

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

AÇIK UÇLU MADDELERİN PUANLANMASINDA BULANIK
MANTIK YAKLAŞIMININ KULLANIMI: BULANIK TOPSIS
YÖNTEMİ ÖRNEĞİ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

Aykut ÇİTÇİ

KOCAELİ, 2021

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

AÇIK UÇLU MADDELERİN PUANLANMASINDA BULANIK
MANTIK YAKLAŞIMININ KULLANIMI: BULANIK TOPSIS
YÖNTEMİ ÖRNEĞİ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

Aykut ÇİTÇİ

Dr. Öğr. Üyesi Fatih KEZER

KOCAELİ, 2021

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

AÇIK UÇLU MADDELERİN PUANLANMASINDA BULANIK
MANTIK YAKLAŞIMININ KULLANIMI: BULANIK TOPSIS
YÖNTEMİ ÖRNEĞİ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

Tezi Hazırlayan: Aykut ÇİTÇİ

Tezin Kabul Edildiği Enstitü Yönetim Kurulu Karar ve No: 07/07/2021 - 16

KOCAELİ, 2021

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu çalışmada, öğrencilerin açık uçlu matematik maddelerine vermiş oldukları cevapların bulanık mantık yöntemiyle puanlanmasına yönelik bir model geliştirilmesi ve öğrencilerin bu yöntemden aldıkları puanlar sonucunda sıralanmaları ile klasik yöntemlerden aldıkları puanlar sonucunda sıralanmaları arasındaki ilişkinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Tez çalışmamın her aşamasında bana rehberlik eden, kendi bilgi ve birikimiyle mesleki ve akademik görüşümü etkileyen; çalışkanlığı, pratikliği ve kişiliği ile bana örnek olan danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Fatih KEZER'e,

Yüksek lisans eğitimimde aldığım derslerde bana katkı sunan Sayın Hocalarım Prof. Dr. Satılmış TEKİNDAL'a, Dr. Öğr. Üyesi Safiye BİLİCAN DEMİR'e, fikirleriyle tezimi geliştirmemi sağlayan değerli jüri üyeleri Dr. Öğr. Üyesi Ayşe ARZU ARI'ya, Dr. Öğr. Üyesi Müge ULUMAN MERT'e ve fikirlerinden her zaman yararlandığım yüksek lisans dönem arkadaşlarıma,

Çalışmaya katılarak araştırmamın ortaya çıkmasına destek olan matematik öğretmenlerine, eğitim hayatım boyunca bende emeği olan tüm öğretmenlerime,

Hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini her zaman hissettiğim ve bildiğim, benim için sürekli fedakârlık yapan, benim için çok değerli olan annem Gülismi ÇİTÇİ ve babam Duran ÇİTÇİ'ye,

Yüksek lisans eğitimi sürecinde sevgisini, desteğini, anlayışını benden hiç esirgemeyen, tüm olumsuz şartlarda yanımda olan değerli eşim Yeliz ÇİTÇİ'ye ve sevgili oğlum Tuna'ya teşekkür ederim.

Aykut ÇİTÇİ

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
SİMGE VE KISALTMALAR.....	vi
TABLolar LİSTESİ	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	ix
GİRİŞ.....	1
BİRİNCİ BÖLÜM.....	3
1. PROBLEM	3
1.1. PROBLEM DURUMU	3
1.2. AMAÇ	9
1.3. ÖNEM	10
1.4. VARSAYIMLAR.....	12
1.5. SINIRLILIKLAR	12
İKİNCİ BÖLÜM	13
2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE VE İLGİLİ ARAŞTIRMALAR.....	13
2.1. KAVRAMSAL ÇERÇEVE	13
2.1.1. Mantık Kavramı	13
2.1.1.1. Klasik Mantık.....	14
2.1.1.2. Modern Mantık	14
2.1.1.3. Çok Değerli Mantık	15
2.1.1.4. Bulanık Mantık	15
2.1.1.4.1. Bulanık Mantığın Kullanımı ve Uygulamaları	16
2.1.1.4.2. Bulanık Mantığın Avantajları ve Dezavantajları	18
2.1.2. Klasik Kümeler ve Bulanık Kümeler.....	20
2.1.2.1. Bulanık Kümelerde Dilsel Değişkenler	21
2.1.2.2. Bulanık Kümelerde Üyelik Fonksiyonu Özellikleri	22
2.1.3. Durulaştırma	25
2.1.3.1. En Büyük Üyelik Yöntemi.....	26
2.1.3.2. Ağırlık Merkezi Yöntemi.....	26
2.1.3.3. Ağırlıklı Ortalama Yöntemi.....	27

2.1.4. Dilsel Eşikler.....	28
2.1.5. Çok Kriterli Karar Verme	28
2.1.5.1. TOPSIS Yöntemi	30
2.1.6. Bulanık Çok Kriterli Karar Verme	30
2.1.6.1. Bulanık TOPSIS Yöntemi.....	31
2.2. İLGİLİ ARAŞTIRMALAR.....	33
2.2.1. Yurt İçinde Yapılan Araştırmalar	33
2.2.2. Yurt Dışında Yapılan Araştırmalar	37
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM.....	42
3. YÖNTEM.....	42
3.1. ARAŞTIRMA MODELİ.....	42
3.2. SİMÜLATİF TASARIM.....	42
3.3. VERİLERİN ANALİZİ VE YORUMLANMASI	44
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM.....	57
4. BULGULAR	57
4.1. BİRİNCİ ALT PROBLEM	57
4.2. İKİNCİ ALT PROBLEM.....	61
4.3. ÜÇÜNCÜ ALT PROBLEM	67
4.4. DÖRDÜNCÜ ALT PROBLEM.....	84
SONUÇ VE ÖNERİLER	86
SONUÇLAR	86
ÖNERİLER	88
KAYNAKÇA	89

ÖZET

AÇIK UÇLU MADDELERİN PUANLANMASINDA BULANIK MANTIK YAKLAŞIMININ KULLANIMI: BULANIK TOPSIS YÖNTEMİ ÖRNEĞİ

ÇİTCİ, AYKUT

Yüksek Lisans, Eğitimde Ölçme ve Değerlendirme Bilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi FATİH KEZER

Haziran, 2021

Bu araştırmada, açık uçlu maddelerin puanlanmasında bulanık mantık yönteminin kullanılmasını incelemek, açık uçlu maddelerin bulanık mantık yöntemi ile puanlanmasına yönelik bir model geliştirmek ve klasik yöntemlerle elde edilen puanlarla bulanık yöntemle elde edilen puanları karşılaştırarak, yöntemlerin avantajlarını ve dezavantajlarını belirlemek amaçlanmıştır. Bulanık TOPSIS yönteminin kullanıldığı bu araştırmada açık uçlu maddeler için matematik alanı seçilmiş ve üç uzmanla görüşmeler yapılarak açık uçlu maddelerin puanlanmasına yönelik yedi kriter belirlenmiştir. Pandemi koşulları nedeniyle çalışmanın gerçek uygulaması yapılmamış olup 25 öğrenci için simülatif veri kullanılarak öğrencilerin klasik ve bulanık yöntemlere göre sıralamaları MS Excel programıyla elde edilmiştir.

Çalışma kapsamında öğrencilerin klasik yöntem ve TOPSIS yöntemiyle sıralaması elde edilmiş ve bu sıralamalarla bulanık TOPSIS yöntemiyle elde edilen sıralama arasındaki ilişki Spearman sıra farkları korelasyon katsayısı ile belirlenmiştir. Yapılan analizler sonucunda klasik yöntemlerle elde edilen sıralamalarla bulanık yöntemle elde edilen sıralama arasında yüksek derecede pozitif bir ilişkinin olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bulanık mantık, açık uçlu madde puanlama, Bulanık TOPSIS

ABSTRACT

USING A FUZZY LOGIC APPROACH TO SCORING OPEN-ENDED QUESTIONS: EXAMPLE OF THE FUZZY TOPSIS METHOD

ÇİTÇİ, AYKUT

Master, Department of Measurement and Evaluation in Education

Supervisor: Assist. Prof. FATİH KEZER, Ph. D.

June, 2021

This study aimed to examine the use of the fuzzy logic method in scoring open-ended questions, to develop a model for scoring them with the fuzzy logic method, and to determine the advantages and disadvantages of the methods by comparing the scores obtained through classical methods with the scores obtained by the fuzzy method. In the study in which the fuzzy TOPSIS method was used, the field of mathematics was selected for open-ended questions and seven criteria were determined for scoring open-ended questions by consulting to three experts. Due to pandemic conditions, the real application of the study was not carried out, and the ranking of the students according to classical and fuzzy methods was obtained using MS Excel program by using simulative data for 25 students.

Within the scope of the study, the ranking of the students was obtained by the classical method and the TOPSIS method, and the relationship between these rankings and the rankings obtained by the fuzzy TOPSIS method was determined by the Spearman rank difference correlation coefficient. As a result of the analysis, it was concluded that there was a highly positive relationship between the rankings obtained by classical methods and the rankings obtained by fuzzy method.

Keywords: Fuzzy logic, Open-ended questions scoring, Fuzzy TOPSIS

SİMGE VE KISALTMALAR

AHP: Analytical Hierarchy Process (Analitik Hiyerarşi Süreci)

FAHP: Fuzzy Analytical Hierarchy Process (Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci)

VIKOR: Vise Kriterijumska Optimizacija Kompromisno Resenje (Çok Kriterli Optimizasyon ve Uzlaşık Çözüm)

FVIKOR: Fuzzy Vise Kriterijumska Optimizacija Kompromisno Resenje (Bulanık Çok Kriterli Optimizasyon ve Uzlaşık Çözüm)

TOPSIS: Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (İdeal Çözüme Dayalı Sıralama Tekniği)

FTOPSIS: Fuzzy Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (Bulanık İdeal Çözüme Dayalı Sıralama Tekniği)

ÇKKV: Çok Kriterli Karar Verme

BÇKKV: Bulanık Çok Kriterli Karar Verme

MEB: Milli Eğitim Bakanlığı

ÖSYM: Ölçme, Seçme ve Yerleştirme Merkezi

TEOG: Temel Eğitimden Ortaöğretime Geçiş Sistemi

μ : Bulanık Mantık Üyelik Değeri

\tilde{A} : Bulanık Küme

r : Korelasyon Katsayısı

p : Manidarlık Derecesi

E : Evrensel Küme

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1. Bazı Ürünler İçin Bulanık Mantığın Kullanım Amaçları	17
Tablo 2. Kriter ve Alternatifler İçin Önem Ağırlıklarını İfade Eden Sözel Değişkenler	48
Tablo 3. Karar Kriterlerinin Önem Ağırlıkları İçin Puanlayıcıların Vermiş Oldukları Sözel Değişkenler.....	49
Tablo 4. Kriterler İçin Önem Ağırlıklarını Gösteren Üçgen Bulanık Sayı İfadeleri .	50
Tablo 5. Alternatifler İçin Önem Ağırlıklarını Gösteren Üçgen Bulanık Sayı İfadeleri	51
Tablo 6. Puanlayıcıların Açık Uçlu Matematik Maddelerine Verdikleri Puanlar	58
Tablo 7. Klasik Yönteme Göre Öğrencilerin Aldıkları Ortalama Puanlar.....	59
Tablo 8. Klasik Yöntem Kullanılarak Öğrencilerin Aldıkları Puanların Sıralanmaları	60
Tablo 9. TOPSIS Uygulaması İçin Puanlayıcıların Kriterlere Verdikleri Ağırlıklar.	61
Tablo 10. TOPSIS Uygulaması İçin Puanlayıcıların Vermiş Oldukları Puanlar Sonucunda Elde Edilen Normalize Edilmiş Karar Matrisi	63
Tablo 11. TOPSIS Uygulaması İçin Puanlayıcıların Vermiş Oldukları Puanlar Sonucunda Elde Edilen Ağırlıklı Normalize Edilmiş Karar Matrisi	64
Tablo 12. TOPSIS Uygulaması İçin Öğrencilerin Pozitif ve Negatif Çözüm Kümelerine Olan Uzaklıkları ve Yakınlık Katsayıları.....	65
Tablo 13. TOPSIS Uygulaması İçin Öğrencilerin Yakınlık Katsayılarına Göre Sıralanması.....	66
Tablo 14. Bulanık TOPSIS Uygulaması İçin Üçgen Bulanık Sayılar Kullanılarak Kriterlerin Önem Ağırlıkları İçin Grup Kararı.....	68
Tablo 15. Bulanık TOPSIS Uygulaması İçin Matematik Dersine Ait Açık Uçlu Maddelerin Puanlanması İçin Sözel Değişkenler	69

Tablo 16. Bulanık TOPSIS Uygulaması İçin Birinci Puanlayıcının Görüşleri İle Oluşturulan Bulanık Karar Matrisi ve Öğrencilerin Bulanık Ağırlıkları	70
Tablo 17. Bulanık TOPSIS Uygulaması İçin İkinci Puanlayıcının Görüşleri İle Oluşturulan Bulanık Karar Matrisi ve Öğrencilerin Bulanık Ağırlıkları	72
Tablo 18. Bulanık TOPSIS Uygulaması İçin Üçüncü Puanlayıcının Görüşleri İle Oluşturulan Bulanık Karar Matrisi ve Öğrencilerin Bulanık Ağırlıkları	73
Tablo 19. Bulanık TOPSIS Uygulaması İçin Grup Kararı İle Oluşturulan Bulanık Karar Matrisi ve Öğrencilerin Bulanık Ağırlıkları.....	75
Tablo 20. Bulanık TOPSIS Uygulaması İçin Grup Kararı İle Oluşturulan Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi ve Öğrencilerin Bulanık Ağırlıkları	77
Tablo 21. Bulanık TOPSIS Uygulaması İçin Üçgen Bulanık Sayılar İle Oluşturulan Ağırlıklı Normalize Edilmiş Karar Matrisi	79
Tablo 22. Bulanık TOPSIS Uygulaması İçin Öğrencilerin Pozitif ve Negatif Çözüm Kümelerine Olan Uzaklıkları ve Yakınlık Katsayıları.....	82
Tablo 23. Bulanık TOPSIS Uygulaması İçin Öğrencilerin Yakınlık Katsayılarına Göre Sıralanması	83
Tablo 24. Öğrencilerin Klasik Yöntem, TOPSIS ve Bulanık TOPSIS Yöntemi İle Elde Edilmiş Olan Puanlara Göre Sıralamaları.....	84
Tablo 25. Kullanılan Yöntemlere Göre Öğrenci Sıralamaları Arasındaki İlişkiyi Gösteren Spearman Sıra Farkları Korelasyon Katsayısı	85

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Bulanık Kümeleri Tanımlayan Parametreler	21
Şekil 2. Bulanık Kümede Çekirdek, Destek ve Sınırlar.....	22
Şekil 3. Üçgen Üyelik Fonksiyonu Grafiği.....	23
Şekil 4. Yamuk Üyelik Fonksiyonu Grafiği	24
Şekil 5. Gaussian Üyelik Fonksiyonu Grafiği.....	25
Şekil 6. En Büyük Üyelik Yöntemi İle Durulaştırma	26
Şekil 7. Ağırlık Merkezi Yöntemi İle Durulaştırma	27
Şekil 8. Ağırlıklı Ortalama Yöntemi İle Durulaştırma.....	27
Şekil 9. Kriterler İçin Önem Ağırlıklarını Gösteren Üçgen Bulanık Sayılar.....	51
Şekil 10. Alternatifler İçin Önem Ağırlıklarını Gösteren Üçgen Bulanık Sayılar.....	52

GİRİŞ

Öğretmenler, uzmanlar ve kurumlar tarafından bir sınavın hazırlanması, uygulanması, puanlanması ve öğrencilerin bu puanlara göre sıralamasının yapılması çoğu zaman çeşitli sorunları ortaya çıkarmaktadır. Sınavda yer alan maddelerin sınavın amacı doğrultusunda seçilmesi, sınavın uygun ortam ve şartlarda uygulanması bu sorunları kısmen çöze de öğrencilerin maddelere verdikleri yanıtların da objektif olarak puanlanması gerekmektedir. Objektif puanlama çoktan seçmeli, doğru – yanlış, eşleştirme, kısa cevap gerektiren maddelerde kolaylıkla uygulanabilirken açık uçlu maddelerde objektif puanlamanın kullanımı oldukça kısıtlıdır. Açık uçlu maddelerin puanlanması genellikle öğrencinin cevabının genel görünümünün bir puanlayıcı tarafından puanlanması ile olur. Puanlayıcının öğrenciye vermiş olduğu bu puan kesinlik içermekte ve öğrenciyi sadece bir puan ile değerlendirmektedir.

Öğrencilerin açık uçlu maddelere verdikleri yanıtların objektif ve gerçek hayata uygun olarak kesinlik içermeyen biçimde puanlanıp sıralanması için okullarda kullanılan klasik puanlamanın yanı sıra çok kriterli karar verme yöntemlerinin de kullanılabileceği düşünülerek bu yönde bir çalışma yürütülmüştür. Çok kriterli karar verme uygulamalarında problem bütün olarak ele alınmamakta, öncelikle problem uzmanlar tarafından kriterlere hatta bazı durumlarda alt kriterlere ayrılmaktadır. Bu çalışma kapsamında da açık uçlu matematik maddelerinin puanlanması için problem alt kriterlere ayrılmış ve puanlayıcılar öğrencilerin yanıtlarını bu alt kriterleri dikkate alarak puanlamışlardır. Bu puanlamalar klasik yöntemlerde Aristo mantığı kullanılarak klasik kümeler aracılığıyla yapılmıştır. Klasik kümelerle değerlendirmeye alternatif olarak Zadeh tarafından geliştirilen bulanık kümeler; öğretmen performansları, öğrenci tutumları, öğrenci seçimleri gibi problemlere çözüm aranması için kullanılmıştır. Bu çalışmada da bulanık mantık ile bulanık çok kriterli karar verme yöntemi kullanılarak açık uçlu maddelerle öğrenci sıralamalarının klasik yöntemle göre hem daha objektif hem de kesinlik durumundan arındırılarak yapılması amaçlanmıştır.

Öğrencilerin açık uçlu maddelere verdikleri yanıtların klasik yöntem, klasik ve bulanık çok kriterli karar verme yöntemi ile puanlanmaları kullanılan yöntemlerin olumlu ve olumsuz yönlerinin tespit edilmesini, yöntemler arasındaki ilişkinin belirlenmesini sağlamaktadır. Çalışmanın açık uçlu maddeleri kullanarak sınav hazırlayan öğretmenlere, uzmanlara, Milli Eğitim Bakanlığı'na ve Öğrenci Seçme ve Yerleştirme Kurumu'na bu maddelerin puanlanmasında bulanık mantık yönteminin kullanabilmesi için önemli bilgiler sunması hedeflenmiştir.

Çalışmada yer alan bölümler incelendiğinde, ilk bölümünde problem durumundan bahsedilerek klasik ve bulanık çok kriterli karar verme yöntemlerinin neden açık uçlu madde puanlamasında kullanılması gerektiği aktarılmıştır. Bulanık mantık bölümünde ise bulanık mantığın gelişim süreci, kullanım alanları, çalışmada kullanılan bulanık mantık yöntemleri ve eğitimde bulanık mantıkla ilgili olarak yapılmış araştırmalara yer verilmiştir. Yöntem bölümünde, araştırmanın modeli, verilerin nasıl oluşturulduğu, simülatif tasarım ve verilerin nasıl analiz edilip yorumlanacağı anlatılmıştır. Tezin bulgular bölümünde kullanılan açık uçlu madde puanlama yöntemlerinden elde edilen veriler araştırma sorularının sırasına uygun olarak verilmiştir. Çalışmanın sonuç kısmında ise elde edilen bulgular yorumlanarak sonuca varılmış ve çalışmadan elde edilen veriler doğrultusunda diğer araştırmacılara ve uygulayıcılara yönelik önerilere yer verilmiştir.

BİRİNCİ BÖLÜM

1. PROBLEM

Araştırmanın bu bölümünde çalışmanın problem durumu, amacı, alt amaçları, önemi, varsayımları ve sınırlılıkları açıklanmıştır.

1.1. PROBLEM DURUMU

İnsanlığın ve toplumun bugünkü gelişmişlik düzeyine gelmesinin sebeplerinden biri hiç şüphesiz ki eğitimidir. Eğitim kavramının birçok araştırmacıya, felsefi akıma ve kültüre göre farklı anlamları ve tanımlamaları bulunmaktadır. Erden (2007, s. 13) tüm bu farklı görüşleri değerlendirerek eğitimi “Bireyde kendi yaşantıları yoluyla davranış değişikliği meydana getirme sürecidir” olarak tanımlamıştır. Tüm ülkeler bu süreci vatandaşları daha verimli geçirsin diye eğitim sistemlerini geliştirmeye çalışmaktadır (Karip ve Koksall, 1996, s.3). Türkiye’de eğitim sisteminden sorumlu olan kurum Milli Eğitim Bakanlığı (MEB) olup kurum her geçen yıl eğitimdeki verimliliği arttırmak için programlarında güncellemeler yapmaktadır (MEB, TTKB, 2017, s. 5). Varış (1988, s. 18), eğitim programını “milli eğitimin ve kurumun hedeflerini gerçekleştirmeye dönük faaliyetler bütünüdür” olarak tanımlamaktadır. Eğitim programları zamanın, toplumun ve bireyin gereksinimlerine göre sürekli değişme ve gelişme göstermektedir. Demirel’e (2010, s. 5) göre program geliştirme; hedef, içerik, öğrenme–öğretme süreci ve değerlendirme öğelerinden oluşmaktadır ve bu öğeler arasındaki dinamik ilişkiler bütünüdür.

Eğitim programları oluşturulurken bu dört öge dikkate alınır ve birlikte değerlendirilerek programda yer alırlar. Programın ilk aşaması olan hedefler/kazanımlar ögesi; içinde öğrenene kazandırılacak istendik davranışları

barındırır. İÇerik ögesi ile eğitim programında kazanımlara uygun olacak konular bütünü düşünölmektedir. ÖĞrenme-öğretme sürecinde ise, kazanımlara erişmek için kullanılacak teknik, yöntem ve stratejiler belirtilmektedir. ÖlÇme-değerlendirme öğesinde kazanımların test edilip, istendik davranışların ne kadarının kazandırıldığı ve yapılan eğitimin kalitesi vurgulanmaktadır. Eğitim sisteminin bir öğesinde olan değişmenin, sistemin tümünü etkiler düşünöncesinden hareketle eğitim programının tümünü etkileyeceği varsayılmaktadır (Ertürk, 1982, s. 5:25).

Bir eğitim sisteminin başarılı yönlerinin ve başarısızlık kaynaklarının bilinmesi sistem hakkında önlem alınmasını ve gelecek eğitim etkinlikleri için daha doğru planlamalar yapılmasını kolaylaştırır. Bu anlamda da ölçme ve değerlendirme; sistemin izlenmesi, kontrol edilmesi ve geliştirilmesi açısından büyük bir öneme sahiptir (Turgut ve Baykul, 2010). Rowntree (1987), eğitim sistemleri hakkında gerçeklerin öğrenilebilmesi için öncelikle ölçme değerlendirme süreçlerinin incelenmesinin gerekli olduğunu ifade ederek bu ögenin önemine değinmiştir. ÖlÇme ve değerlendirmenin önemi başka bir çalışmada şöyle ifade edilmiştir: “ÖĞrencilerin mevcut bilgilerinin belirlenmesi, yorumlanması ve elde edilen sonuçların öğrenme eksikliklerinin giderilmesi yönünde kullanılması aşamalarını kapsayan ölçme ve değerlendirme uygulamalarının, öğrenme düzey ve kalitesini önemli derecede arttırdığı söylenebilir (Black ve Wiliam, 2008)”. Eğitim sisteminin kontrol öğesi olan ölçme ve değerlendirme süreçlerinin gerçekleştirilebilmesi için öncelikle ölçme işleminin gerçekleştirilmesi gerekir.

Gronlund ve Linn (1990) ölçmeyi “bireyin belirli bir özelliğe sahip olma derecesinin sayısal bir karşılığını elde etme sürecidir” olarak tanımlamaktadır. ÖlÇme süreci, ölçülecek niteliğin saptanmasıyla başlar. ÖlÇme işlemi yapılırken bir ölçme aracı kullanılır. ÖlÇme araçları, ölçülecek niteliğin gözlenmesi ile sonucun sayılarla ifadesini basit hale getirerek yapılacak gözlemin daha duyarlı bir şekilde yapılmasını sağlar. Eğitimde kullanılan ölçme araçları, ölçülecek niteliğin yapısına ve aracın uygulaması planlanan grubun özelliklerine göre çeşitlilik gösterir. ÖlÇmeyi yapacak ölçen rolündeki birey, değerlendirmenin gayesine uyumlu bir araç kullanmalı, bu koşulları sağlayan bir ölçme aracı yoksa ölçme aracını kendisi oluşturmalıdır (Turgut

ve Baykul, 2012). Ölçme işleminden elde edilen ölçme sonuçları değerlendirme aşamasında kullanılmaktadır. Değerlendirme kavramı; ölçme işlemi sonucunda elde edilen verilerin belirli ölçütler kullanılarak bir yargıya varma işlemi olarak tanımlanabilir (Özgüven, 2017, s. 47; Tekindal, 2017, s. 31). Bu tanımdan anlaşılacağı üzere bir konu hakkında değerlendirme sürecinin tamamlanabilmesi için elde bir ölçme sonucunun, bir ölçütün ve bir kararın olması gerekmektedir. Eğitim alanında ölçme ve değerlendirme bir örnekle açıklanacak olursa; bir öğrencinin sınavdan 70 puan alması değerlendirme için ölçme işlemi sonucunu; dersten geçmek için 45 puanın belirlenmesi ölçüt kavramını ve öğrenci için “geçti” kararının verilmesi değerlendirme sürecinin karar basamağını oluşturmaktadır.

Ölçme sonuçları, yukarıdaki örnekte olduğu gibi en temelde öğrencilere puan verme işleminde kullanılabilmesi gibi en üst seviyede ülkelerin eğitim sistemlerini değiştirmeleri ve geliştirmeleri içinde kullanılır. Bu nedenle doğru kararlar verilebilmesi için doğru ölçme işlemlerinin yapılması gerekmektedir. Ölçmenin olması gereken bir özelliği olan objektiflik kavramı bu durumu karşılamaktadır. Milli Eğitim Temel Kanununda yer alan Türk Milli Eğitiminin Temel İlkelerinde bu durum 6. maddede şöyle açıklanmıştır: “Yöneltilmede ve başarının ölçülmesinde rehberlik hizmetlerinden ve objektif ölçme metotlarından yararlanır” (MEB, 1973). Ölçme işleminden elde edilen sonuçlar, eğitim kararlarının verilmesinde güvenilir ve geçerli bilgi sağlamada kullanılır (Baykul, 2000). Ölçme çalışmalarında amaç olabildiği kadar gerçek puanlara yakın gözlenen puanlar elde etmektir. Gerçek puanlara yakın ölçme sonuçları, ölçmelerdeki hata puanlarının azlığı ölçüsünde güvenilirdir. Bu sebeple güvenilirlik genel olarak “ölçme sonuçlarının tesadüfi hatalardan arınlık derecesi olarak tanımlanmaktadır (Turgut, 1977).” Geçerlik ise, bir ölçme işleminin sadece ölçmek istenilen özelliği ölçmesi, diğer özelliklerle karıştırmamasıdır (Thorndike ve Hagen, 1959). Bu tanımlardan da anlaşılacağı üzere geçerlik ve güvenilirlik ölçme sonuçlarında bulunması gereken en önemli özelliklerdir. Böylelikle doğru ölçme sonuçlarına ulaşıp, doğru değerlendirme için bir basamak oluşturulmuş olunur. Öğrenci başarılarının ölçülmesi ve değerlendirilmesinde de bu iki ögenin yeterli derecede sağlanması gerekmekte fakat

ölçme yapılan özelliğin eğitim alanında örtük olmasından dolayı bu nitelikleri sağlamak güç olmaktadır (DeVellis, 2017, s. 17).

Ölçme işlemi yapabilmek için öncelikle o özelliği ölçecek bir ölçme aracına sahip olmak gerekir. Eğitimde akademik başarının düzeyini belirlemede yazılı yoklamalar, testler, sözlü yoklamalar vb.; duyuşsal alan davranışlarını ölçmek için ilgi envanterleri, tutum ölçekleri, likert tipi araçlar vb.; devinişsel alan davranışlarını ölçmede de dereceleme araçları, çeklist vb. araçlar kullanılmaktadır (Tekindal, 2017, s. 31). Eğitimde bilişsel alan davranışlarını ölçmek için çoğunlukla başarı testleri kullanılır. Başarı testleri, eğitim hedeflerini ölçmek, okullarda başarıyı değerlendirmek için olduğu kadar, sanayi ve kamu kesiminde personel seçimi ile giriş sınavlarında da yaygın olarak kullanılmaktadır (Özgüven, 2017, s. 25).

Günümüzde güncel ölçme değerlendirme yaklaşımlarında geçerli güvenilir veri elde etmek için genellikle çoktan seçmeli testler yapılmaktadır. Çünkü bu testlerdeki maddeler doğru – yanlış olarak puanlanır ve objektiftir yani puanlandırma işlemini yapan kişi değişse bile verilen puanlar değişmemektedir (Özgüven, 2017, s. 149; Tekindal, 2017, s. 148). Çoktan seçmeli testler hem okullarda öğretmen yapımı testler olarak kullanılmakta hem de Öğrenci Seçme ve Yerleştirme Merkezi (ÖSYM) ve Milli Eğitim Bakanlığı (MEB) tarafından yapılan ulusal ölçekteki ölçme sınavlarında kullanılmaktadır. Bu sınavlarda da puanlama 1 – 0 (doğru-yanlış) şeklinde yapılmaktadır ama her doğru cevap bireye tam 1 puan getirmemektedir. Soruyu doğru cevaplayan kişi sayısına göre değişen standart sapma değerine göre soru puan kazanmaktadır (ÖSYM, 2021; MEB, 2020). Örneğin, 30 maddeden oluşan bir testte iki kişinin 20 maddeyi doğru yanıtladığını varsayalım. A bireyi az sayıda kişinin doğru yanıtlamış olduğu maddeleri doğru yaptıysa, B bireyi çok sayıda kişinin doğru yanıtlamış olduğu maddeleri doğru yaptıysa; iki kişinin de aynı sayıda doğru madde yanıtlamış olmasına rağmen A bireyi B bireyinden daha yüksek puan alarak sıralamada öne geçmektedir.

Okullarda en çok kullanılan ölçme araçlarından bir diğeri ise açık uçlu maddelerdir. Bu maddelerin hazırlanmasının çoktan seçmeli maddelere göre nispeten kolay olması, çoğu öğretmenin bu tarzda madde hazırlamaya alışık olması ve öğrencilerin bilgi birikimleriyle kendini daha iyi ifade etmelerine olanak sağlaması, açık uçlu maddelerin kullanılmasına gerekçe olarak sunulabilir. Açık uçlu maddelerden oluşan sınavlar genellikle az soru sayısından oluşmakta bu da bu tür sınavlardan elde edilen güvenilirlik ve geçerlik katsayılarının çoktan seçmeli testlere göre düşük kalmasına sebep olmaktadır. İki ölçme aracı sonucunda elde edilen bu verilerin farklı olmasının bir diğeri sebebi de çoktan seçmeli testlerin objektif olarak puanlanması ama açık uçlu maddelerin dereceli puanlama anahtarı kullanılmasına rağmen subjektiflikten tam olarak kurtulamaması gösterilebilir. Bu nedenlerden ötürü ülkemizde ulusal düzeyde sınav hazırlayan MEB, ÖSYM gibi kurumlar açık uçlu maddeler yerine çoktan seçmeli maddelerden oluşan sınavlar hazırlamaktadırlar. Buna karşın bu kurumlar bazı yıllarda (MEB, 2017; ÖSYM, 2017) açık uçlu maddeler ile de sınav hazırlamaktadırlar. ÖSYM hazırlamış olduğu sınavda tüm alanlarda toplam 15 adet açık uçlu maddeyi sınavda sormuştur. Bu maddelerin tümü kısa cevap gerektiren açık uçlu maddelerdir. Testte yer alan maddelerin doğru cevapları tek bir kelime veya bir sayıdan oluşmaktadır. Bu cevaplar optik kağıda işaretlenmektedir bu da puanlama konusunda insan etkisinin olmadığı direkt olarak makineler tarafından puanlama işleminin yapıldığı anlamına gelir. Buna karşın MEB 2017 – 2018 eğitim öğretim yılının birinci döneminde yapmış olduğu (Temel Eğitimden Ortaöğretime Geçiş) TEOG sınavında Türkçe, Matematik ve Fen Bilimleri alanında 2'şer adet açık uçlu madde hazırlamıştır. Burada yer alan maddeler uzun cevap gerektiren açık uçlu maddelerdir. Bu maddelere öğrenciler istediği gibi cevap vermekte özgür olup ÖSYM gibi optik form yerine cevap kağıdı kullanılmış ve puanlama işlemleri uzman öğretmenler tarafından yapılmıştır. MEB bu maddelerin cevaplarının puanlanması için yapılandırılmış cevap anahtarı hazırlamış ve uzman öğretmenler cevaplara bu cevap anahtarını kullanarak puanlar verilerek objektiflik sağlanmaya çalışılmıştır.

Açık uçlu maddelerin bu iki kurumda kullanımı bu yıllardan sonra görülmemiştir. Bunun nedeni olarak toplumda açık uçlu maddelerin puanlanması

işleminin objektif yapılamadığı düşüncesi gösterilebilir. Aynı zamanda kurumlar için farklı soru türlerinin hazırlanması, puanlanması ve değerlendirilmeye alınması zaman, emek ve maddi olarak dezavantaj olabilir. Milyonlarca öğrencinin katılım sağladığı ulusal sınavlarda özellikle uzun cevaplı açık uçlu maddelerin cevaplandırılarak puanlanması çok fazla zaman aldığı için günümüzde bu tarz soruların hazırlanmadığı düşünülebilir.

Ulusal ya da öğretmen yapımı sınavlarda sorulan soruların açık uçlu, çoktan seçmeli, eşleştirme, kısa cevaplı, doğru yanlış gibi türleri mevcuttur ve tüm bu sorulara öğrencilerin vermiş oldukları cevaplar klasik mantık ilkeleri çerçevesinde kesin sayılarla puanlanmaktadır. Öğrencinin çoktan seçmeli bir maddeye vermiş olduğu cevabı 1 – 0 olarak puanlamak, yazmış olduğu kompozisyona 100 üzerinden 75 vermek, eşleştirme sorusundan aldığı 7 puan, tüm bu örnekler kesinlik içermektedir. Öğrencinin almış olduğu bu puanlar kesindir bir alt yada bir üst puan grubuna dahil değildir. Bu puanlama işlemi Aristoteles'in sistemleştirdiği klasik mantık felsefesi kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Buna karşın günümüzde farklı mantık felsefeleri gelişmiş ve klasik mantığın her durumda kullanılamayacağı ifade edilmiştir.

Yukarıda bahsedilen ikili mantığın (doğru-yanlış) gerçek hayatta pek işe yaramadığını düşünen Lotfi A. Zadeh (1965) bulanık mantık ile ilgili makalelerini yayınlamıştır. Bulanık (belirtisiz) mantıkta kesin ve mutlak gibi kavramlar yerini üyelik dereceleriyle gösterilen doğruluk dereceleriyle ifade edilir. Bu doğruluk dereceleri tamamen doğru ve tamamen yanlış değerleri arasında yer alır. Belli bir derecenin üstü kesin doğru ya da belli bir derecenin altı kesinlikle yanlıştır denilmez. Bulanık mantık kullanılarak tasarlanan denetleyicilerde günlük yaşamda kullanılan dilsel değişkenler kullanılması modelleme işlemi kolaylık sağlar (Sarı, Murat, ve Kırabalı, 2005). Klasik mantıkta sadece 1 ve 0, yani doğru ve yanlış vardır. Belirtisiz mantıkta ise klasik mantıktan farklı olarak yalnızca doğru yanlış değil bu iki değer arasında da değerlerin olabileceğini ifade etmektedir (Elmas, 2011).

Doğru – yanlış, çoktan seçmeli, kısa cevap gerektiren gibi objektif olarak puanlanan maddeler daha çok klasik puanlamaya uygun olduğu düşünülürken öğrenci cevaplarının öğretmenler tarafından subjektif olarak değerlendirildiği açık uçlu maddeler bulanık mantıkla puanlanmaya daha uygun olduğu düşünülmektedir. Bulanık mantık yönteminde açık uçlu madde puanlamak için oluşturulmuş olan kriterlerin ağırlıkları ve öğrenci cevapları bulanık kümelerle kesinlik içermeyen değerler kullanılarak hesaplanmaktadır. Klasik yöntemlerde ise kriterlerin ağırlıkları ve öğrenci cevapları kesin sayılar verilerek hesaplanmakta bu da esnekliği yitirerek puanları kesin formlara dönüştürmektedir.

Eğitim sistemimizde açık uçlu maddeler halihazırda klasik yöntemler kullanılarak puanlanmaktadır. Bu araştırmada açık uçlu maddelerin bulanık mantık yöntemi kullanılarak puanlanmasının klasik puanlamaya göre gerçek hayata daha yakın sonuçlar elde edilip edilemeyeceği araştırılmak istenmiştir.

1.2. AMAÇ

Bu araştırmanın amacı açık uçlu matematik maddelerinin bulanık mantık yöntemi ile puanlanmasına yönelik bir model önerisi geliştirmeye hazırlık olması açısından öğrenci sıralamalarının klasik yöntem, TOPSIS ve bulanık TOPSIS yöntemine göre yapılarak karşılaştırılmasıdır. Bu amaç doğrultusunda araştırmada aşığıdaki sorulara cevap aranmaya çalışılmıştır.

1. Puanlayıcıların vermiş oldukları puanlara göre matematik dersine ait açık uçlu maddelerin okullarda kullanılan klasik yöntem ile puanlanması sonucunda öğrencilerin sıralaması nasıl olmaktadır?
2. Puanlayıcıların vermiş oldukları puanlara göre matematik dersine ait açık uçlu maddelerin TOPSIS yöntemi ile puanlanması sonucunda öğrencilerin sıralaması nasıl olmaktadır?

3. Puanlayıcıların vermiş oldukları puanlara göre matematik dersine ait açık uçlu maddelerin Bulanık TOPSIS yöntemi ile puanlanması sonucunda öğrencilerin sıralaması nasıl olmaktadır?
4. Öğrencilerin klasik yöntem, TOPSIS yöntemi ve bulanık TOPSIS yöntemiyle sıralanması sonucunda öğrencilerin sıralanmaları arasında anlamlı bir ilişki var mıdır?

1.3. ÖNEM

Eğitimde doğru kararların alınabilmesi için öncelikle geçerli ve güvenilir ölçümler yapılabilmesi gerekmektedir. Ölçüm yapılan aracın bu özellikleri sağlaması ölçüm sonuçlarını da olumlu yönde etkileyecektir. Eğitimde kullanılan sınavların da bu özellikleri sağlaması öncelikli bir hedef olmasına karşın çoğu zaman bu nitelikler özellikle öğretmen yapımı sınavlarda yeterince sağlanamamaktadır. Bunun nedeni olarak öğretmenlerin test geliştirme işlem adımlarını uygulamayıp klasik kullanılan yöntemlere göre sınavlarını oluşturması gösterilebilir.

İstenilen nitelikler sınavlarda yeterli düzeyde olsa bile sınavların objektif olarak puanlanması konusunda bazı çekinceler mevcuttur. Özellikle açık uçlu maddelerin, kısa cevaplı maddelerin, kompozisyonların, projelerin ve ödevlerin puanlanmasında puanlayıcıdan kaynaklı objektiflik sorunu oluşmaktadır. Bu sorunların çözümü için puanlayıcının maddeleri tek tek cevaplandırması, çoklu puanlayıcı kullanılması gibi yöntemler kullanılmaktadır.

Puanlayıcılar genellikle puanlama yaparken maddelere verilen cevapları genel görünüme göre değerlendirme yaparak puanlamaktadırlar. Puanlayıcı maddenin toplam puan değerine göre cevaplayıcının vermiş olduğu cevabı kendi zihinsel süzgecinden geçirip oranlayarak puan vermektedir. Bununla birlikte bazı ulusal ve uluslararası testlerde yer alan maddelere de puanlayıcılar 0, 1 ve 2 gibi standartlaştırılmış puanlar vermektedirler. İki yöntemde de puanlar kesinlik içerecek

şekilde verilerek bazı sorunların ortaya çıkmasına sebep olabilmektedirler. Örneğin; bir öğrencinin açık uçlu matematik maddesini işlem adımlarını göstererek doğru cevaplama ile başka bir öğrencinin herhangi bir işlem yapmadan maddenin cevabını direkt olarak yazması arasında çoğu zaman puan farkı olmamaktadır. Öğretmenlerin dereceli puanlama anahtarı oluşturarak yapmış oldukları puanlamalarda öğrencinin cevabını bir kümenin içine yerleştirdiği için burada da kesinlik oluşmakta ve puanlama konusunda esneklik sağlamamakla birlikte gerçek hayata uygunluk azalmaktadır.

Bulanık mantık yaklaşımı ise işte bu kesinlik durumunu azaltarak öğrencilerin vermiş oldukları cevapların daha esnek ve gerçek hayata uygun olarak puanlanmalarını sağlamaktadır. Bir değerlendiricinin öğrencinin yazmış olduğu cevaba 10 üzerinden 3, 6 veya 9 puan vermesi ile aynı cevaba kötü, orta veya iyi sıfatları vermesi temelde aynı görünse de bulanık mantık ile analiz yapıldığında verilen sıfatların bir kesinlik oluşturmadığı ve bazı durumlarda birbirini kapsadığı bu nedenle de gerçek hayata daha uygun ölçümlerin yapılabildiği söylenebilir.

Açık uçlu matematik maddelerinin bulanık mantıkla puanlanmasına yönelik hazırlanmış olan bu çalışmada bu puanlamaların kesinlik ve bütünlük içeren şekilde değil, madde cevaplarının kriterlere ayrıldığı, uzman puanlayıcıların kriterlere kendi ağırlık puanını verdiği ve sözel ifadelerle cevapları puanlandığı şekilde yapılmasını sağlamaktır. Böylelikle öğrencilerin vermiş oldukları cevapların puanlanmasının gerçek hayata daha uygun olacağı ve öğrencilerin puanlara göre sıralanmalarının klasik sıralamaya göre daha geçerli ve güvenilir olacağı düşünülmüştür.

Öğrencilerin puanlara göre sıralandığı, ulusal sınavlarda da kullanılacak olan bulanık TOPSIS yöntemi, bu çalışma kapsamında küçük bir örnek grupla gerçekleştirilmiştir. Böylelikle yöntemin nasıl uygulandığı, işlem adımları, avantajları ve dezavantajları belirlenmiştir. Çalışmanın sonucunda elde edilen veriler ulusal sınavları hazırlayan kurumlar için örnek olması ve bundan sonra yapılacak

açık uçlu sınavlarda bu yöntemi kullanarak topluma ve eğitim camiasına daha güvenilir puanlama yapıldığını ifade edebilirler.

Bulanık mantık yöntemlerinin eğitim alanında bir çok kullanım alanı ve örneği olsa da (Hocalar, 2007; Kaptanoğlu ve Özok, 2006; Bakanay, 2009) eldeki çalışma bu yöntemlerin açık uçlu maddelerin puanlanmasına yönelik kullanılmasını içeren ilk çalışma örneklerindedir. Bu nedenle bu çalışmanın eğitimde ölçme ve değerlendirme alanında bulanık mantık yöntemlerinin kullanımına yol gösterici olacağı düşünülmektedir. Bu çalışmanın eğitim alanında bulanık mantık çalışmalarının uzun vadede artışını sağlayarak, eğitimin niteliğinin artması dolayısıyla toplumun gelişmesine katkı sağlaması beklenmektedir.

1.4. VARSAYIMLAR

1. Puanlayıcıların vermiş oldukları cevapların tamamen kendi görüşlerini yansıttıkları varsayılmıştır.
2. Analizler için üretilen simülatif verilerin gerçek hayata yakın veriler olduğu varsayılmıştır.

1.5. SINIRLILIKLAR

1. Araştırmada yapılan analizler simülatif veriler ile sınırlıdır. Covid – 19 salgınının sebep olduğu pandemi nedeniyle okulların kapalı olması gerçek uygulama yapılmasını engellediği için simülatif veri kullanılmıştır.
2. Çalışma açık uçlu madde puanlanmasında bulanık mantık yaklaşımının kullanımına yönelik bir model önerisi olduğundan işlemlerin ve sıralama mantığının anlaşılması açısından bir madde ile yürütülmüştür.

İKİNCİ BÖLÜM

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE VE İLGİLİ ARAŞTIRMALAR

Araştırmanın bu bölümünde bulanık mantıkla ilgili kavramsal bilgiler ve alanla ilgili yurtiçi ve yurtdışında yapılan çalışmalar yer almaktadır.

2.1. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

2.1.1. Mantık Kavramı

Mantık kelimesi, Yunanca logike kelimesinin Arapça tercümesidir. Kelime anlamı ile Lojik, hem söz hem de akılla ilgilidir. Farabi'ye göre mantık kelimesi nutk (söylemek) kelimesinden türemiştir. Ali Sedad da nutk kelimesinin hem dış nutuk (söz) hem iç nutuk (düşünme) anlamına geldiğini ifade etmiştir (Öner, 1986, s. 1,2).

Terim olarak mantık, bilinenden yola çıkarak bilinmeyenin bilgisine ulaşmaya araç olan bir bilim ya da kurallara uyulduğu takdirde düşünce hatalarını engelleyen bir disiplindir. Mantık, doğru düşünmeyi yanlış düşünmeden ayıran kurallar sistemidir. Mantık, biçimsel yani formel bir bilimdir. Dış dünyadaki somut olaylarla ilgili değildir. Mantığa konu olan kavramlar dış dünyada “şudur” ya da “budur” diye gösterilemez. Bu nedenle düşüncenin bilimi olan matematik ve geometriye benzer. Bu bilimlerin temelinde zaten mantıksal düşünme ve mantıksal akıl yürütme vardır (Yıldırım, 2013).

Mantık, doğru ve düzgün düşünme formlarını inceleyen bilim dalıdır. Mantığı ilk defa sistematik olarak ele alıp kuran Aristoteles'tir. Aristoteles mantığın kurucusu olmasına rağmen onu bulmadı, mantığı sistemli hale getirdi (Paksoy vd., 2013, s. 8).

2.1.1.1. Klasik Mantık

Aristoteles klasik mantığı, doğru-yanlış kavramlarının kesinlikle birbirinden ayrıldığı varsayımına dayandırmış, daha doğru ve daha yanlış durumların olabileceğini de söylemiş fakat bulanıklıklarla uğraşmak istemediğinden mantığı durulaştırarak ona kesinlik kazandırmıştır. Böylece, Aristoteles ilk olarak durulaştırma ile belirgin bir mantık olan klasik mantığın temellerini atmıştır (Erdin, 2007, s. 7).

Aristoteles'e göre mantık bir bilim değil de bilimle ilgilenmeden önce bilinmesi ve ilgilenmesi gerekli bir takım genel bilgileridir; ilimlere giriş için kullanılan araçtır. Bu ifadelerden de Aristoteles'in mantığı, felsefenin bir çalışma alanı olarak değil de felsefe çalışmaları için bir ön bilgi ve araç olarak gördüğü anlaşılmaktadır (Karataş, 2018).

2.1.1.2. Modern Mantık

Modern ya da sembolik mantık olarak adlandırılan formelleştirilmiş mantık bir program olarak ilk kez Leibniz tarafından düşünülmüştür. Modern mantık çalışmalarında sembolik dilin kullanımıyla önermeler ve çıkarımlar sembolleştirilerek dildeki hata ve eksiklikler giderilmek istenmiştir. Modern mantık, çeşitli denetleme yöntemleri geliştirmiştir. Böylece bu denetleme yöntemleri bizi günlük dilin çok anlamlılığından arındırarak, sembolik dilin objektifliğine ve tek anlamlılığına götürmektedir (Eroğlu, 2012).

Klasik mantıkla ilgili çalışmalar günümüzde modern mantık çalışmaları yanında ikinci plana düşmüş durumdadır. Ama bu durum, klasik mantığın önemsiz olduğunu göstermediği gibi, klasik mantıkla modern mantık arasında herhangi bir karşıtlık bulunduğu anlamına da gelmemektedir. Klasik mantıkla modern mantık arasındaki fark, bunların büyük ölçüde, farklı bir sembolik dil kullanmasından

kaynaklanmaktadır. Bu bakımdan da aralarında bir karşıtlığın olduğu söylenemez. Hatta tam aksine, günlük konuşma dili ile olan yakın ilişkisi dolayısıyla klasik mantık, modern mantığın hazırlayıcısı niteliğindedir. Yani, klasik mantık ile modern mantık birbirini ancak tamamlar (Ural, 2020).

Modern mantıkla klasik mantık arasındaki sembolik dil farkı aşağıdaki örneklerle açıklanabilir:

- Klasik mantıkta tek yargı içeren önermeler modern mantıkta “p” ile sembolleştirilir.
- Tek yargı içeren önermeye örnek: İnsanlar güzeldir.
- Klasik mantıkta bileşik önermeler modern mantıkta “ $p \Rightarrow q$ ” ile sembolleştirilir.
- Birleşik önermeye örnek: Kuşlar kanat çırpar ise uçabilirler (Paksoy vd., 2013, s.9-10)

2.1.1.3. Çok Değerli Mantık

J. Lukasiewicz 1921’de rastlantısal olay problemini çözmek için üç değerli mantık fikrini ortaya atmıştır. Gelecekte olabilecek olaylar için ne doğrudur ne de yanlıştır denilebilir bu üçüncü durum için $\frac{1}{2}$ değerini kullanarak “mümkün” tanımlaması yapmıştır. Bu tanımın iki değerli mantıkta bir paradoksa yol açacağı düşünülebilir; fakat üç değerli mantık için tanımlanmış olduğundan aslında problem yoktur. Bir durum için yalnızca 0 ve 1 kabul edilebilir değerler olarak seçilirse, bu tanımlar iki değerli sistemin sonuçları ile çelişmezler. Eğer $\frac{1}{2}$ değeri eklenirse, üç değerli sisteme ulaşılır. Lukasiewicz’e göre istenilen sayıda doğruluk derecesine sahip sistemler kurmak mümkündür (Çetinkaya, 2002).

2.1.1.4. Bulanık Mantık

Bulanık mantık kavramı ilk olarak Lotfi A. Zadeh tarafından 1965 yılında Bulanık Kümeler (Fuzzy Sets) adlı çalışma ile dile getirilmiştir. Bulanık mantığın

temelinde yatan felsefe bir durumun “doğru” ve “yanlış” arasında sürekli ve herhangi bir değer alabileceği kabulüne dayanmaktadır. Bir durumun değeri 0 ve 1 arasındaki bir reel sayı değeri olabilmektedir (Bostan, 2017, s. 13).

Zadeh yapmış olduğu bu çalışmada insan düşüncesinin net olmadığından bahsetmiş ve klasik iki değerli mantık sisteminin insanın bu karmaşık düşüncelerini açıklamakta yetersiz kaldığını ifade etmiştir (Elmas, 2003, s. 26). Klasik mantık, günlük olaylarla ilgili olarak tanımlama yapılırken bazen yetersiz kalmaktadır. Örneğin, “Bursa’dan Balıkesir’e gitmek, yoğun bir trafikte yaklaşık iki saat sürmektedir.” cümlesinde yaklaşık ve yoğun ifadeleri net kavramlar değildir bulanıklık içermektedir (Avcı Öztürk, 2018, s. 21).

2.1.1.4.1. Bulanık Mantığın Kullanımı ve Uygulamaları

Bulanık mantığın ilk uygulaması 1974 yılında Mamdani tarafından geliştirilen bir buhar makinesinde görülmüştür. Zadeh bulanık mantık teorisini dünyaya tanıtmış, Mamdani ise bu teoriyi ilk pratiğe döken kişi olmuştur. Aristo mantığına (ikili mantık) ısrarla bağlı olan Avrupalı bilim insanlarının aksine Japon bilim insanları Aristo konusunda bir şartlanmaları olmadığı için bu teoriyi benimsemiş ve Japon firmaları bulanık teoriyi pek çok amaçla kullanmışlardır (Özdağoğlu, 2016, s. 4).

Japonya’nın Sendai şehrinde 1987’de bulanık sistemle yapılmış olan metro sistemi bu alandaki önemli bir örnektir. Bulanık kontrol sistem, trenlerin rotalarında hızla yol almasını, yumuşak bir şekilde hızlanmalarını ve frenlenmelerini, istasyona girişlerini, hassas bir şekilde durmalarını, saniye kaybetmeden ve yolcuları sarsmadan gerçekleştirmektedir (Paksoy vd., 2013, s. 17).

Bulanık mantığın kullanım amaçları arasında ürünlerin geliştirilmesi, daha iyi sonuç üretmesi, tasarruf sağlaması gibi özelliklerde vardır. Bunlardan bazıları Tablo 1’de verilmiştir (İşbilen Yücel, 2005, s. 7).

Tablo 1

Bazı Ürünler İçin Bulanık Mantığın Kullanım Amaçları

Ürün	Bulanık Mantığın Kullanım Amacı
Araba motoru	Benzin pompası, oksijen miktarı, su sıcaklığı, devir sayısı, tekleme ve manifold basıncına göre benzin enjeksiyonu ve patlamayı kontrol etmek
Asansör	Taşınilan insan sayısına göre bekleme süresini azaltmak (En yoğun kullanılan katları öğrenerek)
Avuç içi bilgisayar	Elle yazılan karakterleri tanımak
Buzdolabı	Kullanıcının alışkanlıklarına göre farklı raf soğukluğu ayarlamak
Duş sistemi	Su sıcaklığındaki değişimleri denetlemek
Elektrikli süpürge	Toz miktarı ve zemine göre motorun emme gücünü ayarlamak
Fabrika denetimi	İş bölümü ve seri üretim stratejilerini belirlemek
Fotoğraf makinesi	Görüntünün herhangi bir yerindeki nesneyi bularak oto fokus (odaklama) yapmak
Fotokopi makinesi	Resim yoğunluğuna göre voltaj ayarlamak
Fren sistemi	Arabanın hızlanmasıyla ortaya çıkan tehlikeli durumlarda frenleri kontrol etmek ve sürücüyü uyarmak
Golf teşhis sistemi	Golfçünün fiziği ve ritmine uygun oynayabileceği uygun bir golf kulübü seçmek
Hisse senedi alımı ve satımı	Makro ve mikro ekonomik verilere göre Japon hisse senedi piyasasını idare etmek

Tablo 1 Devam

Bazı Ürünler İçin Bulanık Mantığın Kullanım Amaçları

Ürün	Bulanık Mantığın Kullanım Amacı
Kamera	Elin titremesinden kaynaklanan görüntü bozukluklarını gidermek ve ışığı ayarlamak
Konfeksiyonda beden ölçülerinin belirlenmesi	Bir insanın belli ölçüleri baz alınarak beden ölçülerinin kişiye özel bir şekilde tespit edilmesi
Seyir denetimi	Arabanın hızına ve hızlanmasına göre benzin pompasını ayarlamak
Televizyon	Her bir çerçeve için renk dağılımını ayarlamak ve odanın dolu ya da boş olmasına göre sesi stabilize etmek
Tercüme programı	Kelimeleri tanıyarak tercüme yapmak
Tost makinesi	Her bir ekmek türü için tostun kalınlığını ve sıcaklığını ayarlayarak tost yapmak

2.1.1.4.2. Bulanık Mantığın Avantajları ve Dezavantajları

Karar verme işleminde kullanılan tüm sistemlerin kullanıldığı alana göre bazı avantajları ve dezavantajları vardır. Önemli olan eldeki problemi çözmek için hangi sistemin kullanılacağına karar vermektir. Bulanık kümelerle oluşturulan bulanık sistemlerinde tüm problemler için ideal olduğu söylenemez. Bunun için bulanık sistemlerin dikkatle incelenerek problem durumuna göre kullanılması gerekmektedir. Bulanık sistemlerin avantajları ve dezavantajları aşağıda verilmiştir (McNeill ve Thro, 1994). Araştırmacılar bu bilgileri dikkate alarak bulanık sistemleri kendi problemlerinde kullanıp kullanmayacağına karar verebilirler.

Bulanık Mantığın Avantajları

- Daha az değer, kural ve karar gereklidir.
- Gözlemlenen daha çok miktardaki değişkenler değerlendirilebilir.
- Dilsel, sayısal olmayan değişkenler kullanılır, bu da bulanık mantığı insanların düşünme şekline benzetir.
- Hepsini anlamak zorunda kalmadan çıktıyı girdi ile ilişkilendirir. Bir sistemin tasarımına izin veren değişkenler geleneksel bir kontrol sistemine göre daha doğru ve kararlı olmasına izin verir.
- Basit olması, önceden çözülememiş sorunların çözümüne olanak tanır.
- Hızlı prototipleme mümkündür çünkü bir sistemin tasarımcısı işe başlamadan önce sistem hakkında her şeyi bilmek zorunda değildir.
- Geleneksel sistemlerden daha ucuzdur çünkü tasarlanmaları daha kolaydır.
- Sağlamlığı, dayanıklılığı arttırmıştır.
- Bilgi edinimini ve gösterimini kolaylaştırır.
- Birkaç kural büyük karmaşık problemleri çözebilir.
- Kararsız ve doğrusal olmayan sistemler bulanık mantığın en başarılı şekilde kullanıldığı alanlardır (Özdağoğlu, 2016, s. 5).

Bulanık Mantığın Dezavantajları

- Bulanık bir sistemden bir model geliştirmek oldukça zordur.
- Tasarımları daha kolay ve prototipleri daha hızlı olsa da geleneksel kontrol sistemlerine göre bulanık sistemleri kullanmak daha ince ayar ve benzetimler yapılmasını gerektirir.
- Amerika Birleşik Devletlerindeki kültürel önyargıların matematiksel olarak hassas veya kesin sistemler ve doğrusal modeller lehine olmasıdır.
- Bulanık mantık sistemlerinde üyelik fonksiyonu değişkenleri gerçekleştirilen uygulamaya yöneliktir, başka uygulamada kullanılması çok zordur (Elmas, 2003, s. 40).
- Bulanık mantıkta kullanılan kurallar kişilerin deneyimine çok bağlıdır (Coşkunırmak, 2010, s. 5).

2.1.2. Klasik Kümeler ve Bulanık Kümeler

Klasik mantıkta kişi, eleman veya çalışma alanı içerisindeki ölçümler tanımlanan kümeye ya dahildir ya da dahil değildir (Vatansever, 2008, s. 19). Klasik bir kümede elemanların matematiksel ifadesi aşağıda gösterilmiştir.

X elemanı, E evrensel kümesinin bir üyesi olsun. A klasik kümesi, matematiksel olarak formül (2.1.) biçiminde ifade edilir (Tuş, 2006, s. 11).

$$X_A: (X) \rightarrow \{0,1\} \quad (2.1.)$$

Klasik kümeleri tanımlamak amacıyla özel bir fonksiyon tanımlanır ve bu fonksiyonun adına üyelik (karakteristik) fonksiyonu denir. Üyelik fonksiyonu her bir üyeye, o üyenin üyelik derecesine göre 0 veya 1 değerlerinden birini atayarak, evrensel küme içerisinde tanımlanan ve istenilen özellikleri taşıyan elemanlarca oluşturulan kümeyi belirler. Bu durumda X evrensel kümesi üzerinde belirli bir niteliği taşıyan öğelerin oluşturduğu A kümesi formül (2.2.) üyelik fonksiyonu ile ifade edilir (Vatansever, 2008, s. 19).

$$\forall x \in X, X_A(x) = \begin{cases} 1, & x \in A \\ 0, & x \notin A \end{cases} \quad (2.2.)$$

Bulanık mantığın temelinde bulanık kümeler yer almaktadır. Bulanık küme, μ_x üyelik fonksiyonuyla temsil edilir. Elemanlar bulanık kümeye hiç ait değilse; “0” üyelik derecesine sahip olurken, elemanlar bulanık kümeye tam ait iseler “1” üyelik derecesine sahip olurlar. Eğer kısmi üyelik durumu varsa elemanlar “0” ile “1” arasında üyelik değerleri alabilirler (Ural, 2006, s. 16).

Klasik kümeler ve bulanık kümeler karşılaştırıldığında klasik kümelerde üyelik kavramının varlık ve yokluk olarak ifade edildiğini ve üyelik değerlerinin ya 0 ya da 1 değerini aldığı anlaşılmıştır. Bulanık kümelerde ise üyelik kavramı, varlık yokluk olarak ifade edilmekten çok 0 ile 1 arasında yer alan üyelik derecesi ifade

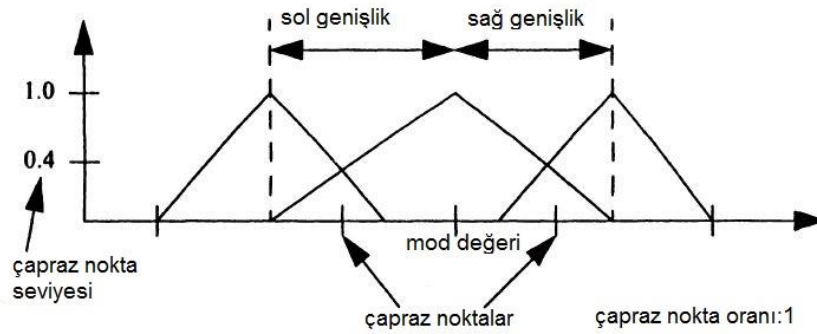
edilmektedir. Bulanık kümelerde üyelik fonksiyonu kavramı alt başlıkta detaylı olarak incelenmiştir.

2.1.2.1. Bulanık Kümelerde Dilsel Değişkenler

“Bulanık üyelik kavramı dilsel (sözel) terimler ile tanımlanabilir. Değişken değeri olarak, bir dildeki değişkenleri alabilen değişkene sözel değişken denir. Bazı kelimelerin anlamı karmaşıklık, subjektiflik veya belirsizlik gösterir ve klasik küme teorisinde istenilen sınır değerini net olarak ifade edemezler. Bu gibi durumlarda sözel değişkenin bulanık kümelere dayanarak tanımlanması gerekir” (Erdin, 2007, s. 34). Bu durum Şekil 1’de gösterilebilir;

Şekil 1

Bulanık Kümeleri Tanımlayan Parametreler



Şekil 1’de de açıkça görüldüğü üzere bir üyelik fonksiyonunun tepe değeri üyelik işlevinin 1’e eşit olduğu temel değişkendir. Aynı zamanda üyelik işlevinin sol ve sağ genişliği, sırasıyla tepe değerinin sol veya sağ tarafındaki sıfır üyeliğe sahip temel değişkenin ilk değeridir. Bu durumda iki üyelik fonksiyonunun birden fazla kesişme noktası olabilir. Yukarıdaki temel örnekte üç bulanık kümeye karşılık gelen dilsel ifade değişkeni gösterilmektedir (Zimmermann, 2001, s. 241).

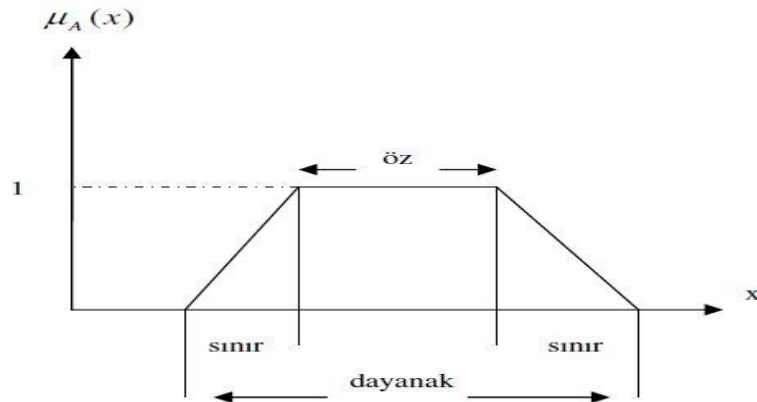
Şekil 1’de ifade edilen durum, bir sanatçının söylediği şarkıyı kötü – orta – güzel olarak değerlendirilen dilsel değişkenler üzerinden bir örnekle açıklanabilir. Bu durumda ilk üçgen bulanık küme şarkının kötü söylendiğini ifade ederken ikinci bulanık üçgen küme şarkının orta düzeyde söylendiğini belirtir ve bu iki küme arasında bir bulanık kesişim bölgesi bulunmaktadır. Bu da bulanık kümeleri klasik kümelerden ayıran en önemli özelliğidir. Benzer bulanık kesişim kümesinin şarkının orta düzeyde söylendiği ile güzel söylendiği bulanık kümeler arasında da vardır. Bu da şarkının hem kötü hem de orta düzeyde kabul edildiğini ya da hem orta hem de güzel düzeyde kabul edilebileceğini göstermektedir.

2.1.2.2. Bulanık Kümelerde Üyelik Fonksiyonu Özellikleri

Bulanık bir kümede bulunan tüm bilgiler, bulanık kümenin üyelik fonksiyonu tarafından açıklandığından, bu üyelik fonksiyonlarının çeşitli özelliklerini tanımlamak yararlı olacaktır. Bir evrensel kümeye dahil olan bir bulanık küme için, üyelik fonksiyonunu oluşturan çekirdek (öz), destek (dayanak) ve sınırlar Şekil 2’de gösterilmektedir (Ross, 2010, s. 90).

Şekil 2

Bulanık Kümede Çekirdek, Destek ve Sınırlar



Şekil 2 incelendiğinde bir bulanık üyelik fonksiyonunda öz (çekirdek), evrensel kümede A kümesine tam üye olup üyelik dereceleri 1’e eşit olan elemanları

barındırır. Üyelik fonksiyonunda dayanak (destek) ise A kümesinde üyelik derecesi 0'dan büyük elemanlardan oluşmaktadır. A bulanık kümesinde sınırlar tam üyelik dışındaki sıfırdan farklı üyelik derecesine sahip elemanların oluşturduğu bölgeyi göstermektedir (Ross, 2010, s. 90-91)

2.1.3.3.1 Üçgen Üyelik Fonksiyonu

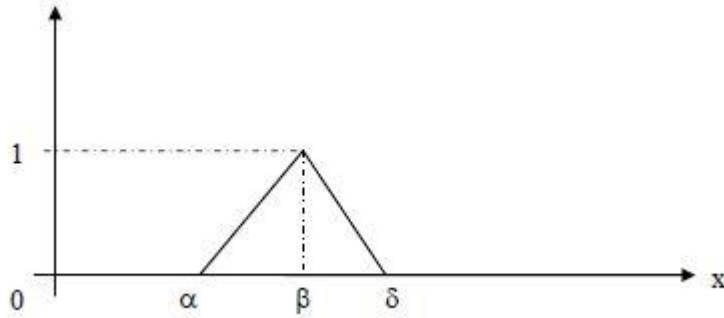
“Üçgen bulanık üyelik fonksiyonu daha çok sistem modellemede kullanılmaktadır. Üçgen üyelik fonksiyonu üç parametrelidir, ayrıca normal ve konveks özelliği gösterirler (Kaufmann ve Gupta, 1988 Akt; Türe, 2006, s. 39). Üçgen üyelik fonksiyonu formül (2.3)’te gösterilmiştir.

$$\mu_A(x; \alpha, \beta, \delta) = \begin{cases} \frac{x-\alpha}{\beta-\alpha}, & \alpha \leq x \leq \beta \\ \frac{\delta-x}{\delta-\beta}, & \beta \leq x \leq \delta \\ 0, & x > \delta \text{ veya } x < \alpha \end{cases} \quad (2.3.)$$

Üçgen üyelik fonksiyonuna ait grafik Şekil 3’te verilmiştir (Türe, 2006).

Şekil 3

Üçgen Üyelik Fonksiyonu Grafiği



2.1.3.3.2 Yamuk Üyelik Fonksiyon

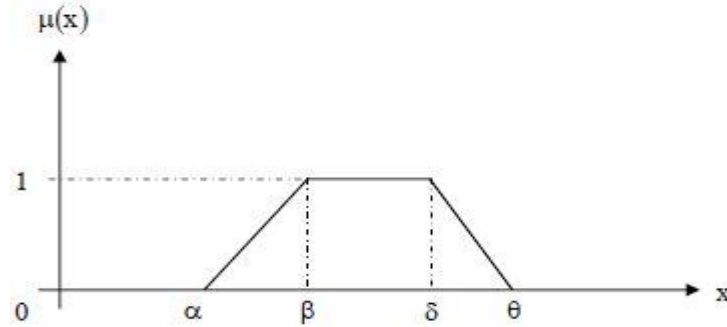
“Yamuk bulanık sayılar α , β , δ , θ olarak ifade edilen dört parametrelili değişken ile tanımlanmaktadır (Cheng, 1996). $\beta = \delta$ olması durumunda üçgen üyelik fonksiyonun özel bir durumudur (Türe, 2006). Üyelik fonksiyonu formül (2.4.) ile gösterilir.

$$\mu_A(x; \alpha, \beta, \delta, \theta) = \begin{cases} \frac{x-\alpha}{\beta-\alpha}, & \alpha \leq x \leq \beta \\ 1, & \beta \leq x \leq \delta \\ \frac{\theta-x}{\theta-\delta}, & \delta \leq x \leq \theta \\ 0, & x > \theta \text{ veya } x < \alpha \end{cases} \quad (2.4.)$$

Yamuk üyelik fonksiyonuna ait grafik şekil 4’ te verilmiştir.

Şekil 4

Yamuk Üyelik Fonksiyonu Grafiği



2.1.3.3.3 Gaussian Üyelik Fonksiyonu

“Gaussian üyelik fonksiyonunda m fonksiyonun merkezini ve σ da genişliğini tanımlamak için kullanılır. σ değeri değiştikçe, fonksiyonun biçimi değişebilir. σ değeri küçüldükçe üyelik fonksiyonu daha dar olurken σ değeri büyüdüğüçe üyelik

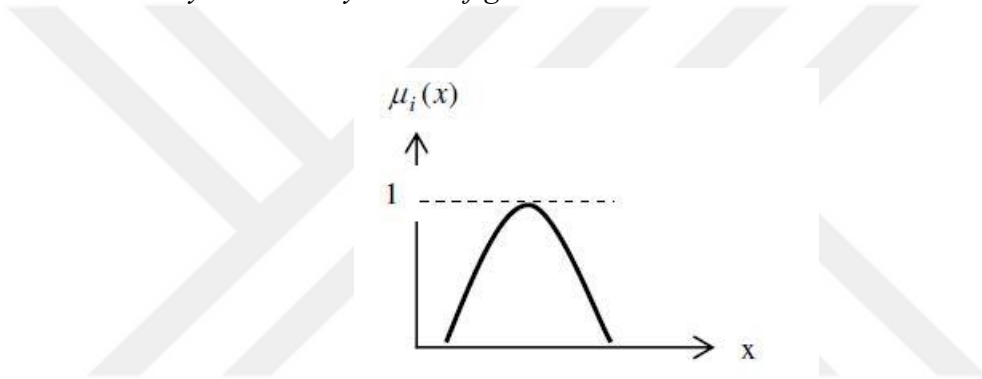
fonksiyonu genişleyecektir (Yen ve Langari, 1999, s. 64)'. Gaussian üyelik fonksiyonu formül (2.5)'te verilmiştir.

$$\mu_A(x; m, \sigma) = \exp\left\{\frac{-(x-m)^2}{2\sigma^2}\right\} \quad (2.5.)$$

Gaussian üyelik fonksiyonuna ait grafik şekil 5' te verilmiştir.

Şekil 5

Gaussian Üyelik Fonksiyonu Grafiği



2.1.3. Durulaştırma

Bulanık sayılar ile yapılan işlemlerin sonucunda elde edilen verilerin kullanılabilmesi için bir durulaştırma işlemi yapılması gerekmektedir. Özellikle mühendislik tasarımları, projeler ve ürün geliştirmeleri gibi gerçek hayata dönük somut uygulamalarda kesinlik içeren verilerin elde edilmesi işlemleri durulaştırma olarak ifade edilmektedir. Durulaştırma işlemleri, bulanık işlemlerle elde edilen bulanık kümelerin üyelik fonksiyonları kullanılarak elde edilir (Elmas, 2003; Roychowdhury ve Pedrycz, 2001).

Bulanık sayıların durulaştırılmasında birçok yöntem kullanılmasıyla beraber, en büyük üyelik yöntemi, ağırlık merkezi yöntemi, ağırlıklı ortalama yöntemi literatürde en sık kullanılan yöntemler olup ayrı olarak incelenmiştir.

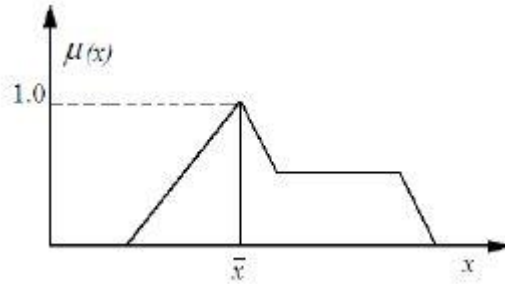
2.1.3.1. En Büyük Üyelik Yöntemi

Bulanık işlem sonucu elde edilen en büyük üyelik değeri bulanık mantık çıktısı olarak kabul edilir. Bu durulaştırma işleminin matematiksel gösterimi formül (2.6.)'da olup grafiği Şekil 6'da ki gibidir (Salimiasl, 2014, s. 70).

$$\text{tüm } \bar{x} \in Z \text{ için } \mu(\bar{x}) \geq \mu(x) \quad (2.6.)$$

Şekil 6

En Büyük Üyelik Yöntemi İle Durulaştırma



2.1.3.2. Ağırlık Merkezi Yöntemi

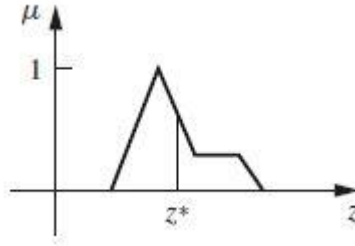
Sugeno tarafından 1985 yılında geliştirilmiş olan ağırlık merkezi yöntemi aynı zamanda Sentroid Yöntemi, Center of Area Method, Centroid Method, Center of Gravity Method isimleriyle kullanılmaktadır. Bulanık mantıkta durulaştırma yöntemi olarak geliştirildiğinden itibaren günümüze kadar en yaygın olarak kullanılan durulaştırma yöntemidir (Paksoy vd., 2013, s. 67) . Bu yöntem formül (2.7)'deki gibi ifade edilir (Ross, 2010, s. 99).

$$z^* = \frac{\int \mu_C(z) \cdot z \, dz}{\int \mu_C(z) \, dz} \quad (2.7.)$$

Bu yöntemle elde edilen bir bulanık sayının durulaştırılma işleminin grafiği ise şekil 7’de gösterilmiştir (Ross, 2010, s. 100).

Şekil 7

Ağırlık Merkezi Yöntemi İle Durulaştırma



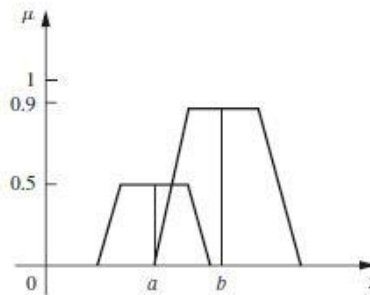
2.1.3.3. Ağırlıklı Ortalama Yöntemi

Ağırlık ortalama yöntemi, hesaplama açısından pratik yöntemlerden biri olduğu için bulanık uygulamalarda en sık kullanılan durulaştırma yöntemidir. Bulanık işlemler sonucunda simetrik üyelik çıktıları oluştuğunda kullanılacak bir yöntemdir. Yöntemin matematiksel gösterimi denklem (2.8)’de, grafiği ise şekil 8’de gösterilmiştir (Ross, 2010, s. 100).

$$z^* = \frac{\sum \mu_C(\bar{z}) \cdot \bar{z}}{\sum \mu_C(\bar{z})} \quad (2.8.)$$

Şekil 8

Ağırlıklı Ortalama Yöntemi İle Durulaştırma



2.1.4. Dilsel Eşikler

Doğal dil, insanların günlük hayatta karşılaştıkları bir durum karşısında açıklamaya çalıştıkları herhangi bir durumda en güçlü bilgi taşıma kapasitesine sahiptir. Bu bilginin taşınması durumunda klasik mantık veya klasik matematiksel işlemler bazı durumlarda yetersiz kalmaktadır. Çünkü klasik mantıkta, dolayısıyla klasik matematiksel işlemlerde her şey ya vardır ya yoktur veya ya dahildir ya da dahil değildir (Paksoy, 2013, s. 81). “Dilsel eşikler, dilsel terimlerin nitelendiği özel dilsel kelimelerdir. Çok, daha fazla, daha az, oldukça veya aşırı gibi dilsel terimler dilsel eşiklere örnek olarak verilebilir (Çetişli, 2010)”.

Dilsel eşikler bir örnekle açıklanırsa, klasik küme işlemlerinde bir cisim bir kritere göre ya uzun olup uzun kümesine aittir ya da uzun olmayıp uzun kümesinin dışındadır. Bulanık mantık işlemlerinin yürütüldüğü durumlarda ise uzunluk kavramı, çok uzun, oldukça uzun, aşırı uzun, uzun değil, az uzun gibi farklı kelimeler kullanılabilir. Bulanık mantıkta bu gibi pekiştirici ifadeler dilsel eşikler (sözel eşikler) denir. Dilsel eşikler çoğaldıkça ve ayrıntısı arttıkça işlemlerin yapılması zor olsa bile daha detaylı sonuç verdikleri için bulanık mantıkta sıklıkla kullanılmaktadır.

2.1.5. Çok Kriterli Karar Verme

İnsanlar ya da makineler karar verirken genellikle tek bir kriteri ya da amacı değil daha karmaşık durumları göz önünde bulundurlar. Örneğin bir kişi evinden dışarı çıkarken hangi kıyafetleri giyeceğine; hava durumu, gideceği ortam, hangi araçla gideceği, kimle görüşeceği gibi birçok kriteri değerlendirerek karar verir. Bu gibi birden fazla kriter değerlendirilerek karar verilen durumlar için Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) süreçleri devreye sokulur.

“ÇKKV yöntemlerinin kullanım amacı, alternatifler ve ölçüt sayıları aşırı olduğunda karar verme mekanizmasını kontrol altında tutmak ve karar sonucunu

olabildiğince kolay ve hızlı yapmaktır (Çakar, 2020, s. 5)”. Araştırmacının burada değindiği gibi karar vermede kullanılacak değişkenlerin çokluğu karar verme işlemini çok zor bir iş haline getirmektedir. Ayrıca bu süreç sonunda karar verilse bile kriterlerin çokluğu ve işlemlerin karmaşıklığı nedeniyle karar verici bu gibi durumlarda gerçekçi bir sonuca ulaşip ulaşmadığına emin olamamaktadır. Tüm bu nedenlerden dolayı kişiler karar sürecinde objektif sistemler oluşturmaya çalışarak olabildiğince sistemin ortaya çıkardığı kararlara uymayı tercih etmektedirler. Çok kriterli karar verme yöntemlerinin bu objektif sistemleri oluşturmaya yönelik geliştirildikleri söylenebilir. Literatürde kullanılan bazı ÇKKV yöntemlerine AHP, VIKOR ve TOPSIS örnekleri verilebilir.

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), Thomas L. Saaty tarafından 1977 yılında geliştirilmiş olup ÇKKV yöntemlerinden biridir. “AHP bir problemi amaç, ana kriterler, alt kriterler ve alternatifler olarak hiyerarşik bir yapıda düzenleyip, ikili karşılaştırmalar yaparak önceliklerin belirlenmesini sağlayan bir yöntemdir (Küçük ve Ecer, 2008, s. 438)”. Çok kriterli karar vermede, alternatiflerin değerlendirilmesinde kriterlerin ağırlıklarının farklı olduğu durumlarda, AHP ile karar seçeneklerinin ikili karşılaştırmaları yapılarak alternatiflerin sıralaması yapılabilir. AHP, birden çok kriter içeren problemin kriterlerini bir hiyerarşi içinde belirlemeyi ve temsil etmeyi amaçlamaktadır. Bu amacı gerçekleştirmek için AHP’de, problemin küçük parçalara ayrılmasını sağlayarak, kriterleri ve seçenekleri ikili karşılaştırmalarla çözmeye çalışan mantıksal bir süreç işe koşulmaktadır (Dündar ve Ecer, 2008 , s. 198).

Alanyazında kullanılan bir diğer çok kriterli karar verme yöntemi olan VIKOR, ilk kez Opricovic ve Tzeng (2004) tarafından karmaşık sistemlerin optimizasyonu için önerilmiştir. “VIKOR, uzlaşık bir sırlama belirlemeyi ve belirtilen ağırlıklar altında uzlaşık çözüme ulaşmayı sağlayan bir yöntemdir (Ertuğrul ve Karakaşoğlu, 2008 , s. 21)”. Kriterlerin birbiriyle çeliştiği durumlarda alternatifleri sıralayarak en uygun alternatifin seçilmesini sağlar. VIKOR yönteminin nihai amacı, grupta bulunan çoğunluğun maksimum faydasını ve gruptaki bireylerin dezavantajını minimum yapılmasını sağlamaktır. Çalışmada öğrenci sıralamaları

TOPSIS yöntemi ile yapıldığı için bu yöntem daha detaylı olarak aşağıda anlatılmıştır.

2.1.5.1. TOPSIS Yöntemi

TOPSIS yöntemi, Hwang ve Yoon (1981) tarafından geliştirilen çok kriterli karar verme yöntemlerinden birisidir. TOPSIS yöntemi alternatifleri sıralarken pozitif ideal çözüme en yakın, negatif ideal çözüme en uzak alternatifin en çok tercih edilmesi gerektiği varsayımını kullanmaktadır (Li vd., 2011, s. 410). TOPSIS yönteminde pozitif ideal çözüm, fayda kriterini maksimize, maliyet kriterini minimize ederken, negatif ideal çözüm ise fayda kriterini minimize, maliyet kriterini maksimize edilmektedir (Cheng-Ru, 2008, s.256). TOPSIS yönteminin adımları aşağıdaki gibidir (Opricovic ve Tzeng, 2004) :

Adım 1. Satırlarda alternatifler, sütunlarda kriterler verilerek karar matrisi oluşturulur.

Adım 2. Normalize edilmiş karar matrisi oluşturulur.

Adım 3. Ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi oluşturulur.

Adım 4. Pozitif ideal çözüm kümesi ve negatif ideal çözüm kümesi oluşturulur.

Adım 5. İdeal çözüm değerleri hesaplanır.

Adım 6. İdeal çözüm değerlerine göre alternatiflerin sıralamaları yapılır.

2.1.6. Bulanık Çok Kriterli Karar Verme

Çok kriterli karar vermek yöntemlerinin bulanık kümeler ile kullanılması durumunda bu yöntemler Bulanık Çok Kriterli Karar Verme (BÇKKV) olarak adlandırılmaktadır. Literatürde ve uygulamada birçok BÇKKV yöntemleri olmasına

karşın en sık kullanılanları Bulanık AHP (BAHP), Bulanık VIKOR (BVIKOR) ve Bulanık TOPSIS (BTOPSIS) yöntemleridir. Bu yöntemler aşağıda açıklanmıştır.

BAHP, problemin tanımlanmasıyla başlar, ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması, bu matrislerin değerlendirilmesiyle önceliklerinin hesaplanması ve en iyi alternatifin seçilmesiyle bitirilir. BAHP yöntemi ikili karşılaştırmalar sürecinde kesin sayıları kullanır. Oysaki gerçek yaşamda alternatifleri kriterlere göre değerlendirirken sözel ifadelerle kesin sayılar kullanmak karar vericileri zorlayabilmektedir. Bu doğrultuda karar vericilerin daha rahat karar vermeleri için bulanık sayılardan yararlanılması düşünülmüştür. Bulanık sayılarla faktörler karşılaştırılarak öncelikler belirlenmekte, faktörlerin bulanık ağırlıkları belirlenmekte ve ağırlıklar bulanıklıktan durulaştırılarak değerler belirlenmektedir (Kayhan, 2010, s. 32).

Bulanık VIKOR yönteminin amacı ise, uzlaşmacı bir çözüm ile maksimum grup faydası ve minimum bireysel pişmanlığı dikkate alarak alternatiflerin sıralanmasını ve seçilmesini sağlamaktır. Yöntem, alternatifler arasından yapılan seçim sürecinde birden fazla kriterin olması ve bu kriterlerden bazılarının çatışması durumunda kullanılmaya uygundur (Opricovic ve Tzeng, 2004; Akt. Yavuz ve Deveci, 2014, s. 3). Çalışmada öğrenci sıralamaları bulanık TOPSIS yöntemi ile yapıldığı için bu yöntem daha detaylı olarak aşağıda anlatılmıştır.

2.1.6.1. Bulanık TOPSIS Yöntemi

Bulanık TOPSIS yöntemi, bulanık ortamlarda grup kararı vermede kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem, sözel değişkenler tarafından yapılan değerlendirmeyi belirli bir üyelik fonksiyonu vererek ölçen ve algoritmasıyla alternatifleri değerlendirme imkânı sunan bir karar aracıdır. TOPSIS yönteminde en iyi çözüm, geometrik olarak pozitif ideal çözümden en kısa mesafeye ve negatif ideal çözümden en uzun mesafeye sahip olmalıdır (Çakar, 2020, s. 35).

Bulanık TOPSIS uygulamaları grup kararına dayanmaktadır. Bu da sistemde ele alınan kriterlere ve alternatiflere tüm değerlendiricilerin kendi düşünceleri doğrultusunda değer atadığı anlamına gelmektedir. Bulanık TOPSIS sisteminde, değerlendiricilerin vermiş oldukları puanlar bireysel olarak değerlendirilmemekte, uzmanların vermiş olduğu bulanık değerlerin ortalaması alınarak sistem çalıştırılmaktadır (Zimmermann, 1978).

Bulanık TOPSIS yönteminde, değerlendiriciler kriterlere ve alternatiflere atadıkları değerleri sözel olarak ifade ederler. Bulanık TOPSIS yönteminin temelinde değerlendiricilerin alternatifleri değerlendirirken kullandıkları kriterlerin farklı ağırlıklara sahip olabilmesi yatar. Bu yöntem, alternatiflerin değerlendirilmesinde ortaya çıkan özneliğin grup kararı vermede ortaya çıkardığı problemleri ortadan kaldırmakta ve daha isabetli kararlar verme imkanı sağlamaktadır (Ecer, 2007, s. 30).

Bulanık TOPSIS yaklaşımıyla çoklu karar vericili çok ölçütlü karar verme algoritması aşağıda verilmiştir (Chen, 2000, s. 6):

Adım 1. Karar vericilerden oluşan bir komite oluşturulduktan sonra değerlendirme kriterleri belirlenir.

Adım 2. Kriterlerin önem ağırlıkları için uygun dilsel değişkenler belirlenir ve kriterlere göre alternatifler için dilsel değişkenlerin dereceleri seçilir.

Adım 3. Karar vericilerin önem ağırlıkları ve alternatiflerin değerlendirilmesi için belirledikleri dilsel değişkenler üçgen veya yamuk bulanık sayılara dönüştürülür.

Adım 4. Bulanık karar matrisi ve normalize edilmiş bulanık karar matrisi oluşturulur.

Adım 5. Ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi oluşturulur.

Adım 6. Bulanık pozitif ideal çözüm ve bulanık negatif ideal çözüm belirlenir.

Adım 7. Her bir alternatifin sırasıyla bulanık pozitif ideal çözüme ve bulanık negatif ideal çözüme olan uzaklıkları hesaplanır.

Adım 8. Her alternatifin yakınlık katsayıları hesaplanır.

Adım 9. Yakınlık katsayısına göre alternatiflerin sırası belirlenir.

2.2. İLGİLİ ARAŞTIRMALAR

Bulanık mantık ile ilgili araştırmalar bölümünde, bulanık mantık yöntemlerinin eğitim süreçlerinde kullanımıyla ilgili yapılan çalışmalara yurtiçi ve yurtdışı olarak iki başlık halinde yer verilmiştir.

2.2.1. Yurt İçinde Yapılan Araştırmalar

Ertuğrul (2006), “Akademik Performans Değerlendirmede Bulanık Mantık Yaklaşımı” adlı çalışmasında Pamukkale Üniversitesinin bir fakültesinde dört bölümde çalışan toplam 41 öğretim üyesinin performansını belirlemek istemiştir. Araştırmacı, insanların çalışma performanslarını değerlendirme işleminin barındırdığı belirsizlik ve öznel ölçütler nedeniyle performans değerlendirme sorununu, bulanık mantık problemi olarak ele almanın daha uygun olduğunu düşünmüştür. Çünkü bulanık mantık; uzman düşüncelerini ve tahminlerini kullanan, subjektif kavramları içeren bir sistemdir. Bunun için araştırmacı çalışmasında öncelikle performans kavramını inceleyip, akademik çalışma ortamındaki performans kriterlerini tanımlamıştır. Bir sonraki işlem olarak ise bulanık mantık yaklaşımı ile performans değerlendirmenin nasıl yapılacağını belirlemiştir. Çalışmanın uygulama aşamasında ise fakültenin dört bölümündeki akademik personeller belirlenmiş kriterlere göre değerlendirmeye alınmıştır. Bu değerlendirme aşamasında öncelikle her bölüm için bölüm ortalaması ve standart sapması elde edilmiştir. Daha sonra normal dağılıma göre ilk ve son %5’lik dilime karşılık gelen Z değerleri bulunarak, bulunan değerler 4’e bölünerek akademik performans tablosu (Çok yetersiz – Yetersiz – Normal – Başarılı - Çok Başarılı) elde edilmiştir. Elde edilen bu değerler önce bulanık olarak işleme alınmış olup durulaştırma işlemi sonucunda nihai değerlendirmeler elde edilmiştir. Çalışmanın sonucunda değerlendirmeye alınan dört bölümden ikisinin performansı yetersiz, ikisinin performansı normal olarak bulunmuştur.

“Öğrenci Akademik Performans Değerlendirmesi İçin Yeni Bir Yaklaşım” adlı çalışmada, öğrencilerin sınav sonuçları farklı yöntemlerle puanlanarak bu yöntemler karşılaştırılmıştır. Uygulama konusu olarak Matematik bölümü öğrencilerinin “Bilgisayar Programlama II” dersi final sınav notları seçilmiştir. Öncelikle sınav klasik yöntemle yapılmış daha sonra ise bulanık küme teorisi kullanılarak bu puanlar bulanık sayılara çevrilmiştir. Değerlendirme sonuçlarının daha sistematik ve pratik elde edilebilmesi için bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Bulanık mantık yöntemi olarak Biswas (1995), Chen (1999) ve Law (1995) yöntemleri kullanılmış ve bu yöntemden elde edilen puanlar hem kendi aralarında hem de klasik yöntemle elde edilen puanlarla karşılaştırılmıştır. Örneklem alınan 29 öğrencinin sınav sonuçları bu dört yöntemle elde edilerek sınıf ortalamaları bulunmuş ve bu ortalamalara göre karşılaştırmalar yapılmıştır. Karşılaştırma sonucunda Chen yöntemi ile sınıf ortalaması 73.77 ile en yüksek değer bulunmuştur. Klasik yöntemle ise sınıfın ortalaması 68.44 bulunmuştur. Diğer yöntemlerle elde edilen ortalamalar ise bu ortalamalardan daha düşük çıkmıştır. Yapılan bu çalışmaya göre öğrencilerin sınavlarının puanlanması için Bulanık Chen yönteminin kullanılması onların ortalamalarını diğer yöntemlere göre arttırdığı söylenebilir (Armağan, 2008).

“Öğretmen Performanslarının Bulanık Mantık Yöntemi İle Değerlendirilmesi” adlı yüksek lisans tezinde Arslan (2019), bulanık mantık yöntemi kullanarak öğretmen performanslarını değerlendiren bir model tasarlamayı, klasik yöntemle ortaya çıkan değerlendirme sonuçlarıyla bulanık mantık yöntemi kullanılarak elde edilen değerlendirme sonuçlarını karşılaştırmayı amaçlamıştır. MEB’e bağlı liselerde görev yapan 375 öğretmen, 42 müdür ve 1500 öğrenci araştırmanın örneklemini oluşturmuştur. Tüm örneklem grubu 2016 – 2017 eğitim – öğretim yılında Van ili merkez ilçelerdeki okullardan çalışmaya dâhil edilmiştir. Öğretmen, müdür ve öğrencilerden elde edilen veriler giriş değişkenleri olarak belirlenmişken öğretmenin sonuç performans puanı ise çıkış değişkeni olarak belirlenmiştir. Uzman görüşlerinden de yararlanarak yirmi yedi bulanık kural oluşturulmuştur. Mamdani bulanık çıkarım modelinin kullanıldığı çalışmada durulaştırma işleminden sonra öğretmen performans değeri elde edilmiştir.

Araştırmanın sonucunda, geleneksel (klasik) yöntemle elde edilen öğretmen performans puanlarının ortalamasının, bulanık yöntemle elde edilen puanların ortalamasından daha yüksek olduğu görülmüştür. Yapılan analizler sonucunda elde edilen puanlar arasında anlamlı bir fark olduğu ve bu farkın geleneksel yöntem lehine olduğu belirlenmiştir. Çalışmada, bulanık ve klasik yöntemle elde edilen puanlar arasındaki ilişkiyi ifade eden korelasyon değeri tespit edilmiş ve iki yöntem arasındaki ilişkinin pozitif ve yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Yılmaz (2008), “Türkiye’de Lisansüstü Öğrenim İçin Öğrenci Seçimi: Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsünde Bir Uygulama” isimli çalışmasında Savunma Bilimleri Enstitüsüne lisansüstü eğitim için başvuran adayların seçiminde çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılmıştır. Araştırma kapsamında öğrenci seçimi için değerlendirmeye dahil edilecek kriterler belirlenmiş ve belirlenen bu kriterlerin ikili karşılaştırma ile ağırlıklandırılması yapılmış daha sonra Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), TOPSIS ve Ağırlıklı Çarpım yöntemleri ile adayların sıralaması yapılmıştır. Uygulanan yöntemlerin sonuçları, enstitüye kayıt yaptırmış ve kayıt olduğu programda en az bir yılını tamamlayarak alması gereken derslerin en az üçte ikisini tamamlamış 31 öğrencinin kredileri ile karşılaştırılmıştır. Uygulanan yöntemlerden hangisinin en iyi sonucu verdiğini belirlemek için yöntemlerden elde edilen puanlar ile öğrenci kredilerinin karşılaştırılarak en düşük sapmayı veren yöntem tespit edilmeye çalışılmıştır. Karşılaştırma sonucunda AHP yöntemi 5.307, TOPSIS yöntemi 8.540 ve Ağırlıklı Çarpım yöntemi 6.693 toplam sapma vermiştir. Toplam sapma miktarı en az olan yöntemin AHP olduğu belirlenmiştir ve bu yöntemin yüksek lisans programına öğrenci seçiminde kullanılabileceği önerilmiştir.

Güler ve Yücedağ (2017), “ Mesleki Ortaöğretim Öğrencilerinin Alan Seçimi Problemine Bulanık Mantık Temelli Yaklaşım” adlı çalışmada, meslek lisesi öğrencilerinin alan seçimi problemine yardımcı olunması amacıyla bulanık mantık yöntemiyle bir karar destek sistemi geliştirmiştir. Araştırmanın örneklemini, 2014 – 2015 eğitim - öğretim yılının ikinci döneminde Ankara ili Kızılcahamam ilçesinde bulunan Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesinde 9. sınıfta öğrenim görmekte olan 70 öğrenci oluşturmaktadır. Araştırmaya katılan öğrencilerin seçilme amacı, öğrenciler

onuncu sınıfa geçerken okul içerisinde bulunan alanlardan hangisinde daha başarılı olabileceğinin tahmin edilerek, öğrencilere mesleki alan seçiminde yardımcı olmaktır. Sistemin giriş değerleri olarak öğrencilere uygulanan akademik benlik kavramı ölçeği sonuçları ve öğrencilerin derslerden almış oldukları puanlar kullanılmıştır. Sistem çıkışında ise öğrencinin hangi mesleki alanlarda başarılı olacağı tahmin edilmektedir. Çalışma kapsamında, akademik benlik kavramı ölçeği sonuçları ile bulanık mantık temelli akademik benlik kavramı ölçeği sonuçları karşılaştırılmıştır. Öğrencilerin akademik benlik kavramı ölçeğine göre başarılı olabilecekleri alanlarda, bulanık mantık temelli akademik benlik kavramı ölçeği sonuçlarına göre başarısız olabilecekleri ya da akademik benlik kavramı ölçeğine göre başarısız olabilecekleri alanlarda, bulanık mantık temelli akademik benlik kavramı ölçeği sonuçlarına göre başarılı olabilecekleri sonucuna varılmıştır.

“Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci ile Başarılı Öğrenci Seçimi: Ege Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Örneği” adlı çalışmada öğrenci başarılarının ölçümünde sadece sınavlardan alınan puanlarla değerlendirilme yapılmasının yerine daha fazla kriter kullanılarak, öğrencilerin başarı sıralamalarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Hiyerarşik modelin oluşturulması aşamasında fakülte dekanı, bölüm başkanları, araştırma görevlileri ve öğrencilerle odak grup çalışması yapılarak kriterler belirlenmiştir. Belirlenen kriterler kullanılarak, araştırmanın amacı kapsamında bulanık analitik hiyerarşi süreci ile bir model oluşturulmuştur. Araştırmanın uygulanmasında Ege Üniversitesi İİBF İşletme Bölümü 2. Sınıf öğrencilerine dijital bilgi formu gönderilmiş ve 45 öğrenci formu doldurarak örnekleme oluşturmuşlardır. Yöntemler arasında yapılan karşılaştırma işlemine göre sıralamadaki ilk iki öğrencinin sırası değişmemiştir. Buna karşın 39 öğrencinin sırası değişmekle birlikte en fazla sıra değişimi 16 numaralı öğrencide meydana gelmiştir. Bu öğrenci genel not ortalamasına göre 31. sıradayken Bulanık AHP yönteminde 16. sırada yer almıştır (Çiçekli ve Karaçizmeli, 2013).

2.2.2. Yurt Dışında Yapılan Araştırmalar

“Multi - Attribute Decision Making Scholarship Selection Using A Modified Fuzzy TOPSIS” (Değiştirilmiş Bulanık TOPSIS Kullanımı ve Burs Seçiminde Çok Kriterli Karar Verme) adlı çalışmada, Wimatsari vd. (2013) Udayana Üniversitesindeki öğrencilerin burs seçimine yardımcı olunması ve öğrencilerin belirlenen kriterlere göre burs türlerinin belirlenmesi amaçlamışlardır. Bu amacı gerçekleştirmek için Bulanık TOPSIS ile Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerini (BÇKKVM) birleştirerek oluşturulan BÇKKVM TOPSIS hesaplama yöntemiyle burs seçiminin işlevselliği belirlenmek istenmiştir. Burs verilecek öğrencilerin seçim ve sıralamalarını tespit etmek için yöntem olarak kriterler, metoda özgü matrisler, dilsel değerlerin karşılıkları ve formülasyonlarla her iki metodun sentezlenerek kullanıldığı BÇKKVM TOPSIS hesaplama yöntemi kullanılmıştır. Çalışma 8 öğrenci ile yürütülmüş olup, araştırma kapsamında iki burs türü vardır. İlk 5 öğrenciye birincil, son 3 öğrenciye ise ikincil statüdeki burs verilecektir. Burs verme kriterleri olarak not ortalaması, gelir getiren ebeveynlerin bakmakla yükümlü oldukları kişi sayısı, kişinin bakmakla yükümlü olduğu ebeveyn sayısı, elektrik kullanım miktarı ve öğrencinin katıldığı etkinlikler baz alınmıştır. Kriterlerin değerlendirilmesinde Çok zayıf, Zayıf, Orta, İyi ve Çok iyi şeklinde dilsel değişkenler belirlenmiştir. Araştırmada, alternatif yakınlık katsayısının en yüksek değerinden alternatif yakınlık katsayısının en düşük değerine göre öğrenciler sıralanarak bulguları elde edilmiştir. Nihai sıralama sonuçları BÇKKVM TOPSIS kullanılarak işlenmiş ve bir karar destek mekanizmasında belli kriterlere dayalı olarak burs sıralaması ve burslandırılacak öğrencilerin derecelendirilmesinde kullanılmıştır.

Alaa vd. (2019), “Assessment and Ranking Framework for the English Skills of Pre-Service Teachers Based on Fuzzy Delphi and TOPSIS Methods” (Öğretmen Adaylarının İngilizce Becerilerinin Tespitinde Bulanık Delphi ve TOPSIS Yöntemlerine Dayalı Değerlendirme ve Sıralama Çerçevesi) başlıklı çalışmada, öğretmen adaylarının İngilizce becerilerini bulanık Delphi ve çok kriterli analiz esasına göre değerlendirmek ve sıralamak için yeni bir çerçeve sunmayı

amaçlamıştır. Çalışmada öğretmen adaylarının İngilizce becerileri üç ana deneysel aşama kullanılarak belirlenmiştir. İlk aşamada, kriterler literatür taramasına dayanarak ve uzmanların görüşleri alınarak Delphi yöntemi ile dinleme, konuşma, okuma ve yazma olarak tanımlanmıştır. İkinci aşamada, becerileri belirlemek için 31 öğretmen adayı değerlendirilmiştir. İngilizce yeterliliği, İngilizce Dil Test Birimince yapılan dört dil beceri sınavıyla test edilmiş ve her sınav İngilizce öğretiminde deneyime sahip uzmanlar tarafından değerlendirilmiştir. Üçüncü aşamada ise ideal öğretmen adaylarını sıralamak ve seçmek için ÇKKV tekniği olan TOPSIS kullanılmıştır. Sonuç olarak öğretmen adaylarının öğrencileriyle etkili bir şekilde çalışmak için gereken becerilere sahip olmadıkları ve öğrencilerin öğrenmesine yardımcı olmak için hazırlıksız oldukları tespit edilmiştir. Bununla birlikte TOPSIS yönteminin, öğretmen adayı seçiminde kullanılabilir etkili bir yöntem olduğu belirlenmiştir.

“Methodology for Measuring the Quality of Education Using Fuzzy Logic” (Bulanık Mantık Kullanarak Eğitim Kalitesini Ölçme Metodolojisi) başlıklı makale, Latin Amerika ülkelerinin gerçeklerine daha yakın bir şekilde eğitim kalitesi için kriterler geliştirme umuduyla, nicel ve nitel değerleri kullanarak eğitim kalitesini ölçmek için bulanık mantık temelli yeni bir metodoloji önerme amacı taşımaktadır. Çalışmanın yöntemi Birleşmiş Milletler Eğitim Bilim ve Kültür Örgütü (UNESCO) tarafından kullanılan Gayri Safi Yurtiçi Hasıladan eğitime harcanan pay ve öğrenci başına eğitim için harcanan tutar başta olmak üzere sekiz göstereyi bulanık mantık kullanarak analiz etmektir. Geliştirilen $Q=f(EF, R) + U$ (Q, eğitimin kalitesini temsil eder; EF, ekonomik faktörler; R, okullarda kullanılan kaynaklar ve U, eğitimin kalitesini etkileyebilecek ölçülemeyen faktörleri temsil eder) formülasyonu üzerinden bu çalışma gerçekleştirilmiştir. İktisat teorisi için yeni araç ve metodolojilerin kullanılmasıyla elde edilen bulgulara göre eğitime yönelik devlet harcamaları ile gayri safi yurtiçi hasıla yüzdesi olarak eğitim harcamaları değeri pratik olarak aynıysa, yüksek öğrenime devam etmenin öğrenci için bir seçenek olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Sonuç itibarıyla bu çalışma, bir ülkenin eğitimde "iyi" veya "kötü" olduğunun belirlenmesinde yani belirli eğitim sistemlerinin ve kamu

politikalarının tanımlanıp derecelendirilmesinde bulanık mantığın kullanılarak var olan potansiyelin keşfedilmesine vurgu yapmaktadır (Pasaron vd., 2011).

“A Fuzzy Logic Application in Virtual Education”, (Sanal Eğitimde Bulanık Mantık Uygulaması) başlıklı bu çalışmanın amacı yapay zeka tekniklerinin öğrenimde destek aracı olarak kullanımını açıklamaktır. Akıllı öğretim sistemleri ve bulanık mantık metodunun kullanımıyla, elektronik yollarla, öğretimin daha verimli olacağını ve söz konusu sistemlerin ve metodun öğrencilerin ihtiyaçlarına göre, gruplara veya bireye göre uyarlanabileceğini gösterme amacıyla ele alınmıştır. Yöntem olarak işlenecek veri tabanının oluşturulmasında bir vaka çalışması gerçekleştirilmiş ve 60 yüksek lisans öğrencisi örneklem olarak kullanılmıştır. Çalışma kapsamında öğrencilerden farklı zorluk derecelerinde en az üç doğrusal programlama problemini çözmeleri istenmiştir. Çalışmanın bulguları bağlamında süreç sonucunda, çözülen problemlerle ilgili Normal, İyi, Çok İyi ve Mükemmel şeklinde derecelendirmelerin olduğu bulanık dilsel değişkenler kullanılmıştır. Ortalama maksimum yöntemi kullanılarak durulaştırılan bulanık sonuçlar, problemin doğruluk derecesine karşılık gelen 0 ile 10 arasında sayısal değerlere dönüştürülmüştür. Problemler doğrusal programlama alanında uzman bir öğretmen tarafından da değerlendirilmiştir. Kullanılan model ve uzman değerlendirmeleri arasında %15'e varan fark bulunan tüm değerlendirmeler başarılı sayılmıştır. Öğrenciler hangi problemleri çözeceklerini seçebildikleri için çözülen problemlerin sayısı farklıdır: altmış öğrenci problem 1'i, otuz problem 2'yi ve otuz altısı problem 3'ü çözmeye karar vermiştir. Modelin, çözülen probleme atfedilen nihai kavram açısından etkili olduğu belirlenmiştir. Sonuç itibarıyla Bulanık mantık, problemlerin değerlendirilmesinde ve kavramların belirlenmesinde etkili olmuştur. Eğitim alanındaki bulanık mantık uygulamalarının diğer yapay zeka teknikleriyle entegrasyonu, geleneksel ve uzaktan öğrenmeyi öğrencilerin ihtiyaçlarına giderek daha fazla uyarlanabilir hale getirmektedir. Bu çalışma akıllı öğretim sistemleri ve bulanık mantık metodunun kullanımıyla, elektronik yollarla, öğretimin daha verimli olacağını ve söz konusu sistemlerin ve metodun öğrencilerin ihtiyaçlarına göre, gruplara veya bireye göre uyarlanabileceğini göstermektedir (Machado vd., 2016).

“Comparison of Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS Methods for Math Teachers Selection” (Matematik Öğretmeni Seçiminde Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS Yöntemlerinin Karşılaştırılması) adlı çalışmada Moayeri vd. (2015), eğitimde matematik öğretmenlerinin seçiminde Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (BAHP) ve Bulanık İdeal Çözüme Benzerlik Yoluyla Sıralama Tercihi Tekniği (FTOPSIS) yöntemlerini kullanmayı amaçlamışlardır. Kıyaslama yönteminin kullanıldığı bu araştırmada örneklem olarak eğitim veren 3 matematik öğretmeni ile çalışılmıştır. Araştırma sonucunda; bulanık AHP'nin, bulanık TOPSIS'e göre daha karmaşık hesaplamalar gerektirdiği gözlenmiştir. Bulanık AHP'de ikili karşılaştırma kriterleri, alt kriterler ve alternatifler söz konusu iken bulanık TOPSIS'te ikili karşılaştırma kriteri yoktur ve pozitif ve negatif ideal çözüme olan uzaklık dikkate alınır. TOPSIS'in optimum olmayan bir alternatif söz konusu olduğunda sıralama tersine çevirme sorununu ele alması bakımından alternatif sıralaması konusunda en iyi yöntemlerden biri olduğu belirlenmiştir. Bulanık AHP'nin genişletilmiş analizinde, kriterin öncelik ağırlıkları sifıra eşit olabilir. Bu durumda bu kriter veya alternatif hesaba alınmaz ve bu durum yöntemin dezavantajlarından biri olarak görülebilir. Bu araştırmada, bulanık AHP'nin sıralama sonuçları ile bulanık TOPSIS'in sıralama sonuçları yaklaşık olarak aynıdır. Her iki durumda karar mekanizmaları verilerin belirlenmesinde tutarlı olduğunda sıralama sonuçları aynı olacaktır. Sonuç itibarıyla, bulgular ışığında hem bulanık AHP'ye göre hem de bulanık TOPSIS yöntemine göre aynı öğretmenin en iyi alternatif olarak seçilmiş olduğu tespit edilmiştir.

“Computational model of student competency analysis in fuzzy topsis method” (Bulanık Topsis Yöntemiyle Öğrenci Yeterlilik Analizinin Hesaplamalı Bir Modeli) adlı bu araştırmanın amacı meslek okullarında sürdürülebilir öğrenmede öğrenci düzeyindeki yeterliliği tahmin ve tespit etmektir. Metod olarak basit formal matematik kavramları kullanarak işleyen bir sıralama stratejisi olarak da nitelendirilen Fuzzy TOPSIS yöntemi kullanılmış ve çözüme ulaşmak için normalize edilmiş matrisi, ağırlıklı normalize edilmiş matrisi, pozitif ve negatif çözüm kümesi, pozitif ve negatif ideal çözüm arasındaki uzaklık ve her bir alternatif için yakınlık katsayısı değeri elde edilerek adımlar gerçekleştirilmiştir. 270 öğrencinin verilerinin kullanıldığı bu araştırmanın bulgularına göre, hassasiyet testi % 75.60 ve hatırlama

testi % 96 benzerlik oranları sonucunu vermiştir. Bu yüzde, yetkin ve yetkin olmayan öğrenci düzeyi arasında ayırım yapan karışıklık matrisinin hesaplanmasıyla elde edilmiştir. Yetkinlik sürecinin Fuzzy Topsis ile belirlenmesi ve verimli ve etkili olması bu araştırmanın önemli sonuçlarından biridir. Bir başka önemli sonuç ise, ölçme yeterliliğın Fuzzy Topsis metoduyla ölçmenin ortalama değeri kullanan geleneksel yöntemden daha basit ve dinamik olabilmesidir (Nursikuwagu vd., 2018).



ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. YÖNTEM

Çalışmanın bu bölümünde araştırmanın modeli, oluşturulan simülatif tasarım, elde edilen verilerin çözümlenmesi ve yorumlanması hakkında bilgi verilmektedir.

3.1. ARAŞTIRMA MODELİ

Çalışmada, öğrencilerin açık uçlu matematik maddelerine verdikleri cevapların, puanlayıcıların değerlendirmelerine göre sıralanma durumları nicel araştırma yöntemi kullanılarak araştırılmıştır. Çalışma açık uçlu matematik maddelerinin bulanık mantık yöntemiyle puanlanmasına yönelik bir model önerisi olması yönünden temel araştırma kapsamında değerlendirilebilir. “Temel araştırmalarda amaç, salt bilgi üretmektir. Bu tür araştırma modelleri anlama, açıklama ve kuram geliştirme düzeylerinde bilgi üretilebilir (Tutar, 2013, s. 518)”.

3.2. SİMÜLATİF TASARIM

Covid – 19 virüsü sebebi ile ilan edilen uluslararası pandemi nedeniyle 2020 – 2021 eğitim öğretim yılında okulların yüz yüze eğitime kapatılarak online eğitime geçilmesine karar verilmiştir (Sağlık Bakanlığı, 2020). Bu sebepten dolayı gerçek uygulama okul çatısı altında yapılamamış ve uygulama verisi elde edilememiştir. Araştırmanın amacına ulaşılabilmesi için verilerin bilgisayarda simülatif olarak oluşturulmasının bir problem oluşturmayacağına karar verilmiştir.

Çalışma için öğrenci sayısı belirlenirken TOPSIS ve bulanık TOPSIS yöntemi ile bir sınıftaki ortalama öğrenci sayısı ile işlem yapılması istenilmektedir.

Ülkemizde 2019 – 2020 eğitim öğretim yılı ortalama sınıf mevcutları bölgelere göre değişmekle birlikte 25 civarı olduğu MEB raporlarında görülmektedir bu durumdan dolayı araştırmada 25 öğrenci için simülatif veriler oluşturulmuştur (MEB, 2020, s. 24).

Açık uçlu matematik sorularının TOPSIS ve bulanık TOPSIS yöntemleri ile değerlendirilebilmesi için alt kriterler oluşturulmuştur. Kriterlerin oluşturulmasında ve kriterlere önem ağırlıklarının verilmesinde üç uzmandan görüş alınmıştır. Bu uzmanlar öğrencilerin cevaplarına puan veren puanlayıcı olarak da çalışmada yer almaktadırlar. Çalışmaya katılan üç uzman Milli Eğitim Bakanlığında matematik alanında çalışan öğretmenlerdir. İki öğretmen fiiliyatta matematik öğretmenliği yapmakta, bir öğretmen İl Milli Eğitim Müdürlüğü Ölçme ve Değerlendirme Merkezinde çalışmaktadır. Öğretmenler ortaokul seviyesinde görev yapmaktadırlar ve kolay örnekleme yöntemiyle araştırmaya dahil edilmişlerdir.

Açık uçlu matematik maddelerinin puanlanması için kriterlerin belirlenmesinde öncelikle alanyazın çalışması yapılmış ve bazı alt kriterler belirlenmiştir (Altun, 2002, s. 307 – 310; Van De Walle vd., 2019, s. 42:78; Karadeniz, 2016, s. 23; Damlar Demirci, 2019, s. 8 - 10). Daha sonra bu kriterler uzmanlar ile ayrı ayrı görüşülerek araştırma kapsamında değerlendirilerek yedi kriter olarak belirlenmiştir. Bu kriterler:

- Problemi anlama,
- Problemden verilenleri kullanma,
- Problemin çözümünde işlemleri kullanma,
- Formül ve kuralları problemlere uyarılama,
- İşlemler arasında bağlantı kurarak işlem sırasına uyma,
- İşlemlerde hata yapılmama durumu,
- İşlemleri ayrıntılı, açık ve anlaşılır yapma, olarak belirlenmiştir.

Öğrencilerin açık uçlu matematik maddelerine verdikleri cevaplar için bir araç oluşturulmamış olup veriler bilgisayar programında simülatif olarak belirlenmiştir.

Öğrencilerin açık uçlu matematik maddelerine vermiş oldukları cevaplara puanlayıcıların verdikleri değerler için MS Office Excel 2013 programında rastgele olarak 1 ile 7 arasında bir sayı seçilmiştir. Bu sayılarda daha sonra; çok kötü, kötü, biraz kötü, orta, biraz iyi, iyi ve çok iyi sözel değişkenlerine çevrilerek bulanık değerlendirme için kullanılmıştır.

Açık uçlu matematik maddelerinin puanlanmasında yer alan alt kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi için, oluşturulmuş olan kriterler uzmanlara çevrim içi ortamdan gönderilmiştir. Uzmanlar bireysel görüşleri doğrultusunda bu kriterlere çok düşük, düşük, biraz düşük, orta, biraz yüksek, yüksek ve çok yüksek değerlerini atamışlardır.

Öğrencilerin maddelere vermiş oldukları cevaplardan elde edilen puanlar ile uzmanların alt kriterlere vermiş oldukları ağırlıklar dikkate alınarak öğrencilerin puanları ve sıralamaları bulanık ve klasik yöntemlere göre belirlenmiştir.

3.3. VERİLERİN ANALİZİ VE YORUMLANMASI

Araştırma kapsamında öncelikle öğrencilerin matematik maddelerinden aldıkları puanlar klasik yöntemle hesaplanmıştır. Klasik yöntemle puanlama ve sıralama işlemi yapılırken okullarda kullanılan klasik yöntemin yanı sıra klasik TOPSIS yöntemi de kullanılmıştır. Açık uçlu matematik maddelerinin klasik ve bulanık TOPSIS yöntemleriyle hesaplanmasına yönelik olan bu çalışmada veriler MS Office Excel 2013 programı kullanılarak işlenmiştir.

Öğrenci puanlarının klasik yöntemle hesaplanmasında birinci yöntem olarak alt kriterlerin ağırlıkları kullanılmamış olup puanlayıcıların vermiş oldukları toplam puanların ortalamaları alınarak sıralamalar yapılmıştır. İkinci klasik yöntemde ise çok kriterli karar verme yöntemi olarak TOPSIS kullanılmıştır. TOPSIS yöntemi işlem adımları aşağıdaki sıra ile uygulanmıştır (Opricovic ve Tzeng, 2004).

Adım 1. Satırlarda alternatifler, sütunlarda kriterler verilerek karar matrisi oluşturulur.

Çalışmada yer alan her bir kritere göre, öğrencilere verilen değerler formül (3.1.) deki gibi ifade edilir. Sütunlarda yer alan (C) sembolleri kriterleri, satırlarda yer alan (A) sembolleri alternatifleri yani öğrencileri, (W) ise kriterlerin ağırlıklarını sembolize etmektedir.

$$D = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \dots \\ A_m \end{matrix} & \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{pmatrix} & & & \end{matrix} \quad w = [w_1, w_2, \dots, w_n] \quad (3.1.)$$

Adım 2. Normalize edilmiş karar matrisi oluşturulur.

Normalize edilmiş karar matrisi oluşturulurken (D) karar matrisindeki elemanlar kullanılarak formül (3.2.) uygulanarak (R) matrisi oluşturulur. Karar matrisindeki her bir değer, sütunlarda bulunan x_{ij} değerlerinin kareleri toplamının kareköküne bölünür.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^n x_{ij}^2}}, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (3.2.)$$

Adım 3. Ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi oluşturulur.

Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi (V) (3.3.)'te verilen formüle göre hesaplanır. Bu işlemin yapılabilmesi için öncelikle kriterlere ilişkin ağırlık değerleri (w) belirlenir. Daha sonra R matrisinin her bir sütunundaki öğeler ilgili kriterin ağırlık değeri (w) ile çarpılarak (V) matrisi oluşturulur.

$$v_{ij} = w_j \cdot r_{ij} \quad i=1,2,\dots,m \quad j=1,2,\dots,n \quad (3.3.)$$

Adım 4. Pozitif ideal çözüm kümesi ve negatif ideal çözüm kümesi oluşturulur.

İdeal çözüm kümelerinin oluşturulabilmesi için (V) matrisindeki ağırlıklı değerlendirme kriterlerinin maksimumları seçilerek pozitif ideal çözüm kümesi, minimumları seçilerek negatif ideal çözüm kümesi oluşturulur. Eğer ilgili kriter minimizasyon yönlü ise pozitif ideal çözüm kümesinde minimum değer, maksimizasyon yönlü ise negatif ideal çözüm kümesinde maksimum değer seçilir. Bu işlemler sırasıyla formül (3.4.) ve (3.5) ile aşağıda gösterilmiştir.

$$A^+ = \{v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+\} = \left\{ \left(\begin{matrix} \text{Maksimum} \\ i \end{matrix} v_{ij} \mid j \in K \right), \left(\begin{matrix} \text{Minimum} \\ i \end{matrix} v_{ij} \mid j \in K' \right) \right\} \quad (3.4.)$$

$$A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\} = \left\{ \left(\begin{matrix} \text{Minimum} \\ i \end{matrix} v_{ij} \mid j \in K \right), \left(\begin{matrix} \text{Maksimum} \\ i \end{matrix} v_{ij} \mid j \in K' \right) \right\} \quad (3.5.)$$

Adım 5. İdeal çözüm değerleri hesaplanır.

Her bir öğrenciye (alternatife) yönelik değerlendirme kriteri değerinin pozitif ve negatif ideal çözüme uzaklıklarını bulmak için öklid uzaklıkları kullanılır. Bu hesaplama ile ilgili formüller (3.6.) ve (3.7.)'de verilmiştir.

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2} \quad i=1,2,\dots,m \quad j=1,2,\dots,n \quad (3.6.)$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad i=1,2,\dots,m \quad j=1,2,\dots,n \quad (3.7.)$$

Adım 6. İdeal çözüm değerlerine göre alternatiflerin sıralamaları yapılır.

Her bir öğrencinin (alternatifin) ideal çözüme göre yakınlığı (CC_i) hesaplanırken, pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözüme uzaklıkları kullanılır. Formül (3.8)'de görüldüğü gibi ideal çözüme olan uzaklık, negatif çözüme olan uzaklık ölçüsünün, toplam uzaklık ölçüsü içindeki payı ile hesaplanmaktadır. Elde edilen bu yakınlık değeri 0 ile 1 arasında yer alırken $CC_i=0$ iken negatif ideal çözüme, $CC_i=1$ iken pozitif ideal çözüme mutlak yakınlık olduğunu gösterir.

$$C_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad 0 \leq C_i \leq 1 \quad (3.8.)$$

Çalışmada üçüncü yöntemde öğrencilerin açık uçlu matematik maddelerine vermiş oldukları cevapların Bulanık TOPSIS yöntemi ile sıralanmasında ise aşağıdaki matematiksel işlem adımları uygulanmıştır (Chen, 2000, s. 6).

Adım 1. Karar vericilerin ve kriterlerin seçilmesi

Çalışmanın konusu olan açık uçlu matematik maddelerinin puanlanması sürecinde üç alan uzmanından görüş alınmıştır. Uzmanlardan ikisi MEB' e bağlı okullarda çalışan matematik öğretmeni iken üçüncü uzman İl Milli Eğitim Müdürlüğü Ölçme ve Değerlendirme Merkezinde çalışmakta olan matematik öğretmenidir.

Açık uçlu matematik maddelerinin puanlanabilmesi için kriterlerin belirlenmesi aşamasında öncelikle alanyazın taraması yapılmıştır. Daha sonra araştırmacı bu kriterlerin neler olabileceğini uzmanlara sormuştur. Uzmanlardan gelen cevaplar ve alanyazın taraması değerlendirilip kriterler belirlenmiştir. Uzmanlarla olan tüm görüşmeler tüm dünyada devam etmekte olan Covid-19 virüsünün etkileri nedeniyle ilan edilmiş olan pandemi sürecinde online olarak yapılmış olup uzmanların cevapları birbirlerinden bağımsız olarak alınmıştır. Bu

işlemlerin ardından açık uçlu matematik maddelerinin puanlandırılabilmesi için aşağıdaki kriterler belirlenmiştir.

- Problemi anlama
- Probleme verilenleri kullanma
- Problemin çözümünde işlemleri kullanma
- Formül ve kuralları problemlere uyarlama
- İşlemler arasında bağlantı kurarak, işlem sırasına uyma
- İşlemlerde hata yapılmama durumu
- İşlemleri ayrıntılı, açık ve anlaşılır yapma

Adım 2. Kriterlerin önem ağırlıkları için uygun dilsel değişkenler belirlenir ve kriterlere göre alternatifler için dilsel değişkenlerin dereceleri seçilir.

Puanlayıcıların kriterlere ve öğrencilerin cevaplarına verecekleri sözel değişkenler Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2

Kriter ve Alternatifler İçin Önem Ağırlıklarını İfade Eden Sözel Değişkenler

Kriterler İçin Sözel Değişkenler	Alternatifler İçin Sözel Değişkenler
Çok Düşük (ÇD)	Çok Kötü (ÇK)
Düşük (D)	Kötü (K)
Biraz Düşük (BD)	Biraz Kötü (BK)
Orta (O)	Orta (O)
Biraz Yüksek (BY)	Biraz İyi (Bİ)
Yüksek (Y)	İyi (İ)
Çok Yüksek (ÇY)	Çok İyi (Çİ)

Tablo 2’de de görüldüğü üzere alt kriterler ve alternatifler için yedi seçenek belirlenmiştir . Araştırma kapsamında kriterler ve alternatifler için daha az sözel değişkenin kullanılmasının elde edilecek verilerdeki duyarlılığı azaltacağı düşünülürken, sözel değişken sayısının daha fazla olmasının da araştırmaya katkı getirmeyeceği düşünülmüştür. Bu nedenlerle duyarlılığın optimum seviyede tutulması için dilsel değişkenlerin yedi seçenek olmasına karar verilmiştir.

Puanlayıcıların açık uçlu matematik maddelerinin puanlanmasına yönelik kriterlere verdikleri önem ağırlıkları Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 3

Karar Kriterlerinin Önem Ağırlıkları İçin Puanlayıcıların Vermiş Oldukları Sözel Değişkenler

Kriterler	1. Puanlayıcı	2. Puanlayıcı	3. Puanlayıcı
Problemi anlama	ÇY	ÇY	ÇY
Problemde verilenleri kullanma	Y	Y	ÇY
Problemin çözümünde işlemleri kullanma	Y	BY	ÇY
Formül ve kuralları problemlere uyarlama	BY	BD	Y
İşlemler arasında bağlantı kurarak, işlem sırasına uyma	BY	O	Y
İşlemlerde hata yapılmama durumu	BY	D	O
İşlemleri ayrıntılı, açık ve anlaşılır yapma	O	BY	ÇY

Karar vericilerin, kriterlere vermiş oldukları önem düzeyleri hesaplanırken (3.9.)’da ki formül kullanılmıştır. Bu formüle göre puanlayıcıların kriterlere verdikleri ağırlıkların ortalamaları alınarak işlem yapılmaktadır.

$$\tilde{w}_j = \frac{1}{K} [\tilde{w}_j^1 + \tilde{w}_j^2 + \dots + \tilde{w}_j^K] \quad (3.9.)$$

Adım 3. Karar vericilerin önem ağırlıkları ve alternatiflerin değerlendirilmesi için belirledikleri dilsel değişkenler üçgen bulanık sayılara dönüştürülür.

Çalışma kapsamında kriterler ve alternatifler için verilmiş olan kararların bulanık sayılara dönüştürülmesi işleminde üçgen bulanık sayılar tercih edilmiştir. Bunun sebebi üçgen bulanık sayılarla işlem yapılmasının daha kolay olmasıyla birlikte yamuk bulanık sayılarla yapılan işlemler sonucunda alternatiflerin 0.995 düzeyinde benzerlik göstermesidir. Bu durum, üçgen bulanık sayılarla yapılan sıralamalar ile yamuk bulanık sayılar ile yapılan sıralamaların arasında pozitif yönde çok yüksek bir ilişki olduğu anlamına gelir (Avcı Öztürk, 2018, s. 74). Kriterlerin önem ağırlıkları için üçgen bulanık sayıların ifadeleri Tablo 4’te gösterilmiştir.

Tablo 4

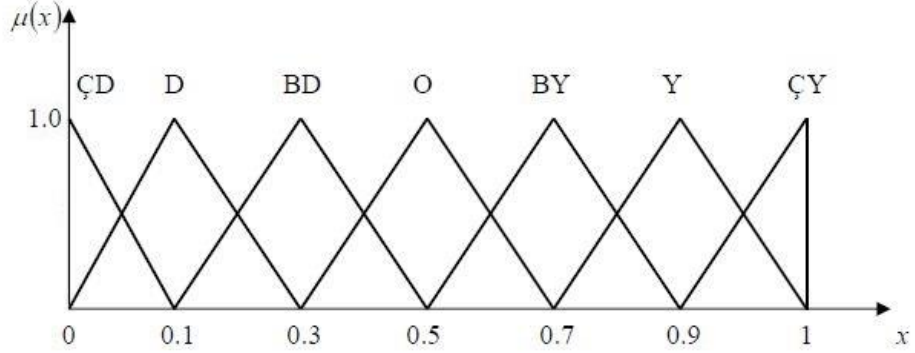
Kriterler İçin Önem Ağırlıklarını Gösteren Üçgen Bulanık Sayı İfadeleri

Kriterler İçin Sözel Değişkenler	Kriterler İçin Üçgen Bulanık Sayılar
Çok Kötü (ÇK)	(0.0, 0.0, 0.1)
Kötü (K)	(0.0, 0.1, 0.3)
Biraz Kötü (BK)	(0.1, 0.3, 0.5)
Orta (O)	(0.3, 0.5, 0.7)
Biraz İyi (Bİ)	(0.5, 0.7, 0.9)
İyi (İ)	(0.7, 0.9, 0.1)
Çok İyi (Çİ)	(0.9, 1.0, 1.0)

Kriterlerin önem ağırlıklarının bulanık üçgen sayılardaki karşılığı Tablo 4’te verilmiştir. Tablo 4’teki değerler bir grafik şeklinde verildiğinde ise Şekil 9 karşımıza çıkmaktadır.

Şekil 9

Kriterler İçin Önem Ağırlıklarını Gösteren Üçgen Bulanık Sayılar



Alternatifler için önem ağırlıklarının bulanık üçgen sayılardaki karşılığı Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5

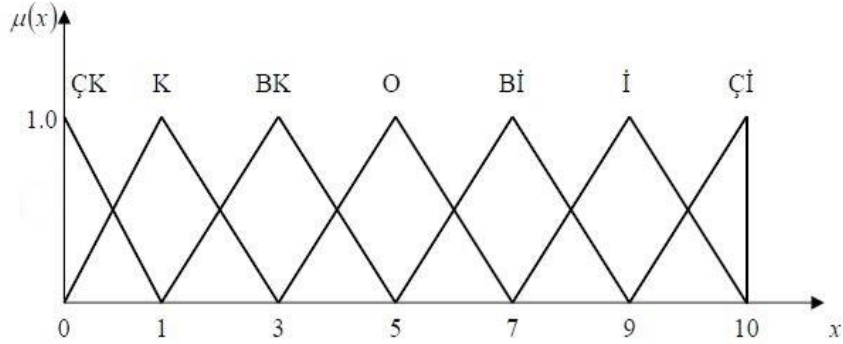
Alternatifler İçin Önem Ağırlıklarını Gösteren Üçgen Bulanık Sayı İfadeleri

Alternatifler İçin Sözel Değişkenler	Alternatifler İçin Üçgen Bulanık Sayılar
Çok Düşük (ÇD)	(0, 0, 1)
Düşük (D)	(0, 1, 3)
Biraz Düşük (BD)	(1, 3, 5)
Orta (O)	(3, 5, 7)
Biraz Yüksek (BY)	(5, 7, 9)
Yüksek (Y)	(7, 9, 10)
Çok Yüksek (ÇY)	(9, 10, 10)

Tablo 5'te verilmiş olan üçgen bulanık sayılar grafikte gösterildiğinde Şekil 10'daki görünüm oluşmaktadır.

Şekil 10

Alternatifler İçin Önem Ağırlıklarını Gösteren Üçgen Bulanık Sayılar



Alternatifler için puanlayıcıların vermiş oldukları değerler formül (3.10.) ile hesaplanarak ortalama değerler elde edilir.

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{K} [\tilde{x}_{ij}^1 + \tilde{x}_{ij}^2 + \dots + \tilde{x}_{ij}^K] \quad (3.10.)$$

Adım 4. Bulanık karar matrisi ve normalize edilmiş bulanık karar matrisi oluşturulur.

Bulanık karar matrisi her bir puanlayıcının kriterlere göre alternatiflere, verdikleri sözel değişkenleri göstermektedir. Bu işlem için (3.11.)'deki formül kullanılmaktadır.

$$\tilde{D} = \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \dots \\ A_m \end{matrix} \begin{pmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{pmatrix} \tilde{W} = [\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \dots, \tilde{w}_n] \quad (3.11.)$$

Bulanık karar matrisinden normalize edilmiş karar matrisi oluşturulurken her bir kritere ait sütundaki bulanık sayılar, bu sütunda yer alan en büyük üst sınıra

bölünerek oluşturulur (Paksoy vd., 2013, s. 161). Bu çalışma kapsamında veriler incelendiğinde 2, 4 ve 7. kriterlerde en yüksek bulanık sayıların 9.7 olduğu görülmektedir. Bu sütundaki bulanık sayıların hepsi 9.7 sayısına bölünerek normalize edilmiş bulanık karar matrisi elde edilmiştir. Diğer kriterlerin en yüksek değerinin 10 olduğu görülmektedir, bu sütundaki sayılara herhangi bir işlem yapılmayarak aynen bırakılmaktadır. Daha sonra tüm bulanık sayılar 10'a bölünerek normalize edilmiş karar matrisinin son formu elde edilmektedir. Normalize edilmiş bulanık karar matrisi formülü (3.12.)'de verilmiştir.

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n} \quad (3.12.)$$

Formül (3.12.) çerçevesinde iki işlem yapılabilir. Eğer kriterlerimizin değeri yükseldikçe alternatifleri daha üst sınırlara çekiyorsa fayda kriteri kümesi formülü (3.13.) kullanılır. Eğer kriterin değeri arttıkça alternatifin sıralamasını aşağıya doğru çekiyorsa maliyet (zarar) kriteri kümesi formülü (3.14.) kullanılır.

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}^*}{c_j^*}, \frac{b_{ij}^*}{c_j^*}, \frac{c_{ij}^*}{c_j^*} \right), j \in B, c_j^* = \max_i c_{ij}, \quad (3.13.)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_j^-}{c_{ij}^-}, \frac{a_j^-}{b_{ij}^-}, \frac{a_j^-}{a_{ij}^-} \right), j \in B, a_j^- = \min_i a_{ij}, \quad (3.14.)$$

Bu çalışma kapsamında yer alan kriterler arasında olumsuz, negatif kriter olmadığı için (3.14.) formülü kullanılmamış olup fayda kriteri formülü kullanılarak işlemlere devam edilmiştir.

Adım 5. Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi oluşturulur.

Bu işlem adımında normalize edilmiş karar matrisi ile kriter ağırlıkları çarpılarak ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi oluşturulur. Bu işlemin formülü (3.15.) ile gösterilmektedir.

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n} \quad (3.15.)$$

Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisinde V_{ij} değerleri normalize edilmiş pozitif üçgen bulanık sayılardır ve değerleri 0 ile 1 arasında değişir. Her kriterin farklı önem derecelerinin olduğu düşünüldüğünde ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi formül (3.16.) ile bulunur.

$$\tilde{V}_{ij} = \tilde{r}_{ij} \times \tilde{w}_j \quad (3.16.)$$

Adım 6. Bulanık pozitif ideal çözüm ve bulanık negatif ideal çözüm belirlenir.

Bu çalışma kapsamında bulanık pozitif ve negatif ideal çözüm belirlenirken, Chen (2000) tarafından geliştirilen (1, 1, 1) ve (0, 0, 0) değerleri kullanılmamıştır. Çünkü bu değerlerin gerçek pozitif ve negatif ideal çözüm kümesini yansıtmayacağı düşünülmüştür. Bu çalışma kapsamında bulanık pozitif ideal çözüm için kriterlerin maksimum değerleri, bulanık negatif ideal çözüm için kriterlerin minimum değerleri kullanılmıştır (Öztürk, 2018, s. 65).

Kriterlerin sırasına göre üçgen bulanık sayılar ile elde edilen normalize edilmiş bulanık karar matrisi için bulanık pozitif ideal çözüm kümesi (3.17) ve negatif ideal çözüm kümesi (3. 18.) formülleri ile bulunur.

$$A^* = (\tilde{V}_1^*, \tilde{V}_1^*, \dots, \tilde{V}_n^*) \quad (3.17.)$$

$$A^- = (\tilde{V}_1^-, \tilde{V}_1^-, \dots, \tilde{V}_n^-) \quad (3.18.)$$

Formül (3.17.) ve (3.18.) kullanıldığında araştırma kapsamına alınan alt kriterler için pozitif ideal çözüm kümesi ve negatif ideal çözüm kümesi sırasıyla,

$$\tilde{A}^* = [(1.00, 1.00, 1.00) , (1.00, 1.00 , 1.00), (0.97, 0.97, 0.97), (0.80, 0.80, 0.80), (0.87, 0.87, 0.87), (0.63, 0.63, 0.63), (0.87, 0.87, 0.87)]$$

$$\tilde{A}^- = [(0.03, 0.03, 0.03) , (0.03, 0.03 , 0.03), (0.00, 0.00, 0.00), (0.01, 0.01, 0.01), (0.02, 0.02, 0.02), (0.00, 0.00, 0.00), (0.02, 0.02, 0.02)]$$

olarak belirlenmiştir.

Adım 7. Her bir alternatifin sırasıyla bulanık pozitif ideal çözüme ve bulanık negatif ideal çözüme olan uzaklıkları hesaplanır.

Alternatiflerin ideal çözüme olan uzaklıklarının hesaplanması için her alternatif bulanık ideal çözüm kümesine olan uzaklığı (3.19.) ve negatif bulanık ideal çözüm kümesine olan uzaklığı (3.20.) formülleri ile hesaplanır.

$$d_i^* = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^*), i=1,2,\dots,m \quad (3.19.)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-), i=1,2,\dots,m \quad (3.20.)$$

Formül (3.19.) ve (3.20.) iki bulanık sayı arasındaki uzaklığı göstermektedir. Bu uzaklıklar Vertex metodu kullanılarak hesaplanmaktadır. Vertex metodu, bulanık sayılar arasındaki uzaklıkların hesaplanması için geliştirilmiştir. $\tilde{A} = (m_1, m_2, m_3)$ ve $\tilde{B} = (n_1, n_2, n_3)$ iki bulanık sayı olmak üzere, \tilde{A} ve \tilde{B} arasındaki uzaklığın hesaplanması için formül (3.21.) kullanılmaktadır (Wang ve Elhag, 2006, s. 311; Akt. Avcı Öztürk, 2018, s. 39).

$$d(\tilde{A}, \tilde{B}) = \sqrt{\frac{1}{3} [(m_1 - n_1)^2 + (m_2 - n_2)^2 + (m_3 - n_3)^2]} \quad (3.21.)$$

Adım 8. Her alternatifin yakınlık katsayıları hesaplanır.

Alternatifleri sıralamak için yakınlık katsayılarının formül (3.22.)'e göre hesaplanması gerekmektedir. Alternatifler pozitif ideal çözüm kümesine yakınlıklaştıkça ve negatif ideal çözüm kümesinden uzaklaştıkça yakınlık katsayısı değeri 1'e yaklaşmaktadır.

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-} \quad (3.22.)$$

Adım 9. Yakınlık katsayısına göre tüm alternatiflerin sıralaması yapılarak sırası belirlenir.

Öğrenciler, yakınlık katsayıları değerlerine göre büyükten küçüğe sıralanırlar ve 1'e en yakın öğrenci en başarılı kabul edilirken; 0'a en yakın öğrenci en başarısız öğrenci kabul edilir. Böylelikle bulanık TOPSIS işlem adımları uygulanarak sonuca ulaşılmış olunur.

Açık uçlu matematik maddelerinin klasik, TOPSIS ve bulanık TOPSIS yöntemleri ile puanları elde edildikten sonra öğrenci sıralamaları yapılmıştır. Sıralamalar arasındaki korelasyon değerlerinin incelenmesi için IBM SPSS Statistics 21 analiz programı kullanılarak, Spearman Sıra Farkları Korelasyon Katsayısı hesaplanmıştır. Bu yöntem, "sıralı puanlar kullanılarak ölçülen iki değişken arasındaki doğrusal ilişkiyi açıklar" (Büyüköztürk vd., 2017, s. 89). Korelasyon katsayısı yorumlanırken ilişkinin yönü ve gücü değerlendirilir. İlişkinin yönü negatif veya pozitif olabilir ve bu değerler -1 ile +1 arasında değişir. İki değer arasındaki ilişkinin gücü yorumlanırken korelasyon katsayısı pozitif ya da negatif olarak 1'e yaklaştıkça gücü artar, 0'a yaklaştıkça gücü azalır ve eğer 0 ise iki değişken arasında ilişki yoktur denir. Korelasyon katsayısı neden sonuç ilişkisi olarak yorumlanamaz bunun için başka verilere ihtiyaç vardır. Korelasyon katsayısı sadece iki grup arasındaki ilişkiyi gösterir (Tekindal, 2017, s. 376).

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

Çalışmanın bu bölümünde verilerin analiz edilmesi sonucunda elde edilen bulgulara yer verilmiştir. Bulgular verilirken araştırmanın alt problemlerinin sırası dikkate alınmıştır.

4. BULGULAR

4.1. BİRİNCİ ALT PROBLEM

Puanlayıcıların vermiş oldukları puanlara göre matematik dersine ait açık uçlu maddelerin okullarda kullanılan klasik yöntem ile puanlanması sonucunda öğrencilerin sıralaması nasıl olmaktadır?

Araştırmanın ilk sorusuna yanıt bulunması için öncelikle puanlayıcıların öğrencilerin açık uçlu matematik sorularına vermiş oldukları cevapları değerlendirdiği sözel değişkenler sayısal puanlara çevrilerek bir araya getirilmiş ve Tablo 6 oluşturulmuştur.

Tablo 6*Puanlayıcıların Açık Uçlu Matematik Maddelerine Verdikleri Puanlar*

Puanlayıcılar	Kriterler	ÖĞRENCİLER																								
		Ö ₁	Ö ₂	Ö ₃	Ö ₄	Ö ₅	Ö ₆	Ö ₇	Ö ₈	Ö ₉	Ö ₁₀	Ö ₁₁	Ö ₁₂	Ö ₁₃	Ö ₁₄	Ö ₁₅	Ö ₁₆	Ö ₁₇	Ö ₁₈	Ö ₁₉	Ö ₂₀	Ö ₂₁	Ö ₂₂	Ö ₂₃	Ö ₂₄	Ö ₂₅
Puanlayıcı 1	K ₁	5	2	2	4	7	3	7	7	6	3	1	2	1	3	7	2	6	3	3	7	6	4	6	3	6
	K ₂	2	7	4	7	3	6	4	5	7	7	5	2	1	2	6	2	7	3	5	1	7	6	4	5	3
	K ₃	2	4	2	7	7	3	3	7	2	4	1	6	4	3	3	7	4	2	6	4	3	3	1	4	6
	K ₄	5	3	4	6	3	6	4	6	6	7	1	4	1	5	1	7	7	7	1	1	1	1	2	5	5
	K ₅	3	7	7	2	4	5	4	3	6	6	1	3	5	6	5	5	7	2	2	7	7	7	5	3	4
	K ₆	6	4	7	3	6	6	4	2	1	1	1	6	7	5	3	7	6	4	3	3	2	6	2	7	4
	K ₇	6	4	3	7	7	2	5	1	2	2	5	7	5	7	3	7	6	3	1	6	2	3	7	5	2
Puanlayıcı 2	K ₁	6	4	6	1	3	4	1	7	6	2	4	6	4	2	3	6	7	4	7	5	1	4	2	5	4
	K ₂	4	5	1	2	1	4	7	1	1	2	5	4	2	4	2	3	2	1	3	6	1	3	7	5	1
	K ₃	6	5	7	1	5	3	7	7	3	4	3	6	1	1	6	7	2	1	2	6	7	5	4	7	3
	K ₄	7	3	5	6	6	3	4	3	2	6	5	5	4	7	5	3	2	1	3	4	3	3	5	1	4
	K ₅	6	1	2	1	1	7	3	4	5	6	3	6	7	4	2	7	7	7	6	6	3	3	7	6	4
	K ₆	7	1	3	6	2	7	5	5	7	2	5	4	7	5	2	7	7	6	4	4	1	4	4	7	2
	K ₇	1	7	6	3	5	6	3	1	4	4	3	6	1	4	1	7	7	2	2	6	7	6	6	5	2
Puanlayıcı 3	K ₁	6	2	5	4	3	4	7	2	6	1	1	6	5	5	3	4	6	3	5	3	6	5	1	5	1
	K ₂	2	6	2	7	3	5	1	3	4	5	4	5	5	2	7	6	4	7	7	6	7	2	3	2	1
	K ₃	4	6	5	6	6	5	2	2	3	5	2	1	4	1	5	7	2	1	4	6	4	7	6	1	2
	K ₄	1	4	3	5	3	1	6	5	7	1	3	6	2	1	6	5	4	6	1	7	6	2	4	7	1
	K ₅	4	3	1	7	5	6	2	2	1	4	2	7	1	3	5	5	5	2	5	7	2	4	7	1	5
	K ₆	5	4	6	2	5	7	1	1	7	1	5	5	7	4	7	4	6	2	3	1	4	3	1	6	3
	K ₇	4	6	1	5	1	6	2	3	4	3	1	5	6	1	4	1	2	4	7	4	7	3	3	3	5

Öğrencilerin kriterler ağırlıkları kullanılmadan aldıkları puanlara göre sıralanmaları Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7

Klasik Yönteme Göre Öğrencilerin Aldıkları Ortalama Puanlar

Sıra No	Öğrenciler	\bar{X}
1	Öğrenci 1	30,6667
2	Öğrenci 2	29,3333
3	Öğrenci 3	27,3333
4	Öğrenci 4	30,6667
5	Öğrenci 5	28,6667
6	Öğrenci 6	33,0000
7	Öğrenci 7	27,3333
8	Öğrenci 8	25,6667
9	Öğrenci 9	30,0000
10	Öğrenci 10	25,3333
11	Öğrenci 11	20,3333
12	Öğrenci 12	34,0000
13	Öğrenci 13	26,6667
14	Öğrenci 14	25,0000
15	Öğrenci 15	28,6667
16	Öğrenci 16	36,3333
17	Öğrenci 17	35,3333
18	Öğrenci 18	23,6667
19	Öğrenci 19	26,6667
20	Öğrenci 20	33,3333
21	Öğrenci 21	29,0000
22	Öğrenci 22	28,0000
23	Öğrenci 23	29,0000
24	Öğrenci 24	31,0000
25	Öğrenci 25	22,6667
	Ortalama	28,7067

Öğrencilerin puanları hesaplanırken öncelikle her bir puanlayıcının 7 kritere verdikleri puanlar toplandıktan sonra aritmetik ortalamaları alınmıştır. Tüm sınıfın ortalaması ise $\bar{X} = 28,71$ olarak bulunmuştur. Öğrencilerin aldıkları puanlara göre sıralanmaları Tablo 8’de gösterilmiştir.

Tablo 8

Klasik Yöntem Kullanılarak Öğrencilerin Aldıkları Puanların Sıralanmaları

Sıra No	Öğrenciler	\bar{X}
1	Öğrenci 16	36,3333
2	Öğrenci 17	35,3333
3	Öğrenci 12	34,0000
4	Öğrenci 20	33,3333
5	Öğrenci 6	33,0000
6	Öğrenci 24	31,0000
7	Öğrenci 1	30,6667
7	Öğrenci 4	30,6667
9	Öğrenci 9	30,0000
10	Öğrenci 2	29,3333
11	Öğrenci 21	29,0000
11	Öğrenci 23	29,0000
13	Öğrenci 5	28,6667
13	Öğrenci 15	28,6667
15	Öğrenci 22	28,0000
16	Öğrenci 3	27,3333
16	Öğrenci 7	27,3333
18	Öğrenci 13	26,6667
18	Öğrenci 19	26,6667
20	Öğrenci 8	25,6667
21	Öğrenci 10	25,3333
22	Öğrenci 14	25,0000
23	Öğrenci 18	23,6667
24	Öğrenci 25	22,6667
25	Öğrenci 11	20,3333

Tablo 8 incelendiğinde en başarılı öğrencinin 36,33 puanla Öğrenci 16 olduğu görülmektedir. Sıralamada en son sırada ise 20,33 puanla Öğrenci 11 yer almaktadır. Sıralamada kriter ağırlıkları kullanılmadığı için bazı öğrencilerin aynı puanları aldıkları görülmektedir. Bu öğrenciler sıralama yapılırken öğrenci numarası düşük olandan başlayarak sıralanmıştır ve aralarında üstünlük yoktur.

4.2. İKİNCİ ALT PROBLEM

Puanlayıcıların vermiş oldukları puanlara göre matematik dersine ait açık uçlu maddelerin TOPSIS yöntemi ile puanlanması sonucunda öğrencilerin sıralaması nasıl olmaktadır?

Araştırmanın ikinci sorusuna yanıt bulunması için Hwang ve Yoon (1981) tarafından geliştirilen klasik TOPSIS işlem adımları sırasıyla uygulanmıştır. Bu işlem adımlarından ilki olan karar matrisi Tablo 6' oluşturulmuştur. Daha sonra puanlayıcıların açık uçlu matematik maddelerinin alt kriterlere vermiş oldukları ağırlıklar belirlenmiş ve Tablo 9 oluşturulmuştur.

Tablo 9

TOPSIS Uygulaması İçin Puanlayıcıların Kriterlere Verdikleri Ağırlıklar

Kriterler	1. Puanlayıcı	2. Puanlayıcı	3. Puanlayıcı	\bar{X}
Problemi anlama	7	7	7	7,00
Problemde verilenleri kullanma	6	6	7	6,33
Problemin çözümünde işlemleri kullanma	6	5	7	6,00
Formül ve kuralları problemlere uyarlama	5	3	6	4,67
İşlemler arasında bağlantı kurarak, işlem sırasına uyma	5	4	6	5,00
İşlemlerde hata yapılmama durumu	5	2	4	3,67
İşlemleri ayrıntılı, açık ve anlaşılır yapma	4	5	7	5,33

Puanlayıcıların açık uçlu matematik maddelerine verdikleri ağırlıklar Tablo 9'da incelendiğinde problemi anlama kriterine tüm puanlayıcıların en yüksek puanı verdiği görülmektedir. İşlemlerde hata yapılmama durumu kriterine ise ortalama olarak en düşük ağırlık verilmiştir. TOPSIS uygulaması için karar matrisi ve kriter ağırlıkları belirlendikten sonra normalize edilmiş karar matrisi oluşturulmuş ve Tablo 10'da bu değerler verilmiştir.



Tablo 10

TOPSIS Uygulaması İçin Puanlayıcıların Vermiş Oldukları Puanlar Sonucunda Elde Edilen Normalize Edilmiş Karar Matrisi

Öğrenciler	KRİTERLER						
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
Öğrenci 1	0,2655	0,1312	0,1880	0,2134	0,1925	0,2647	0,1749
Öğrenci 2	0,1250	0,2952	0,2350	0,1641	0,1629	0,1324	0,2703
Öğrenci 3	0,2031	0,1148	0,2193	0,1970	0,1481	0,2353	0,1590
Öğrenci 4	0,1406	0,2624	0,2193	0,2790	0,1481	0,1618	0,2385
Öğrenci 5	0,2031	0,1148	0,2820	0,1970	0,1481	0,1912	0,2067
Öğrenci 6	0,1718	0,2460	0,1723	0,1641	0,2666	0,2941	0,2226
Öğrenci 7	0,2343	0,1968	0,1880	0,2298	0,1333	0,1471	0,1590
Öğrenci 8	0,2499	0,1476	0,2507	0,2298	0,1333	0,1176	0,0795
Öğrenci 9	0,2811	0,1968	0,1253	0,2462	0,1777	0,2206	0,1590
Öğrenci 10	0,0937	0,2296	0,2037	0,2298	0,2369	0,0588	0,1431
Öğrenci 11	0,0937	0,2296	0,0940	0,1477	0,0889	0,1618	0,1431
Öğrenci 12	0,2187	0,1804	0,2037	0,2462	0,2369	0,2206	0,2862
Öğrenci 13	0,1562	0,1312	0,1410	0,1149	0,1925	0,3088	0,1908
Öğrenci 14	0,1562	0,1312	0,0783	0,2134	0,1925	0,2059	0,1908
Öğrenci 15	0,2031	0,2460	0,2193	0,1970	0,1777	0,1765	0,1272
Öğrenci 16	0,1874	0,1804	0,3290	0,2462	0,2517	0,2647	0,2385
Öğrenci 17	0,2968	0,2132	0,1253	0,2134	0,2814	0,2794	0,2385
Öğrenci 18	0,1562	0,1804	0,0627	0,2298	0,1629	0,1765	0,1431
Öğrenci 19	0,2343	0,2460	0,1880	0,0821	0,1925	0,1471	0,1590
Öğrenci 20	0,2343	0,2132	0,2507	0,1970	0,2962	0,1176	0,2544
Öğrenci 21	0,2031	0,2460	0,2193	0,1641	0,1777	0,1029	0,2544
Öğrenci 22	0,2031	0,1804	0,2350	0,0985	0,2073	0,1912	0,1908
Öğrenci 23	0,1406	0,2296	0,1723	0,1805	0,2814	0,1029	0,2544
Öğrenci 24	0,2031	0,1968	0,1880	0,2134	0,1481	0,2941	0,2067
Öğrenci 25	0,1718	0,0820	0,1723	0,1641	0,1925	0,1324	0,1431
Ağırlıklar	7,00	6,33	6,00	4,67	5,00	3,67	5,33

Tablo 10’da yer alan normalize edilmiş karar matrisindeki değerler kriter ağırlıkları ile çarpılarak ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi oluşturularak Tablo 11’de verilmiştir.

Tablo 11

TOPSIS Uygulaması İçin Puanlayıcıların Vermiş Oldukları Puanlar Sonucunda Elde Edilen Ağırlıklı Normalize Edilmiş Karar Matrisi

Öğrenciler	KRİTERLER						
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
Öğrenci 1	1,8587	0,8309	1,1280	0,9957	0,9626	0,9706	0,9327
Öğrenci 2	0,8747	1,8696	1,4100	0,7660	0,8145	0,4853	1,4415
Öğrenci 3	1,4214	0,7271	1,3160	0,9191	0,7404	0,8627	0,8480
Öğrenci 4	0,9840	1,6619	1,3160	1,3021	0,7404	0,5931	1,2719
Öğrenci 5	1,4214	0,7271	1,6921	0,9191	0,7404	0,7010	1,1023
Öğrenci 6	1,2027	1,5580	1,0340	0,7660	1,3328	1,0784	1,1871
Öğrenci 7	1,6400	1,2464	1,1280	1,0723	0,6664	0,5392	0,8480
Öğrenci 8	1,7494	0,9348	1,5040	1,0723	0,6664	0,4314	0,4240
Öğrenci 9	1,9680	1,2464	0,7520	1,1489	0,8885	0,8088	0,8480
Öğrenci 10	0,6560	1,4541	1,2220	1,0723	1,1847	0,2157	0,7632
Öğrenci 11	0,6560	1,4541	0,5640	0,6894	0,4443	0,5931	0,7632
Öğrenci 12	1,5307	1,1425	1,2220	1,1489	1,1847	0,8088	1,5263
Öğrenci 13	1,0933	0,8309	0,8460	0,5362	0,9626	1,1324	1,0175
Öğrenci 14	1,0933	0,8309	0,4700	0,9957	0,9626	0,7549	1,0175
Öğrenci 15	1,4214	1,5580	1,3160	0,9191	0,8885	0,6471	0,6784
Öğrenci 16	1,3120	1,1425	1,9741	1,1489	1,2587	0,9706	1,2719
Öğrenci 17	2,0774	1,3503	0,7520	0,9957	1,4068	1,0245	1,2719
Öğrenci 18	1,0933	1,1425	0,3760	1,0723	0,8145	0,6471	0,7632
Öğrenci 19	1,6400	1,5580	1,1280	0,3830	0,9626	0,5392	0,8480
Öğrenci 20	1,6400	1,3503	1,5040	0,9191	1,4809	0,4314	1,3567
Öğrenci 21	1,4214	1,5580	1,3160	0,7660	0,8885	0,3775	1,3567
Öğrenci 22	1,4214	1,1425	1,4100	0,4596	1,0366	0,7010	1,0175
Öğrenci 23	0,9840	1,4541	1,0340	0,8425	1,4068	0,3775	1,3567
Öğrenci 24	1,4214	1,2464	1,1280	0,9957	0,7404	1,0784	1,1023
Öğrenci 25	1,2027	0,5193	1,0340	0,7660	0,9626	0,4853	0,7632

Öğrenciler için ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi Tablo 11’de oluşturulmuştur. Klasik TOPSIS yönteminin bir sonraki aşamasında ise pozitif ideal çözüm kümesi ve negatif ideal çözüm kümesi oluşturulur. Bunun için sütunlarda yer alan en büyük değer ve en küçük değer seçilir. Bu çalışma kapsamında pozitif ve negatif ideal çözüm kümeleri kriterlerin sırasına göre aşağıda verilmiştir.

$$A^+ = [(2,0774), (1,8696), (1,9741), (1,3021), (1,4809), (1,1324), (1,5263)]$$

$$A^- = [(0,6560), (0,5193), (0,3760), (0,3830), (0,4443), (0,2157), (0,4240)]$$

Tüm öğrencilerin pozitif ve negatif ideal çözüm kümelerinden uzaklıkları hesaplanmış olup, bu değerler kullanılarak yakınlık katsayıları hesaplanarak Tablo 12’de verilmiştir.

Tablo 12

TOPSIS Uygulaması İçin Öğrencilerin Pozitif ve Negatif Çözüm Kümelerine Olan Uzaklıkları ve Yakınlık Katsayıları

Sıra No	Öğrenciler	d_i^*	d_i^-	$d_i^*+d_i^-$	CC_i
1	Öğrenci 1	1,6073	1,8926	3,4999	0,5408
2	Öğrenci 2	1,7094	2,0814	3,7907	0,5491
3	Öğrenci 3	1,8430	1,5768	3,4197	0,4611
4	Öğrenci 4	1,6048	2,0225	3,6273	0,5576
5	Öğrenci 5	1,6959	1,8525	3,5484	0,5221
6	Öğrenci 6	1,4742	2,0183	3,4925	0,5779
7	Öğrenci 7	1,6803	1,6945	3,3749	0,5021
8	Öğrenci 8	1,9040	1,7921	3,6960	0,4849
9	Öğrenci 9	1,6831	1,9254	3,6085	0,5336
10	Öğrenci 10	2,0788	1,6517	3,7305	0,4428
11	Öğrenci 11	2,5503	1,1228	3,6731	0,3057
12	Öğrenci 12	1,2684	2,1380	3,4064	0,6276
13	Öğrenci 13	2,1056	1,4121	3,5177	0,4014
14	Öğrenci 14	2,2524	1,2587	3,5111	0,3585
15	Öğrenci 15	1,5532	1,8121	3,3654	0,5385
16	Öğrenci 16	1,1305	2,4313	3,5619	0,6826
17	Öğrenci 17	1,3924	2,3510	3,7434	0,6280
18	Öğrenci 18	2,3163	1,2219	3,5383	0,3453
19	Öğrenci 19	1,7116	1,7792	3,4908	0,5097

Tablo 12 Devam

TOPSIS Uygulaması İçin Öğrencilerin Pozitif ve Negatif Çözüm Kümelerine Olan

Uzaklıkları ve Yakınlık Katsayıları

Sıra No	Öğrenciler	d_i^+	d_i^-	$d_i^+ + d_i^-$	CC_i
20	Öğrenci 20	1,1613	2,2825	3,4438	0,6628
21	Öğrenci 21	1,4824	1,9464	3,4288	0,5677
22	Öğrenci 22	1,6215	1,7286	3,3501	0,5160
23	Öğrenci 23	1,7513	1,8570	3,6083	0,5146
24	Öğrenci 24	1,5360	1,8297	3,3656	0,5436
25	Öğrenci 25	2,2426	1,1554	3,3980	0,3400

Tablo 12’de öğrencilerin pozitif ve negatif ideal çözüm kümesinden uzaklıkları verilmiş ve yakınlık katsayıları gösterilmiştir. Klasik TOPSIS yöntemin son aşamasında ise öğrenciler yakınlık katsayı değerlerine göre hesaplanmışlardır ve Tablo 13’te verilmiştir.

Tablo 13

TOPSIS Uygulaması İçin Öğrencilerin Yakınlık Katsayılarına Göre Sıralanması

Sıra No	Öğrenciler	CC_i
1	Öğrenci 16	0,6826
2	Öğrenci 20	0,6628
3	Öğrenci 17	0,6280
4	Öğrenci 12	0,6276
5	Öğrenci 6	0,5779
6	Öğrenci 21	0,5677
7	Öğrenci 4	0,5576
8	Öğrenci 2	0,5491
9	Öğrenci 24	0,5436
10	Öğrenci 1	0,5408
11	Öğrenci 15	0,5385
12	Öğrenci 9	0,5336
13	Öğrenci 5	0,5221
14	Öğrenci 22	0,5160
15	Öğrenci 23	0,5146
16	Öğrenci 19	0,5097
17	Öğrenci 7	0,5021

Tablo 13 Devam

TOPSIS Uygulaması İçin Öğrencilerin Yakınlık Katsayılarına Göre Sıralanması

Sıra No	Öğrenciler	CC_i
18	Öğrenci 8	0,4849
19	Öğrenci 3	0,4611
20	Öğrenci 10	0,4428
21	Öğrenci 13	0,4014
22	Öğrenci 14	0,3585
23	Öğrenci 18	0,3453
24	Öğrenci 25	0,3400
25	Öğrenci 11	0,3057
	ORTALAMA	0,5086

Tablo 13'te öğrencilerin yakınlık katsayılarının büyükten küçüğe sıralanışı verilmiştir. Buna göre Öğrenci 16 0,6826 katsayısı ile birinci sırada yer alırken Öğrenci 11 0,3057 katsayı ile sonuncu olmuştur. Sınıfın ortalama katsayı değeri ise $\bar{X} = 0,5086$ olarak bulunmuştur.

4.3. ÜÇÜNCÜ ALT PROBLEM

Puanlayıcıların ortak görüşlerine göre matematik dersine ait açık uçlu maddelerin Bulanık TOPSIS yöntemi ile puanlanması sonucunda öğrencilerin sıralaması nasıl olmaktadır?

Öğrencilerin açık uçlu matematik maddelerinden aldıkları puanların Bulanık TOPSIS yöntemiyle hesaplanması amacıyla Chen (2000) tarafından önerilen işlem adımları sırasıyla uygulanmaktadır. Puanlayıcıların kriterlere verdikleri önem ağırlıklarının bulanık sayı karşılıkları Tablo 14'te verilmektedir.

Tablo 14

Bulanık TOPSIS Uygulaması İçin Üçgen Bulanık Sayılar Kullanılarak Kriterlerin Önem Ağırlıkları İçin Grup Kararı

Kriterler	1. Puanlayıcı	2. Puanlayıcı	3. Puanlayıcı	Ortalama
Problemi anlama	0.9 1.0 1.0	0.9 1.0 1.0	0.9 1.0 1.0	0.9 1.0 1.0
Problemde verilenleri kullanma	0.7 0.9 1.0	0.7 0.9 1.0	0.9 1.0 1.0	0.77 0.93 1.0
Problemin çözümünde işlemleri kullanma	0.7 0.9 1.0	0.5 0.7 0.9	0.9 1.0 1.0	0.70 0.87 0.97
Formül ve kuralları problemlere uyarlama	0.5 0.7 0.9	0.1 0.3 0.5	0.7 0.9 1.0	0.43 0.63 0.80
İşlemler arasında bağlantı kurarak, işlem sırasına uyma	0.5 0.7 0.9	0.3 0.5 0.7	0.7 0.9 1.0	0.50 0.70 0.87
İşlemlerde hata yapılmama durumu	0.5 0.7 0.9	0.0 0.1 0.3	0.3 0.5 0.7	0.27 0.43 0.63
İşlemleri ayrıntılı, açık ve anlaşılır yapma	0.3 0.5 0.7	0.5 0.7 0.9	0.9 1.0 1.0	0.57 0.73 0.87

Tablo 14 incelendiğinde puanlayıcıların kriterlere verdikleri sözel değişkenlerin üçgen bulanık sayı karşılıkları görülmektedir. Puanlayıcıların vermiş oldukları ağırlıkların ortalamaları dikkate alındığında en yüksek ortalamanın “problemi anlama” kriterinde olduğu görülmektedir. Bu kriteri “problemde verilenleri kullanma” kriteri takip etmektedir. Bu kriterlerden yüksek puan alan öğrencilerin sıralamada daha üst sıralara geleceği söylenebilir. “İşlemlerde hata yapılmama durumu” kriteri ise en düşük ağırlığa sahip olmuştur. Bu da puanlayıcıların işlemlerde kesin bir hatasızlık beklentilerinin olmadığı şeklinde yorumlanabilir. Puanlayıcıların kriterlere göre öğrencilere verdikleri sözel değişkenler Tablo 15’te verilmiştir.

Tablo 15*Bulanık TOPSIS Uygulaması İçin Matematik Dersine Ait Açık Uçlu Maddelerin Puanlanması İçin Sözel Değişkenler*

Puanlayıcılar	Kriterler	ÖĞRENCİLER																								
		Ö ₁	Ö ₂	Ö ₃	Ö ₄	Ö ₅	Ö ₆	Ö ₇	Ö ₈	Ö ₉	Ö ₁₀	Ö ₁₁	Ö ₁₂	Ö ₁₃	Ö ₁₄	Ö ₁₅	Ö ₁₆	Ö ₁₇	Ö ₁₈	Ö ₁₉	Ö ₂₀	Ö ₂₁	Ö ₂₂	Ö ₂₃	Ö ₂₄	Ö ₂₅
Puanlayıcı1	K ₁	Bİ	K	K	O	Çİ	BK	Çİ	Çİ	İ	BK	ÇK	K	ÇK	BK	Çİ	K	İ	BK	BK	Çİ	İ	O	İ	BK	İ
	K ₂	K	Çİ	O	Çİ	BK	İ	O	Bİ	Çİ	Çİ	Bİ	K	ÇK	K	İ	K	Çİ	BK	Bİ	ÇK	Çİ	İ	O	Bİ	BK
	K ₃	K	O	K	Çİ	Çİ	BK	BK	Çİ	K	O	ÇK	İ	O	BK	BK	Çİ	O	K	İ	O	BK	BK	ÇK	O	İ
	K ₄	Bİ	BK	O	İ	BK	İ	O	İ	İ	Çİ	ÇK	O	ÇK	Bİ	ÇK	Çİ	Çİ	Çİ	ÇK	ÇK	ÇK	ÇK	K	Bİ	Bİ
	K ₅	BK	Çİ	Çİ	K	O	Bİ	O	BK	İ	İ	ÇK	BK	Bİ	İ	Bİ	Bİ	Çİ	K	K	Çİ	Çİ	Çİ	Bİ	BK	O
	K ₆	İ	O	Çİ	BK	İ	İ	O	K	ÇK	ÇK	ÇK	İ	Çİ	Bİ	BK	Çİ	İ	O	BK	BK	K	İ	K	Çİ	O
	K ₇	İ	O	BK	Çİ	Çİ	K	Bİ	ÇK	K	K	Bİ	Çİ	Bİ	Çİ	BK	Çİ	İ	BK	ÇK	İ	K	BK	Çİ	Bİ	K
Puanlayıcı 2	K ₁	İ	O	İ	ÇK	BK	O	ÇK	Çİ	İ	K	O	İ	O	K	BK	İ	Çİ	O	Çİ	Bİ	ÇK	O	K	Bİ	O
	K ₂	O	Bİ	ÇK	K	ÇK	O	Çİ	ÇK	ÇK	K	Bİ	O	K	O	K	BK	K	ÇK	BK	İ	ÇK	BK	Çİ	Bİ	ÇK
	K ₃	İ	Bİ	Çİ	ÇK	Bİ	BK	Çİ	Çİ	BK	O	BK	İ	ÇK	ÇK	İ	Çİ	K	ÇK	K	İ	Çİ	Bİ	O	Çİ	BK
	K ₄	Çİ	BK	Bİ	İ	İ	BK	O	BK	K	İ	Bİ	Bİ	O	Çİ	Bİ	BK	K	ÇK	BK	O	BK	BK	Bİ	ÇK	O
	K ₅	İ	ÇK	K	ÇK	ÇK	Çİ	BK	O	Bİ	İ	BK	İ	Çİ	O	K	Çİ	Çİ	Çİ	İ	İ	BK	BK	Çİ	İ	O
	K ₆	Çİ	ÇK	BK	İ	K	Çİ	Bİ	Bİ	Çİ	K	Bİ	O	Çİ	Bİ	K	Çİ	Çİ	İ	O	O	ÇK	O	O	Çİ	K
	K ₇	ÇK	Çİ	İ	BK	Bİ	İ	BK	ÇK	O	O	BK	İ	ÇK	O	ÇK	Çİ	Çİ	K	K	İ	Çİ	İ	İ	Bİ	K
Puanlayıcı 3	K ₁	İ	K	Bİ	O	BK	O	Çİ	K	İ	ÇK	ÇK	İ	Bİ	Bİ	BK	O	İ	BK	Bİ	BK	İ	Bİ	ÇK	Bİ	ÇK
	K ₂	K	İ	K	Çİ	BK	Bİ	ÇK	BK	O	Bİ	O	Bİ	Bİ	K	Çİ	İ	O	Çİ	Çİ	İ	Çİ	K	BK	K	ÇK
	K ₃	O	İ	Bİ	İ	İ	Bİ	K	K	BK	Bİ	K	ÇK	O	ÇK	Bİ	Çİ	K	ÇK	O	İ	O	Çİ	İ	ÇK	K
	K ₄	ÇK	O	BK	Bİ	BK	ÇK	İ	Bİ	Çİ	ÇK	BK	İ	K	ÇK	İ	Bİ	O	İ	ÇK	Çİ	İ	K	O	Çİ	ÇK
	K ₅	O	BK	ÇK	Çİ	Bİ	İ	K	K	ÇK	O	K	Çİ	ÇK	BK	Bİ	Bİ	Bİ	K	Bİ	Çİ	K	O	Çİ	ÇK	Bİ
	K ₆	Bİ	O	İ	K	Bİ	Çİ	ÇK	ÇK	Çİ	ÇK	Bİ	Bİ	Çİ	O	Çİ	O	İ	K	BK	ÇK	O	BK	ÇK	İ	BK
	K ₇	O	İ	ÇK	Bİ	ÇK	İ	K	BK	O	BK	ÇK	Bİ	İ	ÇK	O	ÇK	K	O	Çİ	O	Çİ	BK	BK	BK	Bİ

Tablo 15’te öğrencilerin açık uçlu matematik maddelerine verdikleri cevaplara kriterlere göre Puanlayıcıların değerlendirdikleri sözel değişkenler görülmektedir. Değerlendirme için kullanılan sözel değişkenler “ Çok kötü (ÇK)” ile başlayıp “Çok iyi (Çİ)” ile biten 7 ifadeden oluşmaktadır. Puanlayıcıların öğrenciler için vermiş oldukları dilsel değişkenler üçgen bulanık sayılara sırasıyla çevrilmektedir. Birinci puanlayıcının öğrenciler için vermiş olduğu üçgen bulanık sayılar ve kriterlere vermiş olduğu bulanık ağırlıklar Tablo 16’da verilmiştir.

Tablo 16

Bulanık TOPSIS Uygulaması İçin Birinci Puanlayıcının Görüşleri İle Oluşturulan Bulanık Karar Matrisi ve Öğrencilerin Bulanık Ağırlıkları

KRİTERLER							
Öğrenciler	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
Öğrenci 1	(5, 7, 9)	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)
Öğrenci 2	(0, 1, 3)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)
Öğrenci 3	(0, 1, 3)	(3, 5, 7)	(0, 1, 3)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(1, 3, 5)
Öğrenci 4	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(0, 1, 3)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)
Öğrenci 5	(9, 10, 10)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)
Öğrenci 6	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(0, 1, 3)
Öğrenci 7	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)
Öğrenci 8	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(0, 1, 3)	(0, 0, 1)
Öğrenci 9	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(0, 1, 3)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(0, 0, 1)	(0, 1, 3)
Öğrenci 10	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(0, 0, 1)	(0, 1, 3)
Öğrenci 11	(0, 0, 1)	(5, 7, 9)	(0, 0, 1)	(0, 0, 1)	(0, 0, 1)	(0, 0, 1)	(5, 7, 9)
Öğrenci 12	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)
Öğrenci 13	(0, 0, 1)	(0, 0, 1)	(3, 5, 7)	(0, 0, 1)	(5, 7, 9)	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)
Öğrenci 14	(1, 3, 5)	(0, 1, 3)	(1, 3, 5)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(9, 10, 10)
Öğrenci 15	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(0, 0, 1)	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)
Öğrenci 16	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
Öğrenci 17	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)

Tablo 16 Devam

*Bulanık TOPSIS Uygulaması İçin Birinci Puanlayıcının Görüşleri İle Oluşturulan
Bulanık Karar Matrisi ve Öğrencilerin Bulanık Ağırlıkları*

KRİTERLER							
Öğrenciler	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
Öğrenci 18	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(0, 1, 3)	(9, 10, 10)	(0, 1, 3)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)
Öğrenci 19	(1, 3, 5)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(0, 0, 1)	(0, 1, 3)	(1, 3, 5)	(0, 0, 1)
Öğrenci 20	(9, 10, 10)	(0, 0, 1)	(3, 5, 7)	(0, 0, 1)	(9, 10, 10)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)
Öğrenci 21	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(1, 3, 5)	(0, 0, 1)	(9, 10, 10)	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)
Öğrenci 22	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(0, 0, 1)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)
Öğrenci 23	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(0, 0, 1)	(0, 1, 3)	(5, 7, 9)	(0, 1, 3)	(9, 10, 10)
Öğrenci 24	(1, 3, 5)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)
Öğrenci 25	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(0, 1, 3)
Ağırlıklar	0.9,1.0,1.0	0.7,0.9,1.0	0.7,0.9,1.0	0.5,0.7,0.9	0.5,0.7,0.9	0.5,0.7,0.9	0.3,0.5,0.7

Öğrencilerin açık uçlu matematik maddesine verdikleri cevaplara birinci puanlayıcının vermiş olduğu dilsel değişkenlerin üçgen bulanık sayı karşılıkları ve puanlayıcının kriterlere vermiş olduğu bulanık ağırlıklar Tablo 16’te verilmiştir. Tablo 16 incelendiğinde en yüksek ağırlığın birinci kriter, en düşük ağırlığın sonuncu kriter verildiği görülmektedir. Birinci puanlayıcıya göre “problemin anlaşılması” kriterinin çok önemli olduğu ama “işlemlerin açık, ayrıntılı ve anlaşılır” kriterinin görece diğer kriterlere göre daha az önemli olduğu söylenebilir. İkinci puanlayıcının öğrenciler için vermiş olduğu üçgen bulanık sayılar ve kriterlere vermiş olduğu bulanık ağırlıklar Tablo 17’de verilmiştir.

Tablo 17

*Bulanık TOPSIS Uygulaması İçin İkinci Puanlayıcının Görüşleri İle Oluşturulan
Bulanık Karar Matrisi ve Öğrencilerin Bulanık Ağırlıkları*

KRİTERLER							
Öğrenciler	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
Öğrenci 1	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(0, 0, 1)
Öğrenci 2	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)	(0, 0, 1)	(0, 0, 1)	(9, 10, 10)
Öğrenci 3	(7, 9, 10)	(0, 0, 1)	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)	(0, 1, 3)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)
Öğrenci 4	(0, 0, 1)	(0, 1, 3)	(0, 0, 1)	(7, 9, 10)	(0, 0, 1)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)
Öğrenci 5	(1, 3, 5)	(0, 0, 1)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(0, 0, 1)	(0, 1, 3)	(5, 7, 9)
Öğrenci 6	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)
Öğrenci 7	(0, 0, 1)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)
Öğrenci 8	(9, 10, 10)	(0, 0, 1)	(9, 10, 10)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(0, 0, 1)
Öğrenci 9	(7, 9, 10)	(0, 0, 1)	(1, 3, 5)	(0, 1, 3)	(5, 7, 9)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)
Öğrenci 10	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(0, 1, 3)	(3, 5, 7)
Öğrenci 11	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)
Öğrenci 12	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)
Öğrenci 13	(3, 5, 7)	(0, 1, 3)	(0, 0, 1)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(0, 0, 1)
Öğrenci 14	(0, 1, 3)	(3, 5, 7)	(0, 0, 1)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)
Öğrenci 15	(1, 3, 5)	(0, 1, 3)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)	(0, 0, 1)
Öğrenci 16	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
Öğrenci 17	(9, 10, 10)	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
Öğrenci 18	(3, 5, 7)	(0, 0, 1)	(0, 0, 1)	(0, 0, 1)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(0, 1, 3)
Öğrenci 19	(9, 10, 10)	(1, 3, 5)	(0, 1, 3)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(0, 1, 3)
Öğrenci 20	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)
Öğrenci 21	(0, 0, 1)	(0, 0, 1)	(9, 10, 10)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(0, 0, 1)	(9, 10, 10)
Öğrenci 22	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)
Öğrenci 23	(0, 1, 3)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)
Öğrenci 24	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(9, 10, 10)	(0, 0, 1)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)
Öğrenci 25	(3, 5, 7)	(0, 0, 1)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)
Ağırlıklar	0.9,1.0,1.0	0.7,0.9,1.0	0.5,0.7,0.9	0.1,0.3,0.5	0.3,0.5,0.7	0.3,0.5,0.7	0.5,0.7,0.9

Öğrencilerin açık uçlu matematik maddesine verdikleri cevaplara ikinci puanlayıcının vermiş olduğu dilsel değişkenlerin üçgen bulanık sayı karşılıkları ve puanlayıcının kriterlere vermiş olduğu bulanık ağırlıklar Tablo 17’de verilmiştir. Tablo 17 incelendiğinde en yüksek ağırlığın birinci kriter, en düşük ağırlığın dördüncü kriter verildiği görülmektedir. İkinci puanlayıcıya göre “problemin anlaşılması” kriterinin çok önemli olduğu ama “formül ve kuralları probleme uyarlama” kriterinin görece diğer kriterlere göre daha az önemli olduğu söylenebilir. Üçüncü puanlayıcının öğrenciler için vermiş olduğu üçgen bulanık sayılar ve kriterlere vermiş olduğu bulanık ağırlıklar Tablo 18’de verilmiştir.

Tablo 18

Bulanık TOPSIS Uygulaması İçin Üçüncü Puanlayıcının Görüşleri İle Oluşturulan Bulanık Karar Matrisi ve Öğrencilerin Bulanık Ağırlıkları

KRİTERLER							
Öğrenciler	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
Öğrenci 1	(7, 9, 10)	(0, 1, 3)	(3, 5, 7)	(0, 0, 1)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)
Öğrenci 2	(0, 1, 3)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)
Öğrenci 3	(5, 7, 9)	(0, 1, 3)	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)	(0, 0, 1)	(7, 9, 10)	(0, 0, 1)
Öğrenci 4	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(9, 10, 10)	(0, 1, 3)	(5, 7, 9)
Öğrenci 5	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(0, 0, 1)
Öğrenci 6	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(0, 0, 1)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)
Öğrenci 7	(9, 10, 10)	(0, 0, 1)	(0, 1, 3)	(7, 9, 10)	(0, 1, 3)	(0, 0, 1)	(0, 1, 3)
Öğrenci 8	(0, 1, 3)	(1, 3, 5)	(0, 1, 3)	(5, 7, 9)	(0, 1, 3)	(0, 0, 1)	(1, 3, 5)
Öğrenci 9	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	(0, 0, 1)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)
Öğrenci 10	(0, 0, 1)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(0, 0, 1)	(3, 5, 7)	(0, 0, 1)	(1, 3, 5)
Öğrenci 11	(0, 0, 1)	(3, 5, 7)	(0, 1, 3)	(1, 3, 5)	(0, 1, 3)	(5, 7, 9)	(0, 0, 1)
Öğrenci 12	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(0, 0, 1)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)
Öğrenci 13	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(0, 1, 3)	(0, 0, 1)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)
Öğrenci 14	(5, 7, 9)	(0, 1, 3)	(0, 0, 1)	(0, 0, 1)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(0, 0, 1)
Öğrenci 15	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)
Öğrenci 16	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(0, 0, 1)

Tablo 18 Devam

*Bulanık TOPSIS Uygulaması İçin Üçüncü Puanlayıcının Görüşleri İle Oluşturulan
Bulanık Karar Matrisi ve Öğrencilerin Bulanık Ağırlıkları*

KRİTERLER							
Öğrenciler	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
Öğrenci 17	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(0, 1, 3)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(0, 1, 3)
Öğrenci 18	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	(0, 0, 1)	(7, 9, 10)	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)	(3, 5, 7)
Öğrenci 19	(5, 7, 9)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(0, 0, 1)	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)
Öğrenci 20	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(0, 0, 1)	(3, 5, 7)
Öğrenci 21	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(0, 1, 3)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)
Öğrenci 22	(5, 7, 9)	(0, 1, 3)	(9, 10, 10)	(0, 1, 3)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)
Öğrenci 23	(0, 0, 1)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(0, 0, 1)	(1, 3, 5)
Öğrenci 24	(5, 7, 9)	(0, 1, 3)	(0, 0, 1)	(9, 10, 10)	(0, 0, 1)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)
Öğrenci 25	(0, 0, 1)	(0, 0, 1)	(0, 1, 3)	(0, 0, 1)	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)	(5, 7, 9)
Ağırlıklar	0.9,1.0,1.0	0.9,1.0,1.0	0.9,1.0,1.0	0.7,0.9,1.0	0.7,0.9,1.0	0.3,0.5,0.7	0.9,1.0,1.0

Öğrencilerin açık uçlu matematik maddesine verdikleri cevaplara üçüncü puanlayıcının vermiş olduğu dilsel değişkenlerin üçgen bulanık sayı karşılıkları ve puanlayıcının kriterlere vermiş olduğu bulanık ağırlıklar Tablo 18’de verilmiştir. Tablo 18 incelendiğinde en yüksek ağırlığın birinci, ikinci, üçüncü ve yedinci kriterlere, en düşük ağırlığın altıncı kriterine verildiği görülmektedir. Üçüncü puanlayıcıya göre “işlemlerde hata yapılmama durumu” kriterinin görece diğer kriterlere göre daha az önemli olduğu söylenebilir. Puanlayıcıların öğrenciler için vermiş olduğu üçgen bulanık sayılar ve kriterlere vermiş olduğu bulanık ağırlıkların ortalaması Tablo 19’da verilmiştir.

Tablo 19*Bulanık TOPSIS Uygulaması İçin Grup Kararı İle Oluşturulan Bulanık Karar Matrisi ve Öğrencilerin Bulanık Ağırlıkları*

	K1			K2			K3			K4			K5			K6			K7		
Öğrenci 1	6,3	8,3	9,7	1,0	2,3	4,3	3,3	5,0	6,7	4,7	5,7	6,7	3,7	5,7	7,3	7,0	8,7	9,7	3,3	4,7	6,0
Öğrenci 2	1,0	2,3	4,3	7,0	8,7	9,7	5,0	7,0	8,7	1,7	3,7	5,7	3,3	4,3	5,3	2,0	3,3	5,0	6,3	8,0	9,0
Öğrenci 3	4,0	5,7	7,3	1,0	2,0	3,7	4,7	6,0	7,3	3,0	5,0	7,0	3,0	3,7	4,7	5,7	7,3	8,3	2,7	4,0	5,3
Öğrenci 4	2,0	3,3	5,0	6,0	7,0	7,7	5,3	6,3	7,0	6,3	8,3	9,7	3,0	3,7	4,7	2,7	4,3	6,0	5,0	6,7	8,0
Öğrenci 5	3,7	5,3	6,7	0,7	2,0	3,7	7,0	8,7	9,7	3,0	5,0	6,7	2,7	4,0	5,7	4,0	5,7	7,3	4,7	5,7	6,7
Öğrenci 6	2,3	4,3	6,3	5,0	7,0	8,7	2,3	4,3	6,3	2,7	4,0	5,3	7,0	8,7	9,7	8,3	9,7	10,0	4,7	6,3	7,7
Öğrenci 7	6,0	6,7	7,0	5,0	6,0	2,0	4,7	6,0	6,0	6,3	8,0	4,3	3,0	5,0	1,3	4,0	5,7	1,7	3,7	5,7	0,3
Öğrenci 8	6,0	7,0	7,7	2,0	3,3	5,0	6,0	7,0	7,7	4,3	6,3	8,0	1,3	3,0	5,0	1,7	2,7	4,3	0,3	1,0	2,3
Öğrenci 9	7,0	9,0	10,0	4,0	5,0	6,0	0,7	2,3	4,3	5,3	6,7	7,7	4,0	5,3	6,7	6,0	6,7	7,0	2,0	3,7	5,7
Öğrenci 10	0,3	1,3	3,0	4,7	6,0	7,3	3,7	5,7	7,7	5,3	6,3	7,0	5,7	7,7	9,0	0,0	0,3	1,7	1,3	3,0	5,0
Öğrenci 11	1,0	1,7	3,0	4,3	6,3	8,3	0,3	1,3	3,0	2,0	3,3	5,0	0,3	1,3	3,0	3,3	4,7	6,3	2,0	3,3	5,0
Öğrenci 12	4,7	6,3	7,7	2,7	4,3	6,3	4,7	6,0	7,0	5,0	7,0	8,7	5,7	7,3	8,3	5,0	7,0	8,7	7,0	8,7	9,7
Öğrenci 13	2,7	4,0	5,7	1,7	2,7	4,3	2,0	3,3	5,0	1,0	2,0	3,7	4,7	5,7	6,7	9,0	10,0	10,0	4,0	5,3	6,7
Öğrenci 14	2,0	3,7	5,7	1,0	2,3	4,3	0,3	1,0	2,3	4,7	5,7	6,7	3,7	5,7	7,3	4,3	6,3	8,3	4,0	5,0	6,0
Öğrenci 15	3,7	5,3	6,7	5,3	6,7	7,7	4,3	6,3	8,0	4,0	5,3	6,7	3,3	5,0	7,0	3,3	4,7	6,0	1,3	2,7	4,3
Öğrenci 16	3,3	5,0	6,7	2,7	4,3	6,0	9,0	10,0	10,0	5,0	6,7	8,0	6,3	8,0	9,3	7,0	8,3	9,0	6,0	6,7	7,0
Öğrenci 17	7,7	9,3	10,0	4,0	5,3	6,7	1,0	2,3	4,3	4,0	5,3	6,7	7,7	9,0	9,7	7,7	9,3	10,0	5,3	6,7	7,7
Öğrenci 18	1,7	3,7	5,7	3,3	4,3	5,3	0,0	0,3	1,7	5,3	6,3	7,0	3,0	4,0	5,3	3,3	5,0	6,7	1,3	3,0	5,0
Öğrenci 19	5,0	6,7	8,0	5,0	6,7	8,0	3,3	5,0	6,7	0,3	1,0	2,3	4,0	5,7	7,3	1,7	3,7	5,7	3,0	3,7	4,7
Öğrenci 20	5,0	6,7	8,0	4,7	6,0	7,0	5,7	7,7	9,0	4,0	5,0	6,0	8,3	9,7	10,0	1,3	2,7	4,3	5,7	7,7	9,0
Öğrenci 21	4,7	6,0	7,0	6,0	6,7	7,0	4,3	6,0	7,3	2,7	4,0	5,3	3,3	4,7	6,0	1,0	2,0	3,7	6,0	7,0	7,7
Öğrenci 22	3,7	5,7	7,7	2,7	4,3	6,0	5,0	6,7	8,0	0,3	1,3	3,0	4,3	6,0	7,3	3,7	5,7	7,3	3,0	5,0	6,7
Öğrenci 23	2,3	3,3	4,7	4,3	6,0	7,3	3,3	4,7	6,0	2,7	4,3	6,3	7,7	9,0	9,7	1,0	2,0	3,7	5,7	7,3	8,3
Öğrenci 24	3,7	5,7	7,7	3,3	5,0	7,0	4,0	5,0	6,0	4,7	5,7	6,7	2,7	4,0	5,3	8,3	9,7	10,0	3,7	5,7	7,7
Öğrenci 25	3,3	4,7	6,0	0,3	1,0	2,3	2,7	4,3	6,0	2,7	4,0	5,7	3,7	5,7	7,7	1,3	3,0	5,0	1,7	3,0	5,0
Ağırlıklar	0,9	1,0	1,0	0,77	0,93	1,0	0,7	0,87	0,97	0,43	0,63	0,80	0,5	0,7	0,87	0,27	0,43	0,63	0,57	0,73	0,87

Tablo 19’da öğrencilerin kriterlere göre aldıkları ortalama üçgen bulanık sayılar yer almaktadır. Kriterlerde yer alan bulanık sayılar incelendiğinde 1, 3, 5 ve 6. kriterlerde maksimum değer olan 10’ ulaşıldığı görülmektedir. Diğer kriterlerde ise bu değer 9,7’de kalmıştır. Bulanık sayıların normalize edilme işlemi için bu kriterlerde yer alan tüm bulanık sayılar 9,7’ye bölünerek maksimum değerler tüm kriterlerde 10’a çıkarıldıktan sonra 0,1 ile çarpılarak normalize edilmiş bulanık karar matrisi oluşturulmuş ve Tablo 20’de bu değerler verilmiştir.



Tablo 20

Bulanık TOPSIS Uygulaması İçin Grup Kararı İle Oluşturulan Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi ve Öğrencilerin Bulanık Ağırlıkları

Öğrenciler	K1			K2			K3			K4			K5			K6			K7		
Öğrenci 1	0,63	0,83	0,97	0,10	0,24	0,45	0,33	0,50	0,67	0,48	0,59	0,69	0,37	0,57	0,73	0,70	0,87	0,97	0,34	0,48	0,62
Öğrenci 2	0,10	0,23	0,43	0,72	0,90	1,00	0,50	0,70	0,87	0,17	0,38	0,59	0,33	0,43	0,53	0,20	0,33	0,50	0,66	0,83	0,93
Öğrenci 3	0,40	0,57	0,73	0,10	0,21	0,38	0,47	0,60	0,73	0,31	0,52	0,72	0,30	0,37	0,47	0,57	0,73	0,83	0,28	0,41	0,55
Öğrenci 4	0,20	0,33	0,50	0,62	0,72	0,79	0,53	0,63	0,70	0,66	0,86	1,00	0,30	0,37	0,47	0,27	0,43	0,60	0,52	0,69	0,83
Öğrenci 5	0,37	0,53	0,67	0,07	0,21	0,38	0,70	0,87	0,97	0,31	0,52	0,69	0,27	0,40	0,57	0,40	0,57	0,73	0,48	0,59	0,69
Öğrenci 6	0,23	0,43	0,63	0,52	0,72	0,90	0,23	0,43	0,63	0,28	0,41	0,55	0,70	0,87	0,97	0,83	0,97	1,00	0,48	0,66	0,79
Öğrenci 7	0,60	0,67	0,70	0,52	0,62	0,21	0,47	0,60	0,60	0,66	0,83	0,45	0,30	0,50	0,13	0,40	0,57	0,17	0,38	0,59	0,03
Öğrenci 8	0,60	0,70	0,77	0,21	0,34	0,52	0,60	0,70	0,77	0,45	0,66	0,83	0,13	0,30	0,50	0,17	0,27	0,43	0,03	0,10	0,24
Öğrenci 9	0,70	0,90	1,00	0,41	0,52	0,62	0,07	0,23	0,43	0,55	0,69	0,79	0,40	0,53	0,67	0,60	0,67	0,70	0,21	0,38	0,59
Öğrenci 10	0,03	0,13	0,30	0,48	0,62	0,76	0,37	0,57	0,77	0,55	0,66	0,72	0,57	0,77	0,90	0,00	0,03	0,17	0,14	0,31	0,52
Öğrenci 11	0,10	0,17	0,30	0,45	0,66	0,86	0,03	0,13	0,30	0,21	0,34	0,52	0,03	0,13	0,30	0,33	0,47	0,63	0,21	0,34	0,52
Öğrenci 12	0,47	0,63	0,77	0,28	0,45	0,66	0,47	0,60	0,70	0,52	0,72	0,90	0,57	0,73	0,83	0,50	0,70	0,87	0,72	0,90	1,00
Öğrenci 13	0,27	0,40	0,57	0,17	0,28	0,45	0,20	0,33	0,50	0,10	0,21	0,38	0,47	0,57	0,67	0,90	1,00	1,00	0,41	0,55	0,69
Öğrenci 14	0,20	0,37	0,57	0,10	0,24	0,45	0,03	0,10	0,23	0,48	0,59	0,69	0,37	0,57	0,73	0,43	0,63	0,83	0,41	0,52	0,62
Öğrenci 15	0,37	0,53	0,67	0,55	0,69	0,79	0,43	0,63	0,80	0,41	0,55	0,69	0,33	0,50	0,70	0,33	0,47	0,60	0,14	0,28	0,45
Öğrenci 16	0,33	0,50	0,67	0,28	0,45	0,62	0,90	1,00	1,00	0,52	0,69	0,83	0,63	0,80	0,93	0,70	0,83	0,90	0,62	0,69	0,72
Öğrenci 17	0,77	0,93	1,00	0,41	0,55	0,69	0,10	0,23	0,43	0,41	0,55	0,69	0,77	0,90	0,97	0,77	0,93	1,00	0,55	0,69	0,79
Öğrenci 18	0,17	0,37	0,57	0,34	0,45	0,55	0,00	0,03	0,17	0,55	0,66	0,72	0,30	0,40	0,53	0,33	0,50	0,67	0,14	0,31	0,52
Öğrenci 19	0,50	0,67	0,80	0,52	0,69	0,83	0,33	0,50	0,67	0,03	0,10	0,24	0,40	0,57	0,73	0,17	0,37	0,57	0,31	0,38	0,48
Öğrenci 20	0,50	0,67	0,80	0,48	0,62	0,72	0,57	0,77	0,90	0,41	0,52	0,62	0,83	0,97	1,00	0,13	0,27	0,43	0,59	0,79	0,93
Öğrenci 21	0,47	0,60	0,70	0,62	0,69	0,72	0,43	0,60	0,73	0,28	0,41	0,55	0,33	0,47	0,60	0,10	0,20	0,37	0,62	0,72	0,79
Öğrenci 22	0,37	0,57	0,77	0,28	0,45	0,62	0,50	0,67	0,80	0,03	0,14	0,31	0,43	0,60	0,73	0,37	0,57	0,73	0,31	0,52	0,69
Öğrenci 23	0,23	0,33	0,47	0,45	0,62	0,76	0,33	0,47	0,60	0,28	0,45	0,66	0,77	0,90	0,97	0,10	0,20	0,37	0,59	0,76	0,86
Öğrenci 24	0,37	0,57	0,77	0,34	0,52	0,72	0,40	0,50	0,60	0,48	0,59	0,69	0,27	0,40	0,53	0,83	0,97	1,00	0,38	0,59	0,79
Öğrenci 25	0,33	0,47	0,60	0,03	0,10	0,24	0,27	0,43	0,60	0,28	0,41	0,59	0,37	0,57	0,77	0,13	0,30	0,50	0,17	0,31	0,52
Ağırlıklar	0,9	1,0	1,0	0,77	0,93	1,0	0,7	0,87	0,97	0,43	0,63	0,80	0,5	0,7	0,87	0,27	0,43	0,63	0,57	0,73	0,87

Tablo 20 incelendiğinde öğrencilerin kriterlerden aldıkları puanların ortalamaları görülmektedir. Tüm kriterlerde en az bir öğrencinin maksimum değer olan 1,00 aldığı görülmektedir. Bu işlemin sonucunda normalize edilmiş karar matrisi oluşturulmuş olunur. Bulanık TOPSIS işlem adımına göre öğrencilerin puanlayıcılardan aldıkları normalize edilmiş bulanık sayılarının, kriter ağırlıkları ile çarpılması sonucunda elde edilen ağırlıklandırılmış bulanık karar matrisi Tablo 21’de verilmiştir.



Tablo 21*Bulanık TOPSIS Uygulaması İçin Üçgen Bulanık Sayılar İle Oluşturulan Ağırlıklı Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi*

Öğrenciler	K1			K2			K3			K4			K5			K6			K7		
Öğrenci 1	0,57	0,83	0,97	0,08	0,23	0,45	0,23	0,43	0,64	0,21	0,37	0,55	0,18	0,40	0,64	0,19	0,38	0,61	0,20	0,35	0,54
Öğrenci 2	0,09	0,23	0,43	0,56	0,84	1,00	0,35	0,61	0,84	0,07	0,24	0,47	0,17	0,30	0,46	0,05	0,14	0,32	0,37	0,61	0,81
Öğrenci 3	0,36	0,57	0,73	0,08	0,19	0,38	0,33	0,52	0,71	0,13	0,33	0,58	0,15	0,26	0,40	0,15	0,32	0,53	0,16	0,30	0,48
Öğrenci 4	0,18	0,33	0,50	0,48	0,68	0,79	0,37	0,55	0,68	0,28	0,55	0,80	0,15	0,26	0,40	0,07	0,19	0,38	0,29	0,51	0,72
Öğrenci 5	0,33	0,53	0,67	0,05	0,19	0,38	0,49	0,75	0,93	0,13	0,33	0,55	0,13	0,28	0,49	0,11	0,25	0,46	0,27	0,43	0,60
Öğrenci 6	0,21	0,43	0,63	0,40	0,68	0,90	0,16	0,38	0,61	0,12	0,26	0,44	0,35	0,61	0,84	0,22	0,42	0,63	0,27	0,48	0,69
Öğrenci 7	0,54	0,67	0,70	0,40	0,58	0,21	0,33	0,52	0,58	0,28	0,52	0,36	0,15	0,35	0,12	0,11	0,25	0,11	0,21	0,43	0,03
Öğrenci 8	0,54	0,70	0,77	0,16	0,32	0,52	0,42	0,61	0,74	0,19	0,41	0,66	0,07	0,21	0,43	0,04	0,12	0,27	0,02	0,08	0,21
Öğrenci 9	0,63	0,90	1,00	0,32	0,48	0,62	0,05	0,20	0,42	0,24	0,44	0,63	0,20	0,37	0,58	0,16	0,29	0,44	0,12	0,28	0,51
Öğrenci 10	0,03	0,13	0,30	0,37	0,58	0,76	0,26	0,49	0,74	0,24	0,41	0,58	0,28	0,54	0,78	0,00	0,01	0,11	0,08	0,23	0,45
Öğrenci 11	0,09	0,17	0,30	0,34	0,61	0,86	0,02	0,12	0,29	0,09	0,22	0,41	0,02	0,09	0,26	0,09	0,20	0,40	0,12	0,25	0,45
Öğrenci 12	0,42	0,63	0,77	0,21	0,42	0,66	0,33	0,52	0,68	0,22	0,46	0,72	0,28	0,51	0,72	0,13	0,30	0,55	0,41	0,66	0,87
Öğrenci 13	0,24	0,40	0,57	0,13	0,26	0,45	0,14	0,29	0,48	0,04	0,13	0,30	0,23	0,40	0,58	0,24	0,43	0,63	0,23	0,40	0,60
Öğrenci 14	0,18	0,37	0,57	0,08	0,23	0,45	0,02	0,09	0,23	0,21	0,37	0,55	0,18	0,40	0,64	0,12	0,27	0,53	0,23	0,38	0,54
Öğrenci 15	0,33	0,53	0,67	0,42	0,64	0,79	0,30	0,55	0,77	0,18	0,35	0,55	0,17	0,35	0,61	0,09	0,20	0,38	0,08	0,20	0,39
Öğrenci 16	0,30	0,50	0,67	0,21	0,42	0,62	0,63	0,87	0,97	0,22	0,44	0,66	0,32	0,56	0,81	0,19	0,36	0,57	0,35	0,51	0,63
Öğrenci 17	0,69	0,93	1,00	0,32	0,51	0,69	0,07	0,20	0,42	0,18	0,35	0,55	0,38	0,63	0,84	0,20	0,40	0,63	0,31	0,51	0,69
Öğrenci 18	0,15	0,37	0,57	0,26	0,42	0,55	0,00	0,03	0,16	0,24	0,41	0,58	0,15	0,28	0,46	0,09	0,22	0,42	0,08	0,23	0,45
Öğrenci 19	0,45	0,67	0,80	0,40	0,64	0,83	0,23	0,43	0,64	0,01	0,07	0,19	0,20	0,40	0,64	0,04	0,16	0,36	0,18	0,28	0,42
Öğrenci 20	0,45	0,67	0,80	0,37	0,58	0,72	0,40	0,66	0,87	0,18	0,33	0,50	0,42	0,68	0,87	0,04	0,12	0,27	0,33	0,58	0,81
Öğrenci 21	0,42	0,60	0,70	0,48	0,64	0,72	0,30	0,52	0,71	0,12	0,26	0,44	0,17	0,33	0,52	0,03	0,09	0,23	0,35	0,53	0,69
Öğrenci 22	0,33	0,57	0,77	0,21	0,42	0,62	0,35	0,58	0,77	0,01	0,09	0,25	0,22	0,42	0,64	0,10	0,25	0,46	0,18	0,38	0,60
Öğrenci 23	0,21	0,33	0,47	0,34	0,58	0,76	0,23	0,40	0,58	0,12	0,28	0,52	0,38	0,63	0,84	0,03	0,09	0,23	0,33	0,56	0,75
Öğrenci 24	0,33	0,57	0,77	0,26	0,48	0,72	0,28	0,43	0,58	0,21	0,37	0,55	0,13	0,28	0,46	0,22	0,42	0,63	0,21	0,43	0,69
Öğrenci 25	0,30	0,47	0,60	0,03	0,10	0,24	0,19	0,38	0,58	0,12	0,26	0,47	0,18	0,40	0,66	0,04	0,13	0,32	0,10	0,23	0,45

Tablo 21’de öğrencilerin puanlayıcılardan aldıkları bulanık puanlar ile puanlayıcıların kriterlere verdikleri bulanık ağırlıkların çarpılmasıyla oluşturulmuş olan normalize edilmiş ağırlıklı bulanık karar matrisi yer almaktadır. Burada yer alan bulanık sayıların pozitif ideal çözüm kümesinden ve negatif ideal çözüm kümesinden ne kadar uzaklıkta olduğunu belirlemek için formül (4.1.)’ de gösterilen Vertex metodu kullanılmaktadır.

$$d(\tilde{A}, \tilde{B}) = \sqrt{\frac{1}{3} [(m_1 - n_1)^2 + (m_2 - n_2)^2 + (m_3 - n_3)^2]} \quad (4.1.)$$

Bu çalışma kapsamında pozitif ideal çözüm kümesi ve negatif ideal çözüm kümesi kriterlerin sırasına göre aşağıdaki gibi bulunmuştur.

$$\tilde{A}^+ = [(1.00, 1.00, 1.00) , (1.00, 1.00 , 1.00), (0.97, 0.97, 0.97), (0.80, 0.80, 0.80), (0.87, 0.87, 0.87), (0.63, 0.63, 0.63), (0.87, 0.87, 0.87)]$$

$$\tilde{A}^- = [(0.03, 0.03, 0.03) , (0.03, 0.03 , 0.03), (0.00, 0.00, 0.00), (0.01, 0.01, 0.01), (0.02, 0.02, 0.02), (0.00, 0.00, 0.00), (0.02, 0.02, 0.02)]$$

Vertex yöntemi kullanılarak iki bulanık sayı arasındaki uzaklığın hesaplanması için ilk öğrenci için verilmiş olan bulanık değerlerin pozitif ideal çözüm kümesine olan uzaklığı için hesaplama aşağıdaki gibidir.

$$\begin{aligned} d_1^* &= \sqrt{\frac{1}{3} [(1,00 - 0,57)^2 + (1,00 - 0,83)^2 + (1,00 - 0,97)^2]} \\ &+ \sqrt{\frac{1}{3} [(1,00 - 0,08)^2 + (1,00 - 0,23)^2 + (1,00 - 0,45)^2]} \\ &+ \sqrt{\frac{1}{3} [(0,97 - 0,23)^2 + (0,97 - 0,43)^2 + (0,97 - 0,64)^2]} \\ &+ \sqrt{\frac{1}{3} [(0,80 - 0,21)^2 + (0,80 - 0,37)^2 + (0,80 - 0,55)^2]} \\ &+ \sqrt{\frac{1}{3} [(0,87 - 0,18)^2 + (0,87 - 0,40)^2 + (0,87 - 0,64)^2]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \sqrt{\frac{1}{3} [(0,63 - 0,19)^2 + (0,63 - 0,38)^2 + (0,63 - 0,61)^2]} \\
& + \sqrt{\frac{1}{3} [(0,87 - 0,20)^2 + (0,87 - 0,35)^2 + (0,87 - 0,54)^2]} = 3,3503
\end{aligned}$$

sonucu bulunur.

Aynı öğrenci için verilmiş olan bulanık değerlerin negatif ideal çözüm kümesine olan uzaklığı için örnek hesaplama aşağıdaki gibidir.

$$\begin{aligned}
d_1^- &= \sqrt{\frac{1}{3} [(0,03 - 0,57)^2 + (0,03 - 0,83)^2 + (0,03 - 0,97)^2]} \\
& + \sqrt{\frac{1}{3} [(0,03 - 0,08)^2 + (0,03 - 0,23)^2 + (0,03 - 0,45)^2]} \\
& + \sqrt{\frac{1}{3} [(0,00 - 0,23)^2 + (0,00 - 0,43)^2 + (0,00 - 0,64)^2]} \\
& + \sqrt{\frac{1}{3} [(0,01 - 0,21)^2 + (0,01 - 0,37)^2 + (0,01 - 0,55)^2]} \\
& + \sqrt{\frac{1}{3} [(0,02 - 0,18)^2 + (0,02 - 0,40)^2 + (0,02 - 0,64)^2]} \\
& + \sqrt{\frac{1}{3} [(0,00 - 0,19)^2 + (0,00 - 0,38)^2 + (0,00 - 0,61)^2]} \\
& + \sqrt{\frac{1}{3} [(0,02 - 0,20)^2 + (0,02 - 0,35)^2 + (0,02 - 0,54)^2]} = 3,1343
\end{aligned}$$

sonucu bulunur.

Öğrencileri sıralamak için yakınlık katsayıları, formül (4.2.) kullanılarak hesaplanmıştır. Öğrenciler pozitif ideal çözüm kümesine yaklaştıkça ve negatif ideal çözüm kümesinden uzaklaştıkça yakınlık katsayısı değeri 1'e yaklaşmaktadır.

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-} \quad (4.2.)$$

Çalışma kapsamında sadece ilk öğrenci için hesaplama örneği gösterilmiştir. Tüm öğrenciler için pozitif bulanık ideal çözüme ve negatif bulanık ideal çözüme olan uzaklıkları hesaplanmış olup Tablo 22'de verilmiştir.

Tablo 22

Bulanık TOPSIS Uygulaması İçin Öğrencilerin Pozitif ve Negatif Çözüm Kümelerine Olan Uzaklıkları ve Yakınlık Katsayıları

Sıra No	Öğrenciler	d_i^*	d_i^-	$d_i^*+d_i^-$	CC_i
1	Öğrenci 1	3,3503	3,1343	6,4847	0,4833
2	Öğrenci 2	3,3841	3,1043	6,4884	0,4784
3	Öğrenci 3	3,7402	2,6547	6,3949	0,4151
4	Öğrenci 4	3,2788	3,1242	6,4030	0,4879
5	Öğrenci 5	3,5338	2,9031	6,4369	0,4510
6	Öğrenci 6	3,1765	3,3725	6,5490	0,5150
7	Öğrenci 7	3,7385	2,5260	6,2644	0,4032
8	Öğrenci 8	3,7645	2,5952	6,3597	0,4081
9	Öğrenci 9	3,3694	3,0552	6,4246	0,4756
10	Öğrenci 10	3,8542	2,5804	6,4346	0,4010
11	Öğrenci 11	4,4549	1,9368	6,3917	0,3030
12	Öğrenci 12	2,9299	3,6012	6,5311	0,5514
13	Öğrenci 13	3,8890	2,4899	6,3789	0,3903
14	Öğrenci 14	4,0811	2,3405	6,4215	0,3645
15	Öğrenci 15	3,4574	2,9589	6,4163	0,4612
16	Öğrenci 16	2,8008	3,6766	6,4774	0,5676
17	Öğrenci 17	2,9018	3,5922	6,4940	0,5532
18	Öğrenci 18	4,2118	2,1537	6,3654	0,3383
19	Öğrenci 19	3,6122	2,7720	6,3842	0,4342
20	Öğrenci 20	2,8490	3,6167	6,4657	0,5594
21	Öğrenci 21	3,3114	2,9987	6,3102	0,4752
22	Öğrenci 22	3,5928	2,8663	6,4591	0,4438
23	Öğrenci 23	3,4391	2,9771	6,4162	0,4640
24	Öğrenci 24	3,3403	3,1207	6,4610	0,4830
25	Öğrenci 25	4,1902	2,2128	6,4030	0,3456

Öğrencilere verilen bulanık sayıların, pozitif ideal çözüm kümesine, negatif ideal çözüm kümesine olan uzaklıkları ve ideal çözüm kümesine olan yakınlık katsayısı Tablo 22’de verilmiştir. Öğrenciler yakınlık katsayıları değerlerine göre büyükten küçüğe sıralandığında Tablo 23’deki sıralama oluşmaktadır.

Tablo 23

Bulanık TOPSIS Uygulaması İçin Öğrencilerin Yakınlık Katsayılarına Göre Sıralanması

Sıra No	Öğrenciler	CC_i
1	Öğrenci 16	0,5676
2	Öğrenci 20	0,5594
3	Öğrenci 17	0,5532
4	Öğrenci 12	0,5514
5	Öğrenci 6	0,5150
6	Öğrenci 4	0,4879
7	Öğrenci 1	0,4833
8	Öğrenci 24	0,4830
9	Öğrenci 2	0,4784
10	Öğrenci 9	0,4756
11	Öğrenci 21	0,4752
12	Öğrenci 23	0,4640
13	Öğrenci 15	0,4612
14	Öğrenci 5	0,4510
15	Öğrenci 22	0,4438
16	Öğrenci 19	0,4342
17	Öğrenci 3	0,4151
18	Öğrenci 8	0,4081
19	Öğrenci 7	0,4032
20	Öğrenci 10	0,4010
21	Öğrenci 13	0,3903
22	Öğrenci 14	0,3645
23	Öğrenci 25	0,3456
24	Öğrenci 18	0,3383
25	Öğrenci 11	0,3030
	Ortalama	0,4501

Tablo 23’de yer alan yakınlık katsayıları değerleri incelendiğinde 0,5676 değerle Öğrenci 16’nın en yüksek değere sahip olduğu görülmektedir. Onu 0,5594 değerle Öğrenci 20 takip etmektedir. Sınıfın en düşük değerini ise 0,3030 ile Öğrenci 11 almıştır. Sınıfın ortalama değeri ise $\bar{X} = 0,4501$ olarak bulunmuştur.

4.4. DÖRDÜNCÜ ALT PROBLEM

Matematik dersine ait açık uçlu maddelerin klasik, TOPSIS ve bulanık TOPSIS yöntemiyle hesaplanması sonucunda öğrencilerin sıralanmaları arasında anlamlı bir ilişki var mıdır?

Klasik değerlendirme yöntemleri ve bulanık TOPSIS yöntemi ile öğrenci sıralamalarının incelenmesi için öncelikle öğrencilerin yöntemlere göre sıralanmaları Tablo 24’te verilmiştir.

Tablo 24

Öğrencilerin Klasik Yöntem, TOPSIS ve Bulanık TOPSIS Yöntemi İle Elde Edilmiş Olan Puanlara Göre Sıralamaları

Sıra No	Klasik	TOPSIS	Bulanık TOPSIS
1	Öğrenci 16	Öğrenci 16	Öğrenci 16
2	Öğrenci 17	Öğrenci 20	Öğrenci 20
3	Öğrenci 12	Öğrenci 17	Öğrenci 17
4	Öğrenci 20	Öğrenci 12	Öğrenci 12
5	Öğrenci 6	Öğrenci 6	Öğrenci 6
6	Öğrenci 24	Öğrenci 21	Öğrenci 4
7	Öğrenci 1	Öğrenci 4	Öğrenci 1
8	Öğrenci 4	Öğrenci 2	Öğrenci 24
9	Öğrenci 9	Öğrenci 24	Öğrenci 2
10	Öğrenci 2	Öğrenci 1	Öğrenci 9
11	Öğrenci 21	Öğrenci 15	Öğrenci 21
12	Öğrenci 23	Öğrenci 9	Öğrenci 23
13	Öğrenci 5	Öğrenci 5	Öğrenci 15
14	Öğrenci 15	Öğrenci 22	Öğrenci 5
15	Öğrenci 22	Öğrenci 23	Öğrenci 22
16	Öğrenci 3	Öğrenci 19	Öğrenci 19
17	Öğrenci 7	Öğrenci 7	Öğrenci 3
18	Öğrenci 13	Öğrenci 8	Öğrenci 8
19	Öğrenci 19	Öğrenci 3	Öğrenci 7
20	Öğrenci 8	Öğrenci 10	Öğrenci 10
21	Öğrenci 10	Öğrenci 13	Öğrenci 13
22	Öğrenci 14	Öğrenci 14	Öğrenci 14
23	Öğrenci 18	Öğrenci 18	Öğrenci 25
24	Öğrenci 25	Öğrenci 25	Öğrenci 18
25	Öğrenci 11	Öğrenci 11	Öğrenci 11

Öğrenci sıralanmaları Tablo 24’te incelendiğinde tüm yöntemlerde Öğrenci 16’nın ilk sırada yer aldığı ve Öğrenci 11’in sonuncu olduğu görülmektedir. Öğrenci 17 klasik yöntemde ikinci sırada yer alırken çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleriyle sıralandığında üçüncü olmuştur ve ÇKKV yöntemlerinde Öğrenci 20’nin ikinci sırada olduğu belirlenmiştir. Öğrencilerin sıra farkları incelendiğinde çoğu öğrencinin yöntemlere göre benzer sıralamalara yerleştiği görülmekle birlikte en fazla farkın Öğrenci 21’de olduğu belirlenmiştir. Öğrenci 21 TOPSIS yönteminde 6. sırada iken klasik ve bulanık TOPSIS yöntemlerinde 11. Sırada yer almaktadır. Klasik, TOPSIS ve bulanık TOPSIS yöntemi ile öğrenci sıralanmalarının bir ilişki içerisinde olup olmadığını test etmek amacıyla Spearman sıra farkları korelasyon katsayı değerleri elde edilmiş ve Tablo 25’te verilmiştir.

Tablo 25

Kullanılan Yöntemlere Göre Öğrenci Sıralamaları Arasındaki İlişkiyi Gösteren Spearman Sıra Farkları Korelasyon Katsayısı

Yöntemler	Klasik	TOPSIS	Bulanık TOPSIS
Klasik	1.00		
TOPSIS	,958	1.00	
Bulanık TOPSIS	,984	,975	1.00

*p<0.01; n:25

Tablo 25 incelendiğinde, öğrenci sıralamaları arasındaki ilişkinin en yüksek benzerlik oranının $r=.984$ ile ($p<0.01$; $n:25$) bulanık TOPSIS yöntemiyle Klasik yöntem arasında olduğu görülmektedir. İki çok kriterli karar verme yöntemi olan TOPSIS ile bulanık TOPSIS arasındaki benzerlik oranının da $r=.975$ ($p<0.01$; $n:25$) olduğu görülmektedir. Çalışmada yer alan tüm sıralama yöntemlerinin pozitif yönde yüksek ilişki gösterdiği söylenebilir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada açık uçlu matematik maddelerinin klasik yöntem ve çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri ile puanlanarak öğrencilerin sıralanması amaçlanmıştır. ÇKKV yöntemi ile sıralama için klasik TOPSIS ve bulanık mantık için bulanık TOPSIS yöntemi seçilmiştir. Elde edilen sıralamalar arasında korelasyon katsayısı incelenerek öğrencilerin yöntemlere göre sıraları arasındaki ilişki incelenmiştir. Çalışmanın bu bölümünde elde edilen sonuçlara ve bu çalışma doğrultusunda diğer araştırmacılara ve uygulayıcılara yapılan önerilere yer verilmiştir.

Sonuçlar

Araştırmada yer alan 25 öğrencinin açık uçlu matematik maddelerine verdikleri cevaplar puanlayıcılar tarafından kriter ağırlıkları kullanılmadan yani klasik yöntemle değerlendirilmiş ve öğrenciler aldıkları puanlara göre sıralanmıştır. Çalışmada kullanılan çok kriterli karar verme yöntemlerinde öğrenci puanları birbiriyle eşit olmazken klasik yöntemin kullanıldığı sıralamada bazı öğrencilerin aynı puanları aldıkları görülmektedir. Bu da klasik yöntemin kullanım kolaylığının yanında daha az duyarlı ölçümler yaptığını göstermektedir.

Çalışmada çok kriterli karar verme yöntemleri ile öğrencilerin açık uçlu matematik maddelerinden aldıkları puanlar değerlendirilirken farklı yaklaşımlar sergilenmiştir. Bu yaklaşımlar TOPSIS ve bu sistemin bulanık mantık kullanılarak uyarlanmış hali olan bulanık TOPSIS araştırmada kullanılmıştır.

Araştırma kapsamında ele alınan Bulanık TOPSIS yöntemi kullanılarak öğrencilerin açık uçlu matematik sorularından aldıkları puanlar belirlenmiş ve araştırmanın amacı kapsamında klasik puanlarla nasıl bir ilişki gösterdiği

belirlenmiştir. Bunun için Spearman sıra farkları korelasyon katsayısı kullanılmış ve bulanık TOPSIS ile klasik yöntemler arasındaki benzerlik katsayıları klasik yöntem ile ; $r = 0.984$, TOPSIS ile $r = .975$ olarak bulunmuştur ($p < 0.01$, $n:25$). Ayrıca klasik yöntem ile TOPSIS arasındaki benzerlik oranı $r = .958$ olarak elde edilmiştir ($p < 0.01$, $n:25$). Bu durum klasik yöntemlerle açık uçlu matematik sorularının puanlanması ile bulanık TOPSIS yönteminin puanlanması arasında güçlü ve pozitif bir ilişki olduğunu göstermektedir. Elde edilen bu sonuç açık uçlu maddelerle öğrenci sıralama yöntemi olarak klasik, TOPSIS ve bulanık TOPSIS yöntemlerinin birbiri yerine kullanılabileceğini göstermektedir.

Öğrencilerin sıralamaları değerlendirildiğinde çoğu öğrencinin kullanılan yöntemlere göre sıralamalarının değiştiği görülürken, Öğrenci 16 ve Öğrenci 11'in kullanılan tüm yöntemlerde sırasıyla ilk ve son sırada yer aldığı görülmektedir. Bunun nedeni olarak Öğrenci 16'nın almış olduğu ortalama puanların açık uçlu matematik değerlendirme kriterlerinde diğer öğrencilere göre daha yüksek olduğu, Öğrenci 11'in ise görece daha düşük olduğu söylenebilir. Öğrenci sıralamaları incelendiğinde en fazla değişimin beş sıra ile Öğrenci 21'de olduğu görülmüştür. Öğrenci 21 TOPSIS yönteminde 6. sıradayken klasik ve bulanık TOPSIS yöntemlerinde 11. sırada yer almaktadır.

Araştırmada elde edilen tüm veriler, bulgular ve sonuçlar değerlendirildiğinde açık uçlu madde değerlendirme yöntemlerinde klasik yöntemlerle birlikte bulanık TOPSIS yönteminin de kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Öneriler

- 1) Çalışmada açık uçlu madde örneği için matematik alanı seçilmiştir. Farklı dersler ya da geniş ölçekli testler içinde araştırmalar yapılabilir.
- 2) Araştırma kapsamında pandemi koşulları nedeniyle gerçek uygulama yapılmamış olup simülatif veriler kullanılmıştır. Bulanık yöntem kullanılarak gerçek veriler üzerinden açık uçlu madde puanlamasına yönelik karşılaştırmalar yapılabilir.
- 3) Araştırma ortalama bir sınıf mevcudu ile yürütülmüş olup çalışmanın genellenebilirliği için büyük örneklemeler ile açık uçlu maddelerin bulanık mantık yöntemiyle puanlanmasına yönelik araştırmalar yapılabilir.
- 4) Çalışmada bulanık mantıkla ilgili veriler ve formüller MS Excel Programı kullanılarak hesaplamalar manuel olarak yapılmıştır. Yöntemi yaygınlaştırmak ve kullanımını kolaylaştırmak için hesaplamaları otomatik olarak gerçekleştiren bir yazılım geliştirilebilir.
- 5) Araştırma kapsamında bulanık mantık yöntemlerinden sadece bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Bulanık AHP, bulanık VIKOR gibi diğer bulanık mantık yöntemleri kullanılarak çalışmalar yapılabilir.
- 6) Çalışmada kullanılan bulanık kümelerde üçgen üyelik fonksiyonu ile işlem yapılmıştır. Yamuk ve gauss üyelik fonksiyonları kullanılarak çalışmalar yapılarak sonuçları karşılaştırılabilir.
- 7) Araştırmada yer alan puanlayıcı sayısı, açık uçlu madde değerlendirme kriterleri, kriterlere verilen sözel değişkenlerin dereceleri farklılaştırılarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılabilir.

KAYNAKÇA

1. Kitaplar

- Altun, Murat (2002). İlköğretim İkinci Kademedede Matematik Öğretimi (2 basım). Bursa: Alfa Yayınevi.
- Avcı Öztürk, Bursa (2018). Analitik Hiyerarşi Süreci ve TOPSIS -Bulanık Uygulamaları İle-. Bursa: Dora Basın Yayın Dağıtım.
- Baykul, Yaşar (2000). Eğitimde ve Psikolojide Ölçme: Klasik Test Teorisi ve Uygulaması. Ankara: ÖSYM Yayınları.
- Büyüköztürk, Şener., Ömay Çokluk & Nilgün Köklü (2017). Sosyal Bilimler İçin İstatistik (19. basım). Ankara: Pegem Akademi.
- Çakar, Tarık (2020). Bulanık Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri. İstanbul: İstanbul Gelişim Üniversitesi Yayınları.
- Demirel, Özcan (2010). Eğitimde Program Geliştirme: Kuramdan Uygulamaya (12. basım). Ankara: Pegem Akademi.
- DeVellis, Robert F. (2017). Scale Development: Theory and Applications. Ölçek Geliştirme: Kuram ve Uygulamalar (3. basım). (Tarık Totan, Editör & Çeviri) Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Elmas, Çetin (2003). Bulanık Mantık Denetleyiciler: Kuram, Uygulama, Sinirsel Bulanık Mantık. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Elmas, Çetin (2011). Yapay Zeka Uygulamaları. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Erden, Münire (2007). Eğitim Bilimine Giriş. Ankara: Arkadaş Yayınevi.
- Erkuş, Adnan (2013). Davranış Bilimleri İçin Bilimsel Araştırma Süreci (4. basım). Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Ertürk, Selahattin (1982). Eğitimde Program Geliştirme. Ankara: Meteksan Ltd. Şti.
- Gronlund, N. Edward & L. Robert Linn, (1990). Measurement and Evaluation in Teaching. New York: McMillan Company.
- McNeill, F. Martin & Ellen Thro (1994). Fuzzy Logic: A Practical Approach. Londra: Academic Press.
- Öner, Necati (1986). Klasik Mantık (5. basım). Ankara: Ankara Üniversitesi Basımevi.
- Özdağoğlu, Aşkın (2016). Bulanık İşlemler, Durulaştırma ve Sözel Eşikler - Bilgisayar Uygulamalı Örneklerle-. Ankara: Detay Yayıncılık.
- Özgüven, İbrahim Ethem (2017). Psikolojik Testler (14 basım). Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Paksoy, Turan., Nimet Yapıcı Pehlivan & Eren Özceylan (2013). Bulanık Küme Teorisi (1. basım). Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.

- Ross, Timothy J. (2010). Fuzzy Logic With Engineering Applications (4. basım). New Jersey: John Wiley & Sons Ltd.
- Rowntree, Derek (1987). Assessing Students: How Shall We Know Them? London: Kogan Page.
- Tekindal, Satılmış (2017). Okullarda Ölçme ve Değerlendirme Yöntemleri (6. basım). Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Thorndike, Robert L. & Elizabeth Hagen (1959). Measurement and Evaluation in Psychology and Education. New York: Chapman and Hall Limited.
- Turgut, M. Fuat & Yaşar Baykul (2010). Eğitimde Ölçme ve Değerlendirme. Ankara: Pegem Akademi.
- Turgut, M. Fuat & Yaşar Baykul (2012). Eğitimde Ölçme ve Değerlendirme (4. basım). Ankara: Pegem Akademi.
- Turgut, M. Fuat (1977). Eğitimde Ölçme ve Değerlendirme Metotları . Ankara: Nüve Matbaası.
- Tutar, Hasan (2013). İşletme & Yönetim Terimleri Ansiklopedik Sözlük. Ankara: Detay Yayıncılık.
- Van De Walle, John A., Karen S. Karp & Jennifer M. Bay-Williams (2019). İlkokul ve Ortaokul Matematiği: Gelişimsel Yaklaşımsal Öğretim (7. basım). (Soner Durmuş, Çeviri) Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Varış, Fatma (1988). Eğitimde Program Geliştirme: Teori ve Teknikler. Ankara: Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi.
- Yen, John & Reza Langari (1999). Fuzzy Logic: Intelligence, Control, and Information. New Jersey: Prentice Hall.
- Zimmermann, Hans Jüryen (2001). Fuzzy Set Theory - And Its Applications (4. basım). New York: Springer Science+Business Media.

2. Makaleler, Bildiriler, Diğer Basılı Yayınlar

- Alaa, Musaab., Intan Safinas Mohd Ariff Albakri vd. (2019). Assessment and Ranking Framework for the English Skills of Pre-Service Teachers Based on Fuzzy Delphi and TOPSIS Methods. IEEE Access, 7, 126201-126223.
- Armağan, Hamit (2008). Öğrenci Akademik Performans Değerlendirmesi İçin Yeni Bir Yaklaşım. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Arslan, Müjde (2019). Öğretmen Performanslarının Bulanık Mantık Yöntemi İle Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Bakanay, Didem (2009). Mikro Öğretimde Performansın Bulanık Mantık Yöntemiyle Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Black, Paul & Dylan Wiliam (2008). Inside The Black Box: Raising Standards Through Classroom Assesment. Phi Delta Kappan International, 80(2), 139 - 148.
- Bostan, Atila (2017). Kriter Esaslı Testlerde Bulanık Mantık İle Ölçüm Yönteminin Uyarlamalı Bilgisayar Testlerinde Kullanılması. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Chen, Tung Chen (2000). Extensions Of The TOPSIS For Group Decision - Making Under Fuzzy Environment. Fuzzy Sets And Systems, 114, 1 - 9.
- Cheng, Ching – Hsue (1996). Evaluating Naval Tactical Missile Systems by Fuzzy AHP Based On The Grade Value Of Membership Function. European Journal Of Operational Research, 96(2), 343 - 350.
- Cheng-Ru Wu, Chin-Tsai Lin, Pei-Hsuan Tsai (2008). Financial Service of Wealth Management Banking: Balanced Scorecard Approach, Journal of Social Sciences, 4(4), 255 – 263.
- Coşkunırmak, Yasemin (2010). Bulanık Doğrusal Programlama ve Yerel Yönetimlerde Bir Bulanık Hedef Programlama Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Adana.
- Çetinkaya, Osman (2002). Çok Değişkenli Mantık. İstanbul Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi(27), 27 - 37.
- Çetişli, Bayram. (2010). Development Of An Adaptive Neuro - Fuzzy Classifier Using Linguistic Hedges: Part 1. Expert System With Applications, 37(8), 6093 - 6101.
- 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), 71 - 94.
- Damlar Demirci, Pelin (2019). Açık Uçlu Soruların Puanlama Yöntemlerinin Genellenebilirlik Kuramına Göre İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Dündar, Süleyman, Fatih Ecer (2008). Öğrencilerin GSM Operatörü Tercihinin Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemiyle Belirlenmesi. Yönetim ve Ekonomi Dergisi, 15(1), 195 – 205.
- Ecer, Fatih (2007). Fuzzy Topsis Yöntemiyle İnsan Kaynağı Seçiminde Adayların Değerlendirilmesi ve Bir Uygulama. Doktora Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Afyonkarahisar.
- Erdin, Ceren (2007). Bulanık Hedef Programlama ve İşletme Yönetiminde Bir Uygulama. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Eroğlu, Gültekin. (2012). Klasik Mantıktan Modern Mantığa Geçiş: Modern Mantığın Doğuşuna Temel Sayılabilecek Bazı Hususlar. Hikmet Yurdu Düşünce - Yorum Sosyal Bilimler Araştırma Dergisi, 5(9), 115 - 135.
- Ertuğrul, İrfan (2006). Akademik Performans Değerlendirmede Bulanık Mantık Yaklaşımı. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 20(1), 155 - 176.

- Ertuğrul, İrfan, Nilsen Karakaşoğlu (2008). Banka Şube Performanslarının VIKOR Yöntemi İle Değerlendirilmesi, *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, 20(1), 19 – 28.
- Güler, Osman, İbrahim Yücedağ (2017). Mesleki Ortaöğretim Öğrencilerinin Alan Seçimi Problemine Bulanık Mantık Temelli Yaklaşım. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 32(1), 111 - 122.
- Hocalar, Esra (2007). Yüksek Öğretim Kurumları İçin Bulanık Puanlamalı Dengelenmiş Performans Karneleme Sistemi Uygulaması. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Üniversitesi, Sakarya*
- İşbilen Yücel, Leyla (2005). Bulanık Regresyon: Türkiye'de 1980 - 2004 Döneminde Kayıt Dışı Ekonominin Bulanık Yöntemlerle Tahminine İlişkin Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Kaptanoğlu, Dilek, Ahmet Fahri Özok(2006). Akademik Performansı Değerlendirmesi İçin Bir Bulanık Model. *İTÜ Mühendislik Dergisi*, 5(2), 193 – 204.
- Karadeniz, Abdulkadir (2016). Kitlemel Açık ve Uzaktan Öğrenmede Başarının Açık Uçlu Sorularla Ölçülmesine Yönelik Bir Sistemin Tasarımı, Uygulanması ve Değerlendirilmesi. Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.
- Karataş, İbrahim (2018). Bulanık Mantık İle Klasik ve Sembolik Mantık İlişkisi (Karşılaştırması). *European Journal of Educational & Social Sciences*, 3(2), 144 - 163.
- Karip, Emin, Kemal Koksall (1996). Etkili Eğitim Sistemlerinin Geliştirilmesi. *Eğitim Yönetimi Dergisi*, 2(2), 245 – 257.
- Kayhan, Gonca (2010). İnsan Kaynakları Performans Değerlendirmesinde Bulanık AHP / Bulanık TOPSIS İle Hibrit Bir Yapının Oluşturulması ve Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Küçük, Orhan, Fatih Ecer (2008). İmalatçı İşletmelerde Uygun Tedarikçi Seçimi: Analitik Hiyerarşi Yöntemi İle Bir KOBİ Uygulaması. *İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 22(2), 435 – 450.
- Li, Hui, Hojjat Adeli, Jie Sun, Jian – Guang Han (2011). Hybridizing Principles of TOPSIS with Case-Based Reasoning For Business Failure Prediction. *Computers & Operations Research*, 38(2), 409 – 419.
- Machado, Maria Augusta., Thiago Moreira, Luiz Gomes, vd. (2016). A Fuzzy Logic Application in Virtual Education. *Procedia Computer Science*, 19 - 26.
- MEB, TTKB. (2017). 18 Temmuz 2017 Tarihli Basın Toplantısı Bildirisi. Ankara.
- MEB. (1973, 6 24). Milli Eğitim Temel Kanunu. 1739 Numaralı Kanun(14574).
- MEB. (2020). Milli Eğitim İstatistikleri: Örgün Eğitim 2019-20. Ankara: Türkiye İstatistik Kurumu.
- MEB. (2020). Ortaöğretim Kurumlarına İlişkin Merkezi Sınav Kılavuzu. Eğitim, Analiz ve Değerlendirme Raporları Serisi. No. 12. Ankara.
- Moayeri, M., Ahmad Shahvarani, Mohammad Hassan Behzadi & Lotfi F. Hosselnzadeh (2015). Comparison of Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS Methods

- for Math Teachers Selection. *Indian Journal of Science and Technology*, 8(13), 1 - 10.
- Nursikuwagus, Agus, L. Melian & Dinar Permatasari (2018). *Computational Model of Student Competency*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 407, s. 1 - 7. Bandung.
- Opricovic, Serafim, Gwo – Hsiung Tzeng (2004). *Compromise Solution by MCDM Methods: A Comparative Analysis of VIKOR and TOPSIS*, *European Journal of Operational Research*, 156(2), 445 – 455.
- ÖSYM. (2021). *2021 Yılı Yükseköğretim Kurumları Sınavı (YKS) Kılavuzu*. Ankara.
- Pasaron, Sergio Valdes, Bogart Yail Marquez & Juan Manuel Hernandez (2011). *Methodology for Measuring the Quality of Education Using Fuzzy Logic*. *Second International Conference on Software Engineering and Computer Systems*, (s. 509 - 515). Pahang.
- Roychowdhury, Shounak, & Witold Pedrycz (2001). *A Survey Of Defuzzification Strategies*. *International Journal Of Intelligent Systems*, 16(6), 679 - 695.
- Salimiasl, Aidin (2014). *Tornalama İşlemlerinde Takım Aşınmasının Bulanık Mantıkla ve Yapay Sinir Ağlarıyla Tahmini*. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Sarı, Murat, Yetiş Sazi Murat & Mustafa Kırabalı (2005). *Bulanık Modelleme Yaklaşımı ve Uygulamaları*. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*(9), 77 - 92.
- Tuş, Ayşegül (2006). *Bulanık Doğrusal Programlama ve Bir Üretim Planlamasında Uygulama Örneği*. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli.
- Türe, Hasan (2006). *Bulanık Doğrusal Programlama ve Bir Uygulama*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Ural, Gülin Feryal (2006). *Bulanık Doğrusal Programlama Yöntemi Kullanılarak Bir Sanayi Kuruluşunda Üretim Planlama Çalışmasının Gerçekleştirilmesi*. Kocaeli Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kocaeli.
- Vatansever, Ramadan (2008). *Proje Planlamasında Bulanık Hedef Programlama Yaklaşımı*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Wimatsari, Gusti Ayu, I Ketut Gede Putra & Putu Wira Buana (2013). *Multi-Attribute Decision Making Scholarship Selection Using A Modified Fuzzy TOPSIS*. *International Journal of Computer Science Issues*, 10(1), 309 - 317.
- 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.
- Yılmaz, Recai (2008). *Türkiye'de Lisansüstü Öğrenim İçin Öğrenci Seçimi: Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsünde Bir Uygulama*. Yüksek Lisans Tezi, Kara Harp Okulu, Savunma Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Zadeh, Lotfi A. (1965). Fuzzy Sets. Information And Control, 8, 338 - 353.

Zimmermann, Hans - Jüryen (1978). Fuzzy Programming and Linear Programming with Several Objective Functions. Fuzzy Sets and Systems(1), 45-55.

3. Elektronik Kaynaklar

MEB. (2017). 8. Sınıf Merkezi Ortak Sınavları Matematik Dersi Açık Uçlu Soru ve Yapılandırılmış Cevap Anahtarı Örnekleri. 01 07, 2021 tarihinde <http://odsgm.meb.gov.tr/>: http://odsgm.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2017_09/15135732_Mat_acik_uclu.pdf adresinden alındı.

ÖSYM. (2017, 01 05). Açık Uçlu Sorular Hakkında Bilgilendirme ve Açık Uçlu Soru Örnekleri. 01 07, 2021 tarihinde [/www.osym.gov.tr](http://www.osym.gov.tr/): <https://www.osym.gov.tr/TR,12909/2017-lisans-yerlestirme-sinavlari-2017-lys-acik-uclu-sorular-hakkinda-bilgilendirme-ve-acik-uclu-soru-ornekleri-05012017.html> adresinden alındı.

Sağlık Bakanlığı. (2020, 07 02). Covid-19 Bilgilendirme Platformu. 02 09, 2021 tarihinde covid.19.saglik.gov.tr: [https://covid19.saglik.gov.tr/TR-66494/pandemi.html#:~:text=Bir%20hastal%C4%B1%C4%9F%C4%B1n%20veya%20enfeksiyon%20etkeninin,DS%C3%96\)%20taraf%C4%B1ndan%20pandemi%20ilan%20edilmi%C5%9Ftir.](https://covid19.saglik.gov.tr/TR-66494/pandemi.html#:~:text=Bir%20hastal%C4%B1%C4%9F%C4%B1n%20veya%20enfeksiyon%20etkeninin,DS%C3%96)%20taraf%C4%B1ndan%20pandemi%20ilan%20edilmi%C5%9Ftir.) adresinden alındı.

Ural, Şafak. (2020). Klasik Mantık. İstanbul Üniversitesi Açık ve Uzaktan Eğitim Fakültesi Ders Notu. 01 03, 2021 tarihinde <http://auzefkitap.istanbul.edu.tr/kitap/kok/klasikmantik.pdf> adresinden alındı.

Yıldırım, Ömer. (2013). Mantık Nedir? Mantığın Konusu Nedir? 01 02, 2021 tarihinde <https://www.xing.com/communities/posts/mantik-nedir-mantigin-konusu-nedir-1000999760> adresinden alındı.