yakınlık Katsayısına Göre Sırası .....	81
Tablo 20. Kriterlerin En İyi ve En Kötü Değerleri.....	83
Tablo 21. Alternatif Maddelerin $S_j$ Değerleri.....	83
Tablo 22. Alternatiflerin $R_j$ Değerleri .....	84
Tablo 23. Grup faydasının $S^* \text{ min}$ , $S^- \text{ max}$ Değerleri .....	85
Tablo 24. Bireysel pişmanlığın $R^* \text{ min}$ , $R^- \text{ max}$ Değerleri .....	85
Tablo 25. Alternatiflerin $Q_j$ Değerleri ( $v=0.00$ ) .....	86
Tablo 26. Alternatiflerin $Q_j$ Değerleri ( $v=0.50$ ) .....	87
Tablo 27. Alternatiflerin $Q_j$ Değerleri ( $v=1.00$ ) .....	88
Tablo 28. Alternatif Maddelerin $S_j$ , $R_j$ ve $Q_j$ Değerlerine Göre Sıralanması .....	89

Tablo 29. Standartlaştırılmış Çözüm Kümelerine Göre Nihai Test İçin Seçilen Alternatif Maddeler ve Yakınlık Katsayıları .....	92
Tablo 30. Standartlaştırılmamış Çözüm Kümelerine Göre Nihai Test İçin Seçilen Alternatif Maddeler ve Yakınlık Katsayıları .....	93
Tablo 31. Nihai Test İçin Seçilen Alternatif Maddelerin $Q_j$ Değerlerine Göre Sıralanması.....	94
Tablo 32. Bulanık TOPSIS ve Bulanık VIKOR yöntemlerine Göre Nihai Test İçin Seçilen Alternatif Madde Sıralamaları.....	96



## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Klasik Kümelerde Üyelik Fonksiyon Grafiği .....	35
Şekil 2. Klasik Kümelerde Haftanın Günleri Üyelik Fonksiyon Grafiği .....	36
Şekil 3. Bulanık Kümelerde Boy Uzunluğu Üyelik Fonksiyon Grafiği .....	38
Şekil 4. Üçgen Üyelik Fonksiyonu Grafiği.....	39
Şekil 5. Yamuk Üyelik Fonksiyonu Grafiği .....	40
Şekil 6. Bulanık TOPSIS ve Bulanık VIKOR Yöntemlerinin Çözüm Aşamaları .....	62
Şekil 7. Madde Seçim Probleminin Genel Yapısı.....	64



## GİRİŞ

Testler, her geçen gün daha fazla kullanım alanı bularak kişilerin yaşamlarını etkileyen meslek edindirme gibi hayati kararların verilmesinden ülke eğitim politikalarının değerlendirmesine kadar pek çok önemli alana dolaylı olarak etki etmektedir. Tüm bunlar dikkate alındığında testlerden elde edilen puanların geçerlik ve güvenilirlik gibi temel psikometrik özelliklerinin istenilen düzeyde olmasına yani iyi yapılandırılmış testlere ihtiyaç duyulduğu ortadadır. Bir testin geliştirilmesi; teste alınması muhtemel maddelerin geliştirilmesi, deneme uygulaması yapılması, madde analizlerinin gerçekleştirilmesi ve bu süreçlerin ardından uygun bulunan maddelerin nihai teste alınmasıyla gerçekleşir. Ancak güvenlik problemleri nedeniyle nihai teste alınması hedeflenen maddelerin deneme uygulamasının yapılamadığı durumlar mevcuttur. Bu gibi durumlarda madde seçimi, madde analizlerine bakılmadan doğrudan uzman görüşü ile yapılmaktadır.

İnsan düşünme yapısı, birden fazla kriteri birlikte değerlendirmeye, bu değerlendirmelerde kişisel deneyimlerden faydalanarak sağduyu ile karar vermeye odaklanır. Ancak değerlendirme ve karar verme işlemlerinde uzmanların kararsız kaldıkları durumlar olmaktadır. Bu durum belirsizlik probleminin temelini oluşturur. Madde analizlerine bakılmadan madde seçimi yapıldığında uzmanların kişisel bilgilerinin, deneyimlerinin ve demografik özelliklerinin seçim işlemine etkili olması ve yapılan tüm değerlendirmelerin eş zamanlı işe koşulamaması durumunda ise objektiflik problemi oluşması muhtemeldir. Bu durumda testin psikometrik özelliklerinin uygun standartları karşılayıp karşılamaması ve buna bağlı olarak bu test sonuçlarına bakılarak verilecek kararların geçerliği, tamamen uzman kanılarına bağlı olmuş olur.

Deneme uygulaması yapılamayan durumlarda madde seçiminde oluşan belirsizlik ve objektiflik probleminin giderilmesi, testin psikometrik özelliklerinin istenilen standartlara ulaşmasına yardımcı olacaktır. Alanyazında çeşitli durumlarda seçim işlemlerinde birden fazla uzmanın birden fazla kriter altında değerlendirmelerini

dikkate alan çok kriterli karar verme yöntemlerinin, insan düşünmesine benzer şekilde çalışan bulanık mantık yaklaşımı ile birlikte kullanıldığı çalışmalar mevcuttur ve çalışmalarda bulanık karar verme yöntemlerinin seçim işlemlerinde belirsizlik ve objektiflik problemine çözüm getirdiği bulgusu vurgulanmıştır. Çalışmalar dikkate alınarak bu çalışmada, test geliştirmede deneme uygulamasının yapılamadığı durumlarda madde seçim işleminde insan düşünmesine benzer şekilde çalışan bulanık çok kriterli karar verme yöntemlerinin denenmesi yapay veriler üzerinden karşılaştırılmıştır. Çalışma sonuçlarının test geliştirme uzmanlarına önemli bilgiler sunması beklenmektedir.



## BİRİNCİ BÖLÜM

### 1. PROBLEM

Bu bölümde, araştırmaya ilişkin problem durumu, araştırmanın amacı, önemi, sayıltılar ve sınırlılıklar yer almaktadır.

#### 1.1. PROBLEM DURUMU

Toplumlar, gelişimlerini sürdürerek çağdaş dünyada yer edinebilmek için; duygusal zekası, başkalarıyla koordinasyonu, yönetim becerileri, muhakeme yeteneği yüksek ve kompleks problemleri çözebilen, eleştirel düşünebilen, yaratıcı fikirlere sahip, bilgiye ulaşma yollarını bilen, bilgi ve teknolojiyi üretebilen ve ürettiklerini etkin bir şekilde kullanabilen bireylere ihtiyaç duyar. Gelişimini sürdürmek ve kalkınmak isteyen toplumlar için bu becerilerin yeni nesillere kazandırılması bir zorunluluktur. Bireylere gerekli becerileri edindirmenin en kolay yolu ise eğitimden geçer.

En genel tanımı ile eğitim; bireyin davranışlarında kendi yaşantısı yoluyla istedik davranışlar kazandırma sürecidir (Ertürk, 1972: s. 12). Eğitim bireyde, hem siyasal toplumun, hem de bireyin çevresinin kendinden istediği fiziksel, entelektüel ve ahlâki beklentileri yerine getirmek ve geliştirmektir (Durkheim, 1986: s. 71). Eğitimle öğrencilere önceden belirlenmiş bazı davranışları kazandırma, kazanılmış davranışları geliştirme, yanlış davranışları düzeltme amaçlanır (Turgut & Baykul, 2019: s. 65). Eğitimle, bireylere kazandırılmak istenilen bu davranışlar, bir plan çerçevesinde çeşitli eğitim kurumlarında sistemsel bir şekilde bireylere kazandırılmaya çalışılır. Eğitim diğer sistemler gibi dinamik etkileşimlerle birbirine bağlı öğelerden oluşur ve bu öğeler; girdiler (eğitilecek bireylerin ve eğitimde rol oynayan kişilerin özellikleri, eğitim için harcanan para, öğretim programı ve kullanılacak materyaller vb.), süreç (öğrenci ve öğretmen performansı, ders programının işlenmesi vb.), çıktılar (öğrencide değişen davranışlar, beceriler vb.), kontrol ve değerlendirme olarak ifade edilir



(Büyüköztürk, 2016; Demirel, 2011: s. 206; Tan, 2012: s. 6; Turgut & Baykul, 2019: s. 65).

Nitelikli ve ihtiyaç duyulan becerileri kazanmış bireyleri yetiştirmeyi hedefleyen eğitim sisteminin kalitesinin en önemli göstergesi öğrenci davranışlarıdır ve nesnelere belirli özelliklere sahip olma durumlarının sayı ve sembollerle gösterilmesi işlemi olan ölçme (Turgut, 1992) ve elde edilen ölçme sonuçlarının bir ölçütle karşılaştırılarak ölçüm sonuçlarından anlam çıkarmaya, bir karara ulaşılmaya yarayan değerlendirme (Tekin, 2018: s. 39) çalışmaları ile öğrenci öğrenmeleri üzerinden eğitim sisteminin işlevselliği değerlendirilebilir. Ölçme ve değerlendirme çalışmaları, eğitim sisteminin kontrol edilmesi ve sistemin gelişiminin sağlanması açısından can alıcı bir öneme sahiptir (Demirel, 2011: s. 206). Eğitim sürecinde ölçme ve değerlendirme etkinliklerinden elde edilen sonuçlar ve yapılan gözlemler sayesinde öğrenci davranışlarında ne tür yetersizliklerin bulunduğu tespit edilebilir ve davranışların düzeyi belirlenebilir (Kutlu, 2003). Okullarda kullanılan ölçme ve değerlendirme araçları pek çok amaçla kullanılır. Bu amaçlar kabaca; doğrudan eğitimsel kararlar, eğitim yönetimi ile ilgili kararlar, giriş ve çıkış kararları, program yönetimi ve siyasi kararlar olarak sınıflandırılır (Tekindal, 2017: s. 5). Turgut ve Baykul (2015: s. 72)'a göre eğitimde değerlendirme; değerlendirme araçlarının ve ölçütünün değerlendirilmesi, öğretim etkinliğinin değerlendirilmesi, öğrenme eksiklerinin saptanması, öğrenci yeteneklerinin ve başarısının değerlendirilmesi, öğrencilerin ilgilerine göre uygun alanlara yönltilmesi, öğretim programının değerlendirilmesi amacıyla yapılır.

Eğitimin kontrol mekanizması niteliği taşıyan, kişilerin, verilen eğitimin niteliğinin ve hatta ülke eğitim politikalarının değerlendirildiği ölçme ve değerlendirme çalışmalarında şüphesiz ki iyi yapılandırılmış, nitelikli ölçme araçları kullanılmalıdır. Eğitimle hedef davranışların bireye beklenen düzeyde kazandırılmış olup olmadığına karar verebilmek için önce bu davranışların, geçerliği ve güvenilirliği yeterli derecede yüksek olan ölçme araçlarıyla ölçülmesine ihtiyaç vardır. Crocker ve Algina (1986: s. 105)'ya göre güvenilirlik, aynı bireyler üzerinde yapılan, bir niteliğe ait ölçmelerin benzer şartlarda tekrar elde edilebilirliğidir. Bir testten elde edilen puanların güvenilirliğini yükseltmenin en etkili yolu ölçme işlemine karışma ihtimali

olan tesadüfi hataları minimuma indirmektir. Tesadüfi hatalar ölçme aracının geliştirilmesi sırasında gözden kaçan hatalardan kaynaklanabileceği gibi cevaplayıcının motivasyonunun eksik olması, yorgun olması, çevresindeki fiziksel şartlardan (yüksek ses, ortam sıcaklığı vb.) olumsuz etkilenmesinden de kaynaklanabilir.

Geçerlik, en genel tanımı ile bir testin sadece o testle ölçülmek istenen değişkeni ölçmesi, başka değişkenlerle karıştırmamasıdır (Thorndike & Hagen, 1959: s. 108). Cronbach (1971: s. 443-447)'a göre geçerlik; bir test puanından elde edilecek yordamanın veya belli bir kestirmenin doğruluğu olarak ifade edilmiştir. Geçerlik farklı yazarlar tarafından pek çok farklı türe ayrılmıştır (Baykul, 2015: s. 194; Cronbach, 1984: s. 26-136; Thorndike & Crist, 2017: s. 178-199; Thorndike & Hagen, 1959: s. 119). Tüm çalışmaların üzerinde durduğu ortak nokta, testin yapı ve kapsam geçerliğinin yüksek olması gerekliliğidir. Yapı geçerliği, test performansını ve diğer değişkenlerle ilişkileri açıklayan kavramlar bakımından puan yorumlarının güvenilirliği destekleyen kanıt ve dayanakların tümüdür (Messick, 1989: s. 34). Aynı zamanda bir araçla ölçülmek istenen yapının o araçla ortaya konulma derecesi olarak ifade edilir (Lord & Novick, 1968: s. 247). Yapı geçerliğinin yüksek olabilmesi için ölçülmek istenilen davranışların, test geliştirilmeden hemen önce dikkatle tanımlanması ve test maddelerinin bu davranışlar dikkate alınarak kurgulanması, testin ölçülmek istenen davranışlar dışında farklı davranışları yoklamaması gerekir. Örneğin elektronik ortamda bir gruba başarı testi uygulanırken grubun bilgisayar kullanma yetilerinin zayıf olması ya da gruptaki bireylerin aşırı kaygı hissetmeleri nedeniyle testi yanıtlamada güçlük çekmeleri gibi durumlar testin ölçülmek istenilen yapıdan uzaklaşmasına sebep olmaktadır. Üzerinde büyük bir önemle durulan ve geçerlik türlerinden biri olan kapsam geçerliği ise bir testin, ölçülmek istenilen davranışları ne derece kapsadığıdır (Baykul, 2015: s. 194). Testte ölçülmek istenilen her bir davranışı yoklamaya yönelik en az bir madde bulunması testin kapsam geçerliğini yükseltir.

Testlerin son yıllarda giderek daha sıklıkla kullanıldığı bilinmektedir. Bu testlerin geliştirilmesi sistematik bir şekilde, belirli standartlar dikkate alınarak yürütülmelidir. Test geliştirme adımlarını standardize etmek için, Amerikan Eğitim Araştırmaları Derneği (American Educational Research Association), Eğitimde Ölçme

Ulusal Konseyi (National Council on Measurement in Education) ve Amerikan Psikoloji Birliği (American Psychological Association) (1999), “Eğitimde ve Psikolojide Ölçme Standartları” isimli kitabı yayımlamıştır. İlgili kitap, testlerin geliştirilmesinden kullanılmasına ve test puanlarının yorumlanmasına kadar pek çok konuda standartlar içermektedir. Bu standartlar içerisinde, test geliştirme adımlarından biri olan madde havuzundan madde seçilmesi üzerinde de durulmaktadır (*Standart 3.6, Standart 3.7 ve Standart 3.9*).

*Standart 3.6: “Maddelerin türü, yanıt stilleri, puanlama prosedürleri ve test uygulama prosedürleri testin hedeflerine, ölçülecek alana ve sınava girmek isteyenlere göre seçilmelidir. Testin gözden geçirilme sürecinde, deneysel analizlerin değerlendirilmesinde ve maddelerin ve yanıt formatlarının uygunluğunun gözden geçirilmesinde uzman yargılarına başvurulmalıdır. Uzmanların nitelikleri, ilgili alanda deneyimleri ve demografik özellikleri de belgelenmelidir.” (s.44)*

*Standart 3.7: “Maddelerin geliştirilmesi, gözden geçirilmesi ve test edilmesi ve madde havuzundan maddelerin seçilmesine yönelik prosedürler belgelendirilmelidir.” (s.44).*

*Standart 3.9: “... Maddelerin seçildiği süreç ve madde güçlüğü, ayırt ediciliği gibi madde seçimi için kullanılan veriler belgelendirilmelidir...” (s.44).*

Eğitim ve psikolojide çeşitli amaçlarla kullanılan testlerin belirli standartları karşılaması gerekmektedir. Alanda pek çok uzman tarafından belirtilen test geliştirme adımlarının (Crocker & Algina, 1986; s. 66; Çetin, 2019: s. 105; Downing & Haladayna, 2006: s. 5; Tekin, 2019: s. 94) izlenmesi, test geliştirmede oluşabilecek hataları en aza indirmeye ve testin istenilen standartlara ulaşmasına yardımcı olur. İdeal bir test geliştirme işleminde testin uygulanma amacının ve kapsamının belirlenmesi, madde türüne karar verilmesi, maddelerin redaksiyonunun yapılması, deneme uygulaması ardından madde analizlerinin gerçekleştirilmesi, nitelikli maddelerin seçilerek nihai testin oluşturulması gibi adımlarının hepsi eksiksiz bir şekilde takip edilebilir ancak bireylerin bir üst kurumu geçmesi, meslek edinmesi vb. hayati kararların verilmesinde etkili olan bazı sınavlarda güvenliğin üst düzeyde önemli olması gibi sebeplerle sınavda yer alan testlerin deneme uygulaması ve madde seçimi işleminde dikkate alınması gereken madde analizleri yapılamamaktadır. Deneme uygulaması yapılamayan durumlarda madde seçimi yapıldığında testin

psikometrik özelliklerinin uygun standartları karşılayıp karşılamaması ve buna bağlı olarak bu test sonuçlarına bakılarak verilecek kararların geçerliği tamamen uzman kanılarına bağlı olmuş olur. Bu durumda madde seçiminde belirsizlik problemi ve objektiflik sorunu oluşması muhtemeldir.

Belirsizlik probleminin kaynağında, uzmanların madde havuzunda yer alan maddeleri iyi ve kötü olarak sınıflandırmalarmaları sıralamasında yaşadıkları kararsızlık durumu etkindir. Sıralamayı yapacak bir uzmanın maddeyi; maddenin ölçülmek istenen niteliğe uygun yazılıp yazılmadığı, çeldiricilerin kuvvetliliğinin yeterli düzeyde olup olmadığı, tahmini madde güçlüğü ve ayırt ediciliğinin ne olduğu, maddenin dil yapısının uygulamanın yapılacağı seviyeye uygunluğu gibi pek çok açıdan değerlendirmesi gerekir. Uzman bu değerlendirmelerde bir maddenin bir özelliğini yeterli bulurken diğer özelliğini yeterli bulmamış olabilir. Bu durumda maddeyi ne iyi ne kötü olarak sınıflandıramayıp “biraz iyi”, “fena değil”, “biraz kötü” olarak değerlendirmiş olabilir. Bu durum değerlendirme işleminde belirsizlik problemini ortaya çıkarır.

Objektiflik sorunu ise iki durumdan kaynaklanmaktadır. Birincisi uzmanların kişisel bilgilerinin, deneyimlerinin ve demografik özelliklerinin seçim işleminde etkili olması, bir uzmanın seçiminin diğer uzmanın seçiminden farklılaşmasıdır. İkincisi ise, değerlendirmeye katılan birden fazla uzmanın fikir ayrılıklarına düşmesi ve uzlaşık bir çözüme ulaşılamamasıdır. Böyle bir durumda hangi uzmanın kararının daha etkili olacağı da bir başka belirsizlik problemi konusudur. Uzman seçimlerinin uyum yüzdesinin belirlenmesi ya da oy çokluğu ile madde seçim işleminin gerçekleştirilmesi durumlarında bile alınan kararlarda tüm uzman değerlendirmeleri seçim işleminde etkili olmamaktadır.

Önemli eğitimsel kararların verilmesinde etkili olan testlerin geliştirilmesinde testin psikometrik özelliklerinin uygun standartları karşılama durumunun kesitirilebilmesi ve bu test sonuçlarına bakılarak alınacak kararların geçerliğinin yükseltilebilmesi için daha nitelikli madde seçim işlemlerine ihtiyaç vardır. Bu işlemlerin hem kuramsal olarak geliştirilmesi hem de pratikte uygulamalarla sınanması gerekmektedir. Geliştirilecek seçim işleminin uzmanların yaşadıkları kararsızlığı

minimize edebilecek şekilde esnek olması ve insan düşünme yapısına benzer şekilde çalışması gerekir. Ayrıca seçim işleminde birden fazla kriter bulunması durumunda uzmanların bu kriterler altında alternatifleri değerlendirme işlemini kolaylaştırması ve her uzmanın yaptığı değerlendirmeyi birlikte dikkate alan uzlaşık bir çözüm önerisi sunması gereklidir.

Gelişen teknoloji hayatımıza pek çok yenilik, kolaylık getirmiş ve insanlığın uğraştığı pek çok problemin hızlı bir şekilde çözümlenmesini sağlamıştır. Teknolojinin gelişimiyle insan düşünmesine benzer şekilde çalışan teknikler geliştirilmiştir. Bulanık mantık (Fuzzy logic) en çok kullanılan yapay zekâ tekniklerinden birisidir. Bulanık mantık, alternatiflerin ve kriterlerin çok olduğu, seçim yapma gerektiren belirsiz durumlarda insan düşünmesine benzer bir şekilde karar verme sürecini kolaylaştırmak için kullanılabilir.

Alanyazına bakıldığında bir seçim ya da değerlendirme işlemine ilişkin birden çok değerlendiricinin, değerlendirme kriterlerinin ve alternatiflerin olduğu durumlarda karar verme işleminde yaşanan belirsizlik durumuna çözüm bulmak amacıyla bulanık mantık yaklaşımından faydalandığı görülmektedir. Bulanık mantık yaklaşımına yer veren çalışmaların daha çok fen bilimleri alanında olduğu, eğitim bilimleri alanlarında yaklaşımın çok fazla uygulama alanı bulmadığı görülmekle birlikte eğitim alanında daha çok değerlendirme yapmaya yönelik çalışmalara rastlanmaktadır. Eğitimle ilişkili konularda bulanık mantık yaklaşımından yararlanan çalışmalara; bireylerin (öğretmen adayları, öğretmen, öğretim elemanı vb.) performanslarının değerlendirilmesi (Bakanay, 2009; Ordukaya, 2011; Öcal, 2015; Arslan, 2019; Kuşcu, 2007), öğrencilerin değerlendirilmesi (Aram, 2012; Çebi, 2011; Gökbulut, 2003; Yıldız, 2014) ve öğrencilerin yönlendirilmesi (Arı, 2009), ders müfredatının belirlenmesi (Gültaş, 2007), akıllı sınav analiz yazılımının geliştirilmesi (Köse, 2010) ve zeki öğretim sistemi tasarlanması (Alptekin, 2011) örnek verilebilir.

Eğitim alanında yapılan çalışmalarda; öğrenci performanslarının değerlendirilmesinde bulanık mantık yaklaşımını kullanılmasının, karar vericilerin öznel yargılarından kaynaklanan hataların en aza indirilmesini sağlayarak klasik yöntemlerle elde edilen sonuçlara göre daha hassas ve doğru sonuçlar hesaplandığı (Çebi, 2011),

eğitimde performans değerlendirmesinde değerlendirme adımlarına karışabilen kişisel yanlılık gibi objektif olmayan durumların en aza indirildiği ve kompleks hesaplamaların hızlı biçimde yapabildiği (Kuşcu, 2007), öğretmen performansı değerlendirilmesinde karşılaşılan karmaşıklığın bulanık mantık modeli ile giderilerek gerçekçi sonuçlarla büyük ölçüde eşlenen çıktı değişkenleri hesaplanabildiği (Thakre vd., 2017) belirtilmiştir. alışmalar sonunda ulaşılan genel kanının bulanık mantığın belirsizlik durumlarında karar vermede başarılı bir yaklaşım olduğu, ayrıca geleneksel yöntemle bulanık mantık yaklaşımının birlikte kullanıldığı çalışmalarda ise bulanık mantık yaklaşımı ile yapılan değerlendirmelerde başarı ve performans sonuçlarının daha yüksek çıktığı belirtilmiştir (Özdemir vd., 2019).

Bulanık mantık çalışmalarına bakıldığında yaklaşımın farklı şekillerde uygulama alanı bulduğu, yaklaşımın temel prensipleri dikkate alınarak uygulama yapılmasının yanında sıklıkla çok kriterli karar verme yöntemleri ile birlikte kullanıldığı göze çarpmaktadır. Çok kriterli karar verme yöntemleri, karar verme sürecinde etkili olan birden fazla amaç ya da birden fazla kriter olduğunda, karar vericilerin etkin karar vermesine destek olan yöntemlerdir (Yıldırım & Önder, 2015) Bu yöntemler seçim, sınıflama ya da sıralama problemlerinin çözümüne alternatif öneriler sunmaktadır. Seçim yapılacak alternatifler arasında pozitif ideal çözüme en yakın ve negatif ideal çözüme en uzak olan alternatifin en iyi alternatif olarak belirlenmesini sağlayan TOPSIS; alternatifler kümesindeki elemanların ideal çözüme göre sıralanması ve en iyi tercihin seçimi üzerinde duran VIKOR; karar verme problemindeki yapıyı en küçük parçalara ayırıp ikili karşılaştırmalarla hiyerarşik yapı oluşturan ve alternatiflerin seçimine odaklanan AHP yöntemi, alanyazında en çok uygulama alanı bulan yöntemlerdir. Bu yöntemlerin uygulanması esnasında kriterlerin ve alternatiflerin değerlendirilmesinde insan düşünme yapısına benzer şekilde “biraz iyi/biraz kötü”, “az faydalı/çok fazla faydalı” gibi dilsel değişkenlerin ve bulanık sayıların kullanılması ile yöntemler bulanıklaştırılabilir.

Eğitim alanında çalışmalara bakıldığında, okulların performans değerlendirmesi ve sıralamasında bulanık VIKOR yönteminin, çok kriterli karar verme yöntemlerinin kullanımının getirdiği sınırlamaları çözebileceğini, okulların gerçek performans durumlarını doğru bir şekilde yansıtabileceği (Musani & Jemain, 2015), öğrenci

performanslarının değerlendirilmesinde bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmasının bulanık AHP yöntemine göre, klasik yöntem ile elde edilen sonuçlara daha benzer sonuçlar verdiği ve yöntemin farklı değerlendirme amaçları için de kullanılabileceği (Çebi, 2011), web tabanlı uzaktan eğitim yönetim sistemlerinden en uygun olanı seçmek amacıyla yapılan bir çalışmada, bulanık AHP ve bulanık TOPSIS yöntemleri kullanıldığında, seçilen en iyi alternatifin pek çok üniversite tarafından tercih edilen uygulama ile aynı olduğu ve iki yöntemle de elde edilen sonuçların gerçek sonuçlarla mantıklı ve tutarlı sonuçlar ortaya koyduğu (Altun Türker, 2012) belirtilmiştir. Sonuç olarak birden fazla kriterin dikkate alınarak değerlendirme yapılması gereken durumlarda bulanık çok kriterli karar verme yöntemlerinden yararlanılmasının daha hassas ve doğru sonuçlar ortaya koyduğu, ayrıca TOPSIS ve VIKOR yöntemlerinin değerlendirme ve alternatifler arasından seçim yapma işlemlerinde kullanımının avantajlı olduğu gözlemlenmiştir.

Bu çalışmada test geliştirmede deneme uygulaması yapılamayan durumlarda madde havuzunda yer alan maddelerin seçilmesinde uzmanların yaşadığı kararsızlık sebebiyle oluşan belirsizlik ve nihai kararda oluşan objektiflik sorunu, madde seçim işleminde yaşanan bir problem olarak ele alınmıştır. Bu sebeple insan düşünme yapısına uygun bir şekilde çalışan bulanık mantık yaklaşımı ve karar verme işleminde birden fazla kriterin, alternatifin ve değerlendircinin bulunduğu durumda karar verme işlemini kolaylaştıran çok kriterli karar verme yöntemlerinin birlikte kullanılması ile oluşturulmuş olan bulanık TOPSIS ve bulanık VIKOR yöntemlerinin madde seçiminde kullanımını denemek ve karşılaştırmak amaçlanmıştır.

## **1.2. AMAÇ**

Çalışmanın amacı test geliştirme sürecinde madde havuzundan madde seçiminde bulanık TOPSIS ve bulanık VIKOR yöntemlerini denemek ve karşılaştırmaktır.

Bu amaç doğrultusunda aşağıdaki sorulara yanıt aranmıştır;

- 1) Bulanık TOPSIS yöntemi ile madde havuzundan madde seçimi yapıldığında ilk 20 madde sıralaması nasıldır?

- 2) Bulanık VIKOR yöntemi ile madde havuzundan madde seçimi yapıldığında ilk 20 madde sıralaması nasıldır?
- 3) Bulanık mantık yöntemlerinden bulanık TOPSIS ve bulanık VIKOR yöntemlerinin madde havuzundan madde seçiminde kullanılmasında benzerlikleri, farklılıkları ve üstünlükleri nelerdir?

### 1.3. ÖNEM

Testler her geçen gün daha fazla kullanım alanı bulmaktadır. Okullarda uygulanan testlerin dışında ülkemizde yalnızca Ölçme, Seçme ve Yerleştirme Merkezi (ÖSYM) Başkanlığı tarafından yapılan ulusal ölçekte sınavlara bakıldığında her yıl yaklaşık 50 sınavın gerçekleştirildiği ve yıllık ortalama 10 milyonun üzerinde adaya test uygulandığı görülmektedir (ÖSYM Kuramsal Bilgiler, 2020). Büyük örneklem gruplarına uygulanan bu sınavların, kişilerin kariyerlerini ve buna bağlı olarak yaşamlarını değiştirmesinin yanı sıra verilen eğitimin niteliğinin değerlendirilmesini, ülke eğitim politikalarının sınanmasını sağlayarak kontrol mekanizması niteliği taşıdığı ortadadır. Sınavlarda uygulanan testlerin büyük bir ön hazırlık süreci bulunur ve şüphesiz ki bu hazırlık süreci ardından ortaya iyi yapılandırılmış ölçme araçları koyulması istenir.

İyi yapılandırılmış bir testin geliştirilmesi için alanyazında önerilen test geliştirme basamaklarının takip edilmesi gerekmektedir. Bu basamaklar takip edildiğinde, maddeler redaksiyon işlemlerinden geçirilerek uygun bulunan maddelerle deneme formu hazırlanır ve esas testin uygulanacağı gruba benzer nitelikler taşıyan bir grup üzerinden deneme uygulaması yapılır. Uygulama ardından madde analizleri gerçekleştirilerek temelde maddenin ölçülmek istenilen davranışa uygunluğu, madde güçlük ve madde ayırt edicilik indeksleri dikkate alınarak madde seçim işlemi gerçekleştirilir. Seçilen maddeler üzerinden esas testin ortalama güçlüğü kestirilebilir.

Kişilerin tüm yaşamlarını değiştirebilecek boyutta eğitimsel kararların verildiği, bir üst kuruma seçme ve yerleştirme işlemlerinin yapıldığı sınavlarda, sınav güvenliği nedeniyle testlerin deneme uygulamasının ve madde analizlerinin yapılamadığı durumlar mevcuttur. Bu tür testlerin geliştirilmesi, yüksek düzeyde uzmanlık ister.



Alan uzmanları, dil uzmanları ve ölçme uzmanları ve hatta eğitim psikoloğu ve sosyoloğu tarafından maddelerin incelenmesi gerekmektedir ve incelenen maddeler nihayetinde yine bir komisyon tarafından uzman görüşü ile seçilmektedir. Uzmanların kişisel kanıları madde seçim sürecinin objektifliği etkilemektedir. Uzman görüşü alınırken birden fazla uzmanla çalışılması ve seçimlerin uyum yüzdesinin hesaplanması, seçim işleminin nesnellliğini artırır ancak uzman değerlendirmelerinin uyum yüzdesi yüksek çıksa dâhi uzmanların her test maddesi için yaptığı değerlendirme eşit olmayacaktır. Farklı uzmanlar, maddelerin değerlendirmesinde kullanılan kriterlere farklı önem dereceleri atayabilir. Uzmanlar kriterler özelinde maddeleri değerlendirdiğinde, bir uzmana göre yeterli bulunan bir madde başka bir uzmana göre yeterli bulunmayabilir. Uzmanın yorgunluğu, dalgınlığı ya da motivasyon eksikliği gibi durumlar nedeniyle yaptığı seçimler değişebilir. Bu durumda değerlendirici kararlarının kesinlik içermegi ve uzman kanılarına dayanarak madde havuzundan madde seçim işleminin belirsiz bir bilgi olduğu ortadadır. Madde seçim sürecinin daha nesnel hâle gelmesi nitelikli bir test geliştirilmesi ve testten elde edilen puanların geçerliğinin ve güvenilirliğinin yüksek olabilmesi için önemlidir. Bu sebeple madde seçiminde oluşan belirsiz bilgilerden yola çıkılarak nihai test maddelerini elde etmek için alternatif yöntemlere ihtiyaç vardır. Nihai teste alınacak maddelerin seçiminde; kriterlerin ve alternatiflerin dilsel değişkenlerle değerlendirildiği, kriterlerin farklı ağırlıklar alabildiği, tüm kriterlerin ve tüm uzman değerlendirmelerinin eş zamanlı işe koyulduğu, çoklu değerlendirmelerin yapılabilmesine imkân tanıyan bulanık TOPSIS ve bulanık VIKOR yöntemlerinin kullanılması madde seçim işleminin daha nesnel hâle gelmesini sağlayacaktır.

#### **1.4. SINIRLILIKLAR**

Tez kapsamında yürütülen çalışmaların COVID-19 pandemisine denk gelmesi sebebiyle yapılması planlanan bazı adımlar gerçekleştirilememiştir. Çalışmada test maddeleri geliştirilerek maddelerin deneme uygulamasının gerçekleştirilmesi, madde analizleri dikkate alınarak uzmanların madde seçim işlemini geleneksel yöntemlerle yapması ve geleneksel yöntemle yapılan madde seçim işlemi sonuçlarının çalışmaya konu edinilen bulanık yöntem sonuçları ile karşılaştırılması istense de uygulamanın

yapılacağı öğrenciler ve uzmanlarla yüz yüze çalışılmaması sebebiyle araştırmada yapılan tüm analizler simülatif ortamda hazırlanan veriler ile sınırlıdır.

### **1.5. VARSAYIMLAR**

Simülatif verilerin gerçek verilere benzer olarak çalıştığı varsayılmaktadır.



## İKİNCİ BÖLÜM

Bu bölümde, kavramsal çerçeve ve ilgili araştırmalar hakkında bilgi verilmiştir.

### 2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

#### 2.1. TEST GELİŞTİRME

Testler, onu alan herkes için aynı olan sorular ya da işlerden oluşmalıdır. Testi alan tüm bireylerin zihninde testin bir amacı olduğuna, test maddelerinin bir niteliği ölçtüğüne ve bu niteliğin kişiden kişiye değişmeyeceğine dair aynı bilginin uyanması gereklidir. Testler, ölçülmek istenen nitelikleri, bireylerin teste yer alan sorulara yani uyarıcılara gösterdikleri tepkilere dayanarak ölçmeye ve bireyler arası benzerlik ve farklılıkları tespit etmeye yarayan ölçme araçlarıdır (Tekin 2019: s. 82). Testler kişilik, ilgi, tutum, bilgi, beceri, motivasyon, davranış, yaratıcılık gibi pek çok niteliğin ölçülmesinde kullanılabilir. Testlerin kullanım amacı çok çeşitli olmakla birlikte genel amacı, gözlemlenerek doğrudan ölçülemeyen özelliklerin ölçülebilir hâle getirilmesidir. Testler, özetle bireylerde ölçülmek istenen özelliğin ne derecede var olduğunun tespitini yapmaktır.

Tarihi gelişim sürecine bakıldığında testlerin genellikle bir problem durumu nedeniyle ortaya çıktığı görülmektedir. Özgüven (2017: s. 1)'e psikolojik testlerin gelişmesini en çok etkileyen nedenler, eğitimde ve psikolojide karşılaşılan problemlerdir. Örneğin zihince geri olanların saptanması ihtiyacı zekâ testlerinin, sözlü ve yazılı sınavlarda yapılan değerlendirilmelerin objektif olmayan sonuçlarına ilişkin problemler başarı testlerinin gelişmesinde etkindir. Birçok farklı amaçla hazırlanan testler, uzmanlar tarafından farklı sınıflandırmalar altında incelenmiştir. Bu sınıflandırmalar genel olarak aynı başlıkları içermekle birlikte sınıflandırmada farklılıklar olması hata yapıldığı anlamına gelmemektedir. Sınıflandırma başlıklarına bakıldığında genel olarak testler; kişilik, ilgi ve tutum testlerini içeren tipik davranış testleri ve yetenek ve başarı testlerini içeren maksimum yeterlilik testleri olarak ikiye

ayrılabilir (Tekin, 2019: s. 83). Ayrıca uygulanan kişi sayısına göre bireysel ya da grup testleri ve uygulama uzunluğuna göre hız ya da güç testleri olarak da sınıflanabilir.

Bir başka sınıflama, testlerin objektif olup olmamasıyla ilgilidir. Objektif testler, aynı anda çok sayıdaki kişiyi süratle değerlendirmeyi sağlayarak başarı ve yetenek alanlarına ilişkin grup testleri ile ihtiyacı karşılama amacı taşımaktadır. Bu sebeple eğitim ve klinik ihtiyaçlar yanında, bireye ilişkin psikolojik bir niteliğin ölçülmesi, psikolojik danışma, çeşitli nitelikler yönünden gruplar arasındaki farkların belirlenmesi, seçme, yerleştirme ve eğitim yöntemlerinin bireylere istendik davranışları kazandırma durumları gibi araştırma ve inceleme amacı için de yaygın şekilde kullanılmaktadır.

Psikolojik testler başlığı altında yer alan eğitim alanında çok sık kullanılan başarı testleri ise günümüzde, bireylerin akademik öz geçmişlerinden ne derece yararlandıklarını göstermesi bakımından başarıların değerlendirilmesi amacı ile kullanıldığı gibi bireylerin gelecekteki başarılarını yordama amacı ile de kullanılmaktadır (Özgüven, 2017: s. 144).

Başarı testleri teşhis testleri, başarı ve genel başarı testleri şeklinde sınıflandırılabilir (Özgüven, 2017: s. 153). Hazırlanış şekline göre öğretmen yapımı testler ve standart testler olarak incelenmektedir (Tekin 2019: s. 92). Öğretmen yapımı testlerde, sınıf içi öğretim uygulamalarına bağlı olarak öğrencilerin başarısını, öğretim etkinliğini değerlendirme amacıyla genellikle tek bir form üzerinden test geliştirilir. Testin hazırlanması esnasında test geliştirme basamaklarına ve testin objektifliğine dikkat edilmesi gerekir ancak test geliştirme sırasında basamakların hepsi dikkate alınmamış ya da subjektif soru tipi kullanılmış olabilir. Ayrıca öğretmen yapımı testlerde madde analizleri ve standartlaştırma işlemleri çoğunlukla yapılmaz. Standart testler ise yalnızca bir sınıf ve bir öğretmen özelinde düşünülerek geliştirilmemektedir. Öğretmen yapımı testlerden farklı olarak daha genel bilgi ve beceriler dikkate alınarak akademik başarıyı ölçmek diğer bir deyişle ülke çapındaki ya da belli bir bölgedeki öğretimin etkililiğini ölçmek amaçlanmaktadır. Ayrıca standart testlerde alan uzmanı ve ölçme uzmanlarından oluşan bir grup, test geliştirme basamaklarını dikkate alarak çoğunlukla bir ya da birden fazla paralel form hazırlayarak test geliştirir.

Bir ölçme aracının belirlenen amaca uygun olarak ölçme işlemini gerçekleştirebilmesi için nihai testten elde edilen puanların geçerliği ve güvenilirliğinin yüksek olması gerekir. Test sonuçlarının geçerli kabul edilebilmesinin ön şartı güvenilirliğin sağlanmasıdır. Güvenirlik, bir testten elde edilen test puanlarının tesadüfi hatalardan arınık olma derecesi olarak ifade edilmektedir (Turgut, 1992). Geçerlik ise, test puanlarının ne anlama geldiği hakkındaki düşünceleri desteklemek için, test geliştiricilerin kanıt toplama süreci olarak tanımlanır (Cronbach, 1990). Geçerlilik bir ölçme aracının amaca hizmet etme derecesidir. Teste yer alan her bir madde amaca hizmet ettiği oranda geçerliliği de etkilemektedir. Test geliştirme, geçerli, güvenilir ve amaca uygun bir test hazırlamak için yapılması gereken bir dizi adımdan oluşmaktadır. Hazırlanılacak tüm testlerde test geliştirme aşamalarının takip edilmesi istenilen nitelikte ölçme aracı geliştirmeyi mümkün kılacaktır. Ölçme ve değerlendirme alanında test geliştirme aşamaları dikkate alındığında farklı araştırmacıların benzer aşamaları dikkate aldığı görülmektedir (Atılgan, 2018: s. 281; Baykul, 2015: s. 269; Crocker & Algina, 1986; s. 66; Çetin, 2019: s. 105; Downing & Haladayna, 2006: s. 5; Tekin, 2019: s. 94; Tekindal, 2017: s. 386). Bu aşamalar dikkate alınarak test geliştirme basamakları aşağıda anlatılmıştır.

### **2.1.1. Testin Puanlarının Kullanım Amacının Belirlenmesi**

Test geliştirme için izlenecek sistematik süreç, test puanlarının kullanılacağı temel amaç dikkate alınarak takip edilmelidir (Crocker & Algina, 1986: s. 67). Bir testin elde edilecek olan puanlarının kullanım amacı test geliştirme için mantıklı bir başlangıç noktası sağlar (Linn, 2006: s. 28.) Test geliştiricisi, testin değerlendirmeyi amaçladığı yapıyı ve test puanlarının nasıl yorumlanması gerektiğini açıkça tanımlanmalıdır (AERA, APA & NCME, 1999: s. 17).

Testlerin kullanım amacı; psikolojik yapıların tanımlanması, seçme ve yerleştirme, öğrenciler hakkında eğitim kararlarının verilmesi, öğrencilerin öğrenme zorluklarının teşhisi, öğrenci başarısının saptanması gibi beş grupta toplanmaktadır (Baykul, 2015: s. 270). Hazırlanacak olan başarı testinin eğitim alanında kullanım amacı, öğretim hizmetinin niteliğinin, öğretim programında yer alan hedeflerin ulaşılabilirlik durumlarının tespiti gibi konularda program geliştirme uzmanlarına,

program uygulayıcılarına ya da siyasi kararların verilmesinde etkili olan yöneticilere geri bildirim yapma amacı taşıyabilir. Ayrıca öğrencilerin bir program öncesi hazır bulunuşluklarının tespiti, öğrenme güçlükleri ve eksikliklerinin tespiti, öğrenci başarısını saptama, öğrencileri bir üst eğitim kurumuna yönetme gibi amaçlarla yapılabilir. Kullanım amacına bağlı olarak hazırlanan testte ölçülecek yapı, testin kapsamı ve zorluk seviye değişebilmektedir. Örneğin minimum yeterliliği değerlendirmek için tasarlanmış bir testin içeriği, rekabetçi bir eğitim programı için adayları seçmek amacıyla tasarlanmış bir testin içeriğinden farklı olacaktır (Crocker & Algina, 1986; s. 67). Testin kullanım amacının net bir şekilde belirtilmesi, ölçmek istenen yapının diğer yapılardan ayrılmasını sağlayarak yapı geçerliğini güçlendirir. Madde yazarının ilgili yapıyı anlamasını sağlayarak testin hazırlanması aşamalarını ve madde redaksiyonunu gerçekleştirecek uzmanların işini kolaylaştırır.

Bu çalışma başarı testinde yer alan madde özellikleri ile ilgili olduğu için devam eden bölümde test geliştirme basamakları, başarı testleri üzerinden anlatılmıştır.

### **2.1.2. Testin Kapsamının Belirlenmesi**

Geliştirilmek istenilen başarı testinin amacının belirlenmesi aşamasından sonra testin amacına bağlı olarak maddelerin hazırlanmasına yönelik içerik alanı belirlenmelidir. Bir teste hangi içeriğin dâhil edileceği ve hangi içeriğin dâhil edilmeyeceği testten elde edilen puanların geçerliği ve sonuçlara dayalı yapılan çıkarımlar üzerinde önemli etkisi bulunan kararlardır (Webb, 2006: s. 157).

Başarı testlerinde ilgili dersin öğretim programında yer alan hedef cümleleri ve bu hedef cümlelerinden yola çıkılarak oluşturulmuş davranış cümleleri belirlenmeli, gerçekçi olmayan ya da kâğıt kalem testleri ile ölçülemeyecek olan hedefler elenmeli, dersin içeriği tespit edilmelidir. Geliştirilmek istenen başarı testinde davranışların temsil edici bir örneklemini ölçecek bir test oluşturmak için belirtke tablosu yapılmalıdır. Bu sebeple hedef, davranışlar ve içerik dikkate alınarak kullanılacak bilişsel taksonomi ile iki boyutlu belirtke tablosu hazırlanmalıdır.

### **2.1.3. Kapsamdaki Öğrenme Ürünlerinin Hangi Tür Maddelerle Yoklanacağı ve Bu Maddelerin Sayısının Belirlenmesi**

Lindquist (1936)'e göre test geliştiricisinin iki ana görevi neyin ölçüleceğine ve nasıl ölçüleceğine karar vermesidir. Bir yapının ölçülmesi için madde havuzu geliştirmek amacıyla; bir madde türü seçme, önerilen biçimin hedeflenen sınava girenler için uygun olduğunun doğrulama, madde yazarlarını seçme ve eğitme ve madde yazarlarının ilerlemesinin ve yazılan maddelerin kalitesini izleme adımlara dikkat edilmelidir (Crocker & Algina, 2006: s. 75).

Başarı testlerinde ölçülmek istenen niteliğe ve amaca uygun olarak çok çeşitli madde türlerinden yararlanılmaktadır. Bu madde türleri; açık uçlu, kısa cevaplı, eşleştirmeli, doğru yanlış, çoktan seçmeli vb. olarak belirtilebilir. Ancak çoktan seçmeli testlerin kısa sürede cevaplanabilmesi sayesinde sınavın kapsam geçerliğinin artırılabilmesi, objektif ve kolay puanlama imkânı vermesi gibi avantajları hem öğretmen yapımı testlerin hem de standartlaştırılmış testlerde çoğunlukla çoktan seçmeli test maddesinin kullanılmasına neden olmaktadır.

Kullanılması düşünülen madde türü ardından test puanlarının kullanım amacı, belirtke tablosunda yer alan hedef ve davranış cümleleri, davranış cümlelerinin hangi bilişsel düzeyde ölçülebileceği, testin uygulanacağı grubun özellikleri ve uygulama süresi dikkate alınarak hazırlanması gereken soru sayısına karar verilmelidir.

### **2.1.4. Yazılan Maddelerin Gözden Geçirilmesi (Redaksiyon)**

Maddeler geliştirilirken madde yazımında dikkate alınması gereken temel ilkelere, yönergelere dikkat edilmesi kaliteyi artacaktır ancak test geliştirme süreci tamamlanmak üzereyken uzmanlar madde içeriğini, biçimini, yapısını ve dilbilgisini çok bileşenli bir inceleme ile değerlendirmeli ve redaksiyon işlemleri gerçekleştirmelidir (Baranowski, 2006: s. 349).

Redaksiyon işlemleri yalnızca madde yazarının düzenlemeleri ile değil alan uzmanları, ölçme uzmanları, dil uzmanları ile birlikte yapılmalıdır. Hazırlanan madde

birçok etken dikkate alınarak incelenmelidir. Örneğin madde içeriğinin istenilen kritik davranışı ölçebilmesi, tek bir ana fikre sahip olması, bilinen ve ezbere cevaplama yapılmasını önleyen örneklerden oluşması gereklidir. Ayrıca testi alacak grupta yer alan öğrencilerin anlamasını kolaylaştıracak şekilde cümle kurulması, gereksiz söz dizisi içermemesi, maddeyi okuyan herkes için aynı anlamı içermesi, etik olması, imla ve gramer hataları olmaması, maddenin aldatıcı seçenekler içermemesi, seçenek uzunlukları gibi pek çok duruma dikkat edilmesi gerekmektedir.

### **2.1.5. Deneme Formu Hazırlanması**

Thorndike ve Thorndike-Christ (2017: s. 299)'a göre profesyonel madde yazarları yazdıkları maddelerin %30'unda hedefi tutturamamaktadır. Bu sebeple final sınavında kullanılması düşünülen madde sayısının yarısı kadar daha maddenin deneme formuna alınması gerekmektedir. Örneğin test 100 madde içeriyorsa deneme uygulamasına 150-200 madde kullanılabilir. Baykul (2015: s. 312)'a göre deneme uygulaması her davranışı yoklayacak soru sayısının üç katı ile yapılmalıdır. Aynı davranışı yoklayan madde sayısının artırılması çalışmayan maddelerin elenmesini kolaylaştırmaktadır.

Deneme formunda yer alacak maddelerin redaksiyonundan yaklaşık iki hafta sonra prova okumasının yapılması soru kökü, seçenekler ve yönergede var olan olası yanlışların düzeltilmesini sağlamaktadır (Thorndike & Thorndike-Christ, 2017: s. 299). Bu sebeple form oluşturulmadan önce maddeler tekrar gözden geçirilmelidir. Deneme formunun hazırlanması esnasında maddelerin test üzerinde okunaklı bir şekilde düzenlenmesi, aynı içeriğe sahip maddelerin birlikte gruplandırılması, maddenin bir bölümün farklı bir sayfaya taşmaması, bir sorunun başka bir soruya cevap niteliği taşımaması durumlarına dikkat edilmelidir. Deneme formunda çok fazla madde olması nedeniyle öğrencilerin istenilen sürede cevaplama yapamaması gibi bir durum olduğunda iki ayrı deneme formu hazırlanması önerilmektedir. Ayrıca testin başına testin nasıl cevaplanacağı, kaç maddeden oluştuğu, testi cevaplamak için gereken süre, şans başarısı için düzeltme formülü uygulanıp uygulanmayacağı gibi bilgilerin yer aldığı kolay anlaşılır bir yönerge eklenmelidir.



### **2.1.6. Oluşturulan Testin Deneme Uygulamasının Yapılması**

Deneme uygulaması, asıl uygulamanın yapılması hedeflenen grupla istatistiksel bakımdan aynı özellikte olmalı ve ulaşılması hedeflenen evrenin örnekleme olacak şekilde seçilmelidir. Tekindal (2017: s. 395)'a göre testin önce küçük bir gruba (30 kişi) uygulanması, uygulama esnasında öğrencilere sorular sorulması, alınan cevaplar neticesinde nihai uygulama öncesinde eksiklerin giderilmesi, ardından büyük bir gruba (300-400 kişi) uygulama yapılması gerekir. Farklı uzmanlar tarafından testin amacına ve türüne bağlı olarak ilk deneme uygulamasının en az 100, ikinci deneme uygulamasının en az 400 kişiye ulaşması gerektiği belirtilmiştir (Guilford, 1954: s. 417). Ayrıca uygulama esnasında öğrencilerin uygulama amacı konusunda bilgilendirilmesi, gelişigüzel cevaplamayı önlemek adına öğrencilerin motive edilmesi ve test sonuçlarının güvenilirliğini etkileyebilecek durumların engellenmesi konusunda önlemler alınması gerekmektedir.

### **2.1.7. Madde Analizlerinin Gerçekleştirilmesi**

Ölçme aracından elde edilen puanların dağılım parametreleri (ortalama, varyans, çarpıklık ve basıklık) ile güvenilirlik ve geçerlik dereceleri gibi psikometrik özelliklerinin istenilen düzeyde olması amacıyla nihai teste alınabilecek maddelerin belirlenebilmesi için deneme uygulamasında yer alan öğrenci cevapları üzerinden madde istatistikleri hesaplanır. Madde istatistikleri maddenin belli bir gruba ait özelliklerini belirten sayılara denir ve maddenin özelliklerini belirttiği kadar elde edilen grubun özellikleri hakkında da bilgi verir (Baykul, 2015: s. 215). Bu istatistiksel işlemlerin hesaplanması ile maddelerin öğrenciler tarafından doğru cevaplanma oranları, maddenin yokladığı davranışa sahip olan ve olmayan öğrencilerin ayrılması ve bunun gibi farklı noktalarda yapılan analizler test geliştiriciye bilgi sağlayarak hangi maddelerin testin amacına uygun olarak çalıştığı, çalışmayan maddelerin ayıklanması ya da düzeltilerek teste alınmasını sağlaması gibi avantajlar barındırır.

Madde analizi, test maddelerinin nihai forma dâhil edilmeden önce gözden geçirilmesini sağlayarak kalite kontrol adımı olarak görev yapar. Yapılan istatistik sonuçları maddeleri iyi-kötü olarak kategorilendirmez ancak madde yazarına

iyileştirme yapılabilecek maddeleri, hangi maddelerin çalışıp çalışmadığı konusunda yardımcı olur (Livingston, 2006: s. 423). Madde analizi, test geliştiricinin madde seçimini kolaylaştırarak beklenenden çok zor ya da kolay bir test yapmaktan kaçınmasını sağlar. Testler maddelerden oluştuğu için madde düzeyinde yapılan istatistiksel hesaplamalar sonucu evren için önceden test parametreleri geliştirilebilir.

Madde parametreleri hesaplanırken maddenin özelliği başka maddelere bağlı olmadan hesaplanabildiği gibi (madde güçlük indeksi, madde ayırt edicilik indeksi, madde çarpıklık ve basıklık katsayısı, madde standart sapması, madde varyansı) maddenin testte yer alan diğer maddelerle ilişkisi dikkate alınarak (kovaryans, korelasyon, madde güvenilirlik indeksi, madde ayırt edicilik indeksi) da hesaplanabilmektedir.

Madde seçiminde testin uygulama amacına bağlı olarak öncelikli olarak dikkat edilmesi gereken parametre değişebilir. Ayrıca analizlerin yapılmasında pek çok farklı yöntem bulunmaktadır. Başarı testi geliştirilmesinde pratik uygulamalarda sıklıkla kullanılan madde istatistikleri aşağıda özetlenmiştir.

#### 2.1.7.1. Madde Güçlük İndeksi

Madde güçlük indeksi, 1 ve 0 olarak puanlanan bir maddenin puanlarının ortalamasıdır (Atılğan, 2018; Crocker & Algina, 1986; Baykul, 2000). Bir  $j$  maddesinin güçlük indeksi " $p_j$ " ile gösterilmektedir. *Eşitlik 1*'de verildiği gibi maddeyi doğru yanıtlayan kişi sayısının testi alan kişi sayısına bölünmesi ile hesaplanır.

$$p_j = \frac{n(D)}{N} \quad (1)$$

$p_j$  : Madde güçlük indeksi

$n(D)$ : Maddeye doğru yanıt verenlerin sayısı

$N$  : Testi alan öğrenci sayısı

Madde güçlük indeksi, *Eşitlik 1*'de verildiği üzere yüzde olarak ifade edilebilmektedir. Aynı zamanda testi alan grup içinden tesadüfi olarak çekilen bir cevaplayıcının  $j$  maddesini doğru cevaplandırma olasılığını vermektedir (Baykul, 2015). Bir maddenin güçlük indeksi ( $p_j$ ), (0.00) ile (+1.00) arasında değişir ve bir maddeyi doğru yanıtlayan hiçbir öğrenci bulunmadığında indeks 0.00 olarak hesaplanırken bütün öğrenciler maddeyi doğru yanıtladığında 1.00 olarak hesaplanmaktadır. İlgili maddenin tüm öğrenciler tarafından doğru yanıtlanması, maddenin kolay bir madde olduğunun göstergesidir. Bu sebeple madde güçlük indeksi değeri 0.00'a yaklaştıkça madde zorlaşırken 1.00'e yaklaştıkça madde kolaylaşır.

### **2.1.7.2. Madde ayırt edicilik indeksi**

Test geliştirmede, testte yer alan her maddenin, ölçülmek istenilen davranışı edinebilen ve edinemeyen bireyleri ayırması istenir. Hedef davranışı edinebilen bireyler maddeyi doğru cevaplayabilirken edinemeyen bireyler maddeyi yanlış cevaplandırmalı ya da boş bırakmalıdır. Maddenin, ölçülen özellik yönünden bireyleri ayırmasının bir ölçüsü olarak ayırıcılık gücü indeksi kullanılır.

Ayırıcılık gücü indeksi, madde puanlarıyla test puanları arasındaki korelasyon olarak tanımlanır (Baykul, 2015: s. 240). Hazırlanan test tek boyutlu olduğunda ve testten elde edilen toplam puanların tümünün geçerli olduğu varsayımı altında, ölçülmek istenilen davranışı edinebilen bireylerin teste yer alan diğer maddelere doğru yanıt vermesi, davranışı edinemeyen bireylerin ise yanlış cevap vermesi beklenir. Kısacası madde, bilen ve bilmeyen bireyleri ayırabilmelidir. Bu sebeple madde ayırıcılık gücü için test puanları bir ölçüttür ve bu ölçüt "iç ölçüt" olarak da ifade edilir. Maddelerin toplam test puanı ile korelasyonun hesaplanmasında veriler sürekli iki değişken olarak alınabiliyorsa Pearson korelasyon katsayısı hesaplanabilir. Ancak maddelerin 1 ve 0 olarak puanlanması durumunda madde puanları iki kategorili ve süreksiz değişken iken test puanları sürekli (kesiksiz) değişken olur (Atılğan, 2019: s. 267). Bu durumda Pearson korelasyon katsayısının özel hâli olan nokta çift serili ve çift serili korelasyon katsayıları kullanılabilir (Baykul, 2000). Nokta çift serili korelasyon katsayısı *Eşitlik 2*'de çift serili korelasyon katsayısı ise *Eşitlik 3*'te verilmiştir.

$$r_{n-\zetaift} = r_{jx} = \frac{\bar{X}_{jD} - \bar{X}_x}{S_x} \sqrt{\frac{p_j}{q_j}} \quad (2)$$

$$r_{\zetaift} = r_{jx} = \frac{\bar{X}_{jD} - \bar{X}_x}{S_x} \frac{p_j}{y_j} \quad (3)$$

$r_{jx}$  : Madde ayırt edicilik indeksi ya da madde geçerlik katsayısı

$\bar{X}_{jD}$  :  $j$  maddesine doğru yanıt verenlerin test puanları ortalaması

$\bar{X}_x$  : Test puanları ortalaması

$S_x$  : Test puanlarının standart sapması

Madde ayırt edicilik indeksi ( $r_{jx}$ ) -1.00 ile 1.00 arasında değer alabilir. *Eşitlik 2* ve *Eşitlik 3*'ten anlaşılacağı üzere ayırt edicilik indeksinin 1.00'e yakın ve pozitif olması testin tümünden yüksek puan alan bireylerin indeks değeri hesaplanan maddeyi doğru yanıtladıklarını göstermektedir. Bu tür bir madde madde bilen ve bilmeyen öğrencileri ayırt edebilmektedir. Hesaplanan indeks değerinin -1.00'e yakın ve negatif olması ise testin tümünden yüksek puan alan bireylerin maddeye doğru yanıt veremediğini göstermektedir. Bu madde testin bütünü ile ters yönde bir değişkeni ölçmektedir ve iyi bir test için istenilen özelliklere sahip bir madde değildir.

### 2.1.7.3. Alt-Üst Gruplar Yöntemi ile Madde Güçlüğü ve Ayırt Edicilik İndeks Hesaplaması

Alt ve üst grup yöntemi basit bir analiz olarak adlandırılıp yapılacak olan analize tüm öğrenci cevaplarını dâhil etmemekte ve karmaşık istatistiksel işlemler gerektirmemektedir.

Analize gurubun yüzde kaçının dâhil edileceği alanyazında değişiklik göstermektedir (Çetin, 2019: s. 274). Ancak genel kabulde analiz, en yüksek puan alan öğrencilerin %27'si ve en düşük puan alan öğrencilerin %27'si dikkate alınarak uygulanır. Tekindal (2017: s. 396)'a göre eğer testi uyguladığımız grup 300-400 kişiden oluşuyorsa üst-alt gruplar analizi yapmak anlamlıdır. Atılğan (2018: s. 288), deneme grubunun 400 kişi civarında olmasının test dağılımının simetrik olmasını sağlayacağından, tahmin edilen madde istatistiklerinin gerçeğe daha yakın sonuçlar vereceğini ifade etmektedir.

Analiz basamakları şu sıra takip edilerek yapılır:

1. Cevapların kodlaması yapılır. Doğru cevaplar 1 puan; yanlış cevaplar 0 olarak kodlanır. Boş bırakılan maddeler not edilir.
2. Her bir öğrencinin toplam test puanı hesaplanarak öğrencilerin puanları en yüksekten en düşüğe doğru sıralanır.
3. Test puanına göre en yüksek puandan başlanarak aşağıya doğru en yüksek puanlı %27'lik gruplar seçilir ve alt grup için de en düşük %27'lik üst grup belirlenir.
4. Her madde için, alt ve üst gruplarda öğrenci sayısını gösterecek şekilde analiz tabloları oluşturulur. Tablo oluşturulurken doğru, yanlış ve boş cevapların toplamının tüm cevapların %27'sine eşit olması beklenir. Bu işlemin hem alt hem de üst grup dikkate alınarak ve her madde için tekrarlanması gerektiği unutulmamalıdır.
5. Bu tablo yapılırken her bir maddede öğrencilerin hangi seçeneğe yöneldiğine bakılarak maddedeki çeldiricilerin etkililiğinin değerlendirilmesi de yapılabilir. Daha ayrıntılı ve net bilgi için madde güçlük ve ayırt edicilik indeksleri hesaplanmalıdır.

### ***Madde Güçlük İndeksi Hesaplanması***

Test maddesinin güçlüğü maddeyi doğru cevaplayan öğrencilerin yüzdesini göstermektedir Madde güçlüğü  $p_j$  ile gösterilir ve hesaplanmasında *Eşitlik 4*'te

verildiği gibi üst ve alt grupta maddeyi doğru cevaplayan öğrencilerin aritmetik ortalaması alınmaktadır. Madde güçlük indeksi şu formülle hesaplanmaktadır:

$$p_j = \frac{P_{\bar{U}} + P_A}{N} \quad (4)$$

$p_j$ : Madde güçlük indeksi

$p_{\bar{U}}$ : Üst grupta soruyu doğru cevaplayan öğrencilerin toplamı

$p_A$ : Alt grupta soruyu doğru cevaplayan öğrencilerin toplamı

$N$ : Alt ve üst grupta yer alan toplam öğrenci sayısı

Bir maddenin güçlük indeksi ( $p_j$ ), (0.00) ile (+1.00) arasında değişir. Üst ve alt grupta tüm öğrencilerin maddeyi doğru cevaplama durumunda güçlük indeksi (+1.00) olurken, tüm öğrencilerin yanlış cevaplama durumunda (0.00) olmaktadır.

### ***Madde Ayırt Edicilik İndeksinin Hesaplanması***

Madde ayırtıcılık gücü (madde geçerliği), maddenin başarı seviyesi yüksek kabul edilen üst gruptaki öğrenciler ile başarı seviyesi düşük kabul edilen kabul edilen öğrenciler arasındaki ayırtıcılığın derecesini göstermektedir. İlgili maddede yoklanması düşünülen davranışı edinebilmiş üst grupta yer alan öğrencilerin maddeyi doğru cevaplama, aynı davranışı edinmeyen alt gruptaki öğrencilerin maddeyi yanlış cevaplama beklenmektedir. Bu indeks *Eşitlik 5*'te gösterildiği gibi ilgili maddeye üst grupta doğru cevap veren öğrenci sayısından alt grupta maddeyi doğru cevaplayan öğrenci sayısının çıkarılması, ardından sonucun toplam öğrenci sayısının yarısına bölünmesi ile elde edilmektedir.

$$r_{jx} = \frac{P_{\bar{U}} - P_A}{N / 2} \quad (5)$$

$r_{jx}$  : Madde ayırt edicilik indeksi

$p_{\bar{U}}$ : Üst grupta soruyu doğru cevaplayan öğrencilerin toplamı

$p_A$ : Alt grupta soruyu doğru cevaplayan öğrencilerin toplamı

$N$ : Alt ve üst grupta yer alan öğrenci sayısı toplamı

Madde ayırt edicilik indeksi (-1.00) ile (+1.00) arasında değer almaktadır. Ayırt edicilik indeksinin pozitif çıkması formülden de anlaşılacağı üzere üst gruptaki öğrencilerin alt gruptaki öğrencilere göre maddeyi doğru cevaplama oranının daha yüksek olduğunu ifade eder. Ayırt ediciliğin sıfır olması, maddenin üst ve alt gruptaki öğrencileri ayırt edemediği anlamına gelirken negatif olması ise maddenin ters yönde çalıştığını ve maddenin amacına uygun olarak çalışmadığını ifade etmektedir.

#### 2.1.7.4. Madde Standart Sapmasının ve Varyansının Hesaplanması

Madde varyansı ile standart sapması, maddeden aldıkları puanlar açısından maddenin uygulandığı gruptaki bireyler arasındaki benzerlik ve farklılıkları gösterir (Çetin, 2019: s. 288). Madde varyansı, madde standart sapmasının karesinin alınmasıyla elde edilir.

$p_j$  madde güçlük indeksi iken, maddenin standart sapması ( $S_j$ ) Eşitlik 6'daki gibi hesaplanırken madde varyansı ( $S_j^2$ ) ise Eşitlik 7'deki gibi hesaplanmaktadır.

$$S_j = \sqrt{P_j(1 - P_j)} \quad (6)$$

$$S_j^2 = P_j(1 - P_j) \quad (7)$$

Bu iki formülden elde edilen sonuçların yüksek çıkması maddeye verilen yanıtların arasındaki farklılaşmanın yüksek olduğunu gösterir. Bu durum ise bireylerin madde puanları açısından heterojen olduğunu göstermektedir (Atılğan vd., 2018: s. 266).

### 2.1.7.5. Madde Güvenirliğinin Hesaplanması

Bir testteki herhangi bir maddenin ne kadar güvenilir olduğunu belirlemek için madde güvenilirlik indeksi ( $r_j$ ) hesaplanır. Madde güvenilirlik katsayısı madde ayırt edicilik indeksi ile madde standart sapmasının çarpımı ile hesaplanır.

$$r_j = r_{jx} S_j \quad (8)$$

Formülde görüldüğü üzere maddenin ayırt edicilik indeksi ve standart sapması büyüdükçe madde güvenilirlik indeksi de büyümektedir.

### 2.1.8. Nitelikli Maddelerin Seçilmesi

Madde seçiminde ideal olarak madde güçlüğü, madde ayırıcılığı, madde güvenilirliği ve madde geçerliği indekslerine bakılarak bir test oluşturulmalıdır (Tekindal, 2017: s. 411). Maddenin standart sapması ve varyansı büyüdükçe, maddenin ölçülmek istenilen özellik bakımından bireyler arasındaki farklılıkları ortaya koyma gücü artar. Teste alınan maddelerin güvenilirliği arttığında ise testin bütünüünün güvenilirliği artmaktadır. Bu sebeple bu indeks değerleri büyük olan maddelerin seçilmesi beklenir ancak *Eşitlik 6*, *Eşitlik 7* ve *Eşitlik 8*'de yer alan formüllerden anlaşılacağı üzere değerlerin hesaplanması madde güçlük ve madde ayırt edicilik indekslerine bağlıdır. Bu sebeple madde seçiminde öncelikle bu indeks değerlerine bakılmaktadır.

Bir maddenin güçlüğü, o maddeyi doğru cevaplayanların yüzdesi olduğuna göre  $p_j$  değeri ne denli büyükse madde o kadar kolay demektir. Bu güçlük değeri grubun cevapları dikkate alınarak oluşturulduğundan bir başka gruba uygulandığında değişim gösterebilir. Bu sebeple deneme uygulamasının nihai uygulamanın yapılacağı gruba benzer özellik göstermesi gerekmektedir.

Deneme uygulaması ardından maddeler seçilirken genel olarak, testin uygulandığı gruptaki bireyleri birbirinden ayırt edilebilmek ve testin güvenilirlik



değerlerini yükseltmek amacıyla testteki maddelerin çoğunun orta güçlükte (0.50) olması istenir (Çetin, 2019: s. 277). Ancak bu her zaman geçerli bir ölçüt değildir. Testin kullanım amacına bağlı olarak seçilen maddelerin güçlük indeksleri de değişim gösterecektir. Örneğin seçme ve yerleştirme amacıyla hazırlanmış bir testin çok kolay maddelerden oluşması, öğrencilerin hepsinin maddeyi doğru yanıtlamasına neden olur ve testin kullanım amacından uzaklaşmasına neden olur.

Madde ayırt edicilik indeksi, bireylerin birbirinden ne kadar iyi ayırt edilebildiğini ifade etmektedir. Test geliştirmenin temel amacı ölçülmek istenilen niteliğe sahip olan ve olmayan kişilerin ayrılmasıdır. Bu sebeple nihai teste alınacak maddelerin ayırt edicilik indeksinin belli bir değerde olması istenir. Crocker ve Algina (2006: s. 315)'ya göre madde seçmede ayırıcılık gücü indeksleri için şu ölçütler belirlenmiştir;

- $r_{jx} \geq 0.30$  ise madde oldukça iyi işlemektedir ve teste olduğu gibi alınabilir,
- $0.20 \leq r_{jx} \leq 0.29$  ise madde düzeltilmek suretiyle kullanılabilir,
- $r_{jx} \leq 0.19$  ise madde hiç kullanılmamalı veya tamamen düzeltilerek kullanılmalıdır.

Test geliştirmek için ayırt edicilik indeksi kullanmanın en basit yolu en yüksek değere sahip maddeleri elde tutmak (0.50'nin üstünde), en düşük değere sahip maddeleri (0.20'nin altında) elemek ve bu iki nokta arasındaki maddeler arasındaki değişikliği dikkate almaktır (Thorndike & Thorndike-Christ, 2017: s. 309).

Turgut ve Baykul (2019: s. 237)'a göre, her davranış için deneme uygulamasın alınan üç maddeden bir tanesi şu şekilde seçilir:

- Üç madde içerisinde ayırıcılık gücü en yüksek olan alınır. Eğer en yüksek ayırıcılık gücüne sahip olan madde gerekli şartı sağlamıyorsa düzeltme yapılır.

- Testin hesaplanan ortalama güçlüğüne göre maddenin güçlük katsayısı dikkate alınır ve esas teste alınacak madde sayısının %2'si kadar en kolay, %13'ü kadar kolayca, %70'i kadar ortalama güçlükte, %13'ü kadar zorca, %2'si kadar en zor bulunan maddeler tercih edilir.

Yapılan madde analizleri ardından hangi maddelerin seçileceği testin amacına bağlı olarak değişim göstermektedir. Örneğin tek boyutlu bir test hazırlanması amaçlandığında maddelerin birbirleriyle yüksek korelasyon vermesi gerekir ve bunun için faktör analizi hesaplamalarına başvurulur. Başarı testlerinde madde seçmede, testin kapsam geçerliği ve maddenin ölçtüğü davranış ön planda düşünülür (Baykul, 2015: s. 335). Maddeler alt alta sıralanarak, güçlük ve ayırt edicilik indeksleri bir grafikte gösterilir ve testin amacı dikkate alınarak belirlenen kriterlere göre madde eleme yöntemine gidilir.

### **2.1.9. Nihai Testin Oluşturulması**

Nihai testin oluşturulmasında önceden hazırlanmış olan belirtke tablosunda her davranış için bir madde bulunması gerektiği, maddelerin birbirine cevap teşkil etmemeleri, cevap anahtarının bir örüntü izleyecek şekilde sıralanmaması gerektiği unutulmamalıdır. Testin başına süre, soru sayısı ve düzeltme formülü uygulanması gibi uyarıları içeren yönerge eklenmeli, test nihai uygulama yapılacak grubun özellikleri dikkate alınarak okunaklı ve açık bir hâle getirilmelidir.

### **2.1.10. Nihai Testin Test İstatistiklerinin Hesaplanması**

Test istatistikleri, testin bir grup bireye uygulanması ardından elde edilen sayısal özelliklerdir. Nihai test uygulandıktan sonra testin aritmetik ortalaması, ortalama güçlüğü, standart sapması, varyansı, çarpıklık ve basıklık katsayısı, güvenilirliği ve geçerliği hesaplanır.

## 2.2. BULANIK MANTIK

Mantık kelimesi, bulanık mantık yöntemi ile birlikte anılmasından çok önce ortaya çıkmış bir kavram olup bir akıl yürütme yaklaşımı olan klasik mantık ile tanınmıştır. “Mantık” terimi, Yunanca “lojik” kelimesinin Arapça’ya tercüme edilmesi ile kullanılmaya başlanmıştır ve Arapça’da, konuşmak, dile getirmek anlamlarına gelir (Karataş, 2018). Kelimenin Yunancası olan “lojik” ise hem söz hem de akılla ilgilidir (Öner, 1986). Farabi' ye göre mantık; insanın akla uygun bir şekilde davranma kuvveti ve bu kuvvet ile davranışların iyi ve kötülüğünü ayırt edebilmesi, insanın kendi içinde konuşma yaparak nefsinde anlayış yoluna gitmesi, içinde düşündüğü durumu dil ile söylemesi yani konuşmasıdır (Türker, 1958). İbn Sînâ’ya göre mantık, düşünme için kurallar koyan bir alettir ve fikrin doğrusunu yanlışından ayırmaya ve bilinenlerden bilinmeyenlere ulaşmaya hizmet eder (Karataş, 2018). Türk Dil Kurumu mantık kelimesinin günümüz anlamını; düşüncenin ve düşüncenin varlık biçimlerinin, öğelerinin, türlerinin, olanaklarının, yasalarının ve düşünce bağlamlarının bilimi (lojik) olarak adlandırmakta ve bir felsefi disiplinin adı olarak ifade etmektedir.

Mantık biliminin ortaya çıkışı insanoğlunun var olduğu ilk günlere kadar uzanır. İnsanlar yaşamlarının her noktasında karşılaştıkları durumlar hakkında düşünmek, hükümler oluşturmak, belli kıstaslarla akıl yürütmek ve karar vermek zorunda kalır. Bu kararlar, kişilerin hayatlarını etkileyeceği ölçüde önemlidir ve nihayetinde doğru kararlar alabilmek, mantıksal çıkarımlar yapabilmek adına her insanın kendi içinde yaptığı bu değerlendirmelerin, düşünce yöntemlerinin sistematikleştirilmesi ihtiyacı doğmuştur (Karataş, 2018).

Mantık biliminin kurucusu Aristoteles’dir (M.Ö. 384-322). Aristotele'ten önce Elea Okulu ve Sofistler, mantık biliminin kurulması için hazırlık çalışmaları yapmışlardır ancak tartışmaları mantıklı düşünme üzerinde ilerlemiştir (Öner, 1986). Bu sebeple mantığın bir disiplin olarak kurulması Aristoteles’e aittir (Öner, 1986; Paksoy vd., 2013). Aristoteles’in mantık çalışmaları antik yorumcular tarafından "Kategoriler, Önergeler, Birinci Analitikler, İkinci Analitikler, Topikler ve Sofistik Deliller" olmak üzere altı kitapta gruplandırılmıştır ve bu altı kitap hep birlikte “Organon” ismiyle bilinmektedir (Öner, 1986: s. 5)

Aristoteles'e göre mantık, düşünüşün ideal kanunlarının bilimidir (Aristoteles, 1989, Akt. Köz, 2002). Mantık amacı sebebiyle doğru bilgiye ulaşmanın yollarını göstermektedir (Çaldak, 2008). Mantık doğru düşünme sanatıdır ve belirli bir amaca varmak, doğru düşünmek için konmuş bir takım kurallar bütünüdür. Aristoteles mantığı bir bilim dalı olarak değerlendirmemiş bütün bilimsel etkinliklerin temelinde olması gereken vazgeçilmez bir araç olarak nitelemiştir (Eroğlu, 2012).

Aristoteles'in düşüncelerinin toplamını ifade eden ve araç anlamına gelen "Organon" adlı eserinde Aristoteles, yargı formları, önerme türleri, kıyas çeşitleri ve kıyas kuralları gibi konuları ele almıştır. Ona göre mantığın en önemli işlevi, bazı öncüllerin kabul edilmesi durumunda, hangi sonuçların bu yargılardan zorunlu olarak çıkacağını göstermektir (Karataş, 2018). Önerme, bir savı öne süren veya bir durumu dile getiren cümledir. Cümlenin önerme olabilmesi için bir yargı belirtmesi gerekir. Önermede özne, yüklem ve bu ikisini birbirine bağlayan bir bağ bulunur. Örneğin; "Ankara ile İstanbul arası kaç kilometredir?" gibi bir söz önerme değilken, "Yağmur yağarsa sokaklar ıslanır." cümlesi doğru ya da yanlış olabileceği için bir önermedir (Öner, 1986: s. 56).

Klasik mantıkta hem sözcüklerin kullanımını hem de kurallar önemlidir ancak mantığın özellikle dikkatle çalıştığı kısım akıl yürütmedir. Akıl yürütme zihnin önceden bilinen hükümlerle bağ kurarak yeni bilgiler elde etmesidir. Bir başka tanımla akıl yürüterek mantıklı düşünme, çıkarsamalar yapma, eldeki verilerden bilinmeyene ulaşma ve mantıksal sonuçlar çıkarma şeklinde de tanımlanabilir (Taylan 2008: s. 191). Bu bakımdan akıl yürütme önemlidir ve mantığın temel konusudur (Hasırcı, 2010: s. 9, Öner, 1986: s. 114). Klasik dönem mantıkçıları, kıyası tümdengelim en mükemmel şekli olarak tarif etmişlerdir. Kıyas, verilmiş önermelere dayanarak zihnin bu önermelerden zorunlu sonuç çıkarma işlemidir. Tümdengelim ve kıyasın bu kadar önemli olmasının nedeni, bilginin kesin, doğru ve zorunlu olmasından kaynaklanmaktadır (Eroğlu, 2012). Eğer önermeler doğru kurulursa tümdengelimle elde edilen bilgiler de kesin doğru olacaktır. Klasik mantık yaklaşımının daha iyi anlaşılması için aşağıda bir örnek verilmiştir.

Basit bir akıl yürütme ve kıyas örneği verilecek olursa;

Bütün kuşlar uçucudur. -> öncül

Serçe bir kuştur. -> öncül

O hâlde serçe uçar. -> sonuç

örneği verilebilir.

Klasik mantığın işe koşuluş şekline ve önermelere dikkat edildiğinde doğru akıl yürütmenin yalnızca tek bir noktadan yola çıkılarak oluşturulmaya çalışıldığı söylenebilir.

Klasik mantığa -üzerinde durduğu kıyas, önerme, akıl yürütme gibi konular üzerine- zamanla eleştiriler gelmiştir ancak bu eleştiriler 19. asrın ikinci yarısına kadar etkili olmamıştır. 19. yüzyılda mantığın bir makine işlevi görerek tıpkı matematikteki cebirsel işlemler gibi çalışması isteği klasik mantıkta semboller kullanılması yeniliğini getirmiştir ancak istenilen düzeyde ilerleme sağlanamamıştır. Bertrand Russell (1970-1972)'in matematikteki paradoksların mantıksal olduğunu ve klasik mantığın bu paradoksların çözümünde yeterli olmayacağını belirtmesi ve arkadaşı Whitehead ile birlikte 1910'da Principia Mathematica adlı eserini yayınlaması sembolik (modern) mantığın kurulmasını sağlamıştır (Paksoy vd., 2013: s. 10). Sembolik mantıkta klasik mantıkla benzer çıkarım yöntemlerini kullanmıştır ancak önermeler, sembolik bir dille ifade edildiği için günlük dilin çok anlamlılığından uzak ve bu önüyle klasik mantığa göre daha nesnelidir. Sembolik mantık klasik mantığın ilkelerinden olan; bir önermenin yeterli sebebi yoksa ne doğru ne de var olabildiği anlamına gelen “yeter-sebep ilkesi”ne ve bir şeyin ya doğru ya da yanlış olduğu üçüncü bir ihtimalin olmadığı anlamına gelen “üçüncü hâlin değişmezliği ilkesi”ne eleştiri getirmiştir. Yeter sebep ilkesine göre yeterli bir sebep olmadığı sürece bir olay doğru veya mevcut değildir ancak günümüz bilim dünyasında geçerliliği tam olarak ispatlanamayan teoremler mevcuttur ve bu teoremler uygulamada kabul görmektedir. Üçüncü halin değişmezliği ilkesini eleştiren Blanché, şu örneği vermiştir:  $\pi$  ondalık kesir olarak yazıldığında, serinin herhangi bir yerinde “012345679” dizisinin görülüp görülemeyeceği sorulsaydı cevap evet veya hayır olabilirdi çünkü  $\pi$  ondalık kesir hâlinde yazıldığında değer sonsuza gider ve belirtilen diziye rastlanma imkânı vardır (Karataş, 2018).

Üçüncü hâlin değişmezliği ilkesinin günlük yaşamamızda karşılaşılan pek çok durum için geçerli olduğunu söylemek mümkün değildir. İnsanların yaşamları boyunca karşılaştıkları olayların hemen hepsi kendi içinde çok boyutlu ve karmaşıktır. İnsan beyni bir olayla karşılaştığında verileri incelemekte, eksik kısımlarını tamamlamakta, verileri birçok açıdan ele alıp farklı koşulları dikkate alarak değerlendirme yapmaktadır. Bu değerlendirme sonuçları göstermektedir ki klasik ve sembolik mantık insan düşüncesini yansıtmakta yeterli değildir. İnsanların değerlendirmelerinde dil ve zihin her zaman iyi/kötü, evet/hayır, soğuk/sıcak, hızlı/yavaş gibi keskin bir şekilde sınırları çizilmiş iki uç değeri kullanmaz. Örneğin gerçek hayatta bir ürün satın almak istediğimizde mevcut ürünlerin birbirinden farklı pek çok özelliği bulunması sebebiyle ürünleri iyi/kötü olarak kategorilendirmek zor olacaktır. Çünkü bazı ürünler hem iyi hem de kötü kategorisine ait özellikleri barındırıyor olabilir. Bir eşyanın renginin mavi olup olmadığı konusunda kararsızlığa düşüldüğünde eşyanın rengi; gri-mavi, yeşil-mavi gibi mavinin bir tonu olabilir. Bu durumda renk mavi değildir demek yerine rengin kısmen mavi renk kümesi içerisinde yer aldığı belirtilebilir. Sıkça karşılaşılan bu gibi durumların belirsizlik oluşturması sebebiyle ikili mantıkla karar vermek yerine iki uç değer arasındaki durumları dikkate alarak karar vermek daha gerçekçi olacaktır. Böyle durumlarda bulanık mantık kavramından yararlanılmaktadır.

Bulanık mantık sistemi klasik mantığın içeriği olan ikili mantığı değil, çok seviyeli işlemleri kullanmaktadır (Elmas, 2003). İkili mantık bir durumun keskin çizgilerle iki kutba ayrılmasını ifade eder. Örneğin bir bardağa su doldurulduğunda bardak ya doludur ya da boştur. Bulanık mantık çoklu değerlendirmeyi işe koşarak iki kutup arasında yer alan ara değerlerin bulunmasını sağlar. Bulanık mantık (Fuzzy logic) kavramı, insanların kesin olmayan ifadelerle düşünme yeteneğiyle örtüşen mantık sistemidir (Ertuğrul, 2006). Değerlendirme sonuçlarının yalnızca doğru ve yanlış değil ara değerlerinin de olabileceği ifade eder (Elmas, 2011). Bu mantık yaklaşımı insanın düşünme yapısına daha uygundur.

Tam ve kesin olmayan kaynaklara dayanarak tutarlı ve doğru karar vermeyi sağlayan düşünme ve karar verme mekanizmasına bulanık mantık denir (Yazırdağ, 2018). Bir başka deyimle denklem ve teoriler gerçek dünyayı yaklaşık bir biçimde

ifade etmektedir ve bu belirsizlik bulanıklığı oluşturmaktadır. Bu ifadelerin daha belirgin hâle getirilmesi bulanık mantık olarak adlandırılmaktadır (Uygunoğlu & Ünal, 2005). "Bulanıklık" kavramı ilk olarak Amerikalı Filozof Black (1937) tarafından günümüzde kullanım alanı bulan bulanık mantık ve bulanık küme kavramı ise ilk kez L.A. Zadeh tarafından California Berkeley'de 1965 yılında ortaya atılmıştır (Paksoy vd., 2013: s. 5). Bulanık kümeler kuramı, Zadeh'in, klasik sistem kuramının matematiksel yöntemlerinin gerçek dünyadaki pek çok sistemle -özellikle insanları içeren kısmen karmaşık sistemler- uğraşırken yetersiz kaldığını düşünmesinden dolayı ortaya çıkmıştır (Kaptanoğlu & Özok, 2006). Bu sebeple bazı özellikleri klasik mantıktan ayrılmaktadır.

Zadeh'e göre bulanık mantık, klasik mantıktan farklı olarak şu özelliklere sahiptir (Baykal & Beyan, 2014):

- Klasik mantığa konu edinilen tüm mantıksal sistemleri bulanık olarak ifade etmek mümkündür.
- Klasik mantıkla değerlendirilen bir alternatif yokluk (0) ya da varlık (1) derecelerinden birini alabilirken bulanık olarak değerlendirilen her alternatif  $[0,1]$  aralığında belirli bir derece alabilir.
- Bulanık mantıkta değerlendirmeler sözel ifadelerle (biraz fazla, çok az) belirtilir.
- Değerlendirmelerde sözel ifadeler kullanılıp bulanıklaştırma işlemi yapıldıktan sonra çıkarım işlemi sözel ifadelerle tanımlanan kurallar sayesinde yapılır.
- Bulanık mantıkta insan düşüncesine benzer şekilde kesin değerler değil yaklaşık değerlerle işleyen düşünme sistemi kullanılır.
- Matematiksel modeli zor olan karmaşık sistemlerin çözümlenmesi için çok uygundur.

### **2.2.1. Bulanık Mantığın Kullanımı ve Uygulama Alanları**

Zadeh (1965)'in genişleterek ortaya koyduğu bulanık mantık yaklaşımı, İngiltere'de 1972 yılında İbrahim Mamdani tarafından buhar makinesi denetleyicisi tasarlanmasıyla pratikte uygulama alanı bulmuştur (Paksoy vd., 2013). Aynı yıllar

içerisinde ABD'de tartışmalar devam ederken Japon bilim insanları bulanık mantık kuramını pratikte geliştirerek uygulama alanları oluşturmuştur (Topçu, 2014). Avrupa'da da bulanık mantık teorisini geliştirerek tahmin etme, karar verme durumlarında, otomobil gibi mekanik kontrol sistemlerinde ve akıllı araç gereçlerde kullanmıştır. Günümüzde özellikle Japonya'da metro sisteminde trenlerin rotalarında hızla yol alması, yumuşak bir şekilde hızlanması ve frenlemesi ve hassas şekilde durmasında, yıkama ayarını kendi ayarlayabilen çamaşır makinelerinde, el titremesi etkisini ortadan kaldırabilen kendinden ayarlı video kameralarda, parlaklığı, netliği ve diğer özellikleri kendi ayarlayabilen TV setlerinde, ağırlık miktarına göre sistemsel ayarlama yapabilen asansör sistemlerinde, klima cihazlarında, araç fren sistemlerinde, elektrik süpürgelerinde, ABS fren sistemlerinde, tansiyon aletlerinde, su ısıtıcılarında ve klimalarda bulanık mantık kullanılmaktadır (Bagherzadeh Asl Miyandoab, 2011; Paksoy vd., 2013).

### **2.2.2. Dilsel Belirsizlik**

Gerçek hayatta bir olay, durum ya da fikrin değerlendirilmesi karmaşıktır ve kişilere göre farklı anlamlar ifade eder. Bunun sebebi insan düşüncesinin bilgisayarlardan farklı olarak verilen durumu yaklaşık olarak zihninde canlandırması, kendi deneyimlerinden, bilgilerinden yola çıkarak mevcut durum hakkında yorum ve çıkarımda bulunmasından kaynaklanır. Bu çıkarımlar dil ile ortaya koyulmaktadır. Ancak günlük yaşamımızda kullandığımız doğal dil kesin olmayan belirsiz ifadelerle doludur. Bu belirsizlik ifade eden ya da nitel ifadeler içeren kelimeler dilsel değişkenlik gösteren kelimelerdir (Yazırdağ, 2018). Bu belirsizliğin giderilmesi için dilsel değişkenlerin bulanık kümelere dayanarak tanımlanması ve sözel değişkenler kullanılarak net olarak ifade edilemeyen değerlerin yaklaşık olarak nitelendirilmesi sağlanmalıdır.

Dilsel değişkenlerle belirsizlik durumu oluşturan bir duruma “boy uzunluğu” örneği verilebilir. Bir kişinin boyunun uzun ya da kısa olduğu hakkında yapılan değerlendirmenin anlam kaybı oluşturmada açık hâle getirilmesi oldukça zordur çünkü boy uzunluğu değerlendiricilerin kişisel yargılarına ve değerlendirme kriterlerine göre değişim gösterir. Değerlendirme kriterleri ise; toplumdan topluma, kültürden kültüre, o toplulukta yer alan insanların boy uzunluklarına, zamana göre



değişim göstermektedir. Kişinin boyu çok uzun, uzun, orta uzunlukta, kısa, çok kısa olarak nitelendirilebilecekken klasik mantık kişinin uzun ya da kısa olduğunu belirtmekte ve anlam kaybı oluşturmaktadır. Sözel ifadeler, belirsizlik içeren ifadelerin yaklaşık olarak nitelenebilmesini bulanık bir kümeye bağlı olarak tanımlanmasını, açık ve anlamlı hâle getirilmesini sağlar. Bunu yaparken kişinin boy uzunluğunun biraz uzun, az uzun, epeyce uzun, çok kısa... şeklinde sözel ifadelerle değerlendirilmesine imkân sağlar ve hangi aralıktaki bireylerin uzun kabul edileceği konusunu netleştirerek bir bireyin hem uzunlar kümesinde hem de orta boylular kümesinde bulunma durumunu derecelerle ortaya koyar. Bu sayede doğal dilin yapısında bulunan belirsizlik probleminin giderilmesini desteklemektedir.

Önceden belirlenmiş sözel ifadelere göre yapılan değerlendirmelerin bulanık küme yardımıyla tanımlanmasının anlaşılması için klasik küme, bulanık küme ve üyelik fonksiyonu kavramının açıklanmasına ihtiyaç duyulur.

### **2.2.3. Bulanık Kümeler ve Üyelik Fonksiyonları**

Bulanık kümelerin tanımlamanın bir yolu klasik kümelerle farkını anlamaktan geçmektedir. Klasik küme kuramında küme oluşturmak için açık önermeler belirlenir ve bir nesne açık önermeyi karşılayabiliyorsa kümenin elemanı sayılır. Açık önermeyi karşılayan bütün nesnelerin oluşturduğu topluluğa ise küme denir (Bagherzadeh Asl Miyandoab, 2011).

Elemanları  $x_1, x_2, \dots, x_n$  olarak ifade edilen bir klasik kümenin liste halinde gösterimi  $A = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ , bu küme elemanlarının ortak özellikleri dikkate alınarak gösterilmesi ise  $A = \{x / P(x)\}$  şeklindedir. Ortak özellik yönteminde yer alan  $P(x)$  bir elemanın  $A$  kümesinde yer alabilmesi için gerekli olan koşulu belirtir.  $A$  kümesi  $P(x)$  önermesini doğrulayan  $x$  ifadelerinden oluşur (Arslan, 2003).

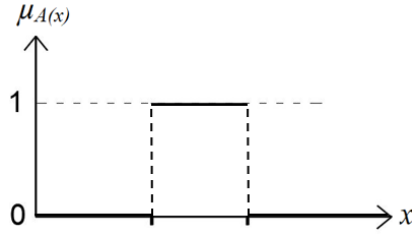
Klasik kümelerde bir varlık bir kümenin ya elemanıdır ya da değildir. Elemanın kümeye ait olup olmadığı üyelik derecesi ile ifade edilebilir. Açık önermeyi karşılayabilen nesne, kümeye tam üye olur ve üyelik derecesi "1" olarak adlandırılır. Nesne belirlenen açık önermeyi karşılayamıyorsa kümenin elemanı olamaz ve üyelik

derecesi “0” olur. Bu üyelik dereceleri bir fonksiyon yardımı ile gösterilmek istendiğinde E uzayında bulunan x elemanlarının A kümesi için olan üyelik fonksiyonu *Eşitlik 9*’daki gibi,  $\mu_A$  ile gösterilir (Paksoy vd., 2013).

$$\mu_{A(x)} = \begin{cases} 1, & x \in A \\ 0, & x \notin A \end{cases} \quad (9)$$

### Şekil 1

*Klasik kümelerde Üyelik Fonksiyon Grafiği*



Fonksiyon grafiğinden (*Şekil 1*) anlaşılacağı üzere,  $\mu_A$  üyelik fonksiyonu, E uzayında bulunan x elemanlarının A kümesinde yer alıp almama durumuna göre {0, 1} değerlerinden birini alacaktır.  $\mu_A$  fonksiyonu (1),  $\mu_A: E \rightarrow \{0, 1\}$  şeklinde de tanımlanabilmektedir (Çelikkilek, 2015). Klasik küme gösterimi ve klasik kümelerde üyelik fonksiyon grafiğine ilişkin aşağıda bir uygulama örneği verilmiştir.

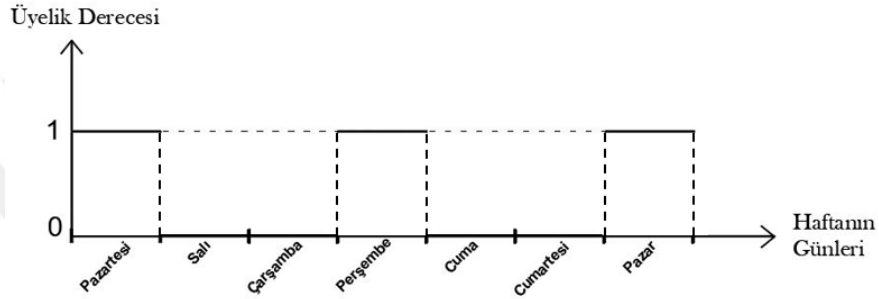
Örnek 1:

Bir A kümesi haftanın p ile başlayan günlerini içersin. Bu durumda kümenin liste gösterimi  $A=\{pazartesi, perşembe, pazar\}$  olacaktır. Küme elemanlarının ortak özellik yöntemi ile gösterimi ise  $A=\{x \mid x \text{ haftanın } p \text{ ile başlayan günleri}\}$  şeklinde gösterilecektir (Kaçar, 2014). Haftanın "p" harfi ile başlayan günleri kümenin elemanı olup üyelik dereceleri 1 olarak alınırken, "p" harfi ile başlamayan günler küme elemanı olarak değerlendirilemez ve üyelik dereceleri 0 olur. Haftanın tüm günlerini üyelik derecelerine göre sıralandığında *Eşitlik 10*’daki gibi gösterebilir.

$$A = \{ (pazartesi, 1), (salı, 0), (çarşamba, 0), (perşembe, 1), (cuma, 0), (cumartesi, 0), (pazar, 1) \} \quad (10)$$

A kümesinin klasik küme mantığına göre üyelik derecelerini göstermek için Şekil 2'deki gibi üyelik fonksiyonu çizilebilir.

**Şekil 2**  
Klasik Kümelerde Haftanın Günleri Üyelik Fonksiyon Grafiği



Klasik küme mantığında nesnenin özellikleri bir kümeye yerleştirilme konusunda kesinlik içermelidir ancak günlük yaşantımızda nesnelere belirli gruplar altında sınıflayarak küme oluştururken bir nesneyi hangi kümeye koyacağımıza karar veremediğimiz durumlar gelişir. Bu durumda gruplandırma oluştururken klasik kümeler yerine bulanık kümeler işe koşulabilir. Bulanık kümelerde hangi gruba yerleşeceği konusunda belirsizlik yaşanan nesnelere, önermeyi karşılama durumlarına göre bir değer verilmesi gereklidir. Küme oluşturulurken öncelikli olarak belirsizlik içeren ifadelerle birer üyelik derecesi atanarak tanımlama yapılır (Durdudiller, 2006). Üyelik değerleri, nesnenin dereceli kümeye aitlik derecesini ifade eder (Türkşen, 2015).  $X$  evrensel küme olarak tanımlandığında  $x$  bu kümeye ait bir eleman olsun  $X$  ve  $\tilde{A}$  bulanık kümeleri ifade etmek üzere, üyelik fonksiyonu Eşitlik 11'deki gibidir ve  $\mu_{\tilde{A}}(x)$  ile gösterilen bir bulanık küme,

$$\mu_{\tilde{A}}(x): X \rightarrow [0,1] \quad (11)$$

biçiminde ifade edilir.

*Eşitlik 9'* da gösterildiği üzere üyelik fonksiyonu,  $X$  evrensel kümesinde yer alan öğeler 0 ile 1 arasında değer almaktadır ve bu kümeye bulanık küme denilir.  $X$  evrensel kümesi üzerinde tanımlı bir  $\tilde{A}$  bulanık kümesi,  $[0,1]$  aralığında  $x$ 'ler ile  $\mu_{\tilde{A}}(x)$  üyeliklerini düzenli ve dereceli olarak belirten bir kümeyi aşağıda gösterilen *Eşitlik 12* ile tanımlar.

$$\tilde{A} = \{(x, \mu_A(x)) \mid x \in X\} \quad (12)$$

Zadeh (1972), *Eşitlik 12* yerine aşağıdaki gösterim şeklini önermiştir.  $A$  sonlu küme olduğunda  $\{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$   $\tilde{A}$  bulanık kümesi *Eşitlik 13'*deki gibi gösterilebilir (Baykal & Beyan, 2004; Paksoy v.d, 2013: s. 25).

$$\tilde{A} = \mu_{\tilde{A}}(x_1)/x_1 + \mu_{\tilde{A}}(x_2)/x_2 + \dots + \mu_{\tilde{A}}(x_n)/x_n = \sum \mu_{\tilde{A}}(x_n)/x_n \quad (13)$$

Bulanık küme gösterimi ve bulanık kümelerde üyelik fonksiyon grafiğine ilişkin aşağıda bir uygulama örneği verilmiştir.

Örnek 2.

Farklı boy uzunluklarına sahip beş kişiden ( $K_1, K_2, K_3, K_4, K_5$ ) oluşan bir evrende kişilerin boy uzunlukları *Tablo 1*'de gösterilmiştir.

**Tablo 1**  
*Kişilerin Boy Uzunlukları*

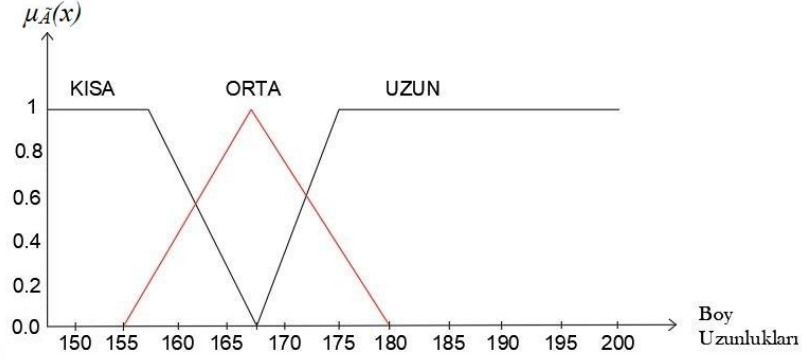
Kişiler	Uzunluk
K <sub>1</sub>	1.65
K <sub>2</sub>	1.72
K <sub>3</sub>	1.90
K <sub>4</sub>	1.50
K <sub>5</sub>	1.85
K <sub>6</sub>	1.93

Bu evren içerisinde eleman seçilerek "Uzun Boylu Kişiler" kümesi oluşturulmak istendiğinde kimlerin uzun kabul edileceği pek çok faktöre bağlı olur ve değerlendiriciye göre değişim gösterir.

$\tilde{A}$  bulanık kümesinin üyelik derecelerini göstermek için  $\mu_{\tilde{A}}(x)$  fonksiyonu Şekil 3'teki gibi çizilebilir.

### Şekil 3

Bulanık Kümelerde Boy Uzunluğu Üyelik Fonksiyon Grafiği



#### 2.2.4. Üyelik Fonksiyon Çeşitleri

Bir bulanık kümeye ait nesnenin üyelik derecelerinin  $[0,1]$  aralığında hangi değerleri alacağı üyelik fonksiyonu ile belirlenmektedir. Kümenin ifade etmek istediği uygulama alanına göre üyelik fonksiyonunun şekli de değişiklik gösterir (Arı, 2009). Alanyazında üçgen, yamuk, S ve Z şeklindeki sigmoid, cauchy, gauss, tek darbe gibi farklı şekillerde üyelik fonksiyonları bulunmaktadır (Baykal ve Beyan, 2004). Pratikte en fazla kullanılanlar üçgen, yamuk, çan eğrisi ve gaussian üyelik fonksiyonlarıdır (Armağan, 2008). Bu kısımda literatürde en çok kullanım alanı bulan üçgen ve yamuk üyelik fonksiyon türü açıklanacaktır.

##### 2.2.4.1. Üçgensel Üyelik Fonksiyonu

Üçgensel üyelik fonksiyonu, elemanları üç parametre ile  $\tilde{A} = (a, b, c)$  şeklinde tanımlanan fonksiyondur. Denklemden en olası değeri “ $b$ ”, alt sınırı ya da en küçük değeri “ $a$ ”, üst sınırı ya da en büyük değeri “ $c$ ” ifade etmektedir.

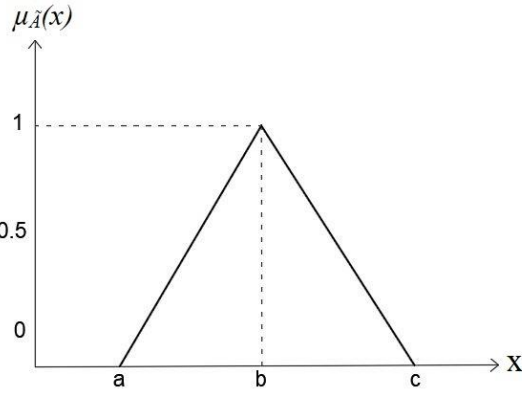
Üçgensel üyelik fonksiyonunun denklemini Eşitlik 14'teki gibidir (Elmas, 2003; Şen, 2004).

$$\mu_A(x; a, b, c) = \begin{cases} 0 & , \quad x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a} & , \quad a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b} & , \quad b \leq x \leq c \\ 1 & , \quad c \leq x \end{cases} \quad (14)$$

Bulanık kümenin üçgensel üyelik fonksiyonu ise *Şekil 4*'teki gibidir.

**Şekil 4**

*Üçgen Üyelik Fonksiyonu (Şen 2009)*



#### 2.2.4.2. Yamuk Üyelik Fonksiyonu

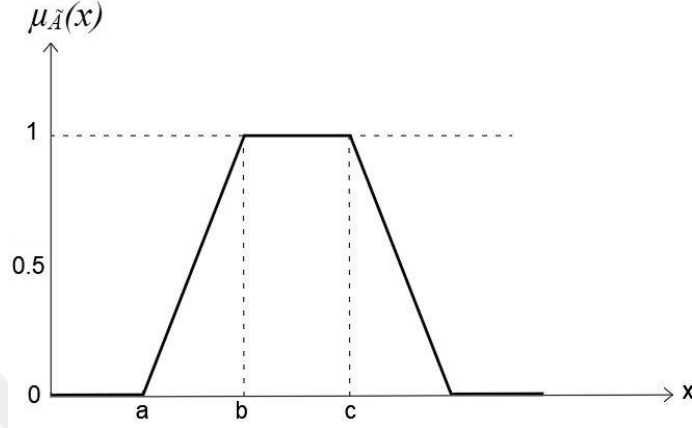
Yamuk üyelik fonksiyonu, elemanları dört parametre ile  $\tilde{A} = (a, b, c, d)$  şeklinde tanımlanan fonksiyondur. Yamuk üyelik fonksiyonun denklemi *Eşitlik 15*'te gösterilmiştir (Elmas, 2003; Şen, 2004).

$$\mu_A(x; a, b, c, d) = \begin{cases} 0 & , \quad x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a} & , \quad a \leq x \leq b \\ 1 & , \quad b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c} & , \quad c \leq x \leq d \\ 0 & , \quad d \leq x \end{cases} \quad (15)$$

Yamuk üyelik fonksiyonun gösterimi Şekil 5'teki gibidir (Şen, 2004).

### Şekil 5

Yamuk Üyelik Fonksiyonu (Şen, 2004)



#### 2.2.5. Bulanık TOPSIS Yöntemi

Çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemi, Hwang ve Yoon (1981) tarafından önerilmiş olup yöntemin ana fikri, seçim yapılacak alternatifler arasında pozitif ideal çözüme en yakın ve negatif ideal çözüme en uzak olan alternatifin en iyi alternatif olarak belirlenmesine dayanır (Huamg & Tzeng, 2011). TOPSIS yönteminin bulanıklaştırılması Negi (1989) tarafından yayınlanan bir doktora tezi ve Chen ve Hwang (1992) tarafından yayınlan bir kitapla başlamıştır (Dündar vd., 2007). Chen (2000), TOPSIS yönteminde bulanık sayılar kullanılarak kriterlerin ağırlıklandırılması ve alternatiflerin sıralanmasında dilsel ölçekler kullanılması ile ilgili bir dizi makale yayınlamış ve TOPSIS yönteminin bulanıklaştırılmasını hızlandırmıştır (Madi vd., 2017).

Bulanık TOPSIS yöntemi, seçme gerektiren işlerde insan yargılarının belirsiz yapısını dikkate alarak karar alınmasını sağlar. Yöntemin uygulanabilmesi için bir grup karar vericiye, seçim için alternatiflere ve seçim sırasında dikkate alınacak kriterlere ihtiyaç vardır. Yöntemde karar vericiler, kişisel yargılarına bağlı olarak kriterlerin önem derecelerini belirlerler ve her bir alternatifi kritere göre sözel ifadeler

kullanarak değerlendirirler. Bulanık TOPSIS yönteminin insan yargılarının belirsiz yapısını dikkate aldığını gösteren en önemli kısmı, farklı değerlendiricilerin hem kriterler hem de alternatiflere farklı değerler atayabilmesine dayanır. Yöntem bu yönüyle grup kararının daha objektif bir şekilde alınmasına katkı sağlar. Bulanık TOPSIS özetle şu şekilde çalışır (Paksoy vd., 2013: s. 156-159);

- Karar vericiler, karar kriterlerini ve alternatifleri dilsel değişkenleri kullanarak değerlendirir.
- Değerlendirmeler, üçgen ve yamuk bulanık yamuk sayılara dönüştürülür.
- Her bir alternatifin pozitif ve negatif ideal çözüme yakınlık katsayısı hesaplanır.
- Yakınlık katsayıları dikkate alınarak alternatifler sıralanır.

Bu çalışmada Chen (2000) tarafından geliştirilen dilsel değişkenler ve onların bulanık karşılığı dikkate alınarak üçgensel bulanık sayılar kullanılmıştır. *Tablo 2*'de kriterlerin önem ağırlıkları, *Tablo 3*'te değerlendirilmeler için kullanılan dilsel değerler ve değerlerin üçgen bulanık sayı karşılıkları verilmiştir.

**Tablo 2**

*Kriterlerin Önem Ağırlıkları İçin Dilsel Değişkenler ve Bulanık Karşılığı (Chen, 2000)*

Sözel ifade	Bulanık karşılık
Çok Düşük (ÇD)	(0, 0, 0.1)
Düşük (D)	(0, 0.1, 0.3)
Orta (O)	(0.1, 0.5, 0.7)
Orta Yüksek (OY)	(0.5, 0.7, 0.9)
Yüksek (Y)	(0.7, 0.9, 1)
Çok Yüksek (ÇY)	(0.9, 1, 1)



**Tablo 3**

*Değerlendirmeler İçin Dilsel Değişkenler ve Bulanık Karşılığı (Chen, 2000)*

Sözel ifade	Bulanık karşılık
Çok Kötü (ÇK)	(0, 0, 1)
Kötü (K)	(0, 1, 3)
Orta Kötü (OK)	(1, 3, 5)
Epeyce (E)	(3, 5, 7)
Orta İyi (OI)	(5, 7, 9)
İyi (İ)	(7, 9, 10)
Çok İyi (Çİ)	(9, 10, 10)

Bulanık TOPSIS yönteminin uygulama adımları aşağıda verilmiştir (Chen, 2000; Paksoy vd., 2013; Dündar vd., 2007; Yazırdağ, 2018).

**Adım 1:** Alternatiflerin değerlendirilmesi, değerlendirme dikkate alınacak olan kriterlerin önem ağırlıklarının belirlenmesi için değerlendirme komitesinde yer alan karar vericilerin kimlerden oluşacağı belirlenir.

**Adım 2:** Karar vericiler, kriterlerin önem ağırlıklarını ve alternatiflerin önem derecelerini dilsel değişkenleri kullanılarak değerlendirir.

**Adım 3:** Karar vericilerin kriterler ve alternatiflere yönelik dilsel değişkenlerle yaptığı değerlendirmeler bulanık sayılara dönüştürülür.

**Adım 4:** Kriterlere yönelik yapılan değerlendirmeler birleştirilerek kriterler için bulanık ağırlıklar hesaplanır.

$K$  tane karar vericiden oluşan bir grupta  $\tilde{w}_{ij}^K = j$ . karar kriterinin önem ağırlığını gösterebilir, karar vericilerin ilgili kriter hakkında birleştirilmiş kararı anlamına gelen karar kriterlerinin önem ağırlığı *Eşitlik 16*'daki gibi hesaplanmaktadır.

$$\tilde{w}_j = \frac{1}{K} [\tilde{w}_j^1 + \tilde{w}_j^2 + \tilde{w}_j^3 + \dots + \tilde{w}_j^K] \quad (16)$$

**Adım 5:** Karar vericilerin alternatiflere yönelik yaptığı değerlendirmeler birleştirilerek bulanık karar matrisi oluşturulur.

$K$  tane karar vericiden oluşan bir grupta,  $\tilde{X}_{ij}^K = i$ . alternatifin kriter değerini gösterebilir, alternatiflerin kriter değerleri *Eşitlik 17*'deki gibi hesaplanmaktadır.

$$\tilde{X}_{ij} = \frac{1}{K} [\tilde{X}_{ij}^1 + \tilde{X}_{ij}^2 + \tilde{X}_{ij}^3 + \dots + \tilde{X}_{ij}^K] \quad (17)$$

Bu değerler ile bulanık çok amaçlı karar verme probleminine ait bulanık karar matrisi “ $\tilde{D}$ ” ve bulanık ağırlıklar matrisi “ $\tilde{W}$ ” *Eşitlik 18*'deki gibi gösterilir:

$$\tilde{D} = \begin{matrix} & K_1 & K_2 & \dots & K_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \dots \\ A_m \end{matrix} & \begin{pmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{pmatrix} \end{matrix} \quad \tilde{W} = [\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \dots, \tilde{w}_n] \quad (18)$$

Bu eşitlikte “ $A_1, A_2, \dots, A_m$ ” değerlendirilen alternatifler, “ $K_1, K_2, \dots, K_n$ ” kriterler,  $\tilde{x}_{ij}$  ( $\forall i, j$ ) ve  $\tilde{w}_j$ ,  $j = (1, 2, \dots, n)$  dilsel değişkenler olmak üzere;

$K_j$  kriterlerine göre,  $A_i$  alternatifin bulanık kriter değeri; “ $\tilde{X}_{ij}$ ”

$K_j$  kriterlerin bulanık önem ağırlığı ise “ $\tilde{w}_j$ ” ile göstermektedir.

Dilsel değişkenler ise üçgen bulanık sayılarla  $\tilde{X}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$  ve  $\tilde{w}_j = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$  şeklinde ifade edilebilmektedir.

**Adım 6:** Bulanık karar matrisindeki verilerden normalize edilmiş bulanık karar matrisi oluşturulur. Normalize edilmiş bulanık karar matrisi,  $\tilde{R}$  ile gösterilir ve *Eşitlik 19*'daki gibi ifade edilir.

$$\tilde{R} = \left[ \tilde{r}_{ij} \right]_{m \times n} \quad (19)$$

B fayda kriter kümesini, C maliyet kriterini göstermek üzere,  $\tilde{r}_{ij}$  Eşitlik 20 ve Eşitlik 21'deki gibi hesaplanmaktadır.

$$\tilde{r}_{ij} = \left( \frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*} \right), \quad j \in B, c_j^* = \max_i c_{ij}, \quad (20)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left( \frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}} \right), \quad j \in B, a_j^- = \min_i a_{ij}, \quad (21)$$

Normalize edilmiş bulanık karar matrisinin oluşturulabilmesi için değerlendirmede dikkate alınan kriterlerin fayda ya da maliyet kriteri olduğu tespit edilir. İlgili kriter fayda kriteri ise, bulanık karar matrisinde her sütundaki elemanların üçüncü bileşenlerinde en büyük değer tespit edilir ve sütundaki her bir eleman bu değere bölünür. İlgili kriter maliyet kriteri ise, her sütundaki ilk elemanların minimum değeri dikkate alınır. Bu normalizasyon işlemi ile bulanık karar matrisinde yer alan her bir elemanın üçgen bulanık sayıların aralığında  $[0, 1]$  olma özelliği korunur.

**Adım 7:** Ağırlıklı normalize karar matrisi “ $\tilde{v}$ ”, normalize edilmiş bulanık karar matrisi ve bulanık ağırlıklar matrisinin çarpımıyla Eşitlik 22'de verildiği gibi elde edilir.

$$\tilde{V}_{ij} = \tilde{r}_{ij} \times \tilde{W}_j \quad (22)$$

Ağırlıklı normalize karar matrisi “ $\tilde{v}$ ”, Eşitlik 23'teki gibi gösterilir ve matrise göre  $\forall ij$  için  $\tilde{V}_{ij}$ 'nin elemanları normalize edilmiş pozitif üçgen bulanık sayılardır ve  $[0, 1]$  aralığında yer alır.

$$\tilde{V} = \left[ \tilde{V}_{ij} \right]_{m \times n} \quad (23)$$

**Adım 8:** Bulanık pozitif ( $A^*$ ) ve bulanık negatif ( $A^-$ ) ideal noktaların belirlenir. Bulanık pozitif ideal çözüm *Eşitlik 24* ile bulanık negatif ideal çözüm ise *Eşitlik 25*'teki gibi hesaplanmaktadır.

$$A^* = (\tilde{V}_1^*, \tilde{V}_1^*, \dots, \tilde{V}_n^*) \quad (24)$$

$$A^- = (\tilde{V}_1^-, \tilde{V}_1^-, \dots, \tilde{V}_n^-) \quad (25)$$

Eşitlikte yer alan  $\tilde{V}_j^*$  j. kritere ait ideal çözüm kümesidir. Chen (2000)'e göre pozitif ideal çözüm kümesi  $\tilde{V}_j^* = (1,1,1)$ , negatif ideal çözüm kümesi  $\tilde{V}_j^- = (0, 0, 0)$  olarak belirtilir ve kriter sayısı kadar küme oluşturulur.

Chen tarafından önerilen standartlaştırılmış pozitif ve negatif ideal çözüm kümesi bazı araştırmacılar tarafından tercih edilmemektedir. Bunun nedeni bu şekilde yapılan standartlaştırmanın bulanık karar matrisinde yer alan asıl pozitif ve negatif ideal çözüm noktalarını yansıtmayacağına düşünülmesidir (Avcı Öztürk, 2018). Bu şekilde hesaplanan standartlaştırılmamış pozitif ve negatif ideal çözümler şu şekilde bulunur;

- Çözümler belirlenmeden önce seçimde etkili olan kriterin özelliği dikkate alınır. Çalışmalarda bazı kriterler maksimize edilmek istenirken bazı kriterler minimize edilmek istenir. Örneğin bir proje seçiminde maliyet kriteri minimize edilirken, proje sonucunda elde edilecek fayda maksimize edilmeye çalışılır.
- Maksimize edilmesi istenilen kriter altında en büyük sayısal değeri alan alternatife ait bulanık sayılar pozitif ideal çözüm, en küçük sayısal değeri alan alternatife ait bulanık sayılar ise negatif ideal çözüm olur.
- Minimize edilmek istenilen kriter altında en büyük sayısal değeri alan alternatife ait bulanık sayılar negatif ideal çözüm, en küçük sayısal değeri alan alternatife ait bulanık sayılar ise pozitif ideal çözüm olur.

Alanyazında Chen tarafından önerilen standartlaştırılmış çözüm kümeleri dikkate alındığı gibi (Yazırdağ, 2018), standartlaştırılmamış çözüm kümelerini dikkate alan çalışmalar da mevcuttur (Çebi, 2011; Yavuz & Deveci, 2014).

**Adım 9:** Alternatiflerin pozitif ideal ( $d_i^*$ ) ve negatif ideal ( $d_i^-$ ) çözüm noktasına uzaklıkları hesaplanır. Bu hesaplamada her bir kriter altında alternatifin bulanık pozitif ve negatif ideal çözüm noktasına olan uzaklığı sırasıyla *Eşitlik 26* ve *Eşitlik 27*'deki gibi bulunur.

$$d_i^* = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^*), \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (26)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-), \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (27)$$

Ardından Vertex metodu ile iki üçgen bulanık sayı ( $\tilde{a} = (a_1, a_2, a_3)$ ) ve  $\tilde{b} = (b_1, b_2, b_3)$ ) arasındaki uzaklık  $d(\tilde{a}, \tilde{b})$  *Eşitlik 28*'deki gibi hesaplanır.

$$d(\tilde{a}, \tilde{b}) = \sqrt{\frac{1}{3} \left[ (a_1 - b_1)^2 + (a_2 - b_2)^2 + (a_3 - b_3)^2 \right]} \quad (28)$$

**Adım 10:** Yakınlık katsayıları hesaplanır ve alternatifler sıralanır. Tüm alternatiflerin sıralaması belirlenirken yakınlık katsayısı ise *Eşitlik 29*'daki gibidir.

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (29)$$

Alternatiflerin yakınlık katsayı değerleri 0 ile 1 arasında çıkar ve yakınlık katsayısının büyük olan alternatifin karar vericiler tarafından tercih edilmesi beklenir (Ateş vd., 2006; Chen, 2000).

## 2.2.6. Bulanık VIKOR Yöntemi

Çok kriterli karar vermede kullanılan bir diğer yöntem olan VIKOR yöntemi, farklı kriterlere bağlı olarak seçilen alternatifler kümesinden elemanların sıralanması ve seçimi üzerinde durur ve yöntem, bir alternatif üzerinde varılan ortak anlaşma anlamına gelen uzlaşık sıralama listesi elde eder (Kuzu, 2015: s. 117). Çok kriterli karar sıralama dizini, “ideal çözüme yakınlık” olarak da ifade edilir (Opricovic & Tzeng, 2004).

Çok kriterli karar verme tekniklerinde alternatif ve kriter ağırlıklarının kesin olarak bilindiği varsayılmaktadır ancak, insan düşünmesinin doğasına uygun olarak verilen kararlar gerçek hayatta her zaman kesinlik göstermez. Bu duruma uygun olarak bulanık VIKOR yöntemi, VIKOR yönteminde sözel ve dilsel değişkenlerin kullanılması ile oluşturulmuştur (Paksoy vd., 2013).

Bulanık VIKOR yöntemine ait işlem adımları aşağıda verilmiştir (Chen & Wang, 2009; Chen vd., 2006; Opricovic & Tzeng, 2004).

**Adım 1:** Problemin çözümü için  $n$  sayıda karar verici,  $i$  sayıda değerlendirme kriterleri ve  $(j)$  sayıda uygun alternatif belirlenir.

**Adım 2:** Değerlendirmelerde kullanılacak olan dilsel değişkenler belirlenir ve her bir karar verici kriterlerin önem derecelerini ile alternatifleri dilsel değişkenlere göre değerlendirir.

**Adım 3:** Karar vericilerin değerlendirmeleri, kullanılan dilsel değişkenlere göre üçgensel ya da yamuk bulanık sayılara dönüştürülür.

**Adım 4:** Karar vericilerin kriterlere  $(i)$  verdikleri önem ağırlıkları birleştirilerek *Eşitlik 30*'daki gibi kriterlerin bütünleştirilmiş bulanık ağırlığı “ $\tilde{W}_i$ ” hesaplanır.

$$\tilde{W}_i = \frac{1}{n} \left[ \sum_{e=1}^n \tilde{W}_i^e \right], \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (30)$$

**Adım 5:** Karar vericilerin her bir kriter altında alternatifleri ( $j$ ) bulanık sayılarla değerlendirmeleri sonucu elde edilen bulanık sayılar birleştirilerek *Eşitlik 31*'deki gibi  $i$ . kritere göre  $j$ . alternatifin önem ağırlığı ile hesaplanır.

$$X_{ij} = \frac{1}{n} \left[ \sum_{e=1}^n \tilde{X}_{ij}^e \right], \quad j = 1, 2, \dots, k \quad (31)$$

Bulanık karar matrisi *Eşitlik 32*'deki oluşturulur. Eşitlikte,  $C_i$  kriterine göre  $A_j$  alternatifinin derecesi  $\tilde{X}_{ij}$ ,  $i$ . kriterin önem ağırlığı  $\tilde{W}_i$  ile gösterilmiştir.

$$D = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_k \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \dots \\ A_m \end{matrix} & \begin{pmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1k} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mk} \end{pmatrix} \end{matrix} \quad \tilde{W} = [\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \dots, \tilde{w}_m] \quad (32)$$

**Adım 6:** Bulanık karar matrisinde en iyi ve en kötü bulanık değerleri *Eşitlik 33*'deki gibi belirlenir.

$$f_i^* = \max_j f_{ij}, \quad f_i^- = \min_j f_{ij} \quad (33)$$

**Adım 7:**  $\tilde{S}_j$  ve  $\tilde{R}_j$  değerleri *Eşitlik 34* ve *Eşitlik 35*'teki gibi hesaplanır.

$$\tilde{S}_j = \sum_{i=1}^m \tilde{w}_i (f_i^* - \tilde{x}_{ij}) / (f_i^* - f_i^-) \quad (34)$$

$$\tilde{R}_j = \max_j \left[ \tilde{w}_i (f_i^* - \tilde{x}_{ij}) / (f_i^* - f_i^-) \right] \quad (35)$$

$\tilde{S}_j$  indeksi,  $\tilde{w}_i$  kriterlerin ağırlığını ve önemini ifade ederken her bir kriterlere göre  $i$ . alternatifin en iyi bulanık değere uzaklığının toplam değeridir.

$\tilde{R}_j$  indeksi ise  $j$ . kritere göre  $i$ . alternatifin bulanık en kötü değerlere olan maksimum uzaklığıdır ve  $\tilde{X}_{ij}$ ,  $j$  kriteri açısından  $A_i$  alternatifi için performans skorunu gösterir.

**Adım 8:**  $\tilde{S}^*$ ,  $\tilde{S}^-$ ,  $\tilde{R}^*$ ,  $\tilde{R}^-$ ,  $\tilde{Q}_j$  değerleri hesaplanmalıdır.

$\tilde{S}_j$  maksimum grup faydası anlamına gelir ve  $\tilde{S}^*$  maksimum grup faydasının minimum değeri anlamına gelmektedir ve *Eşitlik 36*'daki gibi hesaplanır.

$$\tilde{S}^* = \min_j \tilde{S}_j, \quad \tilde{S}^- = \max_j \tilde{S}_j \quad (36)$$

$\tilde{R}_j$ , minimum karşıt görüş ya da bir başka deyişle minimum bireysel pişmanlığı ifade ederken,  $\tilde{R}^*$  değeri bu değerlerin en küçük skorudur ve *Eşitlik 37*'deki gibi hesaplanır.

$$\tilde{R}^* = \min_j \tilde{R}_j, \quad \tilde{R}^- = \max_j \tilde{R}_j \quad (37)$$

$\tilde{Q}_j$  değeri ise maksimum grup faydası ve farklı görüştekilerin minimum bireysel pişmanlığını birlikte değerlendirir ve *Eşitlik 38*'deki gibi hesaplanmaktadır.

$$Q_j = v \frac{(S_j - S^*)}{S^- - S^*} + (1 - v) \frac{(R_j - R^*)}{R^- - R^*} \quad (38)$$

Eşitlikte yer alan  $v$  değeri maksimum grup faydasını sağlayan stratejinin önemi,  $1 - v$  ise bireysel pişmanlık değerini ifade eder ve uzlaşmacı çoğunluk için  $v$  değeri 0.50 alınabilir (Opricovic, 2011).

Çalışmalarda  $v$  değerinin farklı şekillerde de alındığı görülmektedir.

- $v$  değerinin “0.00” alınması kararın bireysel pişmanlıklara göre verileceği,



- $v$  değerinin “0.00-0.50” aralığında alınması bireysel pişmanlık ağırlıklı karar verileceği
- “0.50-1” aralığında alınması grup faydası ağırlıklı karar verileceği,

alınması ise kararın tamamen grup faydasına göre verileceği anlamına gelir (Çelikkilik, 2015).

Hesaplama da alınan  $v$  değerinin bir başka yorumu şu şekildedir;

- $v > 0.5$  ise “çoğunluk oyu”
- ( $v = 0.5$ ) ise “uzlaşma”
- $v < 0.5$  ise “red/veto” ile uzlaşma sağlanabilir.

**Adım 9:** Karar verme işleminin yaklaşık değerlerle gerçekleştirilmesi istenmemektedir. Bu sebeple bulanık sayılar üzerinden yapılan matematiksel işlemlerin durulaştırılması yani *Adım 3*’te verilen bulanıklaştırılma işleminin tersi olarak bulanık çıktı kümesinden kesin değerler elde edilmesi gereklidir. Alanyazında pek çok durulaştırma yöntemi mevcuttur. Bu yöntemlerden biri ortalama metoduna göre durulaştırma işlemidir. Bu yöntemle göre  $C = (c_1, c_2, c_3)$  gibi bir üçgen bulanık sayı *Eşitlik 39*’a göre gerçek sayıya dönüştürülür (Kaya & Kahraman 2010).

$$P(\tilde{C}) = C = \frac{(c_1 + c_2 + c_3)}{6} \quad (39)$$

Bir diğer yöntem ise *Eşitlik 40*’ta verilen En İyi Gerçek Sayı Değeri (Best Nonfuzzy Performance Value - BNP ) ile durulaştırmadır.

$$BNP_i = \frac{(c_3 - c_2) + (c_2 - c_1)}{3} + c_1 \quad (40)$$

Durulaştırma işlemi sonucu elde edilen durulaştırılmış  $\tilde{S}_j$  ve  $\tilde{R}_j$  ve  $\tilde{Q}_j$  değerlerine göre alternatifler sıralanır.  $\tilde{Q}_j$  indeksin en küçük değeri en iyi alternatifi gösterir.

**Adım 10:** Uzlaştırıcı çözümün belirlenmesi için durulaştırılmış  $\tilde{S}_j$  ve  $\tilde{R}_j$  ve  $\tilde{Q}_j$  değerlerine göre alternatifler sıraları kontrol edilir.  $\tilde{Q}_j$  indeksine ait sıralama yer alan en küçük indeks değerine sahip alternatifin en iyi alternatif olarak belirlenebilmesi için aşağıda belirtilmiş olan iki koşul sağlanmalıdır.

*Koşul 1:* Kabul edilen avantaj koşulu sağlanmalıdır ve koşul *Eşitlik 41*'deki gibidir.

$$Q(a'') - Q(a') \geq DQ \quad (41)$$

$\tilde{Q}_j$  tarafından sıralanan listede,  $a'$  değeri en iyi alternatif iken  $a''$  ise en iyi ikinci alternatiftir.  $DQ$  değeri ise *Eşitlik 42*'deki gibi hesaplanmaktadır. Eşitlikte yer alan  $J$  değeri ise sıralanan alternatif sayısını göstermektedir.

$$DQ = 1/(J-1) \quad (42)$$

*Koşul 2:* Karar vermedeki kabul edilebilir istikrar koşulu sağlanmalıdır. Bu koşulun sağlanabilmesi için  $\tilde{Q}_j$  indeksine göre birinci sırada yer alan alternatifin  $\tilde{S}_j$  ve/veya  $\tilde{R}_j$ 'ye göre sıralanan listede de birinci sırada yer alması gereklidir (Opricovic ve Tzeng, 2004).

Eğer 1. koşul sağlanamıyorsa *Eşitlik 38* tersine döner ve  $Q(a^M) - Q(a') < DQ$  şeklinde olur. Bu durumda  $a'$  ve  $a^M$  aynı uzlaştırıcı çözümdür. Uzlaştırıcı çözümler  $a'$ ,  $a''$ , ...  $a^M$  benzer olduğundan,  $a'$  karşılaştırmalı bir üstünlüğe sahip değildir.

Eğer 2. koşul kabul edilmezse,  $a'$  karşılaştırmada bir üstünlüğe yani nispi bir avantaja sahip olmasına rağmen karar vermede istikrar yoktur, tutarsızlık vardır. Bu nedenle  $a'$  ve  $a''$  nin uzlaştırıcı çözümü aynıdır.

En iyi alternatifin seçimi için en küçük  $\tilde{Q}_j$  değerine sahip alternatif en iyi çözüm olarak belirlenir (Akyüz, 2012; Yıldız & Deveci, 2013; Yıldız, 2014).

### 2.3. İLGİLİ ARAŞTIRMALAR

Bulanık mantık yaklaşımı, birden fazla kriterin birlikte işe koşulduğu çok kriterli karar verme problemlerinde insani düşünce yapısına benzerliği sayesinde hem insani olarak verilen kararlarda hem de makine öğrenmelerinde pek çok uygulama alanı bulmuştur. Karar verme durumlarında oluşan belirsizlik, yaşamamızın her alanında olduğu gibi eğitimsel kararların alınması durumlarında da mevcuttur. Bu belirsizliğin en aza indirilmesi amacıyla eğitim alanında bulanık mantık yaklaşımının kullanılması üzerine yurt dışında çok sayıda araştırma yapılmıştır. Bu çalışmalar incelendiğinde bulanık mantık yaklaşımının eğitimde ölçme ve değerlendirme alanında da kullanıldığı göze çarpmaktadır (Bai & Chen, 2008; Biswas, 1995; Chang & Sun, 1993; Cheng & Yang, 1998; Echauz & Vachtsevanos, 1995; Hammadi & Milne, 2003; Law, 1996; Ma & Zhou 2000; Wu, 2003; Wilson vd., 1998). Yurt içinde, bulanık mantık yaklaşımının özellikle çeşitli mühendislik alanlarında sıklıkla kullanıldığı, son yıllarda ise eğitim alanında yapılan çalışmalarda bulanık mantık yaklaşımına yer verildiği görülmektedir. Eğitim alanında yapılan çalışmaların; akademik performans değerlendirme (Ertuğrul, 2006; Kaptanoğlu & Özok, 2006), bir kuruma öğrenci seçimi (Erümit, 2007; Çiçekli & Karaçizmeli, 2013), bulanık mantık ile oluşturulmuş çeşitli sınav sistemleri (Daldal, 2010; Demirçelik, 2010; Taşkırda, 2013; Topal, 2013) gibi konularda yoğunlaştığı söylenebilir. Eğitimde bulanık mantık yaklaşımının kullanılmasına ilişkin yapılan araştırmalardan başlıcaları aşağıda verilmiştir.

Chen ve Lee (1999), Biswas (1995) tarafından öğrenci cevaplarının değerlendirilmesinde ilişkin geliştirilen yöntemle dikkat çekerek öğrencilerin cevaplarını değerlendirmek için bulanık kümeler kullanılmasına ilişkin yeni bir yöntem önermiştir. Bu yöntemin Biswas yönteminde yaşanan eksikleri gidermesi amaçlanmaktadır. Yöntemin karmaşık eşleştirme işlemlerini gerçekleştirerek öğrenci cevaplarını daha adil bir şekilde değerlendirebildiği belirtilmiştir.

Chaudhari, Khot ve Deshmukh (2012), yükseköğretimde sunulan eğitimin kalitesini artırmanın bir yolu olarak akademisyenlerin öğretim faaliyetlerinde performanslarının değerlendirilmesi gerektiğini belirtmiş ve bunun için bulanık mantık yaklaşımının kullanıldığı bir sistem önerisinde bulunmuştur. Öğrencilere geribildirim verilmesi, öğretme öğrenme süreci, akademisyenin akademik gelişimi,

kişisel beceriler ve yetenekler gibi özellikler akademisyenlerin performans değerlendirme kriterleri olarak belirlenmiştir. Değerlendirmelerde öznellik, belirsizlik ve kesin olmayan bilgiler bulunması nedeniyle sistemde bulanık küme teorisinden faydalanılmasının daha doğru sonuçlarını verebileceği belirtilmiştir. Oluşturulan bu bulanık modelin, eğitim kurumlarında öğretmenlerin kalitesini artırmak ve öğretme öğrenme sürecini verimli bir şekilde planlamak adına büyük bir destek oluşturacağı düşünülmektedir.

Musani ve Jemain (2015), okulların akademik performansının değerlendirilmesinde, alternatiflerin sıralanmasında bileşik bir indeks sonucu ortaya koyan bulanık VIKOR yöntemi tercih etmişlerdir. Çalışmada, okulların sıralaması için rasyonel bir yöntem geliştirilmesi amacıyla performans değerlendirmede dikkate alınacak kriterler ve performansı değerlendirilecek on adet okul belirlenmiş hem kriterlerin önem ağırlıklarının belirlenmesinde hem de okulların değerlendirilmesinde yamuk bulanık sayılardan yararlanılmıştır. Sonuçlara göre, bulanık TOPSIS yönteminin, çok kriterli karar verme yöntemlerinin kullanımının getirdiği sınırlamaları çözebileceğini, okulların gerçek performans durumlarını doğru bir şekilde yansıtabileceği saptanmıştır.

Song ve Zheng (2015), yüksekokullarda öğretim kalitesinin sadece öğrencilerin gelişimi ile ilgili değil ülkelerin geleceği ile ilgili olduğu ve yüksekokullarda öğretim kalitesinin değerlendirilmesi gerektiği üzerinde durmuşlardır. Öğretim kalitesinin değerlendirilmesinde Prof. Deng Julong tarafından geliştirilen Gray korelasyon yöntemini, alternatifleri en yakın ideal çözüme göre sıralayan TOPSIS yöntemi ile birleştirerek geliştirilmiş Gray-TOPSIS yöntemini önermiştir. Geliştirilen bu yöntemle beş uzmandan belirli kriterleri dikkate alarak (ders planı, öğretim becerisi, iletişim becerisi, ders içeriği vb.) öğretim kalitesini değerlendirmeleri istenmiş, kriterlerin önem ağırlıkları belirlenerek alternatifler sıralanmıştır. Deneysel sonuçlardan elde edilen verilerle Gray-TOPSIS yönteminin eğitim kalitesini değerlendirmek için geçerli ve güvenilir olduğu belirtilmiştir.

Thakre, Chaudhari ve Dhawade (2017), öğrencilerin, eğitim kurumlarının ve toplumun iyileştirilmesi için öğretmen performansının değerlendirilmesinde bulanık

mantık yaklaşımından yararlanılması üzerinde durmuştur. Öğretmen performansının değerlendirilmesi için mevcut yöntemlerin, katı sınırlar şeklinde net verilere dayandığını ancak yapılan değerlendirmelerde karar verme sürecinin insan düşünmesine benzer şekilde çalışması gerektiği, daha güvenilir ve etkili performans değerlendirme kuralları gerekli olduğu belirtilmiştir. Bu sebeple öğretmen performansının kalitesini sıralarken, kurumun gerektirdiği şekilde çoklu girdilere dayalı bulanık uzman sistemi önerilmiştir. Önerilen yöntemde, öğretmen performansının değerlendirilmesinde kullanılacak girdi değişkenleri (geri bildirim, öğretim-öğrenme süreci, araştırma ve geliştirme çalışmaları, üniversite çalışmalarına katılım, sosyal faaliyetler vb.) bulanıklaştırılmış, öğretmenlerin değerlendirme sonucunda elde edilen genel performansları ise çıktı olarak değerlendirilmiştir. Öğretmen performansı değerlendirilmesinde karşılaşılan karmaşıklığın bulanık mantık modeli ile giderilerek gerçekçi sonuçlarla büyük ölçüde eşlenen çıktı değişkenleri hesaplanabildiği belirtilmiştir. Bu nedenle önerilen model öğretmenlerin genel performansını ölçmek için daha güvenilir ve esnektir.

Kuşçu (2007), bulanık mantık yaklaşımı ile eğitimde performans değerlendirmenin gereksinim ve nedenleri üzerinde durmuş ve öğretim elemanı performans seviyelerinin değerlendirme süreçlerinde bulanık mantık yaklaşımını kullanarak bir model önerisinde bulunmuştur. Bu model bilgisayar programı tasarlanarak örnek uygulamalarla test edilmiştir. Çalışmanın sonuçlarında bulanık mantık yaklaşımının insan düşüncesine ve davranışlarına benzer biçimde çalıştığı, performansı değerlendirilecek adayların yetenek ve yeterliliklerinin karşılaştırılmasına imkân verdiği için öğretim elemanlarının değerlendirilmesinde uygulanabilir olduğu, değerlendirme adımlarına karışabilen kişisel yanlılık gibi objektif olmayan durumların en aza indirildiği ve kompleks hesaplamaların hızlı biçimde yapabildiği belirtilmiştir.

Demirçelik (2010), eğitimde kullanılan ölçme araçlarını incelemiş ve bulanık mantık yaklaşımında Chen ve Lee'nin değerlendirme metodunu kullanarak "Bağımsız Bulanık Sınav Sistemi" adı verilen yeni bir sınav sistemi oluşturmuştur. Bu sınav sisteminde her bir sorunun kolaydan zora doğru alternatifleri olup her kapasitedeki öğrencinin değerlendirilmesine imkân tanınmaktadır. Bağımsız Bulanık Sınav Sistemleri'nde, alternatif sorulara farklı üyelik dereceleri verilerek bulanık kümeler

elde edilmiştir. Öğrencinin soruları seçme şansı bulunmaktadır ancak soruların puan değerleri [0,1] aralığında değer almaktadır. Bu sebeple öğrencinin çözdüğü soruların zorluk seviyelerine göre sınavdan aldığı toplam puan değişmektedir.

Bagherzadeh Asl Miyandoab (2011), tarafından ortaya konan çalışmada eğitim düzeyinin ve verimliliğinin artırılmasına yol göstermesi amacıyla Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi bünyesinde eğitim vermekte olan bölümlerin, akademik performanslarının ölçülmesi ve bu bölümlerin verimlilik seviyelerine göre sıralanması hedeflenmiştir. Mühendislik fakültesi bölümlerinin akademik performans değerlendirmesinin birden fazla kriter ve ölçüt açısından değerlendirilmesi gerektiğini ve değerlendirmelerin belirsiz bir doğasının olduğunu belirterek sıralama yöntemi olarak, çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden alternatiflerin ideal çözüme olan uzaklığına göre sıralama yapılmasına imkân sağlayan bulanık TOPSIS yöntemi seçilmiştir. Yöntem için gerekli olan kriterlerin ve kriter ağırlıklarının belirlenmesinde, görüşleri dilsel değişkenlerle ifade eden anketlerden yararlanılarak uzman görüşlerinden yararlanılmıştır ve bu görüşler iki aşamalı Delfi metodu kullanılarak elde edilmiştir. Bu verilere dayanan uygulama sonunda elde edilen sıralama, sayısal anket uygulaması ile karşılaştırılmıştır. Alınan sonuçlar, görüşlerin ifadesinde dilsel veya sayısal değerlendirme kullanılmasının ağırlık sıralamasına değişiklik getirdiği hâlde nihai sonuç üzerinde bir değişikliğe neden olmadığını göstermiştir. Kriterler ve kriter ağırlıkları kullanılarak TOPSIS uygulaması yapılmış ve bölümlerin ideal çözüme yakınlık sıralaması elde edilmiştir. Ardından duyarlılık analizi yapılarak sıralamayı değiştirebilecek en etkin kriterler belirlenmiştir. İlgili bölümlerde performansın artırılması ve sıralamada ilerleme istenmesi durumunda bu ölçütlere ait değerlerin iyileştirilmesi gerektiği belirtilmiştir.

Çebi (2011), öğrenci performanslarının değerlendirilmesinde bulanık çok kriterli karar verme yöntemlerinin kullanımını incelemiştir. Öğrenci performans değerlendirmesi sürecinde değerlendiricilerin öznel yargılarının karar verme süreçlerinde etkili olması nedeniyle oluşan belirsizliğe dikkat çekmiştir. Araştırmada Karadeniz Teknik Üniversitesi, “Çoklu Ortam Tasarım ve Üretimi” dersi 3. sınıf öğrencilerinin performansları bulanık çok kriterli karar verme yöntemlerinden olan bulanık AHP, bulanık TOPSIS yöntemleri ve klasik değerlendirme yöntemiyle

değerlendirilmiş ve değerlendirme sonuçları uzman görüşü alınarak karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre bulanık TOPSIS yönteminin bulanık AHP yöntemine göre, Klasik yöntem ile elde edilen sonuçlara daha benzer sonuçlar verdiği görülmüştür. Ayrıca bulanık mantık yaklaşımı ile yapılan değerlendirmenin karar vericinin öznel yargılarından kaynaklanan hataların en aza indirilmesini sağlayarak klasik yöntemlerle elde edilen sonuçlara göre daha hassas ve doğru sonuçlar hesapladığı belirlenmiştir. Yöntemin farklı değerlendirme amaçları için de kullanılabileceği düşünülmektedir.

Ersoylu (2011), Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü'ne öğrenci seçiminde AHP, bulanık AHP ve bulanık VIKOR yöntemleri ile performans ölçümü üzerine çalışmıştır. Çalışmada öğrenci performanslarının değerlendirilmesinde İngilizce dil notu, ALES notu, mezuniyet derecesi gibi niceliksel kriterlere ek olarak takım çalışmasına uygunluk, yaratıcı olma gibi öğrencin kişilik özellikleri olan nitel kriterler de dikkate alınmıştır. Kriterlerin önem ağırlıklarının belirlenmesi ve alternatiflerin değerlendirilmesi için uzman görüşüne başvurulmuştur. AHP, bulanık AHP ve bulanık VIKOR yöntemleri ile öğrenciler değerlendirilmiş ve yöntemlerin avantaj ve dezavantajları ortaya koyulmuştur. AHP yönteminin avantajları olarak karar probleminde nitel ve nicel kriterlerin aynı anda kullanılması, dezavantajı olarak ise uzmanların karar verme adımlarında iki alternatifi kıyaslarken kesin bir karara varamamaları nedeniyle oluşan belirsizlik ve değerlendirme adımlarında kriterlere veya alternatiflere klasik sayı atamakta güçlük çekmeleri belirtilmiştir. Bulanık AHP yönteminin klasik sayılar yerine dilsel ifadelerin kullanılması, karar vericilere kolaylık sağlamış ve karar verme sürecinde oluşan belirsizliği ortadan kaldırmış, bulanık AHP yöntemi ile alternatiflere verilen önem dereceleri AHP yöntemi ile yapılan değerlendirmeye göre farklı çıkmıştır. Bulanık VIKOR yönteminde ise yöntemlerin hesaplama adımları diğer yöntemlere göre farklı olduğu için ilk iki yönteme göre farklı bir sıralama sonucu elde edilmiştir. Ayrıca yöntem ikili karşılaştırmalar yapmadığı ve hiyerarşik bir yapının kurulmasına gerek olmadığı için diğer iki yönteme göre daha kolaydır.

Altun Türker (2012)'in yüksek lisans tezinde üniversitelerin web tabanlı uzaktan eğitim yönetim sistemlerinden (ÖYS) en uygun olanı seçmelerine yönelik bulanık çok kriterli karar verme yöntemleri ile çalışma yapılmıştır. Çalışmada ÖYS seçiminde

önemli olan kriterlerin bulunması ve alternatifler arasında en iyisini belirlemek amaçlanmıştır. İnsan düşünce sisteminin kesin değerleri değil aralıklı değerleri kullanmayı daha çok tercih etmesi sebebiyle hiyerarşik bulanık problemleri çözmek için geliştirilen bulanık AHP modeli ve ideal çözümden en yakın uzaklığa dayanan bulanık TOPSIS modeli ve bu iki yöntemi birleştirilerek üç farklı şekilde uygulama yapılmıştır. Bulanık AHP yöntemi seçim kriterlerinin ağırlıklarının belirlenmesi için, alternatiflerin sıralanması için ise bulanık TOPSIS yönteminden yararlanılmıştır. Üç yöntemde de en önemli kriterler “İçerik Yönetimi ve Geliştirme” kriteri olarak ortaya çıkmıştır. Aynı şekilde tüm yöntemlerde seçilebilecek en iyi alternatif ise pek çok üniversite tarafından tercih edilen “Moodle” olarak belirlenmiştir. Bu durum yapılan çalışmanın mantıklı ve tutarlı olduğunu göstermektedir.

Arslan (2019), öğretmen performansının bulanık mantık yaklaşımı ile değerlendirilmesine ilişkin çalışmasında bulanık mantık yöntemi ve geleneksel (klasik) yöntemle elde edilen değerlendirme sonuçlarını karşılaştırarak yöntemlerin olumlu ve olumsuz yönlerini ortaya koymuştur. Öğretmen performansını belirlemek adına Milli Eğitim Bakanlığı tarafından geliştirilmiş olan değerlendirme formu uygulanarak öğretmen, müdür ve öğrencilerden veriler toplanmış ve Matlab programında bulunan Fuzzy Logic Toolbox aracı kullanılarak bulanık mantık temelli bir sistem tasarlanmıştır. Sitemde öğretmen, müdür ve öğrencilerden toplanan veriler giriş değişkenleri, öğretmenin nihai performans puanı ise çıkış değişkeni olarak belirlenmiştir. Uzman görüşlerinden de yararlanılarak ve Mamdani bulanık çıkarım modeli kullanılarak sistemde durulaştırma işleminden sonra öğretmen performans değeri elde edilmiştir. Öğretmen performansları klasik yöntemle de değerlendirildikten sonra iki değerlendirme sonucu betimsel istatistikler (standart sapma, ortalama), Pearson korelasyonu ve T-testi kullanılarak karşılaştırılmıştır. Değerlendirme sonucunda elde edilen bulanık ve klasik yöntemle elde edilen puanlar arasında anlamlı bir fark olduğu ve puanlar arasında pozitif ve yüksek seviyede ilişki olduğu sonucuna varılmıştır.

Çalışmalar incelendiğinde birden fazla kriterin dikkate alınarak değerlendirme yapılması gereken durumlarda bulanık mantık yaklaşımından yararlanılmasının daha hassas ve doğru sonuçlar ortaya koyduğu, ayrıca VIKOR ve TOPSIS yöntemlerinin



değerlendirme ve alternatifler arasından seçim yapma işlemlerinde kullanımının avantajlı olduğu gözlemlenmiştir. Bu bilgilerden yola çıkarak, özellikle ülkemizde yapılan çalışmalar dikkate alındığında, bulanık mantık yaklaşımının eğitimsel kararlarda kullanımının artmasının alana katkı getireceği düşünülmektedir.



## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### 3. YÖNTEM

Bu bölümde, araştırmanın modeli, verilerin toplanması ve çalışma grubu oluşturulması için gerçekleştirilen simülasyon çalışmaları ve verilerin analizi hakkında bilgi verilmiştir.

#### 3.1. Araştırma Modeli

Bu araştırma, test geliştirme adımlarından biri olan madde havuzundan madde seçimi işleminin, birden fazla kriter ve birden fazla değerlendirici tarafından gerçekleştirilmesi durumunda, uzmanların uzlaşık bir çözüme varmasına ve bu çözüm sürecinde insan düşünmesine benzer şekilde çalışan bulanık mantık yaklaşımı ile madde seçim işleminin gerçekleştirilmesine yönelik hazırlanmıştır. Araştırmada bulanık mantık yaklaşımının madde seçim işlemini gerçekleştirebilme durumu, bulanık TOPSIS ve bulanık VIKOR yöntemleri ile sınanmış ve iki farklı yöntem ile madde seçimi yapıldığında oluşan benzerlik ve farklılıklar üzerinde durulmuştur. Araştırma, bulanık yöntemlerin test geliştirmede madde havuzundan madde seçiminde kullanılması bakımından temel araştırma modelindedir. Temel araştırmalar, kuramlara dayanarak geliştirdiği varsayımları test ederek, test sonuçlarını bilimsel olarak yorumlayarak ortaya çıkaran araştırmalardır (Karasar, 2010).

#### 3.2. Simülasyon Tasarımı

Yöntemlerin kullanımı için gerekli olan verilerin tamamı bilgisayar ortamında Microsoft Excel programı ile simüle edilmiştir. Simülasyon çalışmaları iki adımda gerçekleştirilmiştir.

Birinci adımda, yöntemlerin uygulanması için gerekli olan veriler hazırlanmadan önce madde seçiminde yer alacak uzmanların, değerlendirme kriterinin ve madde havuzunda bulunan maddelerin sayısına karar verilmiştir. Madde redaksiyonu ve seçiminde alan uzmanları, dil uzmanları, ölçme ve değerlendirme uzmanları ve gerekli durumlarda eğitim sosyoloğu, psikoloğu yer alabilir. Bu uzmanlar düşünülerek yaklaşık bir sayı ile değerlendirme komisyonunda beş uzman bulunmasına karar verilmiştir.

Değerlendirme kriterleri belirlenirken alanyazında deneme uygulaması, ardından nihai teste madde seçimi yapılmasında madde güçlüğü ve madde ayırt edicilik indekslerine dikkat edilmesi (Crocker & Algina, 2006: s. 315; Çetin, 2019: s. 277; Thorndike & Thorndike-Christ, 2017: s. 309; Turgut & Baykul, 2019: s. 237) ve başarı testlerinde madde seçmede, testin kapsam geçerliği ve maddenin ölçtüğü davranışın ön planda tutulması (Baykul, 2015: s. 335) gerektiği vurgusu dikkate alınmıştır. Bu sebeple çalışmada kullanılan kriterler madde güçlüğü, madde ayırt ediciliği ve maddenin ölçülmek istenilen kazanıma ait davranışa uygunluğu (kazanıma uygunluk) olarak belirlenmiştir.

Çalışmada kriterlere verilen önem derecelerinin alanyazınla uyum göstermesi istenmiştir. Alanyazında madde seçiminde öncelikli olarak hangi kritere dikkate edileceği kaynaklarda farklılık göstermektedir. Örneğin Turgut ve Baykul (2019: s. 237) tarafından her davranış için deneme uygulamasına alınan üç maddeden bir tanesi seçilirken öncelikle üç madde içerisinde ayırıcılık gücü en yüksek olanın alınması, eğer en yüksek ayırıcılık gücüne sahip olan madde gerekli şartı sağlamıyorsa düzeltme yapılması ve sonra testin istenen tahmini ortalama güçlüğüne göre alternatif maddenin güçlük katsayısı dikkate alınarak seçim işleminin tamamlanması önerilmiştir. Bu noktada öncelikli olarak ayırt edicilik indeksine dikkat edildiği görülmektedir. Baykul (2015: s. 335)'a göre başarı testlerinde madde seçmede, testin kapsam geçerliği ve maddenin ölçtüğü davranış ön planda düşünülür ve maddeler alt alta sıralanarak, güçlük ve ayırt edicilik indeksleri bir grafikte gösterilir ve testin amacı dikkate alınarak belirlenen kriterlere göre madde eleme yöntemine gidilir. Madde seçiminde öncelikle maddenin ölçtüğü davranışa dikkat edilmekte madde güçlüğü ve ayırt ediciliği eş zamanlı olarak değerlendirilmektedir.

Değerlendirme komitesinde yer alan beş uzman için *Tablo 2.*'de belirtilen sözel ifadeler dikkate alınarak her bir kritere ayrı ayrı sözel ifadelerin atanması sağlanmıştır. Çalışmada kullanılan kriterlerin hepsi alanyazında madde seçiminde dikkate alınması önerilen önem derecesi yüksek kriterdir. Bu sebeple kriterler dilsel değişkenlerle değerlendirilirken *Tablo 2*'de yer alan “Çok Düşük (ÇD)” ve “Düşük (D)” sözel ifadeleri kullanılmamış “Orta (O)”, “Orta Yüksek (OY)”, “Yüksek (Y)” ve “Çok Yüksek (ÇY)” değerleri atanmıştır. Bir test geliştirme işleminin en temel amacı testin ölçmek istediği yapıyı ölçebilmesidir. Bu sebeple çalışmada madde seçiminde önem derecesi en yüksek tutulan kriter “kazanıma uygunluk” olarak belirlenmiştir. Madde ayırt ediciliği şartını sağlayamayan maddelerin düzeltilmesi, düzeltme yapılamıyorsa teste alınmaması durumuna dikkat edilerek bu kriterin ikinci sırada önemli olması ve üçüncü sırada ise madde güclüğü kriterinin gelmesine dikkat edilmiştir.

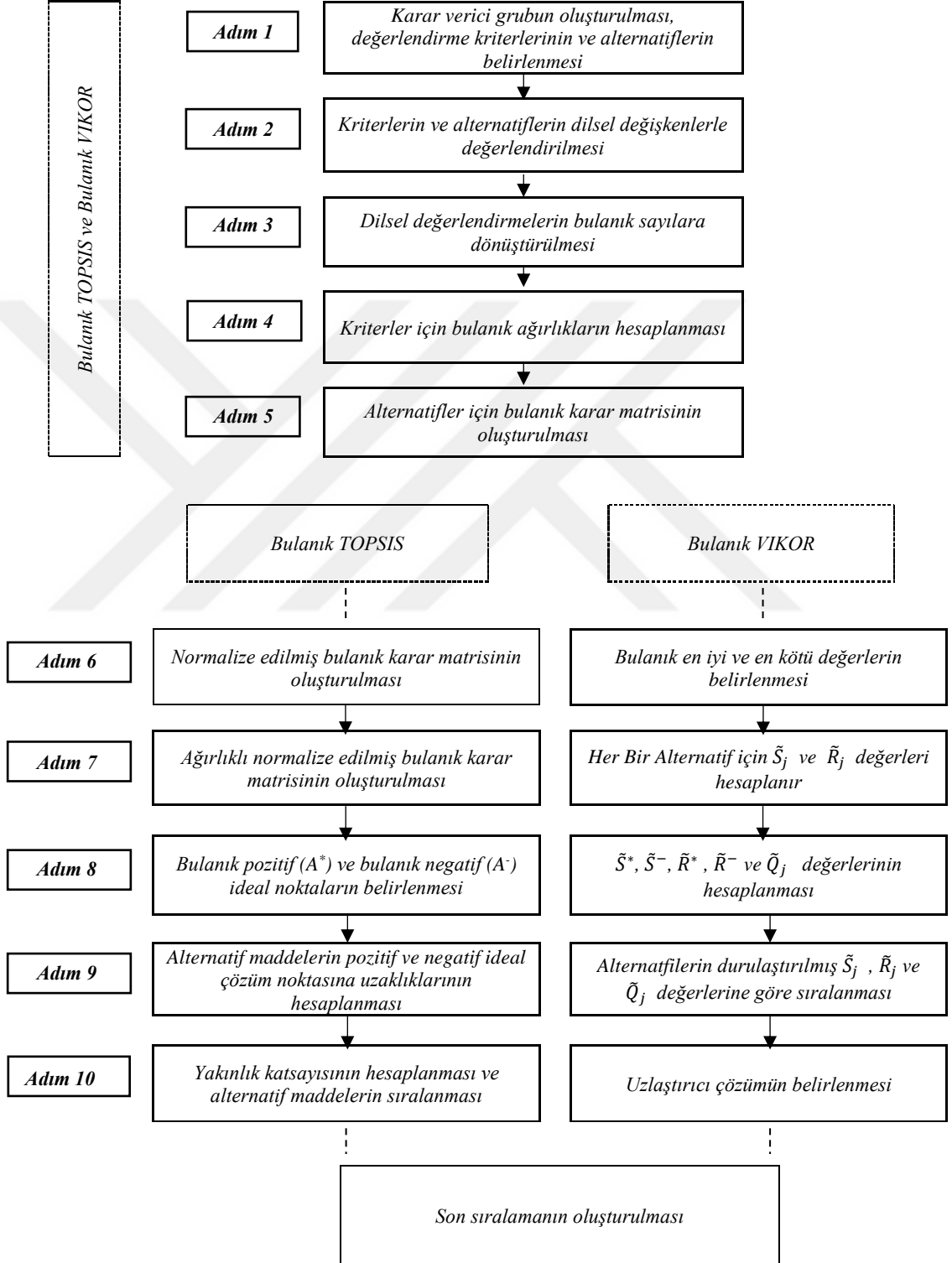
Simülasyon çalışmalarının ikinci adımında madde havuzu oluşturulması amacıyla alternatif madde verileri üretilmiştir. Test geliştirmede belirtke tablosunda yer alan her bir davranışın ölçülmesi için üç madde yazılması önerilir (Atılğan, 2018: s. 284; Turgut & Baykul, 2019: s. 218). Bu sebeple madde havuzunda bulunması gereken madde sayısı nihai teste alınması istenen maddelerin yaklaşık 3-4 katı olmalıdır. Çalışmada nihai teste 20 madde alınması planlanmış bu sebeple madde havuzunun 80 maddeden oluşmasına karar verilmiştir. 80 alternatif maddeye her bir değerlendirici için tüm kriterler altında *Tablo 3.*'te belirtilen “Çok Kötü (ÇK)”, “Kötü (K)”, “Orta Kötü (OK)”, “Epeyce (E)”, “Orta İyi (OI)”, “İyi (İ)” ve “Çok İyi (Çİ)” sözel ifadelerinin rastgele atanması sağlanmıştır.

### **3.3. Verilerin Analizi**

Bu bölümde bulanık TOPSIS yöntemi ile madde havuzunda yer alan alternatif maddelerin yakınlık katsayısı ve bulanık VIKOR yöntemi ile uzlaştırmacı çözüm belirlenmesi için her bir alternatif maddeye ilişkin  $\tilde{S}_j$ ,  $\tilde{R}_j$  ve  $\tilde{Q}_j$  değerleri hesaplanmıştır. Bulanık TOPIS ve bulanık VIKOR yöntemlerinin ayrıntılı çözüm aşamaları *Sekil 6*'da verilmiştir.

## Şekil 6

### Bulanık TOPSIS ve Bulanık VIKOR Yöntemlerinin Çözüm Aşamaları



Yöntemlerinin çözüm aşamalarına dikkat edildiğinde iki yöntemin analizinde izlenmesi gereken ilk beş adımda aynı işlemler gerçekleştirildiği görülmektedir. Bu sebeple bu adımlar bulanık TOPSIS analizi içerisinde anlatılmıştır.

Her iki yönteme ilişkin tüm analizler Microsoft Excel programı üzerinde hesaplanmıştır.

### **3.3.1. Bulanık TOPSIS Yönteminin Uygulanması**

Bu bölümde test geliştirme adımlarından biri olan madde havuzunda yer alan alternatif maddelerden madde seçim işleminin gerçekleştirilmesi işlemi Chen (2000)'in bulanık TOPSIS algoritması aşağıdaki adımlar takip edilerek gerçekleştirilmiştir.

#### ***Adım 1: Karar verici grubun oluşturulması, değerlendirme kriterlerinin ve alternatiflerin belirlenmesi***

Madde seçim işleminde dikkate alınacak olan kriterlerin ve alternatif maddelerin değerlendirilmesi amacıyla öncelikle karar vericilerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu kapsamda alanında tecrübeli uzmanların karar verici olarak seçilmesi istenir ancak alternatif madde verileri simülatif ortamda oluşturulduğu için karar vericilerin sayısı ve kriterlere ilişkin değerlendirmeleri de simülatif olarak belirlenmiştir. Bulanık TOPSIS ve bulanık VIKOR yöntemleri çok kriterli karar verme problemlerinde birden fazla uzmanın uzlaşık bir çözümle karar vermesini sağlar. Madde seçimi işleminde de objektif bir değerlendirme için birden fazla uzmana ihtiyaç duyulur. İdeal şartlarda madde değerlendirme komisyonunda; alan uzmanları, ölçme ve değerlendirme uzmanı ve dil uzmanı bulunması tavsiye edilir (Turgut & Baykul, 2019: s. 218). Bu tavsiye dikkate alınarak madde seçiminde uzlaşık çözümün sağlanıp sağlanmadığının tespit edilmesi için değerlendirme ve karar verme komitesinin beş uzmandan oluşmasına karar verilmiştir.

Uygulamada kullanılacak olan değerlendirme kriterleri belirlenirken alanyazında madde seçiminde dikkate alınması beklenen kriterler göz önünde

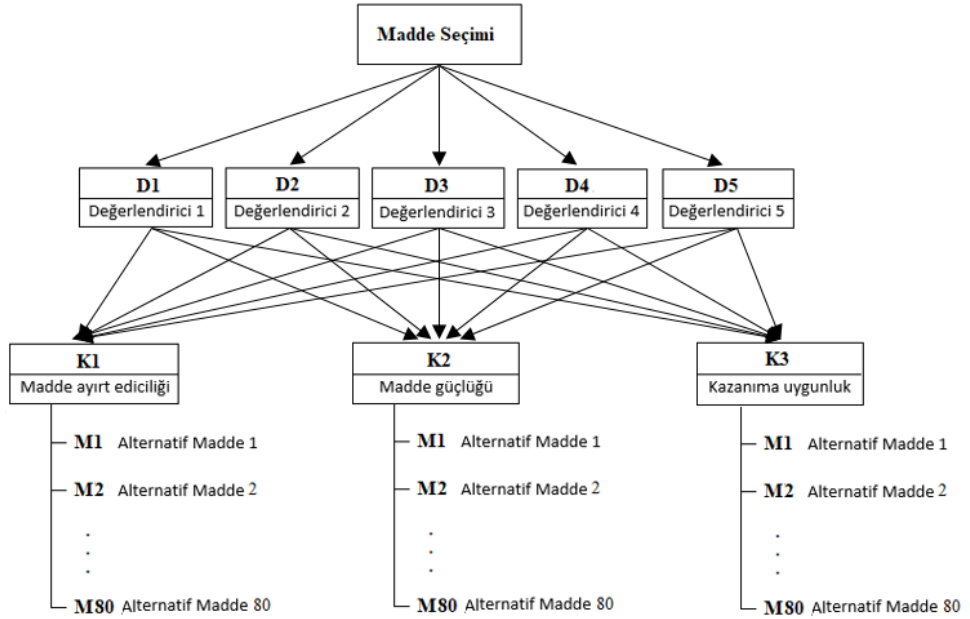
bulundurulmuştur. Bir teste alınması istenilen maddenin ilgili kazanıma ait davranışı gösterebilen ve gösteremeyen öğrencilerin birbirinden ayrılabilmesi, testin amacına uygun olarak maddelerin istenilen güçlük düzeyinde olması ve teste ölçülmesi planlanan belirtke tablosunda belirlenen kazanıma ait davranışa, bilgi ve becerilere uygun olarak yazılması hedeflenir. Maddelerin değerlendirilmesinde kullanılan kriterler; “madde ayırt ediciliği” ve “madde güçlüğü” kısaca “kazanıma uygunluk” olarak belirlenmiştir.

Madde seçim işlemi ardından 20 soruluk bir test oluşturulması istenmektedir. Bu soruların seçileceği madde havuzunda nihai teste alınacak madde sayısının 3-4 katı kadar soru içerdiği varsayılmış ve 80 madde sümilatif olarak oluşturulmuştur.

Bu çerçevede, karar vericilerin değerlendirme yapabilmeleri için 80 alternatif madde (M1, M2, M3, ...M80), 3 değerlendirme kriteri (K1: Madde ayırt ediciliği, K2: Madde güçlüğü, K3: Kazanıma uygunluk) ve 5 kişiden oluşan değerlendirme ve karar verme komitesi (D1, D2, D3, D4, D5) ile uygulamaya konu olan madde seçim probleminin hiyerarşik yapısı Şekil 7’de gösterilmektedir.

### Şekil 7

#### Madde Seçim Probleminin Genel Yapısı



## *Adım 2: Kriterlerin ve alternatiflerin dilsel değişkenlerle değerlendirilmesi*

Değerlendirme komitesindeki her uzman için, *Tablo 2*'de gösterilen dilsel değişkenler dikkate alınarak kriterlerin önem ağırlıkları belirlenmiştir. Değerlendirme için belirlenen kriterlere dikkat edildiğinde bir test maddesinin nihai teste alınabilmesi için öncelikle belirlenen kazanıma ait davranışa uygun olarak yazılmış olması beklenir. Aynı zamanda maddenin ayırt edicilik ve madde güçlük indekslerinin de testin amacına uygun olarak istenilen düzeyde olması beklenir. Bu sebeple gerçek bir değerlendirmede bu üç kriter de karar vermede etkili olan kriterlerdir. Bu durum dikkate alınarak gerçek değerlendirmelere benzer şekilde madde ayırt ediciliği (K1), madde güçlüğü (K2) ve kazanıma uygunluk (K3) kriterlerinin önem dereceleri belirlenirken *Tablo 3*'te bulunan “Çok Düşük (ÇD) ve Düşük (D)” sözel ifadeleri kullanılmamış, “Orta (O), Orta yüksek (OY), Yüksek (Y) ve Çok Yüksek (ÇY)” sözel ifadelerinin kullanılması tercih edilmiştir. Karar vericilerin dilsel değişkenlerle belirlediği kriterlerin önem ağırlıkları *Tablo 4*'te verilmiştir.

**Tablo 4**  
*Karar Vericilerin Dilsel Değişkenlerle Belirlediği Kriter Önem Ağırlıkları*

<b>Kriter</b>	<b>D1</b>	<b>D2</b>	<b>D3</b>	<b>D4</b>	<b>D5</b>
<b>K1</b>	Çok yüksek	Yüksek	Orta	Orta yüksek	Yüksek
<b>K2</b>	Orta	Orta yüksek	Düşük	Yüksek	Orta yüksek
<b>K3</b>	Yüksek	Çok yüksek	Yüksek	Çok yüksek	Yüksek

Alternatif maddelerin önem derecelerinin dilsel değişkenler ile belirlenmesi için her bir karar verici tarafından kriterler özelinde tüm alternatif maddelerin, *Tablo 3*'te gösterilen dilsel değişkenlere göre değerlendirmesi işlemi simülatif verilerle oluşturulmuştur. Karar vericilerin madde ayırt ediciliği kriteri altında kriterleri değerlendirmesi *Tablo 5*'te; madde güçlüğü kriteri altında alternatifleri değerlendirmesi *Tablo 6*'da; kazanıma uygunluk kriteri altında alternatifleri değerlendirmesi ise *Tablo 7*'de verilmiştir.



**Tablo 5**

*Karar Vericilerin Madde Ayırt Ediciliği Kriteri Altında Dilsel Değişkenlerle Belirlediği Alternatif Maddelerin Önem Dereceleri*

Madde	D1	D2	D3	D4	D5	Madde	D1	D2	D3	D4	D5	Madde	D1	D2	D3	D4	D5
M1	K	ÇK	İ	ÇK	OK	M28	ÇK	OK	OK	Çİ	Çİ	M55	ÇK	Oİ	ÇK	E	K
M2	OK	Çİ	Oİ	Çİ	K	M29	E	K	OK	Oİ	K	M56	OK	İ	ÇK	İ	K
M3	OK	Oİ	OK	K	Çİ	M30	Çİ	ÇK	Oİ	İ	K	M57	ÇK	OK	Çİ	ÇK	K
M4	Çİ	OK	Oİ	Oİ	E	M31	İ	OK	E	E	Çİ	M58	ÇK	Çİ	E	E	ÇK
M5	K	E	ÇK	K	E	M32	ÇK	E	OK	OK	K	M59	Çİ	Çİ	İ	ÇK	ÇK
M6	Çİ	ÇK	Oİ	OK	İ	M33	OK	OK	OK	İ	İ	M60	Oİ	Çİ	İ	Çİ	K
M7	Çİ	OK	K	Çİ	Oİ	M34	E	E	K	ÇK	K	M61	Oİ	Oİ	E	K	OK
M8	OK	OK	İ	Oİ	Çİ	M35	Oİ	OK	ÇK	E	Oİ	M62	E	OK	OK	ÇK	İ
M9	OK	İ	E	İ	Oİ	M36	OK	Çİ	OK	OK	E	M63	K	K	OK	Oİ	OK
M10	OK	K	İ	E	Çİ	M37	E	İ	Çİ	E	E	M64	ÇK	ÇK	E	Çİ	OK
M11	Oİ	ÇK	E	Çİ	OK	M38	Oİ	ÇK	OK	İ	E	M65	Oİ	Oİ	E	ÇK	ÇK
M12	Oİ	OK	OK	İ	E	M39	İ	İ	Oİ	ÇK	Oİ	M66	Çİ	K	OK	K	İ
M13	K	OK	İ	İ	Çİ	M40	OK	ÇK	Oİ	E	K	M67	Oİ	K	Oİ	Oİ	OK
M14	OK	OK	İ	Çİ	Oİ	M41	ÇK	Çİ	E	ÇK	OK	M68	İ	Oİ	Çİ	ÇK	Oİ
M15	Oİ	K	K	OK	Çİ	M42	E	ÇK	İ	Çİ	Oİ	M69	ÇK	Çİ	E	ÇK	Çİ
M16	K	OK	OK	Çİ	OK	M43	ÇK	OK	ÇK	İ	Çİ	M70	E	İ	Çİ	İ	K
M17	Çİ	İ	OK	E	Çİ	M44	OK	E	Çİ	E	Oİ	M71	K	K	K	OK	Oİ
M18	Çİ	İ	Çİ	OK	E	M45	İ	OK	E	E	OK	M72	OK	OK	Çİ	K	K
M19	K	OK	İ	Oİ	OK	M46	OK	Çİ	Çİ	E	E	M73	E	OK	Çİ	Oİ	Çİ
M20	Oİ	K	E	ÇK	K	M47	E	Oİ	K	ÇK	Çİ	M74	OK	İ	E	K	OK
M21	ÇK	ÇK	Oİ	Çİ	K	M48	İ	ÇK	OK	İ	Çİ	M75	OK	ÇK	Oİ	Çİ	Çİ
M22	OK	Oİ	Oİ	ÇK	E	M49	K	Çİ	ÇK	OK	K	M76	Oİ	K	E	E	Oİ
M23	E	ÇK	Çİ	E	İ	M50	OK	E	ÇK	ÇK	E	M77	OK	E	K	E	Oİ
M24	OK	Çİ	İ	Çİ	Oİ	M51	İ	K	İ	Çİ	E	M78	Oİ	ÇK	K	ÇK	ÇK
M25	İ	ÇK	E	İ	OK	M52	ÇK	E	K	Oİ	Oİ	M79	OK	Çİ	ÇK	Çİ	ÇK
M26	İ	Çİ	E	İ	K	M53	İ	E	Çİ	E	Çİ	M80	Oİ	OK	ÇK	Çİ	ÇK
M27	Oİ	Oİ	OK	Oİ	Oİ	M54	E	K	K	Çİ	ÇK						

**Tablo 6**

*Karar Vericilerin Madde Güçlüğü Kriteri Altında Dilsel Değişkenlerle Belirlediği Alternatif Maddelerin Önem Dereceleri*

Madde	D1	D2	D3	D4	D5	Madde	D1	D2	D3	D4	D5	Madde	D1	D2	D3	D4	D5
M1	Oİ	Oİ	ÇK	OK	K	M23	K	OK	E	K	Çİ	M45	Oİ	ÇK	Çİ	İ	İ
M2	OK	K	E	K	K	M24	İ	E	İ	Oİ	Çİ	M46	K	Oİ	E	K	K
M3	İ	Oİ	İ	ÇK	OK	M25	Çİ	E	OK	Çİ	OK	M47	E	Oİ	ÇK	OK	ÇK
M4	E	ÇK	E	Oİ	Çİ	M26	İ	Oİ	ÇK	ÇK	Oİ	M48	Oİ	K	E	Oİ	K
M5	E	K	E	Oİ	OK	M27	Çİ	K	E	Çİ	OK	M49	ÇK	OK	Oİ	K	Çİ
M6	İ	Oİ	ÇK	E	İ	M28	Oİ	E	ÇK	E	OK	M50	E	OK	Oİ	OK	Oİ
M7	ÇK	OK	İ	E	ÇK	M29	OK	İ	Oİ	İ	OK	M51	ÇK	E	İ	K	K
M8	Oİ	ÇK	OK	Çİ	Çİ	M30	Çİ	K	Oİ	E	E	M52	ÇK	OK	Çİ	ÇK	OK
M9	İ	Çİ	ÇK	ÇK	İ	M31	K	İ	ÇK	Çİ	OK	M53	Çİ	Çİ	İ	İ	OK
M10	Oİ	İ	İ	K	İ	M32	K	ÇK	K	Oİ	K	M54	ÇK	OK	İ	OK	Çİ
M11	E	ÇK	OK	ÇK	İ	M33	Çİ	İ	Oİ	Oİ	K	M55	Çİ	İ	İ	K	Çİ
M12	OK	K	Oİ	OK	OK	M34	Çİ	ÇK	ÇK	Çİ	Çİ	M56	Çİ	E	E	İ	ÇK
M13	E	OK	Çİ	ÇK	K	M35	Oİ	ÇK	E	E	K	M57	Oİ	Çİ	OK	ÇK	ÇK
M14	K	OK	OK	ÇK	E	M36	Oİ	ÇK	OK	K	E	M58	K	İ	E	K	OK
M15	E	Çİ	OK	İ	Çİ	M37	Oİ	OK	ÇK	ÇK	Oİ	M59	OK	K	OK	OK	ÇK
M16	İ	OK	Oİ	E	ÇK	M38	ÇK	İ	Oİ	Oİ	ÇK	M60	Çİ	ÇK	E	Çİ	İ
M17	ÇK	ÇK	OK	Oİ	Çİ	M39	E	E	ÇK	Oİ	Çİ	M61	ÇK	OK	Oİ	Çİ	İ
M18	OK	E	ÇK	Çİ	İ	M40	İ	Çİ	ÇK	E	E	M62	OK	K	K	ÇK	E
M19	İ	ÇK	İ	Oİ	E	M41	ÇK	ÇK	E	K	OK	M63	Çİ	ÇK	K	K	Oİ
M20	ÇK	K	OK	OK	Çİ	M42	K	E	İ	İ	ÇK	M64	OK	OK	K	K	E
M21	K	İ	OK	İ	E	M43	İ	K	Çİ	E	OK	M65	İ	K	K	ÇK	Çİ
M22	E	ÇK	E	OK	E	M44	OK	ÇK	K	Oİ	OK	M66	Çİ	Oİ	Oİ	Çİ	K

**Tablo 6**

*Karar Vericilerin Madde Güçlüğü Kriteri Altında Dilsel Değişkenlerle Belirlediği Alternatif Maddelerin Önem Dereceleri(Devam)*

Madde	D1	D2	D3	D4	D5	Madde	D1	D2	D3	D4	D5	Madde	D1	D2	D3	D4	D5
M67	İ	İ	İ	İ	E	M72	İ	Çİ	Çİ	Çİ	Çİ	M77	E	İ	K	İ	Çİ
M68	OK	ÇK	K	Oİ	İ	M73	Oİ	Çİ	E	Çİ	E	M78	Çİ	Çİ	Çİ	ÇK	İ
M69	K	K	OK	Çİ	Çİ	M74	İ	E	K	OK	K	M79	E	E	İ	K	E
M70	Çİ	E	İ	İ	K	M75	Çİ	K	K	ÇK	E	M80	Oİ	E	İ	K	Çİ
M71	OK	Çİ	OK	K	E	M76	İ	İ	E	K	İ						

**Tablo 7**

*Karar Vericilerin Kazanıma Uygunluk Kriteri Altında Dilsel Değişkenlerle Belirlediği Alternatif Maddelerin Önem Dereceleri*

Madde	D1	D2	D3	D4	D5	Madde	D1	D2	D3	D4	D5	Madde	D1	D2	D3	D4	D5
M1	Çİ	Oİ	Oİ	Çİ	ÇK	M28	ÇK	E	ÇK	E	E	M55	Çİ	ÇK	Çİ	İ	İ
M2	E	Oİ	ÇK	K	Oİ	M29	OK	K	Oİ	Çİ	OK	M56	K	E	Çİ	K	K
M3	ÇK	Çİ	İ	OK	ÇK	M30	Çİ	İ	K	Oİ	K	M57	İ	ÇK	ÇK	İ	ÇK
M4	İ	İ	OK	OK	İ	M31	İ	Çİ	ÇK	İ	E	M58	E	İ	E	K	Çİ
M5	Oİ	K	OK	İ	K	M32	Oİ	ÇK	OK	ÇK	K	M59	Oİ	K	OK	OK	K
M6	K	K	ÇK	İ	Oİ	M33	E	K	E	ÇK	Çİ	M60	Çİ	E	Oİ	ÇK	Oİ
M7	OK	Oİ	OK	K	OK	M34	Oİ	Oİ	E	E	K	M61	K	ÇK	E	Çİ	İ
M8	E	E	Oİ	Çİ	OK	M35	OK	İ	E	K	Oİ	M62	OK	Oİ	K	İ	E
M9	OK	İ	İ	Oİ	E	M36	Oİ	Oİ	OK	Çİ	K	M63	OK	ÇK	K	E	K
M10	Oİ	K	OK	Oİ	İ	M37	Oİ	OK	OK	OK	Oİ	M64	Çİ	Çİ	Çİ	OK	Oİ
M11	E	ÇK	OK	OK	E	M38	ÇK	Çİ	OK	Oİ	Oİ	M65	E	OK	ÇK	ÇK	E
M12	ÇK	İ	OK	ÇK	İ	M39	K	K	K	ÇK	Çİ	M66	K	OK	Oİ	Oİ	K
M13	Çİ	K	E	K	Çİ	M40	E	E	E	OK	ÇK	M67	E	İ	Çİ	K	Oİ
M14	ÇK	ÇK	ÇK	Oİ	K	M41	OK	K	İ	İ	OK	M68	OK	OK	İ	İ	OK
M15	Oİ	OK	ÇK	Oİ	E	M42	E	K	OK	K	Oİ	M69	OK	ÇK	ÇK	Çİ	İ
M16	ÇK	Çİ	Çİ	Oİ	Oİ	M43	Çİ	İ	K	Çİ	Oİ	M70	ÇK	İ	K	İ	ÇK
M17	E	OK	Çİ	OK	Oİ	M44	E	ÇK	OK	Oİ	İ	M71	OK	Çİ	İ	Çİ	E
M18	Çİ	Çİ	İ	OK	E	M45	Çİ	ÇK	İ	Oİ	OK	M72	Çİ	K	ÇK	İ	Oİ
M19	Oİ	Çİ	Çİ	K	K	M46	Çİ	İ	Çİ	Oİ	Çİ	M73	OK	Oİ	ÇK	OK	K
M20	Oİ	OK	İ	OK	İ	M47	ÇK	OK	Çİ	E	E	M74	ÇK	K	E	E	ÇK
M21	İ	Oİ	Çİ	ÇK	OK	M48	K	E	İ	E	Oİ	M75	E	İ	E	İ	E
M22	İ	İ	OK	Çİ	ÇK	M49	İ	Çİ	ÇK	ÇK	K	M76	Oİ	Oİ	E	ÇK	OK
M23	İ	OK	İ	OK	OK	M50	Oİ	Oİ	İ	OK	Oİ	M77	OK	OK	E	Oİ	ÇK
M24	Çİ	ÇK	K	OK	E	M51	Çİ	Çİ	ÇK	K	ÇK	M78	OK	Oİ	ÇK	İ	Oİ
M25	K	K	Çİ	Çİ	Oİ	M52	K	K	OK	K	Oİ	M79	OK	K	İ	OK	Çİ
M26	İ	E	E	Çİ	Çİ	M53	İ	ÇK	K	ÇK	OK	M80	ÇK	E	Çİ	Çİ	Çİ
M27	K	Çİ	İ	OK	İ	M54	K	Oİ	Oİ	ÇK	Çİ						

### *Adım 3: Dilsel değerlendirmelerin bulanık sayılara dönüştürülmesi*

Değerlendirme kriterlerine ve alternatif maddelere verilen dilsel değişkenler, *Tablo 2* ve *Tablo 3* dikkate alınarak üçgensel bulanık sayılara dönüştürülmüştür. Kriterlerin önem ağırlıkları için belirlenen dilsel değişkenlerin bulanık sayı karşılıkları

*Tablo 8*'de gösterilmiştir. Karar vericilerin madde ayırt ediciliği kriteri altında alternatifleri değerlendirmesi *Tablo 9*'da; madde güçlüğü kriteri altında alternatifleri değerlendirmesi *Tablo 10*'da; kazanıma uygunluk kriteri altında alternatifleri değerlendirmesi ise *Tablo 11*'de verilmiştir.

**Tablo 8**

*Kriterlerin Önem Ağırlıklarının Karar Vericiler Tarafından Değerlendirilmesi*

<b>Kriterler</b>	<b>D1</b>	<b>D2</b>	<b>D3</b>	<b>D4</b>	<b>D5</b>
<b>K1</b>	(0.9, 1, 1)	(0.7, 0.9, 1)	(0.1, 0.5, 0.7)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.7, 0.9, 1)
<b>K2</b>	(0.1, 0.5, 0.7)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0, 0.1, 0.3)	(0.7, 0.9, 1)	(0.5, 0.7, 0.9)
<b>K3</b>	(0.7, 0.9, 1)	(0.9, 1, 1)	(0.7, 0.9, 1)	(0.9, 1, 1)	(0.7, 0.9, 1)

**Tablo 9***Karar Vericilerin Madde Ayırt Ediciliği Kriteri Altında Alternatif Maddeleri Değerlendirmesi*

Madde	D1	D2	D3	D4	D5	Madde	D1	D2	D3	D4	D5
M1	(0, 1, 3)	(0, 0, 1)	(7, 9, 10)	(0, 0, 1)	(1, 3, 5)	M41	(0, 0, 1)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(0, 0, 1)	(1, 3, 5)
M2	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)	(9, 10, 10)	(0, 1, 3)	M42	(3, 5, 7)	(0, 0, 1)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)
M3	(1, 3, 5)	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)	(0, 1, 3)	(9, 10, 10)	M43	(0, 0, 1)	(1, 3, 5)	(0, 0, 1)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)
M4	(9, 10, 10)	(1, 3, 5)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	M44	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)
M5	(0, 1, 3)	(3, 5, 7)	(0, 0, 1)	(0, 1, 3)	(3, 5, 7)	M45	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)
M6	(9, 10, 10)	(0, 0, 1)	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	M46	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)
M7	(9, 10, 10)	(1, 3, 5)	(0, 1, 3)	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)	M47	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(0, 1, 3)	(0, 0, 1)	(9, 10, 10)
M8	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(9, 10, 10)	M48	(7, 9, 10)	(0, 0, 1)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)
M9	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	M49	(0, 1, 3)	(9, 10, 10)	(0, 0, 1)	(1, 3, 5)	(0, 1, 3)
M10	(1, 3, 5)	(0, 1, 3)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	M50	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(0, 0, 1)	(0, 0, 1)	(3, 5, 7)
M11	(5, 7, 9)	(0, 0, 1)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(1, 3, 5)	M51	(7, 9, 10)	(0, 1, 3)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)
M12	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	M52	(0, 0, 1)	(3, 5, 7)	(0, 1, 3)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)
M13	(0, 1, 3)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	M53	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)
M14	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)	M54	(3, 5, 7)	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)	(9, 10, 10)	(0, 0, 1)
M15	(5, 7, 9)	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	M55	(0, 0, 1)	(5, 7, 9)	(0, 0, 1)	(3, 5, 7)	(0, 1, 3)
M16	(0, 1, 3)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	(1, 3, 5)	M56	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(0, 0, 1)	(7, 9, 10)	(0, 1, 3)
M17	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	M57	(0, 0, 1)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	(0, 0, 1)	(0, 1, 3)
M18	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	M58	(0, 0, 1)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(0, 0, 1)
M19	(0, 1, 3)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)	M59	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(0, 0, 1)	(0, 0, 1)
M20	(5, 7, 9)	(0, 1, 3)	(3, 5, 7)	(0, 0, 1)	(0, 1, 3)	M60	(5, 7, 9)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(0, 1, 3)
M21	(0, 0, 1)	(0, 0, 1)	(5, 7, 9)	(9, 10, 10)	(0, 1, 3)	M61	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(0, 1, 3)	(1, 3, 5)
M22	(1, 3, 5)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(0, 0, 1)	(3, 5, 7)	M62	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(0, 0, 1)	(7, 9, 10)
M23	(3, 5, 7)	(0, 0, 1)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	M63	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)	(1, 3, 5)	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)
M24	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)	M64	(0, 0, 1)	(0, 0, 1)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(1, 3, 5)
M25	(7, 9, 10)	(0, 0, 1)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	M65	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(0, 0, 1)	(0, 0, 1)
M26	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(0, 1, 3)	M66	(9, 10, 10)	(0, 1, 3)	(1, 3, 5)	(0, 1, 3)	(7, 9, 10)
M27	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	M67	(5, 7, 9)	(0, 1, 3)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)
M28	(0, 0, 1)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	M68	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(9, 10, 10)	(0, 0, 1)	(5, 7, 9)
M29	(3, 5, 7)	(0, 1, 3)	(1, 3, 5)	(5, 7, 9)	(0, 1, 3)	M69	(0, 0, 1)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(0, 0, 1)	(9, 10, 10)
M30	(9, 10, 10)	(0, 0, 1)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(0, 1, 3)	M70	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(0, 1, 3)
M31	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	M71	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)	(1, 3, 5)	(5, 7, 9)
M32	(0, 0, 1)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(0, 1, 3)	M72	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)
M33	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	M73	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)	(9, 10, 10)
M34	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(0, 1, 3)	(0, 0, 1)	(0, 1, 3)	M74	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(0, 1, 3)	(1, 3, 5)
M35	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)	(0, 0, 1)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	M75	(1, 3, 5)	(0, 0, 1)	(5, 7, 9)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
M36	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	M76	(5, 7, 9)	(0, 1, 3)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)
M37	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	M77	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(0, 1, 3)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)
M38	(5, 7, 9)	(0, 0, 1)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	M78	(5, 7, 9)	(0, 0, 1)	(0, 1, 3)	(0, 0, 1)	(0, 0, 1)
M39	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(0, 0, 1)	(5, 7, 9)	M79	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	(0, 0, 1)	(9, 10, 10)	(0, 0, 1)
M40	(1, 3, 5)	(0, 0, 1)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(0, 1, 3)	M80	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)	(0, 0, 1)	(9, 10, 10)	(0, 0, 1)

**Tablo 10***Karar Vericilerin Madde Güçlüğü Kriteri Altında Alternatif Maddeleri Değerlendirmesi*

Madde	D1	D2	D3	D4	D5	Madde	D1	D2	D3	D4	D5
M1	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(0, 0, 1)	(1, 3, 5)	(0, 1, 3)	M41	(0, 0, 1)	(0, 0, 1)	(3, 5, 7)	(0, 1, 3)	(1, 3, 5)
M2	(1, 3, 5)	(0, 1, 3)	(3, 5, 7)	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)	M42	(0, 1, 3)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(0, 0, 1)
M3	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(0, 0, 1)	(1, 3, 5)	M43	(7, 9, 10)	(0, 1, 3)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)
M4	(3, 5, 7)	(0, 0, 1)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(9, 10, 10)	M44	(1, 3, 5)	(0, 0, 1)	(0, 1, 3)	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)
M5	(3, 5, 7)	(0, 1, 3)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)	M45	(5, 7, 9)	(0, 0, 1)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)
M6	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(0, 0, 1)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	M46	(0, 1, 3)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)
M7	(0, 0, 1)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(0, 0, 1)	M47	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(0, 0, 1)	(1, 3, 5)	(0, 0, 1)
M8	(5, 7, 9)	(0, 0, 1)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	M48	(5, 7, 9)	(0, 1, 3)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(0, 1, 3)
M9	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(0, 0, 1)	(0, 0, 1)	(7, 9, 10)	M49	(0, 0, 1)	(1, 3, 5)	(5, 7, 9)	(0, 1, 3)	(9, 10, 10)
M10	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(0, 1, 3)	(7, 9, 10)	M50	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)	(5, 7, 9)
M11	(3, 5, 7)	(0, 0, 1)	(1, 3, 5)	(0, 0, 1)	(7, 9, 10)	M51	(0, 0, 1)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)
M12	(1, 3, 5)	(0, 1, 3)	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	M52	(0, 0, 1)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	(0, 0, 1)	(1, 3, 5)
M13	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	(0, 0, 1)	(0, 1, 3)	M53	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)
M14	(0, 1, 3)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(0, 0, 1)	(3, 5, 7)	M54	(0, 0, 1)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)
M15	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	M55	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(0, 1, 3)	(9, 10, 10)
M16	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(0, 0, 1)	M56	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(0, 0, 1)
M17	(0, 0, 1)	(0, 0, 1)	(1, 3, 5)	(5, 7, 9)	(9, 10, 10)	M57	(5, 7, 9)	(9, 10, 10)	(1, 3, 5)	(0, 0, 1)	(0, 0, 1)
M18	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(0, 0, 1)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	M58	(0, 1, 3)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)
M19	(7, 9, 10)	(0, 0, 1)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	M59	(1, 3, 5)	(0, 1, 3)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(0, 0, 1)
M20	(0, 0, 1)	(0, 1, 3)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	M60	(9, 10, 10)	(0, 0, 1)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)
M21	(0, 1, 3)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	M61	(0, 0, 1)	(1, 3, 5)	(5, 7, 9)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)
M22	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	M62	(1, 3, 5)	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)	(0, 0, 1)	(3, 5, 7)
M23	(0, 1, 3)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(0, 1, 3)	(9, 10, 10)	M63	(9, 10, 10)	(0, 0, 1)	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)	(5, 7, 9)
M24	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(9, 10, 10)	M64	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)	(3, 5, 7)
M25	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	(1, 3, 5)	M65	(7, 9, 10)	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)	(0, 0, 1)	(9, 10, 10)
M26	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(0, 0, 1)	(0, 0, 1)	(5, 7, 9)	M66	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(9, 10, 10)	(0, 1, 3)
M27	(9, 10, 10)	(0, 1, 3)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(1, 3, 5)	M67	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)
M28	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(0, 0, 1)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	M68	(1, 3, 5)	(0, 0, 1)	(0, 1, 3)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)
M29	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	M69	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
M30	(9, 10, 10)	(0, 1, 3)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	M70	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(0, 1, 3)
M31	(0, 1, 3)	(7, 9, 10)	(0, 0, 1)	(9, 10, 10)	(1, 3, 5)	M71	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	(1, 3, 5)	(0, 1, 3)	(3, 5, 7)
M32	(0, 1, 3)	(0, 0, 1)	(0, 1, 3)	(5, 7, 9)	(0, 1, 3)	M72	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
M33	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(0, 1, 3)	M73	(5, 7, 9)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)
M34	(9, 10, 10)	(0, 0, 1)	(0, 0, 1)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	M74	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(0, 1, 3)	(1, 3, 5)	(0, 1, 3)
M35	(5, 7, 9)	(0, 0, 1)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(0, 1, 3)	M75	(9, 10, 10)	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)	(0, 0, 1)	(3, 5, 7)
M36	(5, 7, 9)	(0, 0, 1)	(1, 3, 5)	(0, 1, 3)	(3, 5, 7)	M76	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(0, 1, 3)	(7, 9, 10)
M37	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)	(0, 0, 1)	(0, 0, 1)	(5, 7, 9)	M77	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(0, 1, 3)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)
M38	(0, 0, 1)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(0, 0, 1)	M78	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(0, 0, 1)	(7, 9, 10)
M39	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(0, 0, 1)	(5, 7, 9)	(9, 10, 10)	M79	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(0, 1, 3)	(3, 5, 7)
M40	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(0, 0, 1)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	M80	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(0, 1, 3)	(9, 10, 10)

**Tablo 11***Karar Vericilerin Kazanım Uyumluk Kriteri Altında Alternatifleri Değerlendirmesi*

Madde	D1	D2	D3	D4	D5	Madde	D1	D2	D3	D4	D5
M1	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(9, 10, 10)	(0, 0, 1)	M41	(1, 3, 5)	(0, 1, 3)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)
M2	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(0, 0, 1)	(0, 1, 3)	(5, 7, 9)	M42	(3, 5, 7)	(0, 1, 3)	(1, 3, 5)	(0, 1, 3)	(5, 7, 9)
M3	(0, 0, 1)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(0, 0, 1)	M43	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(0, 1, 3)	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)
M4	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	M44	(3, 5, 7)	(0, 0, 1)	(1, 3, 5)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)
M5	(5, 7, 9)	(0, 1, 3)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(0, 1, 3)	M45	(9, 10, 10)	(0, 0, 1)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)
M6	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)	(0, 0, 1)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	M46	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)	(9, 10, 10)
M7	(1, 3, 5)	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)	(0, 1, 3)	(1, 3, 5)	M47	(0, 0, 1)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)
M8	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(9, 10, 10)	(1, 3, 5)	M48	(0, 1, 3)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)
M9	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	M49	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(0, 0, 1)	(0, 0, 1)	(0, 1, 3)
M10	(5, 7, 9)	(0, 1, 3)	(1, 3, 5)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	M50	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(5, 7, 9)
M11	(3, 5, 7)	(0, 0, 1)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	M51	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(0, 0, 1)	(0, 1, 3)	(0, 0, 1)
M12	(0, 0, 1)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(0, 0, 1)	(7, 9, 10)	M52	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)	(1, 3, 5)	(0, 1, 3)	(5, 7, 9)
M13	(9, 10, 10)	(0, 1, 3)	(3, 5, 7)	(0, 1, 3)	(9, 10, 10)	M53	(7, 9, 10)	(0, 0, 1)	(0, 1, 3)	(0, 0, 1)	(1, 3, 5)
M14	(0, 0, 1)	(0, 0, 1)	(0, 0, 1)	(5, 7, 9)	(0, 1, 3)	M54	(0, 1, 3)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(0, 0, 1)	(9, 10, 10)
M15	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)	(0, 0, 1)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	M55	(9, 10, 10)	(0, 0, 1)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)
M16	(0, 0, 1)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	M56	(0, 1, 3)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)
M17	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	(1, 3, 5)	(5, 7, 9)	M57	(7, 9, 10)	(0, 0, 1)	(0, 0, 1)	(7, 9, 10)	(0, 0, 1)
M18	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	M58	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(0, 1, 3)	(9, 10, 10)
M19	(5, 7, 9)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)	M59	(5, 7, 9)	(0, 1, 3)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(0, 1, 3)
M20	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	M60	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(0, 0, 1)	(5, 7, 9)
M21	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(9, 10, 10)	(0, 0, 1)	(1, 3, 5)	M61	(0, 1, 3)	(0, 0, 1)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)
M22	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	(0, 0, 1)	M62	(1, 3, 5)	(5, 7, 9)	(0, 1, 3)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)
M23	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	M63	(1, 3, 5)	(0, 0, 1)	(0, 1, 3)	(3, 5, 7)	(0, 1, 3)
M24	(9, 10, 10)	(0, 0, 1)	(0, 1, 3)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	M64	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(1, 3, 5)	(5, 7, 9)
M25	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)	M65	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(0, 0, 1)	(0, 0, 1)	(3, 5, 7)
M26	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	M66	(0, 1, 3)	(1, 3, 5)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(0, 1, 3)
M27	(0, 1, 3)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	M67	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(0, 1, 3)	(5, 7, 9)
M28	(0, 0, 1)	(3, 5, 7)	(0, 0, 1)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	M68	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)
M29	(1, 3, 5)	(0, 1, 3)	(5, 7, 9)	(9, 10, 10)	(1, 3, 5)	M69	(1, 3, 5)	(0, 0, 1)	(0, 0, 1)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)
M30	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(0, 1, 3)	(5, 7, 9)	(0, 1, 3)	M70	(0, 0, 1)	(7, 9, 10)	(0, 1, 3)	(7, 9, 10)	(0, 0, 1)
M31	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(0, 0, 1)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	M71	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)
M32	(5, 7, 9)	(0, 0, 1)	(1, 3, 5)	(0, 0, 1)	(0, 1, 3)	M72	(9, 10, 10)	(0, 1, 3)	(0, 0, 1)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)
M33	(3, 5, 7)	(0, 1, 3)	(3, 5, 7)	(0, 0, 1)	(9, 10, 10)	M73	(1, 3, 5)	(5, 7, 9)	(0, 0, 1)	(1, 3, 5)	(0, 1, 3)
M34	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(0, 1, 3)	M74	(0, 0, 1)	(0, 1, 3)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(0, 0, 1)
M35	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(0, 1, 3)	(5, 7, 9)	M75	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)
M36	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	(0, 1, 3)	M76	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(0, 0, 1)	(1, 3, 5)
M37	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(5, 7, 9)	M77	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(0, 0, 1)
M38	(0, 0, 1)	(9, 10, 10)	(1, 3, 5)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	M78	(1, 3, 5)	(5, 7, 9)	(0, 0, 1)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)
M39	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)	(0, 0, 1)	(9, 10, 10)	M79	(1, 3, 5)	(0, 1, 3)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)
M40	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(0, 0, 1)	M80	(0, 0, 1)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)

#### *Adım 4: Kriterlerin bulanık ağırlıklarının hesaplanması*

Değerlendirme komitesinde yer alan bütün uzmanların değerlendirmeleri üçgensel bulanık sayılara dönüştürüldükten sonra, *Eşitlik 16* kullanılarak her bir karar kriterlerinin önem ağırlığı için tek bir üçgensel sayı bulunmuş ve bu değerler *Tablo 12*'de gösterilmiştir.

**Tablo 12**  
*Kriterlerin Bulanık Ağırlıklar Matrisi*

Ayırt edicilik			Madde güclüğü			Kazanıma uygunluk		
0.60	0.80	0.92	0.36	0.58	0.76	0.78	0.94	1.00

#### *Adım 5: Alternatifler için bulanık karar matrisinin oluşturulması*

Karar vericilerin alternatifler hakkında yaptıkları değerlendirmeleri ise, *Eşitlik 17* kullanılarak her bir alternatif için tek bir üçgensel bulanık sayı olacak şekilde birleştirilmiş ve bulanık karar matrisi oluşturulmuştur. Alternatif maddelerin tüm kriterler altında karar vericiler tarafından değerlendirilmesi sonucu elde edilen bulanık karar matrisi *Tablo 13*'te verilmiştir.

**Tablo 13**  
*Alternatif Maddelerin Tüm Kriterler Altında Karar Vericiler Tarafından Değerlendirilmesi Sonucu Elde Edilen Bulanık Karar Matrisi*

Madde	Madde ayırt ediciliği			Madde güclüğü			Kazanıma uygunluk		
	M1	1.60	2.60	4.00	2.20	3.60	5.40	5.60	6.80
M2	4.80	6.20	7.40	0.80	2.20	4.20	2.60	4.00	5.80
M3	3.20	4.80	6.40	4.00	5.60	7.00	3.40	4.40	5.40
M4	4.60	6.40	8.00	4.00	5.40	6.80	4.60	6.60	8.00
M5	1.20	2.40	4.20	2.40	4.20	6.20	2.60	4.20	6.00
M6	4.40	5.80	7.00	4.40	6.00	7.40	2.40	3.60	5.20
M7	4.80	6.20	7.40	2.20	3.40	4.80	1.60	3.40	5.40
M8	4.60	6.40	7.80	4.80	6.00	7.00	4.20	6.00	7.60
M9	4.60	6.60	8.20	4.60	5.60	6.40	4.60	6.60	8.20
M10	4.00	5.60	7.00	5.20	7.00	8.40	3.60	5.40	7.20
M11	3.60	5.00	6.40	2.20	3.40	4.80	1.60	3.20	5.00
M12	3.40	5.40	7.20	1.60	3.40	5.40	3.00	4.20	5.40
M13	4.80	6.40	7.60	2.60	3.80	5.20	4.20	5.40	6.60
M14	4.60	6.40	7.80	1.00	2.40	4.20	1.00	1.60	3.00

**Tablo 13**

*Alternatif Maddelerin Tüm Kriterler Altında Karar Vericiler Tarafından Değerlendirilmesi Sonucu Elde Edilen Bulanık Karar Matrisi (Devam)*

Madde	Madde ayırt ediciliği			Madde gücüğü			Kazanıma uygunluk		
M15	3.00	4.40	6.00	5.80	7.40	8.40	2.80	4.40	6.20
M16	2.40	4.00	5.60	3.20	4.80	6.40	5.60	6.80	7.80
M17	5.80	7.40	8.40	3.00	4.00	5.20	3.80	5.60	7.20
M18	5.80	7.40	8.40	4.00	5.40	6.60	5.80	7.40	8.40
M19	2.80	4.60	6.40	4.40	6.00	7.40	4.60	5.80	7.00
M20	1.60	2.80	4.60	2.20	3.40	4.80	4.20	6.20	7.80
M21	2.80	3.60	4.80	3.60	5.40	7.00	4.40	5.80	7.00
M22	2.80	4.40	6.20	2.20	4.20	6.20	4.80	6.20	7.20
M23	4.40	5.80	7.00	2.60	4.00	5.60	3.40	5.40	7.00
M24	6.20	7.80	8.80	6.20	8.00	9.20	2.60	3.80	5.20
M25	3.60	5.20	6.60	4.60	6.20	7.40	4.60	5.80	7.00
M26	5.20	6.80	8.00	3.40	4.60	6.00	6.20	7.80	8.80
M27	4.20	6.20	8.20	4.40	5.80	7.00	4.80	6.40	7.60
M28	4.00	5.20	6.20	2.40	4.00	5.80	1.80	3.00	4.60
M29	1.80	3.40	5.40	4.20	6.20	7.80	3.20	4.80	6.40
M30	4.20	5.40	6.60	4.00	5.60	7.20	4.20	5.60	7.00
M31	4.60	6.40	7.80	3.40	4.60	5.80	5.20	6.60	7.60
M32	1.00	2.40	4.20	1.00	2.00	3.80	1.20	2.20	3.80
M33	3.40	5.40	7.00	5.20	6.80	8.20	3.00	4.20	5.60
M34	1.20	2.40	4.20	5.40	6.00	6.40	3.20	5.00	7.00
M35	2.80	4.40	6.20	2.20	3.60	5.40	3.20	5.00	6.80
M36	3.00	4.80	6.40	1.80	3.20	5.00	4.00	5.60	7.20
M37	5.00	6.80	8.20	2.20	3.40	5.00	2.60	4.60	6.60
M38	3.20	4.80	6.40	3.40	4.60	6.00	4.00	5.40	6.80
M39	4.80	6.40	7.80	4.00	5.40	6.80	1.80	2.60	4.00
M40	1.80	3.20	5.00	4.40	5.80	7.00	2.00	3.60	5.40
M41	2.60	3.60	4.80	0.80	1.80	3.40	3.20	5.00	6.60
M42	4.80	6.20	7.40	3.40	4.80	6.20	1.80	3.40	5.40
M43	3.40	4.40	5.40	4.00	5.60	7.00	6.00	7.40	8.40
M44	4.20	6.00	7.60	1.40	2.80	4.60	3.20	4.80	6.40
M45	3.00	5.00	6.80	5.60	7.00	8.00	4.40	5.80	7.00
M46	5.00	6.60	7.80	1.60	3.00	5.00	7.80	9.20	9.80
M47	3.40	4.60	6.00	1.80	3.00	4.60	3.20	4.60	6.00
M48	4.80	6.20	7.20	2.60	4.20	6.20	3.60	5.40	7.20
M49	2.00	3.00	4.40	3.00	4.20	5.60	3.20	4.00	5.00
M50	1.40	2.60	4.20	3.00	5.00	7.00	4.60	6.60	8.40
M51	5.20	6.80	8.00	2.00	3.20	4.80	3.60	4.20	5.00
M52	2.60	4.00	5.80	2.20	3.20	4.40	1.20	2.60	4.60
M53	6.20	7.80	8.80	6.60	8.20	9.00	1.60	2.60	4.00
M54	2.40	3.40	4.80	3.60	5.00	6.20	3.80	5.00	6.40
M55	1.60	2.60	4.20	6.40	7.80	8.60	6.40	7.60	8.20
M56	3.00	4.40	5.80	4.40	5.80	7.00	2.40	3.60	5.20
M57	2.00	2.80	4.00	3.00	4.00	5.20	2.80	3.60	4.60
M58	3.00	4.00	5.20	2.80	4.60	6.40	4.40	6.00	7.40
M59	5.00	5.80	6.40	0.60	2.00	3.80	1.40	3.00	5.00
M60	6.00	7.40	8.40	5.60	6.80	7.60	4.40	5.80	7.20
M61	2.80	4.60	6.60	4.40	5.80	7.00	3.80	5.00	6.20
M62	2.40	4.00	5.60	0.80	2.00	3.80	3.20	5.00	6.80
M63	1.40	3.00	5.00	2.80	3.80	5.20	0.80	2.00	3.80
M64	2.60	3.60	4.80	1.00	2.60	4.60	6.60	8.00	8.80
M65	2.60	3.80	5.40	3.20	4.20	5.40	1.40	2.60	4.20



**Tablo 13**

*Alternatif Maddelerin Tüm Kriterler Altında Karar Vericiler Tarafından Değerlendirilmesi Sonucu Elde Edilen Bulanık Karar Matrisi (Devam)*

Madde	Madde ayırt ediciliği			Madde güçlüğü			Kazanıma uygunluk		
	M66	3.40	4.80	6.20	5.60	7.00	8.20	2.20	3.80
M67	3.20	5.00	7.00	6.20	8.20	9.40	4.80	6.40	7.80
M68	5.20	6.60	7.80	2.60	4.00	5.60	3.40	5.40	7.00
M69	4.20	5.00	5.80	3.80	5.00	6.20	3.40	4.40	5.40
M70	5.20	6.80	8.00	5.20	6.80	8.00	2.80	3.80	5.00
M71	1.20	2.60	4.60	2.80	4.40	6.00	5.80	7.40	8.40
M72	2.20	3.60	5.20	8.60	9.80	10.00	4.20	5.40	6.60
M73	5.40	7.00	8.20	5.80	7.40	8.60	1.40	2.80	4.60
M74	2.40	4.20	6.00	2.20	3.80	5.60	1.20	2.20	3.80
M75	4.80	6.00	7.00	2.40	3.40	4.80	4.60	6.60	8.20
M76	3.20	5.00	7.00	4.80	6.60	8.00	2.80	4.40	6.20
M77	2.40	4.20	6.20	5.20	6.80	8.00	2.00	3.60	5.40
M78	1.00	1.60	3.00	6.80	7.80	8.20	3.60	5.20	6.80
M79	3.80	4.60	5.40	3.20	5.00	6.80	3.60	5.20	6.60
M80	3.00	4.00	5.20	4.80	6.40	7.80	6.00	7.00	7.60

#### *Adım 6: Normalize edilmiş bulanık karar matrisinin oluşturulması*

Tüm karar vericilerin değerlendirmeleri tek bir üçgensel bulanık sayıya indirgenerek bulanık karar matrisi elde edildikten sonra kriterler altında yer alan sütun değerlerinin her birinin, kriter altında üçüncü sütunda yer alan en büyük değere bölünmesiyle normalize edilmiş bulanık karar matrisi oluşturulmuştur. Normalize edilmiş bulanık karar matrisi *Tablo 14*'te verilmiştir

**Tablo 14**

*Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi*

Madde	Ayırt edicilik			Madde güçlüğü			Kazanıma uygunluk		
	M1	0.18	0.30	0.45	0.22	0.36	0.54	0.57	0.69
M2	0.55	0.70	0.84	0.08	0.22	0.42	0.27	0.41	0.59
M3	0.36	0.55	0.73	0.40	0.56	0.70	0.35	0.45	0.55
M4	0.52	0.73	0.91	0.40	0.54	0.68	0.47	0.67	0.82
M5	0.14	0.27	0.48	0.24	0.42	0.62	0.27	0.43	0.61
M6	0.50	0.66	0.80	0.44	0.60	0.74	0.24	0.37	0.53
M7	0.55	0.70	0.84	0.22	0.34	0.48	0.16	0.35	0.55
M8	0.52	0.73	0.89	0.48	0.60	0.70	0.43	0.61	0.78
M9	0.52	0.75	0.93	0.46	0.56	0.64	0.47	0.67	0.84
M10	0.45	0.64	0.80	0.52	0.70	0.84	0.37	0.55	0.73

**Tablo 14**  
*Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi (Devam)*

Madde	Ayırt edicilik			Madde gücüğü			Kazanıma uygunluk		
M11	0.41	0.57	0.73	0.22	0.34	0.48	0.16	0.33	0.51
M12	0.39	0.61	0.82	0.16	0.34	0.54	0.31	0.43	0.55
M13	0.55	0.73	0.86	0.26	0.38	0.52	0.43	0.55	0.67
M14	0.52	0.73	0.89	0.10	0.24	0.42	0.10	0.16	0.31
M15	0.34	0.50	0.68	0.58	0.74	0.84	0.29	0.45	0.63
M16	0.27	0.45	0.64	0.32	0.48	0.64	0.57	0.69	0.80
M17	0.66	0.84	0.95	0.30	0.40	0.52	0.39	0.57	0.73
M18	0.66	0.84	0.95	0.40	0.54	0.66	0.59	0.76	0.86
M19	0.32	0.52	0.73	0.44	0.60	0.74	0.47	0.59	0.71
M20	0.18	0.32	0.52	0.22	0.34	0.48	0.43	0.63	0.80
M21	0.32	0.41	0.55	0.36	0.54	0.70	0.45	0.59	0.71
M22	0.32	0.50	0.70	0.22	0.42	0.62	0.49	0.63	0.73
M23	0.50	0.66	0.80	0.26	0.40	0.56	0.35	0.55	0.71
M24	0.70	0.89	1.00	0.62	0.80	0.92	0.27	0.39	0.53
M25	0.41	0.59	0.75	0.46	0.62	0.74	0.47	0.59	0.71
M26	0.59	0.77	0.91	0.34	0.46	0.60	0.63	0.80	0.90
M27	0.48	0.70	0.93	0.44	0.58	0.70	0.49	0.65	0.78
M28	0.45	0.59	0.70	0.24	0.40	0.58	0.18	0.31	0.47
M29	0.20	0.39	0.61	0.42	0.62	0.78	0.33	0.49	0.65
M30	0.48	0.61	0.75	0.40	0.56	0.72	0.43	0.57	0.71
M31	0.52	0.73	0.89	0.34	0.46	0.58	0.53	0.67	0.78
M32	0.11	0.27	0.48	0.10	0.20	0.38	0.12	0.22	0.39
M33	0.39	0.61	0.80	0.52	0.68	0.82	0.31	0.43	0.57
M34	0.14	0.27	0.48	0.54	0.60	0.64	0.33	0.51	0.71
M35	0.32	0.50	0.70	0.22	0.36	0.54	0.33	0.51	0.69
M36	0.34	0.55	0.73	0.18	0.32	0.50	0.41	0.57	0.73
M37	0.57	0.77	0.93	0.22	0.34	0.50	0.27	0.47	0.67
M38	0.36	0.55	0.73	0.34	0.46	0.60	0.41	0.55	0.69
M39	0.55	0.73	0.89	0.40	0.54	0.68	0.18	0.27	0.41
M40	0.20	0.36	0.57	0.44	0.58	0.70	0.20	0.37	0.55
M41	0.30	0.41	0.55	0.08	0.18	0.34	0.33	0.51	0.67
M42	0.55	0.70	0.84	0.34	0.48	0.62	0.18	0.35	0.55
M43	0.39	0.50	0.61	0.40	0.56	0.70	0.61	0.76	0.86
M44	0.48	0.68	0.86	0.14	0.28	0.46	0.33	0.49	0.65
M45	0.34	0.57	0.77	0.56	0.70	0.80	0.45	0.59	0.71
M46	0.57	0.75	0.89	0.16	0.30	0.50	0.80	0.94	1.00
M47	0.39	0.52	0.68	0.18	0.30	0.46	0.33	0.47	0.61
M48	0.55	0.70	0.82	0.26	0.42	0.62	0.37	0.55	0.73
M49	0.23	0.34	0.50	0.30	0.42	0.56	0.33	0.41	0.51
M50	0.16	0.30	0.48	0.30	0.50	0.70	0.47	0.67	0.86
M51	0.59	0.77	0.91	0.20	0.32	0.48	0.37	0.43	0.51
M52	0.30	0.45	0.66	0.22	0.32	0.44	0.12	0.27	0.47
M53	0.70	0.89	1.00	0.66	0.82	0.90	0.16	0.27	0.41
M54	0.27	0.39	0.55	0.36	0.50	0.62	0.39	0.51	0.65
M55	0.18	0.30	0.48	0.64	0.78	0.86	0.65	0.78	0.84
M56	0.34	0.50	0.66	0.44	0.58	0.70	0.24	0.37	0.53
M57	0.23	0.32	0.45	0.30	0.40	0.52	0.29	0.37	0.47
M58	0.34	0.45	0.59	0.28	0.46	0.64	0.45	0.61	0.76
M59	0.57	0.66	0.73	0.06	0.20	0.38	0.14	0.31	0.51
M60	0.68	0.84	0.95	0.56	0.68	0.76	0.45	0.59	0.73
M61	0.32	0.52	0.75	0.44	0.58	0.70	0.39	0.51	0.63
M62	0.27	0.45	0.64	0.08	0.20	0.38	0.33	0.51	0.69
M63	0.16	0.34	0.57	0.28	0.38	0.52	0.08	0.20	0.39

**Tablo 14***Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi (Devam)*

Madde	Ayırt edicilik			Madde güçlüğü			Kazanıma uygunluk		
M64	0.30	0.41	0.55	0.10	0.26	0.46	0.67	0.82	0.90
M65	0.30	0.43	0.61	0.32	0.42	0.54	0.14	0.27	0.43
M66	0.39	0.55	0.70	0.56	0.70	0.82	0.22	0.39	0.59
M67	0.36	0.57	0.80	0.62	0.82	0.94	0.49	0.65	0.80
M68	0.59	0.75	0.89	0.26	0.40	0.56	0.35	0.55	0.71
M69	0.48	0.57	0.66	0.38	0.50	0.62	0.35	0.45	0.55
M70	0.59	0.77	0.91	0.52	0.68	0.80	0.29	0.39	0.51
M71	0.14	0.30	0.52	0.28	0.44	0.60	0.59	0.76	0.86
M72	0.25	0.41	0.59	0.86	0.98	1.00	0.43	0.55	0.67
M73	0.61	0.80	0.93	0.58	0.74	0.86	0.14	0.29	0.47
M74	0.27	0.48	0.68	0.22	0.38	0.56	0.12	0.22	0.39
M75	0.55	0.68	0.80	0.24	0.34	0.48	0.47	0.67	0.84
M76	0.36	0.57	0.80	0.48	0.66	0.80	0.29	0.45	0.63
M77	0.27	0.48	0.70	0.52	0.68	0.80	0.20	0.37	0.55
M78	0.11	0.18	0.34	0.68	0.78	0.82	0.37	0.53	0.69
M79	0.43	0.52	0.61	0.32	0.50	0.68	0.37	0.53	0.67
M80	0.34	0.45	0.59	0.48	0.64	0.78	0.61	0.71	0.78

**Adım 7: Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisinin oluşturulması**

Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisinin oluşturulması için *Eşitlik 22*'de verildiği gibi *Tablo 14*'te verilen normalize edilmiş bulanık karar matrisindeki her bir eleman *Tablo 12*'de gösterilen kriterlerin bulanık ağırlıklar matrisindeki ilgili sütun elemanı ile çarpılır. Bu hesaplama sonucunda elde edilmiş olan ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi *Tablo 15*'te verilmiştir.

**Tablo 15***Ağırlıklı Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi*

Madde	Ayırt edicilik			Madde güçlüğü			Kazanıma uygunluk		
M1	0.11	0.24	0.42	0.08	0.21	0.41	0.45	0.65	0.80
M2	0.32	0.56	0.77	0.03	0.13	0.32	0.21	0.38	0.59
M3	0.21	0.44	0.67	0.14	0.32	0.53	0.27	0.42	0.55
M4	0.30	0.58	0.84	0.14	0.31	0.52	0.37	0.63	0.82
M5	0.08	0.22	0.44	0.09	0.24	0.47	0.21	0.40	0.61
M6	0.29	0.53	0.73	0.16	0.35	0.56	0.19	0.35	0.53
M7	0.32	0.56	0.77	0.08	0.20	0.36	0.13	0.33	0.55
M8	0.30	0.58	0.82	0.17	0.35	0.53	0.33	0.58	0.78
M9	0.30	0.60	0.86	0.17	0.32	0.49	0.37	0.63	0.84
M10	0.26	0.51	0.73	0.19	0.41	0.64	0.29	0.52	0.73

**Tablo 15***Ağırlıklı Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi (Devam)*

Madde	Ayırt edicilik			Madde güçlüğü			Kazanıma uygunluk		
M11	0.24	0.45	0.67	0.08	0.20	0.36	0.13	0.31	0.51
M12	0.22	0.49	0.75	0.06	0.20	0.41	0.24	0.40	0.55
M13	0.32	0.58	0.79	0.09	0.22	0.40	0.33	0.52	0.67
M14	0.30	0.58	0.82	0.04	0.14	0.32	0.08	0.15	0.31
M15	0.20	0.40	0.63	0.21	0.43	0.64	0.22	0.42	0.63
M16	0.16	0.36	0.59	0.12	0.28	0.49	0.45	0.65	0.80
M17	0.38	0.67	0.88	0.11	0.23	0.40	0.30	0.54	0.73
M18	0.38	0.67	0.88	0.14	0.31	0.50	0.46	0.71	0.86
M19	0.18	0.42	0.67	0.16	0.35	0.56	0.37	0.56	0.71
M20	0.11	0.25	0.48	0.08	0.20	0.36	0.33	0.59	0.80
M21	0.18	0.33	0.50	0.13	0.31	0.53	0.35	0.56	0.71
M22	0.18	0.40	0.65	0.08	0.24	0.47	0.38	0.59	0.73
M23	0.29	0.53	0.73	0.09	0.23	0.43	0.27	0.52	0.71
M24	0.41	0.71	0.92	0.22	0.46	0.70	0.21	0.36	0.53
M25	0.24	0.47	0.69	0.17	0.36	0.56	0.37	0.56	0.71
M26	0.34	0.62	0.84	0.12	0.27	0.46	0.49	0.75	0.90
M27	0.28	0.56	0.86	0.16	0.34	0.53	0.38	0.61	0.78
M28	0.26	0.47	0.65	0.09	0.23	0.44	0.14	0.29	0.47
M29	0.12	0.31	0.56	0.15	0.36	0.59	0.25	0.46	0.65
M30	0.28	0.49	0.69	0.14	0.32	0.55	0.33	0.54	0.71
M31	0.30	0.58	0.82	0.12	0.27	0.44	0.41	0.63	0.78
M32	0.07	0.22	0.44	0.04	0.12	0.29	0.10	0.21	0.39
M33	0.22	0.49	0.73	0.19	0.39	0.62	0.24	0.40	0.57
M34	0.08	0.22	0.44	0.19	0.35	0.49	0.25	0.48	0.71
M35	0.18	0.40	0.65	0.08	0.21	0.41	0.25	0.48	0.69
M36	0.20	0.44	0.67	0.06	0.19	0.38	0.32	0.54	0.73
M37	0.33	0.62	0.86	0.08	0.20	0.38	0.21	0.44	0.67
M38	0.21	0.44	0.67	0.12	0.27	0.46	0.32	0.52	0.69
M39	0.32	0.58	0.82	0.14	0.31	0.52	0.14	0.25	0.41
M40	0.12	0.29	0.52	0.16	0.34	0.53	0.16	0.35	0.55
M41	0.17	0.33	0.50	0.03	0.10	0.26	0.25	0.48	0.67
M42	0.32	0.56	0.77	0.12	0.28	0.47	0.14	0.33	0.55
M43	0.22	0.40	0.56	0.14	0.32	0.53	0.48	0.71	0.86
M44	0.28	0.55	0.79	0.05	0.16	0.35	0.25	0.46	0.65
M45	0.20	0.45	0.71	0.20	0.41	0.61	0.35	0.56	0.71
M46	0.33	0.60	0.82	0.06	0.17	0.38	0.62	0.88	1.00
M47	0.22	0.42	0.63	0.06	0.17	0.35	0.25	0.44	0.61
M48	0.32	0.56	0.75	0.09	0.24	0.47	0.29	0.52	0.73
M49	0.13	0.27	0.46	0.11	0.24	0.43	0.25	0.38	0.51
M50	0.09	0.24	0.44	0.11	0.29	0.53	0.37	0.63	0.86
M51	0.34	0.62	0.84	0.07	0.19	0.36	0.29	0.40	0.51
M52	0.17	0.36	0.61	0.08	0.19	0.33	0.10	0.25	0.47
M53	0.41	0.71	0.92	0.24	0.48	0.68	0.13	0.25	0.41
M54	0.16	0.31	0.50	0.13	0.29	0.47	0.30	0.48	0.65
M55	0.11	0.24	0.44	0.23	0.45	0.65	0.51	0.73	0.84
M56	0.20	0.40	0.61	0.16	0.34	0.53	0.19	0.35	0.53
M57	0.13	0.25	0.42	0.11	0.23	0.40	0.22	0.35	0.47
M58	0.20	0.36	0.54	0.10	0.27	0.49	0.35	0.58	0.76
M59	0.33	0.53	0.67	0.02	0.12	0.29	0.11	0.29	0.51
M60	0.40	0.67	0.88	0.20	0.39	0.58	0.35	0.56	0.73

**Tablo 15***Ağırlıklı Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi (Devam)*

Madde	Ayırt edicilik			Madde güçlüğü			Kazanıma uygunluk		
M61	0.18	0.42	0.69	0.16	0.34	0.53	0.30	0.48	0.63
M62	0.16	0.36	0.59	0.03	0.12	0.29	0.25	0.48	0.69
M63	0.09	0.27	0.52	0.10	0.22	0.40	0.06	0.19	0.39
M64	0.17	0.33	0.50	0.04	0.15	0.35	0.53	0.77	0.90
M65	0.17	0.35	0.56	0.12	0.24	0.41	0.11	0.25	0.43
M66	0.22	0.44	0.65	0.20	0.41	0.62	0.18	0.36	0.59
M67	0.21	0.45	0.73	0.22	0.48	0.71	0.38	0.61	0.80
M68	0.34	0.60	0.82	0.09	0.23	0.43	0.27	0.52	0.71
M69	0.28	0.45	0.61	0.14	0.29	0.47	0.27	0.42	0.55
M70	0.34	0.62	0.84	0.19	0.39	0.61	0.22	0.36	0.51
M71	0.08	0.24	0.48	0.10	0.26	0.46	0.46	0.71	0.86
M72	0.15	0.33	0.54	0.31	0.57	0.76	0.33	0.52	0.67
M73	0.36	0.64	0.86	0.21	0.43	0.65	0.11	0.27	0.47
M74	0.16	0.38	0.63	0.08	0.22	0.43	0.10	0.21	0.39
M75	0.32	0.55	0.73	0.09	0.20	0.36	0.37	0.63	0.84
M76	0.21	0.45	0.73	0.17	0.38	0.61	0.22	0.42	0.63
M77	0.16	0.38	0.65	0.19	0.39	0.61	0.16	0.35	0.55
M78	0.07	0.15	0.31	0.24	0.45	0.62	0.29	0.50	0.69
M79	0.25	0.42	0.56	0.12	0.29	0.52	0.29	0.50	0.67
M80	0.20	0.36	0.54	0.17	0.37	0.59	0.48	0.67	0.78

**Adım 8: Bulanık pozitif ( $A^*$ ) ve bulanık negatif ( $A^-$ ) ideal noktaların belirlenmesi**

Bu çalışmada pozitif ve negatif ideal çözüm noktası hem Chen (2000)'in belirlemiş olduğu standartlaştırılmış değerlere göre hem de ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisinde yer alan değerler üzerinden belirlenmiş ve iki ayrı hesaplama yapılmıştır.

Chen (2000)'in standartlaştırılmış değerlerine göre pozitif ve negatif ideal çözümler, *Eşitlik 24* ve *Eşitlik 25* dikkate alınarak ve aşağıdaki gibi oluşturulmuştur.

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

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

Normalize edilmiş bulanık karar matrisine göre çözüm noktaları belirlenirken kriterlerin maksimize ya da minimize edilmesine karar verilir. Madde seçiminde herhangi bir alternatif maddeye, madde güçlüğü, madde ayırt ediciliği ve maddenin

kazanıma uygunluğu kriterleri altında yüksek bir dilsel değişken atandığında bu maddenin teste seçilmesi ihtimalinin yükseleceği ifade edilebilir. Bu sebeple üç kriter de maksimize edilen kriterlerdir ve bu üç kriter altında değerlendirilen maddelerden en büyük bulanık sayı değerine sahip olan pozitif ideal çözüm, en küçük bulanık sayı değerine sahip olan negatif ideal çözüm olarak belirlenmiştir. *Tablo 15*'te yer alan değerler dikkate alınarak her bir kriter için belirlenen pozitif ve ideal çözümler ise şu şekilde hesaplanmıştır.

$$A^* = [(0.41, 0.71, 0.92), (0.31, 0.57, 0.76), (0.62, 0.88, 1)]$$

$$A^- = [(0.07, 0.15, 0.31), (0.02, 0.10, 0.26), (0.06, 0.15, 0.31)]$$

#### ***Adım 9: Alternatif maddelerin pozitif ideal ve negatif ideal çözüm noktasına uzaklıklarının hesaplanması***

Alternatif maddelerin pozitif ideal ve negatif ideal çözüm noktalarına uzaklıklarının hesaplanması işleminin ilk adımında *Eşitlik 25* kullanılarak her bir kriter için pozitif ve negatif ideal çözüme ilişkin bir uzaklık elde edilir. Daha sonra bulunan bu uzaklıklar *Eşitlik 26* ve *Eşitlik 27*'e göre toplanarak alternatiflerin pozitif ve negatif ideal çözüme olan uzaklıkları hesaplanmış olur. Buna göre alternatif maddelerin standartlaştırılmış ideal çözüm noktalarına olan uzaklıkları aşağıdaki *Tablo 16*'daki gibidir.

**Tablo 16**  
*Alternatif Maddelerin Standartlaştırılmış Pozitif İdeal ve Negatif İdeal Çözüm Noktalarına Uzaklıkları*

Madde	$d^*$	$d^-$	Madde	$d^*$	$d^-$	Madde	$d^*$	$d^-$	Madde	$d^*$	$d^-$
<b>M1</b>	1.93	1.20	<b>M15</b>	1.82	1.36	<b>M29</b>	1.92	1.27	<b>M43</b>	1.66	1.49
<b>M2</b>	1.96	1.21	<b>M16</b>	1.77	1.39	<b>M30</b>	1.72	1.44	<b>M44</b>	1.90	1.29
<b>M3</b>	1.87	1.28	<b>M17</b>	1.68	1.50	<b>M31</b>	1.64	1.54	<b>M45</b>	1.69	1.50
<b>M4</b>	1.61	1.61	<b>M18</b>	1.47	1.72	<b>M32</b>	2.41	0.73	<b>M46</b>	1.50	1.71
<b>M5</b>	2.13	1.04	<b>M19</b>	1.75	1.42	<b>M33</b>	1.79	1.39	<b>M47</b>	1.99	1.14
<b>M6</b>	1.84	1.32	<b>M20</b>	2.00	1.17	<b>M34</b>	1.99	1.17	<b>M48</b>	1.76	1.43
<b>M7</b>	1.97	1.20	<b>M21</b>	1.85	1.29	<b>M35</b>	1.95	1.23	<b>M49</b>	2.10	1.00
<b>M8</b>	1.62	1.57	<b>M22</b>	1.82	1.35	<b>M36</b>	1.90	1.28	<b>M50</b>	1.90	1.30
<b>M9</b>	1.59	1.62	<b>M23</b>	1.81	1.36	<b>M37</b>	1.83	1.37	<b>M51</b>	1.86	1.28
<b>M10</b>	1.67	1.53	<b>M24</b>	1.60	1.60	<b>M38</b>	1.84	1.32	<b>M52</b>	2.20	0.96
<b>M11</b>	2.07	1.08	<b>M25</b>	1.70	1.46	<b>M39</b>	1.91	1.25	<b>M53</b>	1.70	1.50
<b>M12</b>	1.96	1.22	<b>M26</b>	1.51	1.68	<b>M40</b>	2.05	1.11	<b>M54</b>	1.95	1.18
<b>M13</b>	1.76	1.39	<b>M27</b>	1.61	1.60	<b>M41</b>	2.11	1.02	<b>M55</b>	1.67	1.48
<b>M14</b>	2.15	1.01	<b>M28</b>	2.03	1.11	<b>M42</b>	1.89	1.28	<b>M56</b>	1.96	1.19

**Tablo 16**

*Alternatif Maddelerin Standartlaştırılmış Pozitif İdeal ve Negatif İdeal Çözüm Noktalarına Uzaklıkları (Devam)*

Madde	$d^*$	$d'$	Madde	$d^*$	$d'$	Madde	$d^*$	$d'$	Madde	$d^*$	$d'$
M57	2.17	0.92	M63	2.29	0.86	M69	1.88	1.22	M75	1.72	1.44
M58	1.85	1.30	M64	1.82	1.33	M70	1.72	1.45	M76	1.81	1.40
M59	2.09	1.05	M65	2.16	0.97	M71	1.86	1.32	M77	1.93	1.26
M60	1.51	1.67	M66	1.85	1.33	M72	1.68	1.48	M78	1.95	1.19
M61	1.83	1.34	M67	1.58	1.64	M73	1.76	1.44	M79	1.85	1.29
M62	2.07	1.10	M68	1.75	1.43	M74	2.19	0.97	M80	1.67	1.46

Normalize edilmiş bulanık karar matrisi üzerinden belirlenen standartlaştırılmamış pozitif ve ideal çözümler ve *Tablo 17*'deki gibi hesaplanmıştır.

**Tablo 17**

*Alternatif Maddelerin Standartlaştırılmamış Pozitif İdeal ve Negatif İdeal Çözüm Noktalarına Uzaklıkları*

Madde	$d^*$	$d'$	Madde	$d^*$	$d'$	Madde	$d^*$	$d'$	Madde	$d^*$	$d'$
M1	0.96	0.65	M21	0.87	0.74	M41	1.15	0.47	M61	0.82	0.80
M2	0.97	0.65	M22	0.86	0.76	M42	0.89	0.73	M62	1.08	0.54
M3	0.88	0.73	M23	0.80	0.82	M43	0.66	0.95	M63	1.32	0.31
M4	0.56	1.06	M24	0.55	1.06	M44	0.89	0.73	M64	0.83	0.78
M5	1.15	0.48	M25	0.69	0.92	M45	0.66	0.96	M65	1.19	0.42
M6	0.84	0.78	M26	0.47	1.14	M46	0.45	1.17	M66	0.84	0.78
M7	0.97	0.65	M27	0.57	1.06	M47	1.02	0.59	M67	0.53	1.10
M8	0.59	1.03	M28	1.06	0.56	M48	0.74	0.88	M68	0.73	0.89
M9	0.55	1.08	M29	0.91	0.72	M49	1.15	0.46	M69	0.92	0.69
M10	0.64	0.99	M30	0.72	0.90	M50	0.89	0.74	M70	0.70	0.91
M11	1.09	0.53	M31	0.62	1.00	M51	0.87	0.75	M71	0.86	0.77
M12	0.96	0.67	M32	1.46	0.16	M52	1.22	0.40	M72	0.67	0.94
M13	0.76	0.85	M33	0.78	0.85	M53	0.66	0.96	M73	0.73	0.89
M14	1.16	0.46	M34	1.01	0.62	M54	0.98	0.64	M74	1.21	0.42
M15	0.81	0.81	M35	0.95	0.68	M55	0.67	0.94	M75	0.72	0.90
M16	0.77	0.84	M36	0.89	0.73	M56	0.97	0.64	M76	0.79	0.84
M17	0.66	0.96	M37	0.81	0.82	M57	1.22	0.39	M77	0.92	0.71
M18	0.42	1.19	M38	0.84	0.78	M58	0.86	0.76	M78	0.97	0.64
M19	0.74	0.88	M39	0.91	0.71	M59	1.13	0.50	M79	0.87	0.75
M20	1.01	0.62	M40	1.06	0.56	M60	0.48	1.13	M80	0.68	0.93

#### *Adım 10: Yakınlık katsayılarının hesaplanması ve alternatif maddelerin sıralanması*

Tüm alternatifler için *Eşitlik 29* dikkate alınarak  $CC_i$  yakınlık katsayısı hesaplanmış ve maddeler 1'e en yakın katsayıya sahip olan maddeden başlanarak sıralanmıştır. Yakınlık katsayısı 1'e en yakın olan alternatif maddeler öncelikli olarak tercih edilir. Uygulamada yer alan alternatiflerin yakınlık katsayıları aşağıdaki *Tablo 18*'deki gibidir.

**Tablo 18**

*Standartlaştırılmış Çözüm Noktalarına Göre Alternatif Maddelerin Yakınlık Katsayısına Göre Sırası*

Sıra	Madde	CCi	Sıra	Madde	CCi	Sıra	Madde	CCi	Sıra	Madde	CCi
1	M18	0.54	21	M70	0.46	41	M58	0.41	61	M56	0.38
2	M46	0.53	22	M30	0.42	42	M22	0.41	62	M54	0.38
3	M26	0.53	23	M75	0.46	43	M79	0.41	63	M34	0.37
4	M60	0.52	24	M68	0.45	44	M21	0.41	64	M20	0.37
5	M67	0.51	25	M19	0.45	45	M51	0.41	65	M47	0.36
6	M9	0.50	26	M73	0.45	46	M50	0.41	66	M28	0.35
7	M24	0.50	27	M48	0.45	47	M3	0.41	67	M40	0.35
8	M4	0.50	28	M13	0.44	48	M42	0.40	68	M62	0.35
9	M27	0.50	29	M16	0.44	49	M44	0.40	69	M11	0.34
10	M8	0.49	30	M33	0.44	50	M36	0.40	70	M59	0.33
11	M31	0.48	31	M76	0.44	51	M29	0.40	71	M5	0.33
12	M10	0.48	32	M23	0.43	52	M39	0.40	72	M41	0.33
13	M43	0.47	33	M15	0.43	53	M77	0.40	73	M49	0.32
14	M17	0.47	34	M37	0.43	54	M69	0.39	74	M14	0.32
15	M45	0.47	35	M61	0.42	55	M35	0.39	75	M65	0.31
16	M55	0.47	36	M64	0.42	56	M1	0.38	76	M74	0.31
17	M53	0.47	37	M38	0.42	57	M12	0.38	77	M52	0.30
18	M72	0.47	38	M6	0.42	58	M2	0.38	78	M57	0.30
19	M80	0.47	39	M66	0.42	59	M78	0.38	79	M63	0.27
20	M25	0.46	40	M71	0.41	60	M7	0.38	80	M32	0.23

*Tablo 18*'de hesaplanan alternatif maddelerin yakınlık katsayısına göre, katsayısı 0.54 olan 18 Numaralı madde birinci, katsayısı 0.53 olan 46 ve 26 numaralı maddeler ikinci ve katsayısı 0.52 olan 60 numaralı madde üçüncü en iyi madde olarak sıralanabilir.

Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi üzerinden belirlenen standartlaştırılmamış pozitif ve negatif ideal çözümlere göre alternatif maddelerin *CCi* yakınlık katsayıları ise *Tablo 19*'daki gibidir.

**Tablo 19**

*Standartlaştırılmamış Çözüm Noktalarına Göre Alternatif Maddelerin Yakınlık Katsayısına Göre Sırası*

Sıra	Madde	CCi	Sıra	Madde	CCi	Sıra	Madde	CCi	Sıra	Madde	CCi
1	M18	0.74	8	M4	0.65	15	M45	0.59	22	M30	0.56
2	M46	0.72	9	M27	0.65	16	M43	0.59	23	M75	0.56
3	M26	0.71	10	M8	0.64	17	M72	0.58	24	M68	0.55
4	M60	0.70	11	M31	0.62	18	M55	0.58	25	M73	0.55
5	M67	0.67	12	M10	0.61	19	M80	0.58	26	M19	0.54
6	M9	0.66	13	M17	0.59	20	M25	0.57	27	M48	0.54
7	M24	0.66	14	M53	0.59	21	M70	0.56	28	M13	0.53



**Tablo 19**

*Standartlaştırılmamış Çözüm Noktalarına Göre Alternatif Maddelerin Yakınlık Katsayısına Göre Sırası (Devam)*

Sıra	Madde	CCi	Sıra	Madde	CCi	Sıra	Madde	CCi	Sıra	Madde	CCi
29	M33	0.52	42	M22	0.47	55	M35	0.42	68	M62	0.33
30	M16	0.52	43	M51	0.46	56	M12	0.41	69	M11	0.33
31	M76	0.52	44	M79	0.46	57	M1	0.41	70	M59	0.31
32	M23	0.50	45	M21	0.46	58	M2	0.40	71	M5	0.29
33	M37	0.50	46	M50	0.46	59	M7	0.40	72	M41	0.29
34	M15	0.50	47	M3	0.45	60	M78	0.40	73	M49	0.29
35	M61	0.49	48	M44	0.45	61	M56	0.40	74	M14	0.28
36	M64	0.48	49	M42	0.45	62	M54	0.39	75	M65	0.26
37	M38	0.48	50	M36	0.45	63	M34	0.38	76	M74	0.26
38	M6	0.48	51	M29	0.44	64	M20	0.38	77	M52	0.25
39	M66	0.48	52	M39	0.44	65	M47	0.37	78	M57	0.24
40	M71	0.47	53	M77	0.44	66	M28	0.35	79	M63	0.19
41	M58	0.47	54	M69	0.43	67	M40	0.34	80	M32	0.10

Tablo 19’da hesaplanan alternatif maddelerin yakınlık katsayısına göre, katsayısı 0.74 olan 18 Numaralı madde birinci, katsayısı 0.72 olan 46 numaralı madde 2. ve katsayısı 0.71 olan 26 numaralı madde üçüncü en iyi madde olarak sıralanabilir.

### 3.3.2. Bulanık VIKOR Yönteminin Uygulanması

Bu bölümde madde havuzundan madde seçim işlemi bulanık VIKOR yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Bulanık VIKOR yönteminin ilk beş adımı olan; karar verici grubun oluşturulması, değerlendirme kriterlerinin ve alternatiflerin belirlenmesi, kriterlerin ve alternatiflerin dilsel değişkenlerle değerlendirilmesi, dilsel değerlendirmelerin bulanık sayılara dönüştürülmesi, kriterler için bulanık ağırlıkların hesaplanması ve alternatifler için bulanık karar matrisinin oluşturulması adımları, Şekil 6’da belirtildiği üzere bulanık TOPSIS yöntemi ile aynıdır. Bu sebeple bulanık VIKOR yönteminin uygulama adımları Adım 6’dan başlanarak anlatılmıştır.

#### *Adım 6: Bulanık en iyi ve en kötü değerlerin belirlenmesi*

TOPSIS yöntemi uygulamasının Adım 5’te elde edilen “Bulanık Karar Matrisi” dikkate alınarak kriterlerin ayrı ayrı her bir alternatife göre en iyi ( $\tilde{f}_i^*$ ) ve en kötü ( $\tilde{f}_i^-$ ) değerleri Eşitlik 33 kullanılarak belirlenmiştir. Bu noktada dikkat edilmesi gereken nokta kriterler altında alternatiflere ilişkin yapılan değerlendirmelerin

hangisinin maksimum hangisinin minimum kabul edileceğidir. Madde havuzunda yer alan herhangi bir alternatif maddeye madde ayırt ediciliği, madde güçlüğü ve kazanıma uygunluk kriterleri altında yüksek puanlar atandığında maddenin teste alınma ihtimalinin yükseldiği söylenebilir. Bu durumda her üç kriterle ait değerlendirmelerden maksimum değerler en iyi bulanık değeri verirken, minimum değerler en kötü bulanık değerini verecektir. Bu kural tabanında bulanık karar matrisi üzerinden belirlenen en iyi ve en kötü bulanık değerler *Tablo 20*'de gösterilmiştir.

**Tablo 20**  
*Kriterlerin En İyi ve En Kötü Değerleri*

Kriter	$\tilde{f}_i^*$			$\tilde{f}_i^-$		
	<b>K1</b>	6.20	7.80	8.80	1.00	1.60
<b>K2</b>	8.60	9.80	10.00	0.60	2.00	3.80
<b>K3</b>	7.80	9.20	9.80	0.80	2.00	3.80

**Adım 7: Her bir alternatif için  $\tilde{S}_j$  ve  $\tilde{R}_j$  değerleri hesaplanması**

Tüm kriterlere göre  $i$ . alternatifin en iyi bulanık değere uzaklığının toplamını veren  $\tilde{S}_j$  değeri *Eşitlik 34* yardımıyla hesaplanmış ve *Tablo 21*'de verilmiştir.

**Tablo 21**  
*Alternatif Maddelerin  $\tilde{S}_j$  Değerleri*

Madde	$\tilde{S}_j$			Madde	$\tilde{S}_j$		
<b>M1</b>	1.05	1.45	1.66	<b>M21</b>	0.98	1.31	1.47
<b>M2</b>	1.09	1.45	1.60	<b>M22</b>	1.00	1.25	1.31
<b>M3</b>	1.03	1.33	1.48	<b>M23</b>	0.96	1.19	1.29
<b>M4</b>	0.74	0.85	0.82	<b>M24</b>	0.69	0.84	0.86
<b>M5</b>	1.42	1.77	1.83	<b>M25</b>	0.83	1.05	1.13
<b>M6</b>	0.99	1.27	1.37	<b>M26</b>	0.52	0.70	0.78
<b>M7</b>	1.14	1.44	1.59	<b>M27</b>	0.75	0.87	0.83
<b>M8</b>	0.75	0.88	0.89	<b>M28</b>	1.19	1.58	1.79
<b>M9</b>	0.72	0.81	0.80	<b>M29</b>	1.20	1.41	1.38
<b>M10</b>	0.87	0.99	0.91	<b>M30</b>	0.83	1.09	1.16
<b>M11</b>	1.27	1.62	1.82	<b>M31</b>	0.70	0.91	1.04
<b>M12</b>	1.16	1.44	1.55	<b>M32</b>	1.66	2.19	2.49
<b>M13</b>	0.83	1.12	1.31	<b>M33</b>	1.00	1.19	1.21
<b>M14</b>	1.28	1.72	2.00	<b>M34</b>	1.21	1.53	1.64
<b>M15</b>	1.04	1.24	1.24	<b>M35</b>	1.18	1.45	1.48
<b>M16</b>	0.91	1.18	1.28	<b>M36</b>	1.09	1.35	1.43
<b>M17</b>	0.74	0.95	1.09	<b>M37</b>	1.00	1.21	1.24
<b>M18</b>	0.47	0.61	0.71	<b>M38</b>	0.99	1.27	1.37
<b>M19</b>	0.92	1.14	1.17	<b>M39</b>	1.03	1.37	1.52
<b>M20</b>	1.20	1.51	1.64	<b>M40</b>	1.33	1.62	1.70

**Tablo 21**  
*Alternatif Maddelerin  $\tilde{S}_j$  Değerleri(Devam)*

Madde	$\tilde{S}_j$			Madde	$\tilde{S}_j$		
M41	1.27	1.69	1.98	M59	1.21	1.65	1.94
M42	1.06	1.34	1.42	M60	0.54	0.72	0.79
M43	0.72	0.99	1.14	M61	1.01	1.26	1.32
M44	1.06	1.33	1.42	M62	1.29	1.62	1.77
M45	0.87	1.01	1.03	M67	0.78	0.85	0.69
M46	0.45	0.66	0.77	M68	0.87	1.08	1.16
M47	1.13	1.52	1.74	M69	0.93	1.34	1.68
M48	0.89	1.12	1.15	M70	0.82	1.06	1.17
M49	1.23	1.71	2.04	M71	1.04	1.31	1.39
M50	1.14	1.37	1.33	M72	0.85	1.04	1.10
M51	0.88	1.27	1.56	M73	0.93	1.12	1.13
M52	1.42	1.84	2.03	M74	1.45	1.82	1.98
M53	0.78	0.98	1.09	M75	0.79	1.05	1.19
M54	1.09	1.47	1.67	M76	1.06	1.23	1.13
M55	0.77	1.03	1.17	M77	1.22	1.42	1.39
M56	1.15	1.47	1.61	M78	1.13	1.47	1.64
M57	1.28	1.81	2.22	M79	0.98	1.29	1.46
M58	1.00	1.29	1.41	M80	0.73	1.03	1.21

Her bir kritere göre i. alternatifin en kötü bulanık değerlere olan maksimum uzaklığını veren  $\tilde{R}_j$  Eşitlik 35 yardımıyla hesaplanmış ve *Tablo 22*'de gösterilmiştir.

**Tablo 22**  
*Alternatiflerin  $\tilde{R}_j$  Değerleri*

Madde	$\tilde{R}_j$			Madde	$\tilde{R}_j$		
M1	0.51	0.67	0.76	M29	0.51	0.57	0.57
M2	0.58	0.68	0.71	M30	0.40	0.47	0.47
M3	0.49	0.63	0.73	M31	0.29	0.39	0.51
M4	0.36	0.34	0.39	M32	0.74	0.91	1.00
M5	0.58	0.70	0.73	M33	0.53	0.65	0.70
M6	0.60	0.73	0.77	M34	0.56	0.70	0.73
M7	0.69	0.76	0.73	M35	0.51	0.55	0.56
M8	0.40	0.42	0.37	M36	0.42	0.49	0.61
M9	0.36	0.34	0.44	M37	0.58	0.60	0.61
M10	0.47	0.50	0.43	M38	0.42	0.50	0.50
M11	0.69	0.78	0.80	M39	0.67	0.86	0.97
M12	0.53	0.65	0.73	M40	0.65	0.73	0.73
M13	0.40	0.50	0.59	M41	0.51	0.59	0.81
M14	0.76	0.99	1.13	M42	0.67	0.76	0.73
M15	0.56	0.63	0.60	M43	0.31	0.44	0.54
M16	0.42	0.49	0.51	M44	0.51	0.57	0.66
M17	0.45	0.47	0.59	M45	0.38	0.44	0.47
M18	0.22	0.33	0.42	M46	0.32	0.51	0.61
M19	0.38	0.44	0.47	M47	0.51	0.60	0.66
M20	0.51	0.65	0.67	M48	0.47	0.50	0.47
M21	0.38	0.54	0.63	M49	0.51	0.68	0.80
M22	0.38	0.44	0.47	M50	0.54	0.67	0.73
M23	0.49	0.50	0.54	M51	0.47	0.65	0.80
M24	0.58	0.71	0.77	M52	0.74	0.86	0.87
M25	0.36	0.44	0.47	M53	0.69	0.86	0.97
M26	0.23	0.39	0.49	M54	0.45	0.57	0.63
M27	0.33	0.37	0.37	M55	0.51	0.67	0.73
M28	0.67	0.81	0.87	M56	0.60	0.73	0.77

**Tablo 22***Alternatiflerin  $\tilde{R}_j$  Değerleri (Devam)*

Madde	$\tilde{R}_j$			Madde	$\tilde{R}_j$		
M57	0.56	0.73	0.87	M69	0.49	0.63	0.73
M58	0.38	0.49	0.57	M70	0.56	0.71	0.80
M59	0.71	0.81	0.80	M71	0.56	0.67	0.67
M60	0.38	0.44	0.43	M72	0.45	0.54	0.57
M61	0.45	0.55	0.60	M73	0.71	0.84	0.87
M62	0.51	0.58	0.76	M74	0.74	0.91	1.00
M63	0.78	0.94	1.00	M75	0.36	0.48	0.64
M64	0.40	0.54	0.66	M76	0.56	0.63	0.60
M65	0.71	0.86	0.93	M77	0.65	0.73	0.73
M66	0.62	0.71	0.67	M78	0.58	0.80	0.92
M67	0.33	0.37	0.33	M79	0.47	0.52	0.54
M68	0.49	0.50	0.54	M80	0.36	0.49	0.57

**Adım 8:  $\tilde{S}^*$ ,  $\tilde{S}^-$ ,  $\tilde{R}^*$ ,  $\tilde{R}^-$  ve  $\tilde{Q}_j$  değerlerinin hesaplanması**

Bu aşamada maksimum grup faydasını gösteren  $\tilde{S}_j$ 'nin, minimum değeri ( $\tilde{S}^*$ ), maksimum değeri ( $\tilde{S}^-$ ) *Eşitlik 36* ile hesaplanmış ve bu değerler *Tablo 23*'te gösterilmiştir.

**Tablo 23***Grup Faydasının  $\tilde{S}^*$  min,  $\tilde{S}^-$  max Değerleri*

$\tilde{S}^*$	0.45	0.61	0.69
$\tilde{S}^-$	1.66	2.19	2.48

Minimum bireysel pişmanlığı gösteren  $\tilde{R}_j$ 'nin minimum değeri ( $\tilde{R}^*$ ) ve maksimum değeri ( $\tilde{R}^-$ ) *Eşitlik 37* ile hesaplanmış ve *Tablo 24*'te gösterilmiştir.

**Tablo 24***Bireysel Pişmanlığın  $\tilde{R}^*$  min,  $\tilde{R}^-$  max Değerleri*

$\tilde{R}^*$	0.22	0.33	0.33
$\tilde{R}^-$	0.78	0.99	1.13

Maksimum grup faydası ile minimum bireysel pişmanlığı birlikte değerlendiren uzlaşmacı çözüm  $\tilde{Q}_j$  indeksi değeri *Eşitlik 38* yardımıyla hesaplanmıştır. Bu hesaplamada *Eşitlik 38*'de yer alan  $v$  değeri maksimum grup faydasını sağlayan

stratejinin önemini,  $1-v$  ise bireysel pişmanlık değerini ifade eder ve uzlaşmacı çoğunluk için  $v$  değeri 0.50 alınabilir (Opricovic, 2011).

Bu çalışmada sırasıyla  $v$  değeri 0.00, 0.50 ve 1.00 alınarak kararın bireysel pişmanlık ağırlığına ya da grup faydasına göre verilmesi durumunda sıralamada meydana gelecek farklar tespit edilmeye çalışılmıştır.

Kararın tamamen bireysel pişmanlığa göre karar verilmesi durumunda  $\tilde{Q}_j$  değerleri *Tablo 25*'te verilmiştir.

**Tablo 25**  
*Alternatiflerin  $\tilde{Q}_j$  Değerleri ( $v=0.00$ )*

Madde	$\tilde{Q}_j$			$\tilde{Q}_j$			
M1	0.52	0.52	0.54	M41	0.52	0.40	0.59
M2	0.64	0.53	0.47	M42	0.80	0.65	0.50
M3	0.48	0.45	0.50	M43	0.16	0.17	0.26
M4	0.24	0.02	0.07	M44	0.52	0.37	0.41
M5	0.64	0.56	0.50	M45	0.28	0.18	0.17
M6	0.68	0.61	0.54	M46	0.17	0.27	0.35
M7	0.84	0.65	0.50	M47	0.52	0.41	0.41
M8	0.32	0.14	0.04	M48	0.44	0.25	0.17
M9	0.24	0.02	0.13	M49	0.52	0.53	0.58
M10	0.44	0.25	0.13	M50	0.56	0.52	0.50
M11	0.84	0.69	0.58	M51	0.44	0.49	0.58
M12	0.56	0.49	0.50	M52	0.92	0.80	0.67
M13	0.32	0.25	0.32	M53	0.84	0.80	0.79
M14	0.96	1.00	1.00	M54	0.40	0.36	0.38
M15	0.60	0.45	0.33	M55	0.52	0.52	0.50
M16	0.36	0.25	0.22	M56	0.68	0.61	0.54
M17	0.40	0.21	0.32	M57	0.60	0.61	0.67
M18	0.00	0.00	0.10	M58	0.28	0.25	0.30
M19	0.28	0.18	0.17	M59	0.88	0.73	0.58
M20	0.52	0.48	0.42	M60	0.28	0.18	0.13
M21	0.28	0.32	0.38	M61	0.40	0.33	0.33
M22	0.28	0.17	0.17	M62	0.52	0.38	0.53
M23	0.48	0.25	0.26	M63	1.00	0.92	0.83
M24	0.64	0.57	0.54	M64	0.32	0.32	0.41
M25	0.24	0.18	0.17	M65	0.82	0.78	0.75
M26	0.02	0.09	0.20	M66	0.62	0.50	0.38
M27	0.20	0.06	0.04	M67	0.24	0.10	0.00
M28	0.80	0.73	0.67	M68	0.41	0.28	0.26
M29	0.52	0.37	0.29	M69	0.44	0.46	0.52
M30	0.32	0.21	0.17	M70	0.45	0.42	0.43
M31	0.12	0.09	0.23	M71	0.55	0.48	0.40
M32	0.92	0.88	0.83	M72	0.37	0.30	0.26
M33	0.56	0.49	0.46	M73	0.64	0.54	0.46
M34	0.60	0.56	0.50	M74	0.87	0.83	0.78
M35	0.52	0.33	0.29	M75	0.26	0.25	0.33
M36	0.36	0.25	0.35	M76	0.55	0.42	0.29
M37	0.64	0.41	0.35	M77	0.70	0.56	0.44
M38	0.36	0.25	0.21	M78	0.60	0.63	0.63
M39	0.80	0.80	0.79	M79	0.44	0.36	0.34
M40	0.76	0.61	0.50	M80	0.24	0.25	0.29

Kararın uzlaşmacı çoğunluğa göre karar verilmesi durumunda  $\tilde{Q}_j$  değerleri *Tablo 26*'da verilmiştir.

**Tablo 26**  
*Alternatiflerin  $\tilde{Q}_j$  Değerleri ( $\nu=0.50$ )*

Madde	$\tilde{Q}_j$			Madde	$\tilde{Q}_j$		
M1	0.51	0.52	0.54	M41	0.60	0.54	0.65
M2	0.58	0.53	0.49	M42	0.65	0.55	0.45
M3	0.48	0.45	0.47	M43	0.19	0.20	0.25
M4	0.24	0.08	0.07	M44	0.51	0.41	0.41
M5	0.72	0.64	0.56	M45	0.31	0.21	0.18
M6	0.56	0.51	0.46	M46	0.08	0.15	0.20
M7	0.70	0.59	0.50	M47	0.54	0.49	0.50
M8	0.28	0.15	0.08	M48	0.40	0.29	0.21
M9	0.23	0.07	0.10	M49	0.58	0.61	0.67
M10	0.39	0.25	0.12	M50	0.57	0.50	0.43
M11	0.76	0.66	0.60	M51	0.40	0.45	0.53
M12	0.58	0.51	0.49	M52	0.86	0.79	0.71
M13	0.32	0.29	0.33	M53	0.56	0.52	0.51
M14	0.82	0.85	0.86	M54	0.47	0.45	0.46
M15	0.54	0.42	0.32	M55	0.39	0.39	0.38
M16	0.37	0.30	0.27	M56	0.63	0.57	0.53
M17	0.32	0.21	0.27	M57	0.64	0.68	0.76
M18	0.01	0.00	0.06	M58	0.37	0.34	0.35
M19	0.34	0.25	0.22	M59	0.75	0.69	0.64
M20	0.57	0.52	0.47	M60	0.18	0.12	0.09
M21	0.36	0.38	0.40	M61	0.43	0.37	0.34
M22	0.37	0.28	0.26	M62	0.61	0.51	0.57
M23	0.45	0.31	0.30	M63	0.97	0.90	0.83
M24	0.42	0.36	0.32	M64	0.34	0.36	0.42
M25	0.28	0.23	0.21	M65	0.88	0.80	0.75
M26	0.04	0.07	0.12	M66	0.72	0.57	0.42
M27	0.22	0.11	0.06	M67	0.20	0.06	0.00
M28	0.71	0.67	0.64	M68	0.48	0.25	0.26
M29	0.57	0.44	0.34	M69	0.48	0.45	0.50
M30	0.32	0.26	0.21	M70	0.60	0.57	0.58
M31	0.16	0.14	0.21	M71	0.60	0.52	0.42
M32	0.96	0.94	0.92	M72	0.40	0.32	0.30
M33	0.51	0.43	0.37	M73	0.88	0.76	0.67
M34	0.62	0.57	0.51	M74	0.92	0.88	0.83
M35	0.56	0.43	0.36	M75	0.24	0.22	0.38
M36	0.44	0.36	0.38	M76	0.60	0.45	0.33
M37	0.55	0.39	0.33	M77	0.76	0.61	0.50
M38	0.40	0.34	0.29	M78	0.64	0.71	0.73
M39	0.64	0.64	0.63	M79	0.44	0.29	0.26
M40	0.74	0.62	0.53	M80	0.24	0.25	0.30

Kararın tamamen grup faydasına göre verilmesi durumunda  $\tilde{Q}_j$  değerleri *Tablo 27*'de verilmiştir.

**Tablo 27**  
*Alternatiflerin  $\tilde{Q}_j$  Değerleri ( $v=1.00$ )*

Madde	$\tilde{Q}_j$			$\tilde{Q}_j$			
M1	0.49	0.53	0.54	M41	0.68	0.68	0.71
M2	0.53	0.53	0.50	M42	0.50	0.46	0.41
M3	0.48	0.45	0.44	M43	0.22	0.24	0.25
M4	0.24	0.15	0.07	M44	0.51	0.45	0.40
M5	0.80	0.73	0.63	M45	0.35	0.25	0.19
M6	0.45	0.42	0.38	M46	0.00	0.03	0.04
M7	0.57	0.52	0.50	M47	0.56	0.57	0.58
M8	0.25	0.17	0.11	M48	0.37	0.32	0.26
M9	0.22	0.12	0.06	M49	0.65	0.70	0.75
M10	0.35	0.24	0.12	M50	0.58	0.48	0.36
M11	0.68	0.64	0.63	M51	0.35	0.42	0.49
M12	0.59	0.52	0.48	M52	0.81	0.78	0.74
M13	0.31	0.32	0.34	M53	0.27	0.23	0.22
M14	0.69	0.70	0.73	M54	0.53	0.54	0.54
M15	0.49	0.40	0.30	M55	0.26	0.26	0.26
M16	0.38	0.36	0.33	M56	0.58	0.54	0.51
M17	0.24	0.22	0.22	M57	0.69	0.76	0.85
M18	0.02	0.00	0.01	M58	0.45	0.43	0.40
M19	0.39	0.33	0.26	M59	0.63	0.66	0.69
M20	0.62	0.57	0.53	M60	0.07	0.07	0.05
M21	0.44	0.44	0.43	M61	0.47	0.41	0.35
M22	0.46	0.40	0.34	M62	0.69	0.64	0.60
M23	0.42	0.36	0.33	M63	0.93	0.88	0.83
M24	0.20	0.14	0.10	M64	0.35	0.39	0.43
M25	0.31	0.27	0.25	M65	0.75	0.75	0.75
M26	0.06	0.05	0.05	M66	0.52	0.44	0.34
M27	0.25	0.16	0.08	M67	0.27	0.15	0.00
M28	0.62	0.61	0.61	M68	0.35	0.30	0.26
M29	0.62	0.50	0.38	M69	0.40	0.46	0.55
M30	0.32	0.30	0.26	M70	0.31	0.28	0.27
M31	0.21	0.19	0.19	M71	0.49	0.44	0.39
M32	1.00	1.00	1.00	M72	0.33	0.27	0.23
M33	0.46	0.36	0.29	M73	0.40	0.32	0.25
M34	0.63	0.58	0.53	M74	0.83	0.77	0.72
M35	0.60	0.53	0.44	M75	0.28	0.28	0.28
M36	0.53	0.47	0.41	M76	0.51	0.39	0.24
M37	0.46	0.38	0.31	M77	0.64	0.51	0.39
M38	0.45	0.42	0.38	M78	0.56	0.54	0.53
M39	0.48	0.48	0.46	M79	0.44	0.43	0.43
M40	0.73	0.64	0.56	M80	0.23	0.26	0.29

*Adım 9: Alternatif maddelerin durulaştırılmış  $\tilde{S}_j$  ,  $\tilde{R}_j$  ve  $\tilde{Q}_j$  değerlerine göre sıralanması*

Alternatif maddelere ait  $\tilde{S}_j$  ,  $\tilde{R}_j$  ve  $\tilde{Q}_j$  indeks değerleri *Eşitlik 39* dikkate alınarak durulaştırılmış ve küçükten büyüğe doğru sıralanmış ve *Tablo 28*'de gösterilmiştir.

**Tablo 28***Alternatif Maddelerin  $\tilde{S}_j$ ,  $\tilde{R}_j$  ve  $\tilde{Q}_j$  Değerlerine Göre Sıralanması*

Sıra	$\tilde{S}_j$		$\tilde{R}_j$		$\tilde{Q}_j$ ( $\nu=0.00$ )		$\tilde{Q}_j$ ( $\nu=0.50$ )		$\tilde{Q}_j$ ( $\nu=1.00$ )	
	Madde	İndeks	Madde	İndeks	Madde	İndeks	Madde	İndeks	Madde	İndeks
1	M18	0.61	M18	0.32	M18	0.02	M18	0.01	M18	0.01
2	M46	0.64	M4	0.35	M4	0.06	M26	0.08	M46	0.03
3	M26	0.68	M67	0.36	M67	0.07	M9	0.10	M26	0.05
4	M60	0.70	M9	0.36	M9	0.07	M67	0.11	M60	0.07
5	M9	0.79	M27	0.36	M27	0.08	M4	0.11	M9	0.13
6	M67	0.81	M26	0.38	M26	0.10	M27	0.12	M67	0.14
7	M24	0.82	M31	0.39	M31	0.12	M60	0.12	M24	0.14
8	M4	0.83	M8	0.41	M8	0.15	M46	0.15	M4	0.15
9	M27	0.84	M60	0.43	M43	0.18	M31	0.15	M27	0.16
10	M8	0.86	M25	0.43	M60	0.18	M8	0.16	M8	0.17
11	M31	0.89	M22	0.43	M25	0.18	M43	0.21	M31	0.19
12	M17	0.94	M43	0.43	M22	0.19	M45	0.22	M17	0.22
13	M10	0.96	M45	0.44	M45	0.19	M25	0.23	M43	0.24
14	M53	0.97	M19	0.44	M19	0.19	M17	0.24	M10	0.24
15	M43	0.97	M30	0.46	M30	0.22	M10	0.25	M53	0.24
16	M45	0.99	M10	0.48	M75	0.25	M80	0.26	M45	0.26
17	M55	1.01	M80	0.48	M80	0.25	M30	0.26	M80	0.26
18	M80	1.01	M16	0.48	M58	0.26	M19	0.26	M55	0.26
19	M72	1.02	M75	0.48	M16	0.26	M75	0.26	M72	0.27
20	M25	1.02	M38	0.48	M17	0.26	M22	0.29	M25	0.28
21	M75	1.03	M58	0.49	M10	0.26	M48	0.29	M75	0.28
22	M70	1.04	M17	0.49	M38	0.26	M68	0.30	M70	0.28
23	M30	1.06	M48	0.49	M46	0.26	M13	0.30	M30	0.30
24	M68	1.06	M46	0.49	M48	0.27	M72	0.30	M68	0.30
25	M48	1.09	M13	0.50	M13	0.28	M16	0.31	M48	0.32
26	M73	1.09	M36	0.50	M36	0.28	M23	0.33	M73	0.32
27	M13	1.11	M68	0.50	M68	0.29	M38	0.34	M13	0.32
28	M19	1.11	M23	0.50	M23	0.29	M58	0.34	M19	0.33
29	M16	1.15	M79	0.52	M79	0.31	M24	0.36	M16	0.36
30	M33	1.16	M21	0.53	M21	0.32	M64	0.36	M33	0.37
31	M23	1.17	M72	0.53	M72	0.33	M79	0.37	M23	0.37
32	M37	1.18	M64	0.54	M64	0.34	M36	0.37	M37	0.38
33	M76	1.18	M61	0.54	M61	0.34	M61	0.38	M76	0.38
34	M15	1.21	M35	0.54	M35	0.36	M21	0.38	M64	0.39
35	M64	1.21	M54	0.56	M54	0.37	M55	0.39	M15	0.40
36	M22	1.22	M29	0.56	M29	0.38	M37	0.41	M22	0.40
37	M61	1.23	M44	0.58	M44	0.40	M76	0.42	M61	0.41
38	M38	1.24	M47	0.60	M62	0.43	M15	0.43	M38	0.42
39	M6	1.24	M62	0.60	M47	0.43	M44	0.43	M6	0.42
40	M51	1.26	M37	0.60	M37	0.44	M70	0.43	M51	0.42
41	M66	1.26	M76	0.61	M41	0.45	M33	0.43	M58	0.43
42	M58	1.26	M15	0.61	M76	0.46	M35	0.44	M79	0.43
43	M79	1.27	M41	0.62	M15	0.46	M29	0.44	M66	0.43
44	M71	1.28	M3	0.62	M3	0.46	M54	0.46	M71	0.44
45	M21	1.28	M69	0.62	M69	0.46	M51	0.46	M21	0.44
46	M44	1.30	M20	0.63	M20	0.47	M3	0.46	M44	0.45
47	M3	1.30	M33	0.64	M33	0.50	M69	0.47	M3	0.45
48	M42	1.30	M51	0.65	M51	0.50	M71	0.48	M42	0.46
49	M36	1.32	M12	0.65	M12	0.50	M50	0.50	M36	0.47
50	M50	1.32	M71	0.65	M55	0.51	M66	0.50	M69	0.47
51	M69	1.33	M55	0.65	M71	0.51	M47	0.50	M50	0.47
52	M39	1.34	M50	0.66	M1	0.52	M6	0.51	M39	0.48
53	M29	1.37	M1	0.66	M50	0.52	M12	0.51	M29	0.50
54	M77	1.38	M2	0.67	M49	0.54	M1	0.52	M77	0.51
55	M35	1.41	M49	0.67	M2	0.54	M53	0.52	M1	0.52
56	M12	1.41	M34	0.68	M34	0.55	M20	0.52	M2	0.53
57	M1	1.41	M5	0.68	M5	0.56	M2	0.53	M35	0.53
58	M7	1.41	M66	0.69	M66	0.57	M62	0.53	M12	0.53
59	M2	1.41	M24	0.69	M24	0.58	M73	0.54	M7	0.53



**Tablo 28***Alternatif Maddelerin  $\tilde{S}_j$ ,  $\tilde{R}_j$  ve  $\tilde{Q}_j$  Değerlerine Göre Sıralanması (Devam)*

Sıra	$\tilde{S}_j$		$\tilde{R}_j$		$\tilde{Q}_j$ ( $v=0.00$ )		$\tilde{Q}_j$ ( $v=0.50$ )		$\tilde{Q}_j$ ( $v=1.00$ )	
	Madde	İndeks	Madde	İndeks	Madde	İndeks	Madde	İndeks	Madde	İndeks
60	M56	1.44	M70	0.70	M70	0.58	M42	0.55	M56	0.54
61	M78	1.44	M6	0.72	M6	0.61	M77	0.56	M54	0.54
62	M54	1.44	M56	0.72	M56	0.61	M34	0.57	M78	0.54
63	M20	1.48	M77	0.72	M77	0.61	M41	0.57	M20	0.57
64	M47	1.49	M40	0.72	M40	0.61	M56	0.58	M47	0.57
65	M34	1.49	M57	0.72	M57	0.62	M7	0.59	M34	0.58
66	M28	1.55	M42	0.74	M42	0.65	M49	0.62	M28	0.61
67	M40	1.59	M7	0.74	M7	0.65	M78	0.62	M62	0.64
68	M62	1.59	M11	0.77	M11	0.69	M40	0.63	M40	0.64
69	M11	1.59	M78	0.78	M78	0.70	M39	0.64	M11	0.64
70	M59	1.62	M59	0.79	M59	0.73	M5	0.64	M59	0.66
71	M41	1.66	M28	0.80	M28	0.73	M11	0.67	M41	0.68
72	M49	1.69	M73	0.82	M73	0.77	M28	0.67	M49	0.70
73	M14	1.70	M52	0.84	M52	0.80	M57	0.69	M14	0.70
74	M5	1.72	M39	0.85	M39	0.80	M59	0.69	M5	0.73
75	M65	1.76	M65	0.85	M65	0.81	M65	0.78	M65	0.75
76	M57	1.79	M53	0.85	M53	0.81	M52	0.79	M57	0.76
77	M74	1.79	M74	0.90	M74	0.88	M74	0.82	M74	0.77
78	M52	1.80	M32	0.90	M32	0.88	M14	0.85	M52	0.78
79	M63	1.96	M63	0.92	M63	0.92	M63	0.90	M63	0.88
80	M32	2.15	M14	0.98	M14	0.99	M32	0.94	M32	1.00

**Adım 10. Uzlaştırıcı çözüm belirlenmesi**

$\tilde{S}_j$ ,  $\tilde{R}_j$  ve  $\tilde{Q}_j$  değerlerinin küçükten büyüğe sıralanmış hâlini veren *Tablo 28*'de  $\tilde{Q}_j$  indeks değerlerine bakıldığında en küçük indeks değerine sahip 18 numaralı alternatif madde en iyi çözüm olarak bulunmuştur. Ancak bu maddenin en iyi alternatif madde olarak belirlenebilmesi için koşulları sağlama durumu kontrol edilmelidir.

Koşul 1: Kabul edilebilir avantaj: *Eşitlik 41*'e göre;

$$Q(a'') - Q(a') \geq DQ \text{ koşulu sağlanmalıdır.}$$

Formülde en iyi ikinci alternatif madde ( $Q(a'')$ ) ile en iyi alternatif madde ( $Q(a')$ ) indeksi arasındaki fark değeri  $v$  değerinin aldığı üç durum (0.00, 0.50, 1.00) için aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$Q_j$  indeksi hesaplanmasında  $v$  değerinin “0.00” alınması yani kararın bireysel pişmanlıklara göre verileceği durumda  $Q(a'')-Q(a')$  fark değeri “0.04” olarak bulunmuştur.

$Q_j$  indeksi hesaplanmasında  $v$  değerinin uzlaşmacı çoğunluk için “0.50” alınması durumunda  $Q(a'')-Q(a')$  fark değeri “0.07” olarak bulunmuştur.

$Q_j$  indeksi hesaplanmasında  $v$  değerinin “1.00” yani kararın tamamen grup faydasına göre verileceği durumda  $Q(a'')-Q(a')$  fark değeri “0.02” olarak bulunmuştur.

Madde sayısı “80” olarak alındığında  $DQ$  değeri ise *Eşlik 39* yardımıyla “0.01” olarak hesaplanmıştır.  $v$  değerinin “0.00, 0.50, 1.00” değerlerini aldığı durumların hepsinde  $Q(a'')-Q(a')$  fark değeri  $DQ$  değerinden büyüktür. Bu sebeple her üç durumda da  $Q_j$  indeksine göre en iyi alternatif madde olarak sıralanan M18 kodlu 18 numaralı madde kabul edilebilir avantaj koşulunu sağlamaktadır.

*Koşul 2:* Karar vermedeki kabul edilebilir istikrar koşulunun sağlanabilmesi  $\tilde{Q}_j$  değerine göre sıralanan listede en iyi alternatif madde olarak belirlenen 18 numaralı maddenin  $\tilde{S}_j$  ve/veya  $\tilde{R}_j$  göre sıralanan listede de en iyi alternatif madde olarak sıralanmış olması gereklidir. 18 numaralı maddenin hem  $\tilde{S}_j$  hem de  $\tilde{R}_j$  indeks değerine göre birinci sırada yer aldığı görülmektedir. İki koşulu da sağlayan 18 numaralı madde kabul edilebilir istikrar koşulunu sağlamaktadır.

## DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

### 4. BULGULAR VE YORUMLAR

Bu bölümde, araştırmanın amaçları doğrultusunda yapılan istatistiksel analizlerden elde edilen bulgular ve bulgulara ilişkin yorumlar yer almaktadır. Araştırmada cevaplandırılmak üzere ele alınan sorulara ilişkin bulgular, soruların sırasına göre aşağıda sunulmuştur.

#### 4.1. Bulanık TOPSIS yöntemi ile madde havuzundan madde seçimi yapıldığında ilk 20 madde sıralaması nasıldır?

Bulanık TOPSIS yöntemi ile yapılan ve Chen (2000)'in standartlaştırılmış pozitif ideal ve negatif ideal çözüm noktaları dikkate alınarak yapılan analiz sonucunda alternatif maddeler yakınlık katsayısına göre sıralanmış ve *Tablo 29*'da nihai test için seçilen ilk 20 maddenin yakınlık katsayısına göre sıralaması verilmiştir.

**Tablo 29**

*Standartlaştırılmış Çözüm Kümelerine Göre Nihai Test İçin Seçilen Alternatif Maddeler ve Yakınlık Katsayıları*

Sıra	Madde	CCi	Sıra	Madde	CCi
1	M18	0.54	11	M31	0.48
2	M46	0.53	12	M10	0.48
3	M26	0.53	13	M43	0.47
4	M60	0.52	14	M17	0.47
5	M67	0.51	15	M45	0.47
6	M9	0.50	16	M55	0.47
7	M24	0.50	17	M53	0.47
8	M4	0.50	18	M72	0.47
9	M27	0.50	19	M80	0.47
10	M8	0.49	20	M25	0.46

Tabloye göre yakınlık katsayısı 0.54 olarak bulunan ve alternatifler içerisinde belirlenen en iyi madde M18 kodlu, 18 numaralı madde olarak bulunmuştur. Bu maddeden sonra teste sırasıyla 46, 26, 60, 67, 9, 24, 4, 27, 8, 31, 10, 43, 17, 45, 55, 53, 72, 80 ve 25. maddeler seçilmelidir.

Chen (2000) standartlaştırılmış pozitif ve negatif ideal çözüm kümeleri yerine ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisinde yer alan her bir kriter için maksimum değerler bulanık pozitif ideal çözüm ve minimum değerler bulanık negatif ideal çözüm olarak belirlenmiş ve bu değerlere göre tüm maddelerin yakınlık katsayıları hesaplanmıştır. Yakınlık katsayıları büyükten küçüğe sıralandığında ilk 20 madde sıralaması *Tablo 30*'da verilmiştir.

**Tablo 30**

*Standartlaştırılmamış Çözüm Kümelerine Göre Nihai Test İçin Seçilen Alternatif Maddeler ve Yakınlık Katsayıları*

Sıra	Madde	CCi	Sıra	Madde	CCi
1	M18	0.74	11	M31	0.62
2	M46	0.72	12	M10	0.61
3	M26	0.71	13	M17	0.59
4	M60	0.70	14	M53	0.59
5	M67	0.67	15	M45	0.59
6	M9	0.66	16	M43	0.59
7	M24	0.66	17	M72	0.58
8	M4	0.65	18	M55	0.58
9	M27	0.65	19	M80	0.58
10	M8	0.64	20	M25	0.57

Standartlaştırılmamış çözüm kümelerine göre nihai test için seçilen ilk madde, yakınlık katsayısı 0.74 olarak bulunan 18 numaralı madde olmuştur. Bu maddenin seçimi ardından teste sırasıyla 18, 46, 26, 60, 67, 9, 24, 4, 27, 8, 31, 10, 43, 17, 53, 45, 43, 72, 80 ve 25. maddeler seçilmelidir.

Standartlaştırılmış ve standartlaştırılmamış yöntemlerle belirlenen ilk 20 maddeye bakıldığında nihai teste alınması beklenen maddelerin aynı olduğu tespit edilmiştir. Bu maddelerin sıralamaları karşılaştırıldığında ise; 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 19, ve 20. maddelere ait sıralamaların iki tabloda da aynı olduğu, 13, 14, 15, 16 ve 17. sırada yer alan maddelerin ise farklı yerlerde sıralandığı görülmektedir. Beş maddenin madde sıralamasında farklı yerlerde bulunması bu maddelerin yakınlık katsayı değerlerinin birbirine çok yakın olmasından kaynaklanmaktadır.

Pozitif ve negatif ideal çözümün belirlenmesinde kullanılan yöntemler sonucunda elde edilen maddelerin aynı olması yöntemlerin birbiriyle tutarlı sonuçlar ortaya koyduğunu göstermektedir.

Standartlaştırılmamış çözüm noktalarına göre yapılan analizde maddelerin yakınlık katsayıları arasındaki fark değerleri, standartlaştırılmış çözüm noktaları dikkate alınarak yapılan analize göre daha büyük bulunmuştur. Bu durum katsayıları birbirine çok yakın çıkan maddelerin aralarındaki fark değerinin açılmasını sağlayarak maddelerin sıralamasını kolaylaştırmaktadır.

#### 4.2. Bulanık VIKOR yöntemi ile madde havuzundan madde seçimi yapıldığında ilk 20 madde sıralaması nasıldır?

Bulanık VIKOR yöntemi ile ilk 20 maddenin seçim işlemi için  $\tilde{Q}_j$  değeri,  $v$  değeri “0.00, 0.50 ve 1.00” olarak alındığı yani kararın sırasıyla red/veto, uzlaşma ve çoğunluk oyu ile verilmesi durumunda hesaplanmış ve *Tablo 31*’de verilmiştir.

**Tablo 31**

*Nihai Test İçin Seçilen Alternatif Maddelerin  $\tilde{Q}_j$  Değerlerine Göre Sıralanması*

Sıra	$\tilde{Q}_j (v=0.00)$		$\tilde{Q}_j (v=0.50)$		$\tilde{Q}_j (v=1.00)$	
	Madde	İndeks	Madde	İndeks	Madde	İndeks
1	M18	0.02	M18	0.01	M18	0.01
2	M4	0.06	M26	0.08	M46	0.03
3	M67	0.07	M9	0.10	M26	0.05
4	M9	0.07	M67	0.11	M60	0.07
5	M27	0.08	M4	0.11	M9	0.13
6	M26	0.10	M27	0.12	M67	0.14
7	M31	0.12	M60	0.12	M24	0.14
8	M8	0.15	M46	0.15	M4	0.15
9	M43	0.18	M31	0.15	M27	0.16
10	M60	0.18	M8	0.16	M8	0.17
11	M25	0.18	M43	0.21	M31	0.19
12	M22	0.19	M45	0.22	M17	0.22
13	M45	0.19	M25	0.23	M43	0.24
14	M19	0.19	M17	0.24	M10	0.24
15	M30	0.22	M10	0.25	M53	0.24
16	M75	0.25	M80	0.26	M45	0.26
17	M80	0.25	M30	0.26	M80	0.26
18	M58	0.26	M19	0.26	M55	0.26
19	M16	0.26	M75	0.26	M72	0.27
20	M17	0.26	M22	0.29	M25	0.28

Buna göre  $v$  değerinin “0.00” alınması, kararın bireysel pişmanlıklara (red/veto) göre verileceği durumda nihai teste sırasıyla; 18, 4, 67, 9, 27, 26, 31, 8, 43, 60, 25, 22, 45, 19, 30, 75, 80, 58, 16 ve 17. maddelerin alınması gereklidir.

$Q_j$  indeksi hesaplanmasında  $v$  değerinin uzlaşmacı çoğunluk için “0.50” alınması durumunda 18, 26, 9, 67, 26, 4, 27, 60, 46, 31, 8, 43, 45, 25, 17, 10, 80, 30, 19, 75 ve 22. maddelerin alınması gereklidir.

$Q_j$  indeksi hesaplanmasında  $v$  değerinin “1.00”, kararın tamamen grup faydasına göre (çoğunluk oyu) verilmesi durumunda 18, 46, 26, 60, 9, 67, 24, 4, 27, 8, 31, 17, 43, 10, 53, 45, 80, 55, 72 ve 25. maddelerin alınması gereklidir.

Maksimum grup faydasını sağlayan stratejinin önemini gösteren  $v$  değerinin bireysel pişmanlıklara ya da uzlaşmacı çözüme göre alınması durumunda seçilen maddelerin uyum yüzdesi %90, uzlaşmacı çoğunluk ve ya tamamen grup faydasına göre alınması durumunda seçilen maddelerin uyum yüzdesi %85 bulunmuştur. Her üç durumda da en iyi alternatif madde, 18 numaralı madde olarak belirlenmiştir.

Alanyazında problemlerin çözümünde  $v$  değerinin çoğunlukla 0.50 olarak alındığı görülmektedir (Akyüz, 2012; Emeç, 2016; Yıldız, 2014). Bu çalışmada sonucun etkinliğinden emin olmak adına farklı  $v$  değerleri (0.00, 0.50, 1.00) için çözüm yapılmıştır. Her üç durumda yapılan çözümlerde alternatif değer aynı bulunmuştur. Gürsel Ateş (2013)’in bulanık VIKOR yöntemi kullanarak geliştirdiği çalışmasında da benzer sonuca ulaşmıştır. Maksimum grup faydasını sağlayan stratejinin önemini gösteren  $v$  değerinin red/veto, uzlaşmacı çoğunluk ve grup faydası dikkate alınarak belirlenmesinin elde edilen sonuçlara göre üstün ya da zayıf yanı bulunmamaktadır. Bu kararın araştırmacının amacına göre verilmesi gerekmektedir.

#### **4.3. Bulanık mantık yöntemlerinden Bulanık TOPSIS ve Bulanık VIKOR yöntemlerinin madde havuzundan madde seçiminde kullanılmasında benzerlikleri, farklılıkları ve üstünlükleri nelerdir?**

Bulanık TOPSIS yöntemine göre Chen (2000)’in standartlaştırılmış pozitif ve negatif ideal çözüm kümeleri dikkate alınarak hesaplanan alternatiflerin yakınlık katsayılarına ( $CC_i^1$ ), pozitif ve negatif ideal çözüm kümeleri için ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisinde yer alan kriterlerin maksimum ve minimum değerleri dikkate alınarak hesaplanan alternatiflerin yakınlık katsayılarına ( $CC_i^2$ ), bulanık VIKOR yöntemi ile farklı değerlerde alınan maksimum grup faydası stratejisinin

ağırlığına ( $\nu$ ) göre hesaplanan  $\tilde{Q}_j$  indeks değerlerine göre madde havuzunda yer alan 80 alternatif madde arasından sıralanan ve seçilen 20 madde *Tablo 32*'de verilmiştir.

**Tablo 32**

*Bulanık TOPSIS ve Bulanık VIKOR yöntemlerine Göre Nihai Test İçin Seçilen Alternatif Madde Sıralamaları*

Bulanık TOPSIS			Bulanık VIKOR			
Sıra	$CCi^1$	$CCi^2$	Sıra	$\tilde{Q}_j$ ( $\nu=0.00$ )	$\tilde{Q}_j$ ( $\nu=0.50$ )	$\tilde{Q}_j$ ( $\nu=1.00$ )
1	M18	M18	1	M18	M18	M18
2	M46	M46	2	M4	M26	M46
3	M26	M26	3	M67	M9	M26
4	M60	M60	4	M9	M67	M60
5	M67	M67	5	M27	M4	M9
6	M9	M9	6	M26	M27	M67
7	M24	M24	7	M31	M60	M24
8	M4	M4	8	M8	M46	M4
9	M27	M27	9	M43	M31	M27
10	M8	M8	10	M60	M8	M8
11	M31	M31	11	M25	M43	M31
12	M10	M10	12	M22	M45	M17
13	M43	M17	13	M45	M25	M43
14	M17	M53	14	M19	M17	M10
15	M45	M45	15	M30	M10	M53
16	M55	M43	16	M75	M80	M45
17	M53	M72	17	M80	M30	M80
18	M72	M55	18	M58	M19	M55
19	M80	M80	19	M16	M75	M72
20	M25	M25	20	M17	M22	M25

Tabloda yer alan sıralamalar dikkate alındığında tüm hesaplamalarda 18 numaralı maddenin madde havuzunda yer alan en iyi alternatif madde olduğu belirlenmiştir.

Bulanık VIKOR yönteminde “ $\nu=0.00$ ” alınarak yapılan sıralama, bulanık TOPSIS ile yapılan sıralamalar ile karşılaştırıldığında, bulanık VIKOR yönteminde sıralamada yer alan beş maddenin (M16, M19, M22, M30, M75), TOPSIS sonuçları ile uyumluluk göstermediği tespit edilmiştir. Bunun sebebi TOPSIS yöntemi yapılan sıralama, alternatif maddeler arasında pozitif ideal çözüme en yakın ve negatif ideal çözüme en uzak olan alternatifin en iyi madde olarak belirlenmesini sağlarken, bulanık VIKOR yönteminde  $\tilde{Q}_j$  indeksinin “ $\nu=0.00$ ” alınarak hesaplanmasında kararın bireysel pişmanlıklara (red/veto) göre verilmesinden kaynaklanmaktadır.

Bulanık VIKOR yönteminde uzlaşmacı çoğunluk için  $v=0.50$  alınması önerilmektedir (Opricovic, 2011). Çalışmalarda da çoğunlukla bu şekilde kullanıldığı görülmektedir. Bulanık TOPSIS yöntemine ait sıralamalar bulanık VIKOR yöntemi ile karşılaştırıldığında, sıralamalarda yer alan “M4, M8, M9, M10, M17, M18, M25, M26, M27, M31, M43, M45, M46, M60, M67 ve M80” kodlu maddelerin ortak olarak seçildiği ancak bu maddelerin sıralamada farklı yerlerde buldukları tespit edilmiştir. Bulanık TOPSIS yöntemlerinde bulanık VIKOR yönteminden farklı olarak M24, M53, M55 ve M72 kodlu maddelerin, bulanık TOPSIS yöntemi ile ise M19, M22, M30 ve M75 kodlu maddelerin seçildiği belirlenmiştir. Bu sıralamalarda yer alan farklılıklar indeks hesaplamalarında farklı yöntemler kullanılmasından kaynaklanmaktadır.

Bulanık TOPSIS ve bulanık VIKOR yöntemi ile sıralanan maddelerin benzerlik ve farklılıkları kontrol edildiğinde; “ $v = 1$ ” alınarak kararın tamamen grup faydasına göre verileceği durumda hesaplanan  $\tilde{Q}_j$  indeksine göre bulanık TOPSIS yöntemleri ile sıralanan maddelerle birebir aynı olduğu ancak madde sıralarının farklılık gösterdiği tespit edilmiştir.

Bulanık çok kriterli karar verme tekniklerinden TOPSIS ve VIKOR yöntemlerinin benzerlikleri düşünüldüğünde her iki yöntem ortak olarak “ideal çözüme yakınlık” noktasına ve alternatiflerin bu noktalara uzaklıklarına dayanmaktadır. İki yöntemin birbirinden farklılığı olarak alternatifleri sıralarken kullanılan analizler gösterilebilir. TOPSIS yöntemi ile yakınlık katsayısı  $CC_i$  hesaplanırken VIKOR yöntemi ile uzaklık çözümü veren  $\tilde{Q}_j$  indeksi hesaplanmakta ve iki yöntem farklı normalizasyon tekniği kullanmaktadır. VIKOR liner normalizasyonu kullanırken TOPSIS vektör normalizasyonunu kullanmaktadır (Opricovic ve Tzeng).

Yapılan analizler sonucunda yöntemlerin birbirlerine göre üstün ya da zayıf yanları hakkında yorum yapmak uygun olmamaktadır. İki yöntem sonucunda belirlenen en iyi alternatifin aynı bulunması yöntemlerin birbirleri ile tutarlı sonuçlar ortaya koyduğunu göstermektedir. Örs (2013), bulanık VIKOR ve hiyerarşik bulanık TOPSIS yöntemleri kullanılarak ev seçimi/ satın alma problemine geliştirdiği çözüm önerisinde iki yöntem ile aynı alternatifin belirlendiği sonucuna ulaşmıştır. Görener



(2013), depo operatörü lojistik firmasının seçimi için bulanık TOPSIS ve bulanık VIKOR yöntemlerinin kullanımına ilişkin çözümünde iki yöntemin uygulanması sonucunda en iyi alternatif olarak aynı firmanın seçildiğini belirtmiştir. Yavuz ve Deveci (2014) bulanık TOPSIS ve bulanık VIKOR yöntemleriyle alışveriş merkezi kuruluş yeri seçimine ilişkin yaptıkları çalışmada iki yöntem sonucunda belirlenen yerin aynı olduğunu tespit etmişlerdir. Araştırmadan elde edilen bulgunun alanyazın tarafından desteklendiği görülmektedir.

İki yöntemin hesaplanmasının kolay ve pratik bir şekilde Microsoft Excel programı üzerinden gerçekleştirilebilmesi, yöntemlerin kullanım avantajlarından biridir. Ayrıca madde seçiminde dilsel değişkenlerin kullanılması karar verme sürecinde oluşan belirsiz durumlara çözüm önerisi geliştirmekte ve karar vericilerin kriterlere verdikleri önemlerin ve değerlendirmelerinin birlikte işe koşularak uzlaşık çözüme ulaşılması, problemin çözümünde objektiflik sorununa çözüm oluşturur niteliktedir.

## SONUÇ TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu bölümde, araştırmadan elde edilen sonuçlar ve bu sonuçlara bağlı olarak sunulan önerilere yer verilmiştir.

### Sonuç ve Tartışma

Bu çalışmada test geliştirme adımlarından biri olan madde havuzundan madde seçim işlemi çok kriterli belirsizlik içeren karar problemi olarak dikkate alınarak bulanık TOPSIS ve bulanık VIKOR yöntemleri ile gerçekleştirilmiş ve bu iki yöntemin benzerlik ve farklılıkları üzerinde durulması amaçlanmıştır.

Çalışmada bulanık TOPSIS ve bulanık VIKOR yöntemlerinde ortak olarak sümilatif ortamda, değerlendirme komitesinde yer alan beş uzman adına, maddenin kazanıma uygunluğu, madde ayırt ediciliği ve madde güçlüğü kriterleri altında alternatif maddelerin yeterliliği dilsel değişkenlerle değerlendirilmiş ve dilsel değişkenler üçgen bulanık sayılara dönüştürülerek bulanıklaştırılmıştır. Değerlendiricilerin kriterlere ilişkin değerlendirmeleri birleştirilerek kriterlerin önem ağırlıkları belirlenmiş ve önem derecesi en fazla olan kriterin “kazanıma uygunluk”, önem derecesi en az olan kriterin ise “madde güçlüğü” kriteri olması sağlanmıştır. Ardından değerlendiriciler adına 80 alternatif madde simülatif olarak değerlendirmiş ve her uzmanın alternatifler hakkında görüşleri dikkate alınarak alternatiflere ilişkin bulanık karar matrisi oluşturulmuştur. Bulanık TOPSIS yöntemine ait adımların tamamlanması için bulanık karar matrisinde yer alan değerlerin bulanık kümelerde kalmasını sağlayan normalizasyon işlemi yapılmış ve kriterlere ve alternatiflere ilişkin değerlendirmeler birleştirilerek ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi bulunmuştur. Ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisinde yer alan alternatif maddelerin pozitif ve negatif ideal çözüm noktaları tespit edilerek yakınlık katsayıları hesaplanmış ve alternatifler sıralanmıştır. Bulanık VIKOR yöntemi için ise bulanık karar matrisinde yer alan en iyi ve en kötü değerler belirlenerek alternatiflerin bu değerlere uzaklıkları

hesaplanmış ve maksimum grup faydası ve minimum bireysel pişmanlığı birlikte değerlendiren karar indeksi hesaplanarak alternatif maddeler sıralanmıştır.

Bulanık TOPSIS yönteminde alternatif maddelerin hem Chen (2000) tarafından önerilen standartlaştırılmış pozitif ve negatif ideal kümelere göre hem de çalışmada bulunan karar matrisinde yer alan bulanık en iyi ve en kötü değerlere göre yakınlık katsayıları büyükten küçüğe sıralandığında iki yöntemle de seçilen ilk 20 maddenin aynı olduğu ve M18 kodlu 18 numaralı maddenin her iki analizde de ilk sırada yer aldığı tespit edilmiştir. Ancak standartlaştırılmış çözüm noktalarına göre yapılan analizde maddelerin yakınlık katsayıları aynı ya da birbirine çok yakın bulunurken standartlaştırılmamış çözüm kümelerine göre yapılan analizde maddelerin indeks değerleri arasındaki fark daha büyüktür. Bu sebeple standartlaştırılmamış çözüm noktaların göre yapılan analize göre maddeler arasında seçim yapma işleminin daha kolay yapılabileceği düşünülmektedir. Avcı Öztürk (2018)'a göre Chen (2000)'in standartlaştırılan pozitif ve negatif ideal çözüm noktaları, asıl negatif ve ideal çözüm noktalarını yansıtmamaktadır.

Standartlaştırılmış ve standartlaştırılmamış pozitif ve negatif ideal çözüm noktalarına göre yapılan analizlerde seçilen ilk 20 madde aynı olduğu için eğer alternatifler arasından en iyi olan belirleniyorsa iki yöntemden birinin kullanılması fark oluşturmamaktadır.

Bulanık VIKOR yöntemi ile alternatif maddelerin sıralanması için maksimum grup faydası stratejisinin ağırlığını gösteren  $\nu$  değeri sırasıyla "0.00, 0.50 ve 1.00 alınarak hesaplanan  $\tilde{Q}_j$  indeksinin indeks değeri sonucuna göre her üç sıralamada ilk sırada 18 numaralı maddenin yer aldığı ve bu sonucun bulanık TOPSIS yöntemi ile tutarlı olduğu tespit edilmiştir. Gürsel Ateş (2013) çalışmasında, bulanık VIKOR yöntemi ile evrensel tasarım ilkelerine bağlı halk otobüsü seçiminde  $\tilde{Q}_j$  indeksinin indeks değerinin hesaplanmasında,  $\nu$  değerini sırasıyla "0.00, 0.50 ve 1.00 olarak almış ve her üç durumda ilk sırada aynı seçimin yer aldığını tespit etmiştir.

Bulanık TOPSIS yöntemi ile en iyi uyum gösteren  $\tilde{Q}_j$  indeksi sıralamasının " $\nu=1$ " alınarak kararın tamamen grup faydasına göre verileceği durumda hesaplanan

sıralama olduğu belirlenmiştir. Alanyazında uzlaşmacı çoğunluk için önerilen  $v$  değerinin 0.50 olarak alındığı  $\tilde{Q}_j$  indeksi sıralamasının bulanık TOPSIS yöntemi ile yapılan sıralamayla büyük oranda benzerlik gösterdiği ancak sıralamada yer alan dört maddenin farklı bulunduğu tespit edilmiştir. Yavuz ve Deveci (2014) alışveriş merkezi kuruluş yeri seçimine yönelik hazırladıkları çalışmalarında bulanık TOPSIS ve bulanık VIKOR yöntemiyle elde edilen sonuçların sıralamasının birbirine çok yakın olduğunu, sıralamada yer alan küçük değişikliklerin sebebinin ise alternatiflerin sıralanması ve seçim aşamasında, maksimum grup faydası (çoğunluk kuralı) ve minimum bireysel pişmanlığı sağlayacak uzlaştırıcı çözüm aranması olduğunu belirtmiştir.

Yapılan analizlerde bulanık TOPSIS ve bulanık VIKOR yöntemlerinin madde seçim problemine kolayca uygulanabilir olduğu, yöntemlerde elde edilen katsayı ve indeks değerlerinin hesaplanmasının kolay ve pratik olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Her iki yöntemin temelde “ideal çözüme yakınlık” noktasını ve alternatiflerin bu noktalara uzaklıklarını dikkate alması, yöntemlerin benzer özellikleri olarak bulunurken TOPSIS yöntemi ile yakınlık katsayısı  $CC_i$ , VIKOR yöntemi ile uzlaşık çözümü veren  $\tilde{Q}_j$  indeksi hesaplanması ve iki yöntemin farklı normalizasyon tekniği kullanması, yöntemlerin farklı özellikleri olarak tespit edilmiştir. Tespit edilen benzerlik ve farklılıkların Yavuz ve Deveci (2014)’nin yaptığı çalışmada ulaşılan bulgularla benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir.

Yöntemlerin birbirlerine göre üstün ve zayıf yanları hakkında bir sonuca ulaşamamıştır.

Test geliştirme işleminde madde havuzundan madde seçim işlemi, deneme uygulaması yapılamayan durumlarda belirsizlik ve objektiflik problemi içermekte ve seçim işleminde insan düşünme yapısını, tüm karar vericilerin tercih ve görüşlerini birlikte dikkate alan objektif bir seçim yöntemi ile karşılaşılamamıştır. Seçim işleminde birden fazla karar verici olması durumunda, uzmanların alternatif madde hakkında görüş ve tercihleri farklılaşıp çatışabilir. Bu bulanık TOPSIS ve bulanık VIKOR yöntemlerinde uzmanların tüm değerlendirmeleri dikkate alınarak kriterlere farklı önem ağırlığı verilebilmesi, uzmanların alternatif maddelere ilişkin yaptığı

değerlendirmelerin kriterlerin ağırlıkları da dikkate alınarak uzlaşık bir çözüm geliştirilebilmesi ve tüm bu işlemlerde insan düşünmesine benzer değerlendirmelerin yapılabilmesi, yöntemlerin kullanım avantajlarındandır. Yavuz ve Deveci (2014)'e göre bulanık TOPSIS ve bulanık VIKOR yöntemleri, nihai seçim kararı üzerinde etkili olan pek çok faktörü dikkate alabilen yöntemlerdir ve etkin çözüme ulaşılması açısından büyük önem taşımaktadır. Görener (2013)'e göre bulanık VIKOR yöntemiyle yapılan değerlendirmelerde bulanık sayılar kullanılması alternatiflere ilişkin özelliklerin rakamsal olarak ifade edilemediği durumlarda ve gerçek yaşamda çözüm bekleyen problemlerin çözümünde daha uygundur. Akyüz (2012)'e göre karar verme probleminin çoğu belirsizlik içermektedir ve birden fazla karar verici olması durumunda, görüş ve tercihlerin farklılaşması ve çatışması gibi durumlarda bulanık VIKOR yönteminin kullanılması, bu tür problemlerin çözümüne katkı sağlamaktadır. Yazırdağ (2018), çok kriterli belirsizlik içeren karar problemlerinden, tedarikçi seçimi problemine ilişkin bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmasının seçim problemine kolayca uygulanabilir olduğunu ve bilimsel temellere dayanan belirli standartları olan bir yöntem öne sürmektedir. Tüm bunlardan yola çıkılarak araştırmadan elde edilen bulgunun alanyazın tarafından desteklendiği görülmektedir. Bu sebeple madde seçiminde bulanık TOPSIS ve bulanık VIKOR yöntemlerinin kullanılması, madde seçiminde karar alma sürecinin içerdiği belirsizlik ve objektiflik probleminin çözümünde bilimsel temellere dayalı çözüm arayışı öne sürmektedir.

## Öneriler

1. Araştırmada test geliştirmede madde havuzundan madde seçim işleminin farklı bulanık yöntemler kullanılarak karşılaştırılması işlemi, simülatif veriler aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Gelecekte yapılacak çalışmalarda karşılaştırmalar gerçek veriler üzerinden yapılabilir.
2. Elde edilen bulgulara göre madde havuzundan iki farklı yöntem ile seçilen maddelerde dört madde farklı bulunmuştur. Bu farklılığın sebebinin araştırılması için mevcut madde havuzu içerisinden gerçek uzmanların geleneksel yöntemlerle maddeleri sıralamaları istenerek bu sıralamalar, bulanık yöntemle

elde edilen madde sıralamaları ile karşılaştırılabilir. Ayrıca nitel çalışmalarla karşılaştırmalar hakkında uzmanların izlenimleri araştırılabilir.

3. Yapılan analizlerde bulanık kümelerin oluşturulmasında üçgen üyelik fonksiyonu yerine yamuk üyelik fonksiyonu kullanılarak farklı bir bulanık küme matrisi elde edilip bu değişikliğin sonuçlarda meydana getirdiği değişim incelenebilir.
4. Yöntemlerin uygulanmasında etkili olan karar verici uzmanların sayısı, değerlendirme kriterlerinin sayısı ve kriterlerin ağırlık değerleri değiştirilerek sonuçlardaki değişimler incelenebilir.
5. Klasik Test Kuramında olduğu gibi Madde Tepki Kuramında da bulanık mantık yaklaşımı kullanılarak madde seçim işlemi araştırılabilir.
6. Araştırmada bulanık yöntem karşılaştırmaları bulanık TOPSIS ve bulanık VIKOR yöntemleri üzerinden yapılmıştır. Bundan sonraki çalışmalarda diğer çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP, ELECTRE ve PROMETHEE gibi yöntemlerden kullanılarak sonuçlar arasındaki farklılıklar ortaya konabilir.
7. “Bireyselleştirilmiş Bilgisayarlı Test Uygulamaları”nda kullanılan madde seçme yöntemlerinin bulanık yöntemlerle yapılan madde seçme işlemi ile birlikte kullanılabilirliği araştırılabilir.
8. Test geliştirmede bulanık yöntem aracılığıyla madde havuzundan madde seçimi yapılması için yazılım ve/veya çevrim içi ortam geliştirilmesi bu alandaki araştırmacılara fayda sağlayabilir.

## KAYNAKÇA

### 1. Kitaplar

American Educational Research Association, American Psychological Association and National Council on Measurement in Education (1999). Standards for Educational and Psychological Testing. Washington, DC: American Educational Research Association.

Arslan, Sıddık (2003). Temel ve Genel Matematik. Ankara: Nobel Yayınları.

Atılğan, Hakan (2018). “Test geliştirme”. Ed. Hatan Atılğan. Eğitimde Ölçme ve Değerlendirme. 1. Baskı. Ankara: Anı Yayıncılık.

Avcı Öztürk, Burcu (2018). Analitik Hiyerarşi Süreci ve TOPSIS Bulanık Uygulamaları İle. 1. Baskı. Bursa: Dora Basım Yayınevi.

Baranowski, Rebecca A. (2006). “Item Editing and Editorial Review.” Ed. Steven M. Downing, Thomas M. Haladayna. Handbook of Test Development. London: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

Baykal, Nazife, Timur Beyan (2004). Bulanık Mantık İlke ve Temelleri. Ankara: Bıçaklar Kitabevi.

Baykul, Yaşar (2015). Eğitimde ve Psikolojide Ölçme: Klasik Test Teorisi ve Uygulaması. 3. Baskı. Ankara: Pegem Yayınları.

Crocker, Linda, James Algina (1986). Introduction Classical and Modern Test Theory. New York: Harcourt Brace Javonovich College Publishers.

Cronbach, Lee Joseph (1971). “Test Validation.” Ed. Robert L. Thorndike. Educational Measurement. 2nd ed. Washington DC: American Council on Education.

Cronbach, Lee Joseph (1984). Essentials of Psychological Testing. 4th ed.. New York, NY: Harper & Row.

Cronbach, Lee Joseph (1990). Essentials of Psychological Testing. New York: Harper & Row Publishers.

Çetin, Bayram (2019). “Test Geliştirme” Ed. Bayram Çetin. Eğitimde Ölçme ve Değerlendirme. 1. Baskı. Ankara: Anı Yayıncılık.

- Demirel, Özcan (2011). Öğretme Sanatı: Öğretimde Planlama ve Değerlendirme. Ankara: Pegem Akademi Yayıncılık.
- Downing Steven M., Thomas M. Haladayna (2006). Handbook of Test Development. London: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Durkheim, Emile (1986). Sosyolojik Yöntemin Kuralları (Çev. Cenk Saraçoğlu). İstanbul: Sosyal Yayınları.
- Elmas, Çetin (2003). Bulanık Mantık Denetleyiciler. Ankara: Seçkin Yayınları.
- Ertürk, Selahattin (1972). Eğitimde Program Geliştirme. Ankara: Hacettepe Üniversitesi Basımevi.
- Guilford, J.P. (1954). Psychometric Methods. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Hasırcı, Nazım (2010). İbn Teymiyye'nin Mantık Eleştirisi. 1. Baskı. Ankara: Araştırma Yayınları.
- Kaçar, Ahmet (2014). Temel Matematik I-II.. 4. Baskı. Ankara: Pegem Akademi Yayınevi.
- Karasar, Niyazi (2010). Bilimsel Araştırma Yöntemi. Ankara. Nobel Yayınları.
- Kuzu, Sultan (2015). "VIKOR." Ed. Bahadır Fatih Yıldırım & Emrah Önder. Operasyonel, Yönetmel ve Stratejik Problemlerin Çözümünde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri. İstanbul: Dora Basım Yayınevi.
- Lin, Robert L. (2006). "The Standarts for Educational and Psychological Testing: Guidance in Test Development." Ed. Steven M. Downing, Thomas M. Haladayna. Handbook of Test Development. London: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Livingston, Samuel (2006). "Item Analysis." Ed. Steven M. Downing, Thomas M. Haladayna. Handbook of Test Development. London: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Lord, Frederic M., Melvin Robert Novick (1968). Statistical Theories of Mental Test Scores. California: Addison-Wesley.
- Messick, Samuel (1989). "Validity". In R. L. Kinn (Ed). Educational Measurement 3rd ed.. New york: Macmillian.
- Paksoy, Turan, Nimet Yapıcı Pehlivan, Eren Özceylan (2013). Bulanık Matematiksel Programlamaya Giriş, Bulanık Küme Teorisi. Ankara: Nobel Yayınevi.
- Öner Necati (1986). Klasik Mantık. 5. Baskı. Ankara: Ankara Üniversitesi.



- Özgüven, İbrahim Ethem (2017). Psikolojik Testler. 14. Basım. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Şen, Zekai (2004). Mühendislikte Bulanık (Fuzzy) Mantık ile Modelleme Prensipleri. İstanbul: Su Vakfı Yayınları.
- Tan, Şeref (2012). Öğretimde Ölçme ve Değerlendirme KPSS El Kitabı. 7. Baskı. Ankara: Pegem Akademi Yayıncılık.
- Taylan, Necip (2008). Ana Hatlarıyla Mantık. 2. Baskı. Ankara: Ensar Neşriyat Yayıncılık.
- Tekin, Halil (2018). Eğitimde Ölçme ve Değerlendirme. 27. Baskı. Ankara: Yargı Yayınevi.
- Tekindal, Satılmış (2017). Okullarda Ölçme ve Değerlendirme Yöntemleri. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Thorndike, L. Robert, Elizabeth Hagen (1959). Measurement and Evaluation in Psychology and Education. New York: Chapman ve Hall Limited.
- Thorndike Robert M., Tracy Thorndike-Christ (2017). Psikolojide ve Eğitimde Ölçme ve Değerlendirme. (Çev. Mustafa Otrar). 8. Baskı. Ankara: Nobel Yayınevi.
- Turgut, Mehmet Fuat, Yaşar Baykul (2019). Eğitimde Ölçme ve Değerlendirme. 8. Baskı. Ankara: Pegem Akademi Yayıncılık.
- Turgut, Mehmet Fuat (1992). Eğitimde Ölçme ve Değerlendirme Metotları. Ankara: Yargı Yayınları.
- Türker, Mübahat (1958). Farabi'nin Bazı Mantık Eserleri. Ankara: Atatürk Kültür Merkezi Yayını.
- Türkşen İ. Burhan (2015). Dereceli (Bulanık) Sistem Modelleri. 1. Baskı. İstanbul: Abaküs Kitap Yayınevi.
- Webb, Norman L. (2006). "Identifying Content for Student Achievement Tests. Ed. Steven M. Downing, Thomas M. Haladayna. Handbook of Test Development. London: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Yıldırım, Bahadır Fatih, Emrah Önder (2015). Operasyonel, Yönetimsel ve Stratejik Problemlerin Çözümünde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri. 2. Baskı. Bursa: Dora Yayınları.

## **2. Makaleler, Bildiriler, Diğer Basılı Yayınlar**

- Akyüz, Gökhan (2012). "Bulanık VIKOR Yöntemi İle Tedarikçi Seçimi." Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, Cilt: 26(1).

- Alptekin, Ozan (2011). Görme Engelliler İçin Zeki Bir Öğretim Sistemi Tasarımı. Yüksek lisans tezi, Beykent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Altun Türker, Yasemin (2012). Uzaktan Eğitim Öğretim Yönetim Sisteminin Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri İle Seçimi. Yüksek lisans tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- Aram, Kadir (2012). Parçacık Sürü Optimizasyon Algoritması İle Çok Ölçütlü Performans Değerlendirme Modelinin Oluşturulması. Yüksek lisans tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Arı, Erhan (2009). Bulanık Mantık Tabanlı Mesleki Yönlendirme. Yüksek lisans tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Armağan, Hamit (2008). Öğrenci Akademik Performans Değerlendirilmesi İçin Yeni Bir Yaklaşım. Yüksek lisans tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İsparta.
- Arslan, Müjde (2019). Öğretmen Performanslarının Bulanık Mantık Yöntemi İle Değerlendirilmesi. Yüksek lisans tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Ateş, Nüfer Yasin, Sezi Çevik, Cengiz Kahraman, Murat Gülbay, S. Ayça Erdoğan (2006). "Multi Attribute Performance Evaluation Using A Hierarchical Fuzzy TOPSIS Method." *Studies in Fuzziness and Soft Computing*, 201: 537-572.
- Bakanay, Didem (2009). Mikro Öğretimde Performansın Bulanık Mantık Yöntemiyle Değerlendirilmesi. Yüksek lisans tezi, Marmara üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bagherzadeh Asl Miyandoab, Mahdi (2011). Bir Mühendislik Fakültesi Bölümlerinin Akademik Performans Değerlendirmesi. Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Bai, S. M., Shyi-Ming Chen (2008). "Automatically Constructing Grade Membership Functions of Fuzzy Rules for Students Evaluation." *Expert Systems with Applications*, 35(3), 1408–1414.
- Biswas, Ranjit (1995). "An Application of Fuzzy Sets in Students Evaluation." *Fuzzy Sets and System*, 74(2), 187–194.
- Büyüköztürk, Şener (2016). "Sınavlar Üzerine Düşünceler." *Kalem Eğitim ve İnsan Bilimleri Dergisi*, 6 (2), 345-356.
- Çaldak, Hüseyin (2008). "İlk Devir İslâm Dünyasında Akıl Yürütmelerin Mantık Açısından Değerlendirilmesi," *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 0 (22).

- Chang, D. F., Sun, C. M. (1993). "Fuzzy Assessment Of Learning Performance Of Junior High School Students" [Bildiri]. In Proceedings Of The 1993 First National Symposium On Fuzzy Theory And Applications, Hsinchu, Taiwan, Republic of China.
- Chaudhari O.K., P.G. Khot., K.C. Deshmukh (2012). "Soft Computing Model for Academic Performance of Teachers Using Fuzzy Logic." British Journal of Applied Science & Technology, 2(2), 213-226.
- Chen, Chen Tung (2000). "Extensions Of The TOPSIS For Group Decision-Making Under Fuzzy Environment." Fuzzy Sets and Systems, 114(1), 1-9.
- Chen, Shyi-Ming, Chia-Hoang Lee (1999). "New Methods For Students' Evaluation Using Fuzzy Sets." Fuzzy Sets and Systems, 104, 209-218.
- Cheng, C. H., Yang, K. L.(1998). Using Fuzzy Sets in Education Grading System. Journal of Chinese Fuzzy Systems Association, 4(1), 81-89.
- Chen, LY., T.C. Wang (2009). "Optimizing Partners' Choice in IS/IT Outsourcing Projets: The Strategic Decision of Fuzzy VIKOR." İnternational Journal of Production Economics, 120(1), 223-242.
- Çebi, Ayça (2011). Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri İle Öğrenci Performanslarının Değerlendirilmesi. Yüksek lisans tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Çiçekli Ural Gökay, Ayşe Karaçizmeli (2013). "Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci İle Başarılı Öğrenci Seçimi: Ege Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Örneği." Ege Stratejik Araştırmalar Dergisi, 4(1), 77-103.
- Çelikkbilek, Yakup. (2015). Karar Teorisinde Bulanık Kümeler ve Gri Sistem Teorisi. Yüksek lisans tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Daldal, Hasret (2010). Esnek Kümelerde Karar Verme Yöntemlerinin Eğitim Bilimlerine Uygulanması. Yüksek lisans tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat.
- Demirçelik, Çiğdem (2010). Bulanık Sınav Sistemleri. Yüksek lisans tezi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat.
- Durdudiller, M. (2006). Perakende sektöründe tedarikçi performans değerlemesinde AHP ve bulanık AHP uygulaması. Yüksek lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Dündar, Süleyman, Fatih Ecer & Şuayip Özdemir (2010). "Fuzzy TOPSIS Yöntemi ile Sanal Mağazaların WEB Sitelerinin Değerlendirilmesi." İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 21(1), 287-305.

- Echauz, J. R., G. J. Vachtsevanos (1995). "Fuzzy Grading System." IEEE Publisher, 38(2), 158–165.
- Emeç, Şeyma (2016). Çok kriterli yer seçimi problemine stokastik AHP, bulanık MOORA ve bulanık VIKOR yaklaşımları ve bir uygulama. Yüksek lisans tezi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Eroğlu Gültekin. (2012). "Klasik Mantıktan Modern Mantığa Geçiş: Modern Mantığın Doğuşuna Temel Sayılabilecek Bazı Hususlar." Hikmet Yurdu Sosyal Bilimler Araştırma Dergisi, 5(9), 115-135.
- Ersoylu, İsmail (2011). Bulanık VIKOR ve Bulanık AHP Yöntemleri İle Performans Ölçümü: Havacılık Ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü'ne Öğrenci Seçimi. Yüksek lisans tezi, Hava Harp Okulu Komutanlığı Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü, İstanbul.
- Erümit, Ali Kürşat (2007). Bulanık AHS Yöntemi İle Fen Bilimleri Enstitüsü İçin Master Öğrencisi Seçimi. Yüksek lisans tezi, Gazi üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Ertuğrul, İrfan. (2006). "Akademik performans değerlendirmede bulanık mantık yaklaşımı." İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 20 (1), 155-176.
- Gökbulut, Yasin (2003). Fuzzy Sayılarının Eğitim Sistemindeki Derecelendirmede Kullanılması. Yüksek lisans tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat.
- Görener, Ali (2013). Depo operatörü lojistik firmasının seçimi için bulanık VIKOR ve bulanık TOPSIS yöntemlerinin uygulanması. İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi. 42(2), 198-218.
- Gültaş, İlkay. (2007). Endüstri Mühendisliği Eğitiminde Matematik Ders İçeriklerinin Belirlenmesine Bulanık AHP Yöntemi İle Çözüm Önerisi. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Gürses Ateş, Fatma (2013). Evrensel tasarım ilkelerine bağlı halk otobüsü seçimi: Bulanık VIKOR yöntemi ile bir uygulama. Yüksek lisans tezi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Hammadi, A.S., R.H. Milne (2003). "A Neuro-Fuzzy Approach For Student Performance Modeling." IEEE Publisher, 1078-1081.
- Hsieh, Ting- ya, Shih-Tong Lu, Hshiang Tzeng (2004). "Fuzzy MCDM Approach for Planning and Design Tenders Selection in Public Office Buildings." International Journal of Project Management, 22, 573–584.

- Karataş, İbrahim (2018). “Bulanık Mantık ile Klasik ve Sembolik Mantık İlişkisi Karşılaştırılması.” *European Journal of Educational & Social Sciences*, 3(2), 144-163.
- Kaptanoğlu, Dilek, Ahmet Fahri Özok (2006). “Akademik performans değerlendirmesi için bir bulanık model.” *İTÜ dergisi*, 5 (1), 193-204.
- Kaya, Tolga , Cengiz Kahraman (2010). “Multicriteria Renewable Energy Planning Using an Integrated Fuzzy VIKOR & AHP Methodology.” *International Journal of Energy*, 35, 2517-2527.
- Köz, İsmail. (2002). “Aristoteles Mantığı ile Felsefe-Bilim İlişkisi.” *Ankara Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi*, 43(2), 55-37.
- Köse, Utku. (2010). *Bulanık Mantık ve Yapay Sinir Ağları İçin Eğitim Yazılımı Geliştirilmesi*. Yüksek lisans tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon.
- Kuşçu, Dinçer (2007). *Karar Verme Süreçlerinde Bulanık Mantık Yaklaşımı*. Yüksek lisans tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kutlu, Ömer. (2003). “Cumhuriyetin 80.Yılında: Ölçme ve Değerlendirme.” *Milli Eğitim Dergisi*, 160.
- Law, Chi Keung (1996). “Using Fuzzy Numbers in Educational Grading System.” *Fuzzy Sets and Systems*, 83, 311-323.
- Madi, Elissa, Jonathan M. Garibaldi, Christian Wagner (2017). “Exploring the use of Type-2 fuzzy sets in multi-criteria decision making based on TOPSIS.” *IEEE International Conference on Fuzzy Systems*, 9(12).
- Ma Jian, Duanning Zhou (2000). “Fuzzy Set Approach to the Assessment of Student-Centered Learning.” *IEEE Transactions on Education*, 43(2), 237–241.
- Musani Suhaina, Abdul Aziz Jemain (2015). “Ranking Schools’ Academic Performance Using a Fuzzy VIKOR.” *Journal of Physics, Conference Series*, 622 (2015) 012036.
- Örs, Fatma (2013). *Bulanık çok kriterli karar verme yöntemleri ve bir uygulama: Ev satın alma problemi*. Yüksek lisans tezi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Song Jing, Junhui Zheng (2015). “The Application of Grey-TOPSIS Method on Teaching Quality Evaluation of the Higher Education.” *International Journal of Merging Technologies in Learning*, 10(8), 42-45.
- Ordukaya, Emre. (2011). *Bulanık Karar Verme Süreçlerinde Geri Bildirim ve Mikro Öğretim Uygulaması*. Yüksek lisans tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Opricovic, Serafim, Gwo Hshiung Tzeng (2004). "Compromise solution by MCDM methods: a comparative analysis of VIKOR and TOPSIS." *European Journal of Operational Research*, (156) 445–455.
- Öcal, Ayşe (2015). *Belirtisiz Mantıktan Yararlanılarak Ortaöğretim Matematik Öğretmenliği Öğrencilerinin Öğretmenlik Uygulaması Başarılarının Değerlendirilmesi*. Yüksek lisans tezi. Hacettepe Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Özdemir, Ali, Aysegul Alaybeyoglu, Kadriye Filiz Balbal (2019). "Bulanık Mantığın Eğitim Alanındaki Uygulamaları." *Bilim, Eğitim, Sanat ve Teknoloji*, 3(1), 45-50.
- Taşkırdı, Özkan (2013). *Bulanık Mantık İle Sınavlara Hazırlık İçin Performans Arttırma Yazılımı*. Yüksek lisans tezi, Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale.
- Thakre T. A., O. K. Chaudhari, Nita Dhawade (2017). "A Fuzzy Logic Multi Criteria Approach For Evaluation Of Teachers Performance." *Advances in Fuzzy Mathematics*, 12(1), 129-145.
- Topal, Murat (2013). *Bulanık Mantık Yöntemi İle Ortak Sınav Otomasyon Programı*. Yüksek lisans tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Topçu, Hüner. (2014). *Bulanık AHP Yönteminin Güncellenmesi ve KPSS Hazırlık Kaynak Kitap Seçimi Problemi Üzerine Bir Uygulama*. Yüksek lisans tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Uygunoğlu Tayfun, Osman Ünal (2005). "Seyitömer Uçucu Külünün Betonun Basınç Dayanımına Etkisi Üzerine Bulanık Mantık Yaklaşımı." *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 1, 13–20.
- Wilson, E., C. L. Karr, L. M. Freeman (1998). "Flexible, Adaptive, Automatic Fuzzy-Based Grade Assigning System." *IEEE Publisher*, 334– 338.
- Wu, M. H. (2003). *Research on Applying Fuzzy Set Theory and Item Response Theory to Evaluate Learning Performance*. Master thesis, Chaoyang University of Technology, Department of Information Management. Wufeng, Republic of China.
- Yavuz Selahattin, Muhammet Deveci (2014). *Bulanık TOPSIS ve bulanık VIKOR Yöntemleriyle Alışveriş Merkezi Kuruluş Yeri Seçimi ve Bir Uygulama*. *Ege Akademik Bakış Dergisi*, 14(3), 463-479.
- Yazırdağ, Murat. (2018). *Bulanık AHP ve bulanık TOPSIS Yöntemleri İle Tedarik Sistemi: Jandarma Genel Komutanlığında Bir Uygulama*. Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

Yıldız, Osman. (2014). Makine Öğrenmesi İle Uzaktan Eğitim Öğrencilerinin Performanslarının Değerlendirilmesi. Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Yıldız, Ayşe, Muhammed Deveci (2013). “Bulanık VIKOR Yöntemine Dayalı Tedarikçi Seçimi.” Ege Akademik Bakış, 13 (4), 427-436.

### **3. Elektronik Kaynaklar**

ÖSYM Kuramsal bilgiler hakkında (2020). Erişim: 16.02.2020, <https://www.osym.gov.tr/TR,8789/hakkinda.html>



