



**İYİ VE ZAYIF PROBLEM ÇÖZÜCÜ NASIL
BELİRLENİR? Z-MABAC METODUYLA BİR
UYGULAMA**

İklima İclal SİVLİM

Yüksek Lisans Tezi

Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi

Ana Bilim Dalı

Doç. Dr. Mesut ÖZTÜRK

2025

(Her Hakkı Saklıdır)

T.C.
BAYBURT ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
MATEMATİK VE FEN BİLİMLERİ EĞİTİMİ ANA BİLİM DALI
MATEMATİK EĞİTİMİ TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

İYİ VE ZAYIF PROBLEM ÇÖZÜCÜ NASIL BELİRLENİR? Z-MABAC
METODUYLA BİR UYGULAMA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İklima İclal SİVLİM

Danışman: Doç. Dr. Mesut ÖZTÜRK

BAYBURT- 2025

KABUL VE ONAY

Doç. Dr. Mesut ÖZTÜRK danışmanlığında, İklima İclal SİVLİM tarafından hazırlanan “İyi ve Zayıf Problem Çözücü Nasıl Belirlenir? Z- MABAC Metoduyla Bir Uygulama“ başlıklı bu çalışma, 28.07.2025 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak jürimiz tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Rıdvan ŞAHİN

Üye : Doç. Dr. İsmail SARİKAYA

Üye : Doç. Dr. Mesut ÖZTÜRK

Bu tezin kabulü Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun/...../20... tarih ve 20...../.....-..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Doç. Dr. Bünyamin ALİM
Enstitü Müdürü

BEYANNAME

Bayburt Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre Doç. Dr. Mesut ÖZTÜRK danışmanlığında hazırlamış olduğum “İyi ve Zayıf Problem Çözücü Nasıl Belirlenir? Z-MABAC Metoduyla Bir Uygulama“ başlıklı yüksek lisans tezimin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

28.07.2025

İklima İclal SİVLİM



ÖN SÖZ

Yüksek lisans eğitimim süresince danışmanlığımı üstlenen, anlayışı ve desteğiyle her zaman yanımda olan; akademik bilgeliği, sabrı ve rehberliğiyle yolumu aydınlatan değerli danışman hocam Doç. Dr. Mesut ÖZTÜRK'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Yoğun idari görevlerine rağmen kıymetli vaktini ayırarak verilerimin analiz sürecine katkı sağlayan sayın hocam Prof. Dr. Rıdvan ŞAHİN'e, tez sürecimde yapıcı önerileriyle bana yol gösteren kıymetli hocam Doç. Dr. İsmail SARİKAYA'ya ve yüksek lisans eğitimim boyunca bana ışık tutan tüm değerli hocalarıma teşekkür ederim.

Hayatımın her noktasında maddi ve manevi desteklerini her zaman hissettiren, koşulsuz sevgileriyle yanımda olan canım annem Ayişe SİVLİM'e, canım babam Behçet SİVLİM'e, abim Harun SİVLİM ve ablalarım Tuğba ÖZER ve Hilal KARABULUTOĞLU'na çok teşekkür ederim ve bu zorlu tez sürecimde benden desteğini bir an için bile esirgemeyen değerli arkadaşım Sema MELEKOĞLU'na yürekten teşekkür ederim.

Ayrıca yüksek lisans öğrenimime 124K601 numaralı proje kapsamında burs vererek katkı sağlayan Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'na (TÜBİTAK) teşekkür ederim.

İklima İclal SİVLİM

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İYİ VE ZAYIF PROBLEM ÇÖZÜCÜ NASIL BELİRLENİR? Z-MABAC METODUYLA BİR UYGULAMA

İklima İclal SİVLİM

Bayburt Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Ana Bilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Mesut ÖZTÜRK

Bayburt-2025, Sayfa: 78

Bu çalışma çok kriterli karar verme yöntemlerinden klasik MABAC ve Z-MABAC yöntemlerini kullanarak iyi ve zayıf problem çözümleri belirleyebilmek amacıyla yapılmıştır. Çalışmada nitel araştırma desenlerinden çoklu durum çalışması kullanılmıştır. Bu araştırma süreci hazırlık aşaması, uygulama aşaması ve değerlendirme aşaması olmak üzere üç aşamadan oluşmaktadır. Hazırlık aşamasında ilk olarak alanyazın taraması yapılarak iyi ve zayıf problem çözümleri ayırt edebilecek kriterler ve bu kriterlere bağlı alt kriterler belirlenmiştir. Bu kapsamda bilişsel, duyuşsal ve çevresel olarak üç farklı kriter tespit edilmiştir. Bilişsel alan için problem çözme başarı testi, matematik başarısı ve üstbiliş alt kriterleri; duyuşsal alan için matematik tutumu, matematik kaygısı ve matematik öz yeterlik algısı alt kriterleri; çevresel alan için öğretmen görüş formu, ebeveyn görüş formu ve akran görüş formu alt kriterleri ele alınmıştır. Ardından SCOPUS veri tabanında tarama yapılarak karar vericiler belirlenmiştir. Çalışmada matematik eğitimi alanında uzman dört karar verici yer almıştır. Kriter ve karar vericiler belirlendikten sonra alternatifler seçilmiştir. Alternatif olarak Türkiye'nin kuzeydoğusundaki bir ilin ortaokulunun 8. sınıfında öğrenim gören yedi öğrenci çalışmaya dahil edilmiştir. Uygulama aşamasında klasik MABAC ve Z-MABAC yöntemleri kullanılarak alternatiflerin sıralaması yapılmıştır. Değerlendirme aşamasında klasik MABAC ve Z-MABAC yöntemlerinden ulaşılan sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çalışmada ulaşılan sonuçlar klasik MABAC ve Z-MABAC yöntemleri kullanılarak yapılan karşılaştırmanın farklı alternatifleri ön plana çıkardığını göstermiştir. Klasik MABAC'ta alternatiflerin sıralama puanları birbirine çok yakın olup, Z-MABAC'ta alternatiflerin birbirinden uzaklaştığı ve alternatiflerin birbirinden daha fazla ayırt edilebildiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: İyi ve zayıf problem çözümleri, ÇKKV, MABAC, entropi.

ABSTRACT

M. SC. THESIS

HOW TO IDENTIFY GOOD AND POOR PROBLEM SOLVERS? AN APPLICATION USING THE Z-MABAC METHOD

İklima İclal SİVLİM

Bayburt University

Institute of Graduate Studies

Department of Mathematics and Science Education

Thesis Advisor: Assoc. Prof. Dr. Mesut ÖZTÜRK

Bayburt-2025, Pages: 78

This study was conducted to identify good and poor problem solvers using the classical MABAC and Z-MABAC methods, which are multi-criteria decision-making methods. A multiple case study, a qualitative research design, was used in the study. This research process consisted of three phases: preparation, implementation, and evaluation. During the preparation phase, the literature was first reviewed to identify criteria and sub-criteria related to these criteria that could distinguish good and poor problem solvers. Three different criteria were identified: cognitive, affective, and environmental. The cognitive domain included a problem-solving achievement test, mathematics achievement, and metacognition sub-criteria; the affective domain included mathematics attitude, mathematics anxiety, and perception of mathematics self-efficacy sub-criteria; and the environmental domain included a teacher opinion form, a parent opinion form, and a peer opinion form. The SCOPUS database was then searched to identify decision-makers. Four decision-makers, experts in mathematics education, participated in the study. After determining the criteria and decision-makers, alternatives were selected. As an alternative, seven 8th-grade students from a middle school in a province in northeastern Turkey were included in the study. During the implementation phase, the alternatives were ranked using the classical MABAC and Z-MABAC methods. During the evaluation phase, the results obtained from the classical MABAC and Z-MABAC methods were compared. The study results showed that the comparison using the classical MABAC and Z-MABAC methods highlighted different alternatives. While the ranking scores of the alternatives were very close in the classical MABAC, they were found to diverge and be more distinguishable in the Z-MABAC method.

Keywords: Good and weak problem solver, MCDM, MABAC, entropy.

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY.....	II
BEYANNAME.....	III
ÖN SÖZ.....	IV
ÖZET.....	V
ABSTRACT.....	VI
İÇİNDEKİLER.....	VII
TABLOLAR.....	X
ŞEKİLLER.....	XI
KISALTMALAR.....	XII
SİMGELER.....	XII
GİRİŞ.....	1
Araştırmanın Konusu ve Problemi	1
Araştırmanın Amacı	2
Araştırmanın Önemi ve Gerekçesi	3
Araştırmanın Sınırlılıkları	4
Varsayımlar	5
Terim ve Tanımları.....	5
BİRİNCİ BÖLÜM.....	6
1. KURAMSAL ÇERÇEVE.....	6
1.1. PROBLEM ÇÖZME.....	6
1.2. İYİ VE ZAYIF PROBLEM ÇÖZÜCÜ	6
1.2.1. İyi ve Zayıf Problem Çözücünün Belirlenmesinde Bilişsel Değişkenler	8
1.2.1.1. Problem çözme başarısı	8
1.2.1.2. Matematik başarısı.....	8
1.2.1.3. Üstbiliş.....	9
1.2.2. İyi ve Zayıf Problem Çözücünün Belirlenmesinde Duyuşsal Değişkenler	9
1.2.2.1. Matematik tutumu.....	9
1.2.2.2. Matematik kaygısı.....	11
1.2.2.3. Matematik öz yeterliği	12
1.2.3. İyi ve Zayıf Problem Çözücünün Belirlenmesinde Çevresel Değişkenler	13
1.2.3.1. Öğretmen görüşü.....	13
1.2.3.2. Ebeveyn görüşü.....	14
1.2.3.3. Akran görüşü.....	15
1.3. BULANIK MANTIK VE Z SAYILARI.....	16
1.3.1. Bulanık Mantık	17
1.3.1.1. Bulanık küme teorisi.....	17
1.3.1.2. Z-sayı teorisi	18
1.3.2. Çok Kriterli Karar Verme	18
1.3.2.1. Genişletilmiş MABAC	18
1.4. ALANYAZIN SENTEZİ.....	22
1.4.1. Problem Çözmeye Yönelik Çalışmalar.....	22
1.4.2. Bulanık Mantık Üzerine Yapılan Çalışmalar.....	23

İKİNCİ BÖLÜM	25
2. YÖNTEM	25
2.1. ARAŞTIRMA MODELİ	25
2.2. KATILIMCILAR.....	27
2.3. VERİ TOPLAMA ARAÇLARI	28
2.3.1. Bilişsel Kriterler İçin Veri Toplama Araçları.....	28
2.3.1.1. Problem çözme testi.....	28
2.3.1.2. Matematik başarısı	29
2.3.1.3. Problem çözmede üstbilişsel beceriler ölçeği	29
2.3.2. Duyuşsal Kriterler İçin Veri Toplama Araçları	29
2.3.2.1. Matematik tutum ölçeği	30
2.3.2.2. Matematik kaygı ölçeği	30
2.3.2.3. Matematik öz yeterlik ölçeği	30
2.3.3. Çevresel Kriterler İçin Veri Toplama Araçları	30
2.3.3.1. Öğretmen görüş formu.....	30
2.3.3.2. Ebeveyn görüş formu.....	31
2.3.3.3. Akran görüş formu.....	31
2.4. SÜREÇ.....	31
2.5. VERİ ANALİZİ.....	32
2.5.1. Z- Sayılar MABAC Modelinin Uygulanması.....	32
2.5.1.1. İlk karar matrisinin elde edilmesi	32
2.5.1.2. Karar matrislerinin normalleştirilmesi.....	32
2.5.1.3. Kriter ağırlıklarının hesaplanması	33
2.5.1.4. Üçgen üyelik matrisinin belirlenmesi	35
2.5.1.5. Sınır yaklaşım alan matrisinin belirlenmesi.....	37
2.5.1.6. Alternatifler ile SAM arasındaki mesafe ölçüsünün hesaplanması	37
2.5.1.7. Alternatiflerin genişletilmiş yakınlık katsayılarının hesaplanması.....	38
2.5.1.8. Güven derecelerinin hesaplanması	38
2.5.1.9. Z-sayılar matrisinin elde edilmesi.....	39
2.5.1.10. Güven odaklı ağırlıklı üçgen üyelik matrisinin elde edilmesi	40
2.5.1.11. Durulaştırma işlemi.....	40
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM.....	43
3. BULGULAR.....	43
3.1.1. Klasik MABAC Modelinin Uygulanması	44
3.1.2. Z- Sayılar MABAC (Fuzzy MABAC) Modelinin Uygulanması.....	46
SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER.....	51
Sonuç	51
Tartışma.....	51
Öneriler.....	53
KAYNAKÇA.....	55
EKLER.....	61
Ek 1: Matematik Tutum Ölçeği	61
Ek 2: Problem Çözme Testi.....	62
Ek 3: Problem Çözmede Metabilis Ölçeği (MPS)	63

Ek 4: Matematiğe İlişkin Öz-Yeterlilik Algısı Ölçeği.....	64
Ek 5: İki Boyutlu Matematik Kaygı Ölçeği	66
Ek 6: Matematiğe İlişkin Öz-Yeterlilik Algısı Ölçeği Araştırma İzni	67
Ek 7: İki Boyutlu Matematik Kaygı Ölçeği Araştırma İzni	68
Ek 8: Tutum Ölçeği Araştırma İzni	69
Ek 9: Etik Kurul Kararları	70
Ek 10: MEB Araştırma İzni.....	74
Ek 11: Öğretmen Görüş Formu	75
Ek 12: Ebeveyn Görüş Formu	76
Ek 13: Akran Görüş Formu	77
ÖZ GEÇMİŞ	78



TABLÖLAR

Tablo 1: İyi ve Zayıf Problem Çözücünün Karşılaştırılması.....	7
Tablo 2: Bütüncül Dereceli Puanlama Anahtarına İlişkin Açıklamalar	28
Tablo 3: Kriter Ağırlıkları	34
Tablo 4: Üçgen Üyelik Fonksiyonunun Değerlerinin Açıklaması	35
Tablo 5: Karar Vericilerin(KV) Önem Sırası	43
Tablo 6: Sağlam Puanları	43
Tablo 7: Karar Matrisi	43
Tablo 8: Normalleştirilmiş Karar Matrisi	44
Tablo 9: Ağırlıklı Normalleştirilmiş Karar Matrisi	44
Tablo 10: Sınır Yaklaşım Alanı	45
Tablo 11: Uzaklık Matrisi.....	45
Tablo 12: Alternatiflerin Nihai Kriter Fonksiyonlarının Hesaplanması.....	45
Tablo 13: Kriter Bazında Minimum ve Maksimum Değerler	46
Tablo 14: Üçgen Üyelik Fonksiyonları	46
Tablo 15: Üçgen Üyelik Matrisi	47
Tablo 16: Entropi ve Güven Dereceleri.....	48
Tablo 17: Güven Odaklı Ağırlıklı Üçgen Üyelik Matrisi.....	48
Tablo 18: Durulaştırılmış Karar Matrisi	49
Tablo 19: Sınır Yaklaşım Alan Matrisi	49
Tablo 20: Mesafe Ölçüleri Matrisi	49
Tablo 21: Yakınlık Katsayısı	50
Tablo 22: Karşılaştırmalı Karar Tablosu	50

ŞEKİLLER

Şekil 1 : Üst Yaklaşım Alanı G^+ , Alt Yaklaşım Alanı G^- , And Sınır Yaklaşım Alanı G 'nin Gösterimleri G^+ , G^- ve G Yaklaşım Alanlarının Sunumu	19
Şekil 2: Araştırma Süreci	26
Şekil 3: Üçgen Üyelik Fonksiyonu	35
Şekil 4: Klasik MABAC metodunun sonucuna göre öğrencilerin karşılaştırılması	46
Şekil 5: Z-sayılar MABAC metodunun sonucuna göre öğrencilerin karşılaştırılması	50



KISALTMALAR

ÇKKV : Çok Kriterleri Karar Verme

MEB : Millî Eğitim Bakanlığı

SİMGELER

ha : hektar

km : kilometre

m : metre

m² : metrekare

m³ : metreküp

r : korelasyon katsayısı

GİRİŞ

Problem çözme, matematiğin merkezinde yer almakta ve bu nedenle birçok ülkenin matematik öğretim programlarında temel bir hedef olarak vurgulanmaktadır (Amerikan Matematik Öğretmenleri Konseyi [NCTM], 2004; Singapur Eğitim Bakanlığı, 2012). Bu vurgu, son yıllarda problem çözmeye yönelik araştırmaların dikkat çekici biçimde artmasına yol açmıştır. Söz konusu araştırmalar incelendiğinde, bazı çalışmaların problem çözme sürecinin işleyişine (Artzt & Armour-Thomas, 1992; Cozza vd., 2013), bazılarının ise problem çözmeyle ilişkili bilişsel, duyuşsal ve çevresel değişkenlere (Öztürk, Akkan & Kaplan, 2020) odaklandığı görülmektedir. Bu bağlamda literatür, problem çözmenin çok boyutlu yapısını ortaya koyan zengin bir birikim sunmaktadır.

Bununla birlikte, problem çözme sürecini anlamanın önemli yollarından biri de farklı düzeydeki problem çözücülerin karşılaştırılmasıdır. Bu nedenle alan yazında “iyi” ve “zayıf” problem çözücülerin özelliklerini ortaya koymayı amaçlayan çalışmalar da önemli bir yer tutmaktadır (Lucangeli vd., 1997; Passolunghi vd., 2005). Ancak bu yaklaşımın en temel zorluğu, “iyi problem çözücü kimdir, zayıf problem çözücü kimdir?” sorusuna verilecek net bir yanıtın bulunmamasıdır. Literatürde bu ayrımı yapabilmek için farklı kriterler kullanılmıştır. Örneğin bazı araştırmalarda problem çözme başarı testleri ölçüt alınmış (Passolunghi & Siegel, 2001; Passolunghi vd., 2004; 2005), ancak güçlü bir problem çözücü olmasına rağmen belirli soruları çözemeyen bireylerin yanlış sınıflandırılabilceği gösterilmiştir. Benzer şekilde matematik başarı puanlarının ölçüt olarak kullanıldığı çalışmalarda da (Dwiyani vd., 2021; Lester, 1994) sınırlılıklar bulunmaktadır; çünkü matematik başarısı yalnızca problem çözme becerisini yansıtmamakta, ayrıca kullanılan sınavların bilişsel düzey açısından yetersiz kalabileceği belirtilmektedir.

Bu sorunlar, iyi ve zayıf problem çözücülerin güvenilir ve geçerli biçimde tanımlanabilmesi için yeni yöntemlere ihtiyaç olduğunu ortaya koymaktadır. Bu çalışmada, söz konusu ihtiyaca yanıt vermek amacıyla Klasik MABAC ve Z-MABAC yöntemleri kullanılarak problem çözücülerin sınıflandırılması amaçlanmıştır. Böylece matematik eğitimi alanında problem çözme becerisinin daha sağlıklı biçimde değerlendirilmesine katkı sunulması hedeflenmektedir.

Araştırmanın Konusu ve Problemi

Matematik birçok disiplinle bağlantılı bir disiplindir. Bu nedenle matematiksel bilginin kullanımına yönelik artan ihtiyaç matematik eğitimi araştırmalarında problem çözmeyi ön

plana çıkarmıştır (Santos-Trigo, 2024). Bu nedenle problem çözmeye yönelik birçok dersleme çalışması da yürütülmüştür. Örneğin Santos-Trigo (2024) problem çözme araştırmalarındaki eğilimi incelediği araştırmalarda teknoloji ve yapay zekanın son yıllarda ön plana çıktığını vurgulamıştır. Bununla birlikte, bazı araştırmalar iyi ve zayıf problem çözücülerin özelliklerini karşılaştırmaya yönelmiştir (Passolunghi & Pazzaglia, 2005; Tate & Stainer, 1964). İyi ve zayıf problem çözücülerin belirlenmesi, öğretim ortamlarının tasarlanması ve farklı gruplara uygun öğretim stratejilerinin geliştirilmesi açısından önem taşımaktadır. Ancak literatürde bu ayrımı yapabilecek standart bir ölçme aracı veya algoritmanın bulunmaması, araştırmalarda katılımcıların doğru biçimde sınıflandırılmasını güçleştirmektedir. Bu durum, elde edilen bulguların güvenilirliği ve genellenebilirliği açısından önemli bir sınırlılık oluşturmaktadır.

Bu noktada, farklı kriterleri aynı anda dikkate alabilen yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri, tedarikçi seçimi, performans değerlendirmesi ve risk analizi gibi pek çok alanda yaygın biçimde kullanılan, alternatifleri çok boyutlu ölçütler temelinde karşılaştırmaya olanak sağlayan yaklaşımlardır (Chen, 2003). Son yıllarda eğitim alanında da ÇKKV yöntemlerinin öğrenci performansını değerlendirme, öğretim yöntemlerini karşılaştırma ve eğitim politikalarının geliştirilmesi gibi amaçlarla kullanıldığı görülmektedir. Bu yöntemler arasında görece yeni olan Çok Özellikli Sınır Yaklaştırma Alanı Karşılaştırması (MABAC) yöntemi, özellikle çok sayıda kriterin dikkate alınması gereken karmaşık karar verme süreçlerinde etkili bir araçtır. Bu nedenle, iyi ve zayıf problem çözücülerin belirlenmesinde birden fazla kriter ve alt kriterin dikkate alınması gerektiği düşünüldüğünde, MABAC metodunun kullanılması uygun ve yenilikçi bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir.

Araştırmanın Amacı

Günümüz eğitim sistemlerinde, öğrencilerin başarısını ve performansını değerlendirmek, sadece akademik notlarla sınırlı kalmayıp, çok sayıda farklı kriteri kapsayan karmaşık bir süreç haline gelmiştir (Pellegrino, 2002). Geleneksel tek boyutlu değerlendirme yaklaşımları, öğrencilerin çok yönlü yeteneklerini, gelişim alanlarını ve genel potansiyellerini tam olarak yansıtmada yetersiz kalabilmektedir (Black & Wiliam, 1998). Bu durum, eğitim yöneticileri, öğretmenler ve hatta öğrencilerin kendileri için daha bütünsel ve adil bir başarı sıralaması yapmayı zorunlu kılmaktadır. Bu araştırmanın amacı Klasik MABAC ve Z-MABAC metodunu kullanarak iyi ve zayıf problem çözücüyü belirleyebilecek algoritma geliştirmektir.

Bu çalışmada, bir ortaokuldaki yedi öğrencinin başarılarını, tanımlanmış dokuz farklı performans kriteri üzerinden kapsamlı bir şekilde değerlendirerek bir “başarı sıralaması”

oluşturma problemini ele alınmıştır. Değerlendirmeye alınan bu kriterler ve nitelikleri aşağıdaki gibidir:

K1: Başarı Puanı* (Fayda Kriteri- Yüksek değer daha iyi)

K2: Problem Çözme* (Fayda Kriteri- Yüksek değer daha iyi)

K3: Üstbiliş Ölçeği* (Fayda Kriteri- Yüksek değer daha iyi)

K4: Tutum Ölçeği* (Fayda Kriteri- Yüksek değer daha iyi)

K5: Kaygı Ölçeği* (Maliyet Kriteri- Düşük değer daha iyi)

K6: Öz-Yeterlik Algısı Ölçeği* (Fayda Kriteri- Yüksek değer daha iyi)

K7: Akran Değerlendirme Formu* (Fayda Kriteri- Yüksek değer daha iyi)

K8: Ebeveyn Formu* (Fayda Kriteri- Yüksek değer daha iyi)

K9: Öğretmen Formu* (Fayda Kriteri- Yüksek değer daha iyi)

Kriterlerin ağırlıklarını belirlemek için karar vericilerden alınan bu puanlar, ÇKKV problemlerinde oldukça yaygın bir yöntemdir. Bu puanları kullanarak kriter ağırlıklarını hesaplamanın birden fazla yolu vardır. Bunun için çalışmada, belirsizlik içeren bir problemin çözümü için genişletilmiş aşamalı bir ÇKKV modelinin geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Önerilen model beş aşamadan oluşmaktadır: (i) problem tanımı, (ii) karar bilgisi toplama ve dönüştürme, (iii) ağırlık belirleme, (iv) veri entegrasyonu ve (v) sıralama. Analizin ilk adımı problemi tanımlamaktır. İkinci adımı kriterler ve alternatiflerin belirlenmesidir. Üçüncü adımda, kriterlerin önem ağırlıkları belirlenir. Dördüncü adımda, alternatiflerin sıralama ilişkilerini belirlemek için MABAC metodu sürece entegre edilir. Beşinci ve son aşamada ise alternatiflerin sıralaması elde edilir. Genel olarak, A_i ($i = 1, 2, \dots, m$) alternatiflerin bir kümesi, C_j ($j = 1, 2, \dots, n$) kriterlerin bir kümesi ve D_k ($k = 1, 2, \dots, s$) karar vericilerin bir kümesi olsun. Kriterler için $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ vektörü, her $1, 2, \dots, n$ için $w_j \geq 0$ ve $\sum_{j=1}^n w_j = 1$ özelliğine sahip ağırlık vektörü olarak verilsin. O halde A_i ($i = 1, 2, \dots, m$) alternatifi için C_j ($j = 1, 2, \dots, n$) kriterine göre değerlendirmesi $R = (r_{ij})_{m \times n}$ matrisi ile ifade edilebilir.

Araştırmanın Önemi ve Gerekçesi

Birçok araştırma, iyi ve zayıf problem çözücü kavramlarını ele almış ve bu iki grubun özelliklerini karşılaştırmaya çalışmıştır (Lucangeli vd., 1997; Passolunghi vd., 2005). Ancak bu çalışmaların büyük bir kısmında, öğrencilerin sınıflandırılması genellikle tek bir ölçme

aracına dayanarak yapılmıştır. Oysa problem çözme becerisi, bilişsel, duyuşsal ve çevresel birçok boyutu içeren çok yönlü bir yapıya sahiptir (Öztürk vd., 2020). Bu nedenle iyi ve zayıf problem çözücülerin yalnızca tek boyutlu ölçme araçlarıyla ayırt edilmeye çalışılması, yanlış sınıflandırmalara yol açabilmekte ve elde edilen sonuçların geçerliliğini sınırlamaktadır. Bu araştırma, birden fazla ölçme aracını temel alarak iyi ve zayıf problem çözücülerini daha güvenilir ve geçerli bir biçimde ayırt etmeyi sağlayacak bir algoritma geliştirmeyi amaçlamaktadır. Bu yönüyle çalışma, alandaki önemli bir boşluğu doldurmakta ve özgün bir katkı sunmaktadır.

İyi ve zayıf problem çözücü öğrencilerin doğru biçimde belirlenebilmesi, bu gruplara özgü bilişsel stratejilerin, hata türlerinin ve öğrenme ihtiyaçlarının daha derinlemesine anlaşılmasına imkân tanıyacaktır (Özdoğan, 2024). İyi problem çözücülerin kullandığı etkili stratejilerin ortaya konması, zayıf problem çözücülere de bu becerilerin kazandırılmasına katkı sağlayabilir. Böylece öğretim ortamlarının bireysel farklılıkları dikkate alacak biçimde yeniden tasarlanması ve öğrencilerin problem çözme becerilerinin geliştirilmesi mümkün olabilir.

Uluslararası karşılaştırmalı sınavların sonuçları, bu gerekliliği açıkça ortaya koymaktadır. PISA ve TIMSS verileri, Türk öğrencilerin problem çözme alanında istenen düzeye ulaşamadığını göstermektedir (MEB, 2024). Örneğin PISA 2022 sonuçlarına göre Türkiye’deki öğrencilerin yalnızca %5’i en üst düzeyler olan 5. ve 6. düzeylere ulaşabilmiştir. Bu düzeylerdeki öğrenciler karmaşık problemlerle başa çıkabilmekte ve üst düzey stratejiler kullanabilmektedir (MEB, 2024). OECD ortalamasının %9 olduğu düşünüldüğünde, Türkiye’nin bu alanda önemli bir dezavantaj yaşadığı görülmektedir. Bu başarısızlığın temel nedenlerinden biri öğrencilerin problem çözme becerilerindeki eksiklikler olarak değerlendirilmektedir.

Dolayısıyla, bu araştırma yalnızca problem çözme becerilerinin teorik olarak anlaşılmasına değil, aynı zamanda Türkiye’de matematik eğitiminin kalitesinin artırılmasına da doğrudan katkı sağlamayı hedeflemektedir. İyi ve zayıf problem çözücülerin belirlenmesine yönelik geliştirilecek algoritma, gelecekte yapılacak araştırmalar için güçlü bir referans oluşturacak ve öğretim ortamlarının daha etkili biçimde tasarlanmasına zemin hazırlayacaktır.

Araştırmanın Sınırlılıkları

Bu araştırmanın temel sınırlılıklarından biri, örneklem büyüklüğü ve kapsamıyla ilgilidir. Çalışma, Türkiye’nin kuzeydoğusunda yer alan bir ilde öğrenim gören yalnızca yedi 8. sınıf öğrencisi ile gerçekleştirilmiştir. Bu durum, elde edilen bulguların farklı bölgelere veya daha geniş öğrenci gruplarına genellenebilirliğini sınırlamaktadır.

Çalışmanın bir diğer sınırlılığı ise kullanılan ÇKKV yöntemleriyle ilgilidir. Araştırmada yalnızca MABAC ve Z-MABAC yöntemleri kullanılarak çözümleme yapılmış; diğer ÇKKV yöntemlerine yer verilmemiştir. Bu durum, farklı yöntemlerin sağlayabileceği karşılaştırmalı sonuçların elde edilmesini sınırlamaktadır.

Varsayımlar

Öğrencilerin dönem sonu matematik puanlarının öğretmen tarafından objektif ve tarafsız bir şekilde verildiği ve bu puanların güvenilir olduğu kabul edilmiştir. Öğrenciler, akranlar ve aileler tarafından yapılan değerlendirmelerin katılımcıların gerçek görüş ve gözlemlerini yansıttığı varsayılmıştır.

Terim ve Tanımları

Problem Çözme: Bireyin karşılaştığı sorun veya belirsizlik durumunda, hedefe ulaşmak için zihinsel süreçlerin kullanılarak çözüm yolları geliştirilmesi sürecidir.

Çok Kriterli Karar Verme: Birden fazla ölçüt veya kritere göre en iyi kararı vermeyi amaçlayan bir karar verme sürecidir.

MABAC: MABAC metodu hem basit bir hesaplama tekniğine hem de insanın karar verme mantığına yakın sağlam bir yaklaşıma sahip olan ÇKKV metodudur.

BİRİNCİ BÖLÜM

1. KURAMSAL ÇERÇEVE

1.1. PROBLEM ÇÖZME

Problem kavramı hem psikoloji hem de matematik eğitimi alanında önemli bir yer tutmaktadır. Farklı disiplinlerde ele alınması ve gündelik yaşamda sıkça karşılaşılan bir olgu olması, probleme yönelik tanımların çeşitlenmesine neden olmuştur. Schoenfeld (1989), problemi “Öğrencinin ilgisini çeken, çözümünü elde etmek istediği ancak kolayca ulaşabileceği matematiksel araçların bulunmadığı bir etkinlik” olarak tanımlamaktadır. Bu tanım, problemin çözüm gerektiren ve çaba isteyen bir durum olduğunu vurgulamaktadır. Posamentier ve Krulik (2015) ise problem çözmeyi, bireyin karşılaştığı bir problem durumunda belirli düşünme süreçlerini kullanarak çözümü sonuca ulaştırması olarak tanımlamaktadır.

Problem çözme süreci bilişsel ve bilişsel olmayan eylemleri kapsamaktadır (Güven & Cabakcor, 2013; Öztürk vd., 2020). Bu süreçleri etkin biçimde gerçekleştiren öğrenciler başarılı olurken, bu becerileri yeterince kullanamayanlar başarısız olabilmektedir. Problem çözme bir süreç becerisi olduğundan yalnızca doğru sonuca ulaşmak yeterli değildir; kullanılan yollar da önem taşımaktadır (Urhan & Bülbül, 2023). Bu durum literatürde “iyi problem çözücü” ve “zayıf problem çözücü” kavramlarını ortaya çıkarmıştır. Lester (1994), bu kavramların biliş bilimi ve yapay zekâ araştırmaları için temel oluşturabileceğini belirtmektedir. Zira biliş bilimi ve yapay zekâ, büyük miktarda veriyi işleme, gelişmiş algoritmalar kullanma ve hesaplama süreçlerini yürütmenin yanı sıra bunlar arasında etkileşim kurmayı gerektirmektedir (Joksimovic vd., 2023). Bu yönüyle biliş bilimi ve yapay zekâ, karmaşık bir problem yapısı sergilemektedir (Joksimovic vd., 2023) ve Schoenfeld’in (1987a) de vurguladığı üzere, bu tür problemler ancak “iyi problem çözücüler” tarafından etkili biçimde çözülebilmektedir.

1.2. İYİ VE ZAYIF PROBLEM ÇÖZÜCÜ

İyi ve zayıf problem çözücü literatürde sıklıkla üzerinde durulan kavramlardır (Finegold & Mass, 1985; Lucangeli vd., 1997; Passolunghi vd., 2005). “İyi” ve “zayıf” problem çözücüler “başarılı” ve “başarısız” veya “uzman” ve “acemi” problem çözücüler olarak da bilinir. İyi problem çözücü karmaşık problemleri başarılı bir şekilde çözebilmek için dinamik problem sistemini bütünüyle görebilir, çözümü zihninde tasarlayabilir (simüle edebilir) ve belirli bir eylemin gerçekleştirilmesi durumunda meydana gelebilecek olayları hayal edebilir (de Laat vd., 2020; Joksimovic vd., 2023). Bu yönüyle iyi problem çözücü için yapay zekâ metaforu kullanılmakta ve yapay zekanın iyi problem çözücü için iyi bir örnek olabileceği vurgulanmaktadır (Schoenfeld, 1987a; Siemens vd., 2022). Alanyazında iyi ve zayıf problem

çözücünün özelliklerine yönelik araştırmalar mevcuttur. Bu araştırmalar yardımıyla iyi ve zayıf problem çözücünün özellikleri Tablo 1’de gösterilmiştir (Chapman, 1991; Dwiyanı vd., 2021; Lester, 1994; Schoenfeld 1985, 1987b).

Tablo 1: İyi ve Zayıf Problem Çözücünün Karşılaştırılması

Sınıflama	İyi problem çözücü	Zayıf problem çözücü
Bilişsel	Problemin yapısını anlar (Lester, 1994).	Problemin yüzeysel özelliklerine odaklanır (Lester, 1994).
	Problem çözmeye nicel olarak başlamadan önce problemin ne ifade ettiğini anlar (Schoenfeld, 1985).	Problem üzerine düşünmeden çözüme başlar (Schoenfeld, 1985).
	Problemin önemli özelliklerini kavrar (Lester, 1994).	Problemin önemli özelliklerini kavramakta güçlük yaşar (Lester, 1994).
	Problemi görsel olarak ifade edebilir ve kavramlar arası ilişkileri anlayabilir.	Problemi görsel olarak ifade etmede ve kavramlar arası ilişkileri anlamada güçlük yaşar.
Üstbilişsel	Neyi ne kadar bildiğinin farkındadır (Schoenfeld, 1985; 1987b).	Neyi ne kadar bildiğinin farkında değildir (Schoenfeld, 1985; 1987b).
	Kendi çözüm süreçlerini izleyebilir ve düzenleyebilirler (Schoenfeld, 1985; 1987b).	Kendi çözüm süreçlerini izlemede ve düzenlemede güçlük yaşarlar (Schoenfeld, 1985; 1987b).
	Matematiksel ilişkileri kurabilir ve genellemelere varabilir (Lester, 1994).	Matematiksel ilişkileri kurmada ve genellemelere varmada güçlük yaşar (Lester, 1994).
	Problemin önceki problemlerle benzerliklerini ve farklılıklarını belirleyebilir, analogik akıl yürütebilir (Lester, 1994).	Problemin önceki problemlerle benzerliklerini ve farklılıklarını ayırt etmede, analogik akıl yürütmeye güçlük yaşar (Lester, 1994).
	Tahminler yaparak problemin alternatif çözüm yollarını belirler ve ideal çözüm yolunu seçer (Schoenfeld, 1985; 1987b).	Tahminler yaparak problemin alternatif çözüm yollarını belirlemede ve ideal çözüm yolunu seçmede güçlük yaşar (Schoenfeld, 1985; 1987b).
	Zayıf ve güçlü yönlerinin farkındadırlar (Chapman, 1991).	Zayıf ve güçlü yönlerinin farkında değildir (Chapman, 1991).
Duyuşsal	Kendine güveni yüksektir (Chapman, 1991; Dwiyanı vd., 2021).	Kendine güveni düşüktür (Chapman, 1991; Dwiyanı vd., 2021).
	Aşına olmadığı problemleri çözmek için daha fazla çaba gösterir (Dwiyanı vd., 2021).	Aşına olmadığı problemleri çözmek için yeterince çaba göstermez (Dwiyanı vd., 2021).

Tablo 1’de yer alan iyi ve zayıf problem çözücüye yönelik bu özellikler tanımlanmış olsa da iyi ve zayıf problem çözücünün nasıl tanımlanacağı, bir araştırmaya dahil edilen katılımcılardan hangilerinin iyi, hangilerinin zayıf problem çözücü oldukları halen merak

konusudur. Bu tez çalışmasıyla iyi ve zayıf problem çözücü öğrencilerin tanımlanmasına katkı sunulması beklenmektedir. İyi ve zayıf problem çözücülerin belirlenmesi için literatürde bilişsel, duyuşsal ve çevresel olarak üç kriter ön plana çıkmaktadır. Örneğin Robinson (1973), iyi ve zayıf problem ayırımında bilişsel ve duyuşsal özelliklerin önemli olduğunu ifade etmiştir. Bunların yanında iyi ve zayıf problem için çevresel özellikler de önemlidir. Bu çalışma kapsamında ele alınan ölçütler şöyledir.

1.2.1. İyi ve Zayıf Problem Çözücünün Belirlenmesinde Bilişsel Değişkenler

1.2.1.1. Problem çözme başarısı

İyi ve zayıf problem çözücüyü ayırt etmede sıklıkla kullanılan yöntemlerden biri problem çözme başarı testi uygulanmasıdır (Özdoğan, 2024; Passolunghi & Siegel, 2001; Passolunghi vd., 2004; 2005). İyi ve zayıf problem çözücünün belirlenmesinde IQ testi kullanılması gerektiğini söyleyenlerin aksine, Passolunghi & Pazzaglia (2005), katılımcıların herhangi bir beyin hasarı görmemiş olduğu durumlarda IQ testinin kullanılmasının gerekli olmayacağını sadece problem çözme testi kullanılmasının yeterli olacağını ifade etmiştir. Matematik eğitimi alanyazınında iyi ve zayıf problem çözücünün belirlenmesinde problem çözme başarısını kullanan birçok araştırma mevcuttur (Özdoğan, 2024; Passolunghi & Siegel, 2001).

Passolunghi ve Siegel (2001), sözel hikâye problemleri ve kelime testi uygulayarak iyi ve zayıf problem çözücüyü ayırt etmiştir. Araştırmacılar örneklemin belirlenmesinde testi uyguladıktan sonra bağıl değerlendirme sistemini kullanmıştır. Buna göre üst grupta yer alan bireylerin iyi problem çözücü alt grupta yer alanların ise zayıf problem çözücü olduğunu ifade etmiştir. Özdoğan (2024) da iyi ve zayıf problem çözücülerin problemi anlamaya yönelik üstbilişsel becerilerini incelediği çalışmada, iyi ve zayıf problem çözücüyü belirlemede problem çözme başarı testini kullanmıştır. Araştırmacı öğrencileri problem çözme başarı testi puanlarına göre sıraladıktan sonra klasik test teorisine göre %27'lik alt ve üst gruplar oluşturmuş; üst gruptaki öğrencileri iyi, alt gruptaki öğrencileri ise zayıf problem çözücü olarak değerlendirmiştir. Bu çalışmalardan yola çıkarak problem çözme testinin iyi ve zayıf problem çözücüyü belirlemede önemli bir kriter olduğu söylenebilir.

1.2.1.2. Matematik başarısı

İyi ve zayıf problem çözücünün belirlenmesinde kullanılan yöntemlerden bir diğeri matematik başarısına bakmaktır (Dwiyanı vd., 2021; Lester, 1994). Robinson (1973), iyi problem çözücü ve zayıf problem çözücüyü ayırt etmeye yönelik yürüttüğü çalışmada iyi problem çözücülerin matematik kavramlarını bilmesi bakımından zayıf problem çözücülerden

farklılaştığını ortaya koymuştur. Matematik başarısının önemli göstergelerinden birisi problem çözme başarısı olarak görüldüğü için (Kamalimoghaddam vd., 2016) iyi ve zayıf problem çözücünün belirlenmesinde matematik başarısı önemli bir gösterge olarak kabul edilebilir.

Matematik başarısı problem çözenin önemli bir unsuru olarak problem çözmede matematik başarısının yordayıcısı olarak görülmektedir (Kamalimoghaddam vd., 2016). Yapılan araştırmalar, problem çözmede başarılı olma ile matematik başarısı arasında ilişki olduğunu ortaya koymuştur (du Toit & du Toit, 2013; Mustafa vd., 2017). Bu nedenlerle iyi ve zayıf problem çözücünün belirlenmesinde matematik başarısı bir kriter olarak ele alınabilir.

1.2.1.3. Üstbiliş

Problem çözmeye ilişkin araştırmalarda üstbiliş, son yıllarda önemli bir yer edinmiştir (Yimer & Ellerton, 2010). Polya'nın (1945) ortaya koyduğu problem çözme modelleri, Schoenfeld'in (1985) problem çözme sürecine üstbilişi dahil etmesiyle farklı bir bakış açısı kazanmıştır. Lester (1994), iyi ve zayıf problem çözücüler arasındaki ayırma bireyin neyi, nasıl yaptığını; hangi bilgiyi nerede ve ne zaman kullanacağını bilmesinin yanı sıra izleme ve düzenleme yapabilmesinin kritik olduğunu belirtmektedir. Bu ölçütlerin üstbilişsel becerilere karşılık gelmesi, problem çözme başarısında üstbilişin belirleyici rolünü ortaya koymaktadır.

Nitekim yapılan araştırmalar, problem çözme sürecinde üstbilişsel becerilerini etkin biçimde kullanan öğrencilerin daha başarılı olduklarını, bu becerileri kullanmayan öğrencilerin ise güçlük yaşadıklarını göstermektedir (örn. bkz. Öztürk vd., 2018). NCTM (2004), üstbilişsel becerileri gelişmiş öğrencilerin problem çözme sürecinde kendini kontrol etme, doğrulama, çözüme yönelik hedef belirleme ve önceki çözümleri yeni problemlere uyarlama gibi stratejileri daha etkili biçimde kullanabileceklerini vurgulamaktadır. Mayer (1998) ise problem çözme için gerekli matematik bilgisi ve strateji bilgisinin tek başına yeterli olmadığını, öğrencilerin aynı zamanda hangi süreci nasıl ve ne zaman işleteceklerini bilmeleri gerektiğini ifade etmektedir. Bu bağlamda üstbiliş, iyi ve zayıf problem çözücülerin ayırımında temel bir ölçüt olarak değerlendirilebilir.

1.2.2. İyi ve Zayıf Problem Çözücünün Belirlenmesinde Duyuşsal Değişkenler

1.2.2.1. Matematik tutumu

İyi ve zayıf problem çözücüyü ayırt etmede önemli kriterlerden biri de matematik tutumudur. Matematik tutumu, bireyin matematiğe karşı geliştirdiği duyuşsal eğilimlerin ve inançların bütünüdür. İlhan ve arkadaşları (2021) matematik tutumunu, “*matematiğin sevilmesi ya da sevilmemesi, matematikle ilgili etkinliklere katılma veya bu tür etkinliklerden*

kaçınma eğilimi, matematiğin iyi ya da kötü olduğuna ilişkin inanç ve matematiğin faydalı ya da yararsız olduğuna yönelik düşünceler” şeklinde tanımlamaktadır. Bu tanım, matematik tutumunun yalnızca bireyin matematik dersine yönelik duygularını değil, aynı zamanda motivasyonel ve davranışsal boyutlarını da kapsadığını göstermektedir.

Matematik tutumu, bireyin problem çözme süreçlerinde sergilediği performansla doğrudan ilişkilidir. Literatürde, olumlu matematik tutumuna sahip bireylerin problem çözmeye karşı daha istekli oldukları, problem çözme sürecinde daha fazla strateji geliştirdikleri ve çözüme ulaşmada daha dirençli davrandıkları belirtilmektedir (Güven & Cabakcor, 2013; Öztürk vd., 2020). Buna karşılık, olumsuz matematik tutumuna sahip bireyler, problem çözme sürecinde zorluklarla karşılaştıklarında motivasyon kaybı yaşamakta ve problem çözme becerilerini etkili biçimde kullanamamaktadırlar (Öztürk vd., 2020).

Robinson (1973), iyi ve zayıf problem çözücülerin belirlenmesinde matematik tutumunun önemli bir ölçüt olabileceğini ifade etmiştir. Araştırmalar, iyi problem çözücülerin genellikle daha yüksek matematik tutum puanlarına sahip olduğunu, zayıf problem çözücülerin ise daha düşük tutum puanları sergilediğini ortaya koymaktadır. Bu farklılık, bireylerin matematiğe yönelik duygusal ve bilişsel eğilimlerinin problem çözme stratejilerine ve problem çözme sürecindeki başarılarına yansıdığını göstermektedir.

Özellikle problem çözme süreci yalnızca bilişsel değil, aynı zamanda duyuşsal ve motivasyonel bileşenler içerdiğinden, matematik tutumu bireyin problem çözme başarısını dolaylı olarak da etkilemektedir (Öztürk vd., 2020). Olumlu bir matematik tutumuna sahip bireyler, zorluklarla karşılaştığında daha fazla çaba sarf etme ve çözüm sürecinde ısrarcı olma eğilimindeyken, olumsuz tutuma sahip bireyler genellikle erken vazgeçme ve strateji geliştirmede yetersizlik gösterme eğilimindedir (Ma & Kishor, 1997). Bu nedenle, matematik tutumu, bireyin problem çözme performansını yordayan temel faktörlerden biri olarak kabul edilmektedir.

Bu araştırmada iyi ve zayıf problem çözücülerin belirlenmesinde kullanılan alt kriterlerden biri olarak matematik tutumu ele alınmıştır. Bu kapsamda, katılımcıların matematiğe yönelik duyuşsal eğilimlerini, motivasyonlarını ve inançlarını yansıtan matematik tutum puanları dikkate alınarak, MABAC tekniği çerçevesinde değerlendirme yapılmıştır. Böylece problem çözme becerilerinin yalnızca bilişsel yönü değil, aynı zamanda duyuşsal boyutu da kapsamlı bir şekilde analiz edilmiştir.

1.2.2.2. Matematik kaygısı

İyi ve zayıf problem çözücülerin ayırt edilmesinde önemli belirleyicilerden bir diğeri matematik kaygısıdır. Matematik kaygısı, bireyin matematikle ilgili bir görevle karşılaştığında ya da matematik öğrenme sürecinde yaşadığı gerginlik, endişe ve huzursuzluk duygusu olarak tanımlanmaktadır (Trujillo & Hadfield, 1999; Hoffman, 2010). Bu kaygı, yalnızca bireyin duyuşsal durumunu yansıtmakla kalmaz, aynı zamanda bilişsel süreçlerini de olumsuz etkileyerek problem çözme performansında düşüşe yol açar (Altun-Kobul & Yazıcı, 2025).

Matematik kaygısı, öğrencilerin sahip oldukları bilgi ve becerileri etkili biçimde kullanmalarını engelleyebilir. Hoffman (2010) ve Öztürk, Sarıkaya ve Özgöl (2022) bu durumu, öğrencilerin aslında çözme yeterliğine sahip oldukları problemlerde başarısız olmaları veya öğrenme hazırbulunuşluğuna sahip oldukları konuları öğrenmede zorlanmaları şeklinde açıklamaktadır. Yüksek düzeyde matematik kaygısı yaşayan bireyler, problem çözme sırasında dikkatlerini toplamakta zorlanmakta, strateji geliştirmede yetersizlik yaşayabilmekte ve çözüm sürecinde hatalar yapma olasılıkları artmaktadır (Altun-Kobul & Yazıcı, 2025).

Suarez-Pellicioni, Nunez-Pena ve Colome (2013), yürüttükleri araştırmada, en basit aritmetik problemler sunulduğunda dahi yüksek düzeyde matematik kaygısı yaşayan öğrencilerin, düşük kaygı düzeyine sahip öğrencilere kıyasla çözümlerini değerlendirmek ve hatalı çözümleri düzeltmek için daha fazla zamana ihtiyaç duyduklarını belirtmiştir. Bu bulgu, matematik kaygısının yalnızca problem çözme başarısını değil, aynı zamanda problem çözme hızını da olumsuz etkilediğini göstermektedir.

Matematik kaygısının problem çözme becerisi üzerindeki etkisini inceleyen birçok çalışma, bu iki değişken arasında güçlü bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur. Örneğin, Passolunghi ve diğerleri (2019), ilkökul dördüncü sınıf öğrencilerinin bilişsel ve duyuşsal özelliklerinin aritmetik problem çözme becerisine etkisini araştırmış ve matematik kaygısının problem çözme başarısını yordayan en önemli faktörlerden biri olduğunu belirlemiştir. Benzer şekilde, Duque ve Tan (2018), matematik kaygısı düşük olan bireylerin problem çözme sürecinde daha başarılı olduklarını, bu nedenle iyi problem çözücülerin genellikle düşük kaygı düzeyine sahip olduklarını vurgulamaktadır.

Bu bulgular, matematik kaygısının iyi ve zayıf problem çözücülerin ayırımında kritik bir ölçüt olabileceğini göstermektedir. Yüksek düzeyde matematik kaygısına sahip bireylerin problem çözme sürecinde başarısız olma olasılıkları daha yüksekken, düşük kaygı düzeyine sahip bireyler problem çözme sürecinde daha verimli ve etkili performans sergilemektedir. Dolayısıyla, iyi problem çözücülerin düşük matematik kaygısına, zayıf problem çözücülerin ise yüksek matematik kaygısına sahip olması beklenen bir durumdur.

Bu araştırmada, alanyazındaki bulgulardan hareketle, iyi ve zayıf problem çözücöleri ayırt eden alt kriterlerden biri olarak matematik kaygısı ele alınmıştır. Katılımcıların matematik kaygı düzeyleri ölçölerek MABAC tekniği çerçevesinde değerlendirilmiş ve problem çözüme performansına duyuşsal bir bakış ačíısı kazandırılmıştır. Böylece, problem çözüme becerisinin yalnızca bilişsel değil, aynı zamanda duyuşsal yönü de kapsamlı bir şekilde analiz edilmiştir.

1.2.2.3. Matematik öz yeterliği

İyi ve zayıf problem çözücöleri ayırt etmede önemli ölçütlerden bir diğeri matematik öz yeterliğidir. Matematik öz yeterliği, bireyin matematiksel görevleri ve problemleri başarıyla tamamlayabileceğine dair inancı olarak tanımlanmaktadır (Hackett & Betz, 1989; Burnham, 2011). Bu inanç, bireyin matematikle ilgili süreçlere katılımı, karşılaştığı zorluklarla başa çıkma stratejileri ve problem çözüme performansı üzerinde belirleyici bir etkiye sahiptir.

Ural ve arkadaşları (2008) matematik öz yeterliğini, bireylerin matematik yaparken karşılaştıkları görevleri başarıyla sonuçlandırabilmeleri için kendi yeteneklerine duydukları güven olarak ifade etmektedir. Benzer şekilde, Pajares ve Kranzler (1995), matematik öz yeterliğini bireyin kendisine verilen matematiksel görevleri başarıyla tamamlayabileceğine dair sahip olduğu algı olarak tanımlamaktadır. Bu tanımlar, matematik öz yeterliğinin yalnızca bireyin yetenekleriyle ilgili gerçek durumunu değil, aynı zamanda bu yeteneklere dair algısını ve inancını yansıttığını ortaya koymaktadır. Başka bir ifadeyle, bireyin matematiksel görevlerde başarılı olabileceğine dair kendine güveni, matematik öz yeterliğinin temel bileşenidir.

Alanyazında yer alan çok sayıda araştırma, öğrencilerin matematik başarısı ile matematik öz yeterlik inançları arasında anlamlı ve pozitif yönde ilişkiler olduğunu göstermektedir (Ayotola & Adedeji, 2010; Çaęırđan-Gölten & Soytürk, 2013, 1989; Migray, 2002; Pajares & Graham, 1999; Pajares & Kranzler, 1995; Pajares & Miller, 1995; Pietsch vd., 2003; Usher, 2009). Bu araştırmalar, bireyin öz yeterlik inancı yükseldikçe matematik başarısının da arttığını, düşük öz yeterlik inancının ise matematik başarısını olumsuz etkilediğini ortaya koymaktadır. Bu durum, matematik öz yeterliğinin bireyin problem çözüme sürecinde karşılaştığı zorluklara karşı gösterdiği çaba, strateji geliştirme becerisi ve çözüm sürecindeki kararlılığı doğrudan etkileyen bir faktör olduğunu göstermektedir.

Güven ve Çabakçor (2013), matematik öz yeterlik algısının bireylerin problem çözüme becerileri üzerinde önemli bir etkisi olduğunu vurgulamışlardır. Yüksek matematik öz yeterliğine sahip bireyler, problem çözüme sürecinde daha istekli, stratejik ve ısrarcı bir yaklaşım sergilerken; düşük matematik öz yeterliğine sahip bireyler, problem çözüme sürecinde

zorlandıklarında daha kolay vazgeçebilmekte ve etkili stratejiler geliştirmekte yetersiz kalabilmektedir. Dolayısıyla, iyi problem çözücülerin matematik öz yeterlik düzeylerinin yüksek, zayıf problem çözücülerin ise düşük olması beklenen bir durumdur.

Bu araştırmada, literatürdeki bulgular doğrultusunda, iyi ve zayıf problem çözücülerin belirlenmesinde kullanılan alt kriterlerden biri olarak matematik öz yeterliği ele alınmıştır. Katılımcıların matematik öz yeterlik düzeyleri belirlenerek MABAC tekniği ile analiz edilmiş, böylece problem çözme becerilerinin yalnızca bilişsel ve duyuşsal boyutları değil, aynı zamanda bireyin kendine olan güveninin yansıması da kapsamlı bir şekilde değerlendirilmiştir.

1.2.3. İyi ve Zayıf Problem Çözücünün Belirlenmesinde Çevresel Değişkenler

1.2.3.1. Öğretmen görüşü

Alanyazın incelendiğinde, öğrencilerin problem çözme becerilerinin değerlendirilmesinde önemli etkenlerden birinin öğretmen görüşleri olduğu görülmektedir (Özpınar & Arslan, 2023). Öğretmenler, öğrencilerin problem çözme sürecini yakından gözlemleyebilen, onların problem çözme stratejilerini ve yaklaşımlarını doğrudan izleyebilen kişiler olarak bu süreçte kritik bir role sahiptir. Arslan (2007), öğretmenlerin öğrencilerinin problem çözme süreçlerini gözlemlemeleri durumunda, öğrencilerin hangi noktalarda zorlandıklarını, hangi stratejileri kullanırken hata yaptıklarını ve hangi durumların onlar için meydan okuma oluşturduğunu daha net bir şekilde görebildiklerini belirtmektedir. Bu sayede öğretmenler, öğrencilerin eksikliklerini tespit ederek bu eksiklikleri gidermeye yönelik etkinlikler ve öğretim stratejileri geliştirebilirler.

Bununla birlikte, problem çözme becerisini değerlendirmek oldukça karmaşık ve zorlu bir süreçtir. Problem çözme, yalnızca doğru cevaba ulaşmaktan ibaret değildir; öğrencinin çözüm sürecinde hangi stratejileri kullandığı, nasıl kararlar aldığı ve problemle nasıl etkileşime girdiği de değerlendirme açısından büyük önem taşır. Kyriakides ve Gagatsis (2003) ile Wilson vd. (1993), problem çözme becerisinin doğru biçimde değerlendirilebilmesi için öğrencilerin yalnızca nihai çözümlerinin değil, probleme ulaşmak için izledikleri yolların ve süreçlerin de dikkate alınması gerektiğini vurgulamaktadır. Bu durum, problem çözme becerisinin gözlenebilir davranışların ötesinde, düşünme süreçlerini ve strateji kullanımını içeren karmaşık bir yapı olduğunu ortaya koymaktadır.

Öğretmen görüşleri, bu karmaşık yapı içerisinde önemli bir değerlendirme aracıdır. Çünkü öğretmenler, öğrencilerin problem çözme sürecinde sergiledikleri davranışları, motivasyonlarını ve stratejik yaklaşımlarını düzenli olarak gözlemleyerek, onların güçlü ve zayıf yönlerini bütüncül bir biçimde değerlendirebilirler. Bu nedenle öğretmen görüşleri, iyi ve

zayıf problem çözücülerin belirlenmesinde güvenilir bir bilgi kaynağı olarak kullanılabilir.

Bu araştırmada, literatürdeki bulgular doğrultusunda, iyi ve zayıf problem çözücülerin belirlenmesinde kullanılan alt kriterlerden biri olarak öğretmen görüşleri ele alınmıştır. Katılımcıların problem çözme becerileri, öğretmenlerin gözlemleri ve değerlendirmeleri aracılığıyla MABAC tekniği çerçevesinde analiz edilmiş, böylece öğrencilerin problem çözme performansı yalnızca sayısal verilerle değil, nitel gözlemlerle de desteklenerek kapsamlı bir şekilde incelenmiştir.

1.2.3.2. Ebeveyn görüşü

Alanyazın incelendiğinde, öğrencilerin problem çözme becerilerinde ailenin önemli bir role sahip olduğu görülmektedir (Cai, 2003; Williams vd., 2021). Öğrencilerin problem çözme sürecine yönelik tutumları, stratejileri ve motivasyonları büyük ölçüde ailelerinden aldıkları destek ve rehberlik ile şekillenmektedir. Cai (2003), problem çözme sürecinde aile katılımının kritik bir faktör olduğunu vurgulayarak, öğrencilerin akademik başarılarının yanı sıra problem çözme becerilerinin gelişiminde de aile desteğinin belirleyici olduğunu ifade etmiştir. Benzer şekilde, Panaoura (2017), öğrencilerin matematik problemlerini çözerken ve ev ödevlerini yaparken ailelerinden yardım aldıklarını ortaya koymuş, bu nedenle problem çözme becerilerinin değerlendirilmesinde ailelerin katkısının göz ardı edilemeyeceğini belirtmiştir.

Problem çözme yalnızca akademik bir süreç olarak değil, aynı zamanda sosyal bir süreç olarak da ele alınabilir. Matematik problemlerini çözme ile sosyal problem çözme birbirinden tamamen bağımsız değildir (Albayrak, 2022). Başka bir ifadeyle, sosyal problem çözmede başarılı olan bireylerin matematik problem çözmede de başarılı olmaları beklenen bir durumdur. Bu ilişki, öğrencilerin problem çözme becerilerinin yalnızca bilişsel faktörlerle değil, aynı zamanda sosyal çevrelerinden ve aile etkileşimlerinden de etkilendiğini göstermektedir.

Öğrencilerin sosyal problem çözme becerilerini en yakından gözlemleyenler genellikle aile üyeleridir. Ebeveynler, çocuklarının günlük yaşamda karşılaştıkları sorunlara nasıl yaklaştıklarını, hangi stratejileri kullandıklarını ve problem çözme sürecinde ne tür zorluklarla karşılaştıklarını doğrudan gözlemleyebilmektedir. Bu nedenle, ebeveynlerin görüşleri öğrencilerin matematik problem çözme becerileri hakkında önemli bir bilgi kaynağı olarak değerlendirilebilir.

Araştırmalar, ebeveynlerin çocuklarının problem çözme süreçlerine dair gözlemlerinin, öğrencilerin iyi veya zayıf problem çözücü olarak sınıflandırılmasında tamamlayıcı bir ölçüt

olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Bu bağlamda, ebeveyn görüşleri problem çözme becerisinin değerlendirilmesinde kritik bir alt kriter olarak görülmektedir.

Bu çalışmada, alanyazındaki bulgular doğrultusunda, iyi ve zayıf problem çözücülerin belirlenmesinde ebeveyn görüşleri alt kriterlerden biri olarak ele alınmıştır. Katılımcıların ebeveynlerinden elde edilen veriler, MABAC tekniği çerçevesinde analiz edilerek problem çözme becerileri çok boyutlu bir şekilde değerlendirilmiştir. Böylece öğrencilerin problem çözme performansına yalnızca akademik değil, sosyal ve çevresel faktörler açısından da kapsamlı bir bakış sağlanmıştır.

1.2.3.3. Akran görüşü

Öğrenci başarısının ve problem çözme becerilerinin değerlendirilmesinde akran görüşleri önemli bir veri kaynağı olarak kabul edilmektedir. Akran değerlendirmesi, öğrencilerin birbirlerinin performanslarını sistematik bir şekilde gözlemlemesi ve değerlendirmesi sürecidir. Bu süreç, yalnızca değerlendirme amacıyla değil, aynı zamanda öğrencilerin öğrenme süreçlerine aktif olarak katılımını sağlayan bir öğrenme stratejisi olarak da görülmektedir (Cevik vd., 2015).

Sluijsmans, Moerkerke, Van Merriënboer ve Dochy (2001), problem temelli öğrenme bağlamında yürüttükleri araştırmada, üst düzey düşünme becerilerinin değerlendirilmesinde akran görüşlerinin kritik bir rol oynadığını vurgulamışlardır. Benzer şekilde Bernard, Rojo de Rubalcava ve St-Pierre (2000), deneyimli öğrencilerin akranlarının performanslarını değerlendirmesinin bir tür “iskele kurma” (scaffolding) işlevi gördüğünü belirtmiştir. Bu tür bir süreç, öğrencilerin problem çözme becerilerini geliştirmeye yönelik geri bildirim odaklı bir öğrenme ortamı oluşturmakta ve öğrencilerin farklı bakış açıları kazanmalarına katkıda bulunmaktadır.

Akran değerlendirmesi sürecinde öğrenciler, yalnızca arkadaşlarının performansını gözlemlemekle kalmaz, aynı zamanda yeni bilgilerin ortaya çıkmasını sağlar ve alternatif stratejiler geliştirebilirler (Cevik vd., 2015). Bu durum, öğrencilerin kendi problem çözme süreçlerini de gözden geçirmelerine ve metabilişsel farkındalıklarının artmasına katkıda bulunur. Ayrıca, öğrencilerin birbirlerini değerlendirmesi, problem çözme sürecinde karşılıklı gelişimi teşvik eden bir mekanizma olarak işlev görmektedir.

Bu bağlamda, akran görüşleri, öğrencilerin problem çözme becerilerinin çok boyutlu olarak değerlendirilmesinde önemli bir kriter olarak ortaya çıkmaktadır. Özellikle öğrencilerin iyi ya da zayıf problem çözücü olarak sınıflandırılmasında, akranlarının gözlemleri ve değerlendirmeleri tamamlayıcı bir ölçüt olarak kullanılabilir.

Bu çalışmada, alanyazındaki bulgular doğrultusunda, iyi ve zayıf problem çözücülerin belirlenmesinde akran görüşleri alt kriterlerden biri olarak ele alınmıştır. Akranlardan elde edilen veriler, MABAC tekniği kapsamında analiz edilerek öğrencilerin problem çözme becerileri çok boyutlu ve bütüncül bir şekilde değerlendirilmiştir.

1.3. BULANIK MANTIK VE Z SAYILARI

Yanlış, belirsiz veya yetersiz bilgiler için rasyonel kararlar verme konusunda insanlar önemli bir yeteneğe sahip olsalar da gerçek dünyadaki bilgilerin çeşitliliği ve karmaşıklığı nedeniyle bu bilgileri formüle etmekte ve kullanmakta zorlanırlar. Dolayısıyla bu tür bilgilerle başa çıkmak için birçok teori geliştirilmiştir. Bulanık küme teorisi (Zadeh, 1965), kanıt teorisi (Dempster & Shafer 1967, 1978), D sayıları (Deng, 2014), olasılık teorisi (Ji vd., 2014) bu teorilerden en önemli olanlarıdır. Ancak bu teorilerin hiçbiri uzmanların değerlendirmelerinin güvenilirliğini yakalayamaz. Ayrıca, değerlendirme verisi farklı bilgi kaynaklarına göre değişiklik gösterdiğinden, bilginin güvenilirliği konusunda hala bir soru işareti vardır.

Belirsiz bilginin hem değerlendirmesini hem de güvenilirliğini eş zamanlı sağlamak ve karar bilgisini daha etkin bir şekilde sunmak için Zadeh (1978), genelleştirilmiş bir kavram olan Z-sayısı kavramını ortaya atmıştır. Z-sayısı, herhangi bir değişkenin değerini ve bu değer in güvenilirliğini temsil etmek için kullanılan $Z = (A, B)$ matematiksel gösterime sahip sıralı bir bulanık sayı çiftidir. Burada A bir değişkenin değeri iken B de bir kesinlik fikri, güven, güvenilirlik, gerçeklik gücü veya olasılık gibi yakından ilişkili diğer kavramları temsil eder. Gerçek hayatta, günlük muhakeme ve karar verme işlemlerinin çoğu, bir Z-değerlendirme koleksiyonuna dayanır. Z-değerlendirmesinin bazı basit örnekleri şu şekilde ifade edilebilir:

- Türkiye'nin nüfusu yaklaşık 85 milyon, (oldukça kesin)
- Robotun dürüstlük derecesi yüksek, (kesin değil)
- Titreşim ivmesinin spektrum büyüklüğü, yaklaşık 0,15 m/s², (çok kesin).

Tipik olarak, Z-sayılarının iki bileşeni, (çok iyi, kesin) ve (çok yüksek, mümkün) gibi doğal dillerde ifade edilir. Örneğin, bir özel okulun başarı durumunu veya bir bankanın likidite durumunu tahmin ettiğimizde, ortak bir ifade “Mükemmel olacağından eminim” şeklindedir. Bu durumda, $Z = (A, B) = < “mükemmel”, “kesin” >$.

Tanımlandığı tarihten itibaren, çeşitli ÇKKV problemlerinde uzmanların görüşlerindeki güvenilirlik yönlerini dikkate alan Z-sayılar üzerine birçok araştırma yapılmıştır (Arslan & Bircan, 2020).

1.3.1. Bulanık mantık

Bulanık mantık, belirsizlik içeren durumların modellenmesi ve analiz edilmesi için geliştirilen, uzman görüşlerinin sistematik bir şekilde değerlendirilmesine olanak sağlayan esnek ve güçlü bir matematiksel yaklaşım olarak tanımlanmaktadır. Geleneksel mantıkta bir eleman ya tamamen bir kümeye aittir (1) ya da tamamen ait değildir (0). Ancak günlük yaşamda ve özellikle sosyal bilimlerde birçok durum bu kadar kesin ve net değildir. Bulanık mantık, bu tür kesin olmayan, belirsiz veya kısmen doğru durumların modellenmesinde önemli bir avantaj sağlamaktadır (Orlov, 2024).

Bulanık mantık, ilk olarak Zadeh (1965) tarafından ortaya konulan bulanık küme teorisine dayanmaktadır. Bu teoride her bir elemanın bir kümeye ait olup olmaması, üyelik fonksiyonu (membership function) aracılığıyla belirlenir. Üyelik fonksiyonu, bir elemanın kümeye ait olma derecesini $[0,1]$ aralığında bir değerle ifade eder. Örneğin, bir öğrencinin problem çözme becerisinin yüksekliği yalnızca “yüksek” veya “düşük” olarak kategorize edilmez; bunun yerine, öğrencinin problem çözme becerisi 0.75 gibi bir değerle ifade edilerek, bu becerinin yüksek olma derecesi sayısal olarak gösterilir. Böylece gri alanlar matematiksel olarak temsil edilebilir ve daha gerçekçi sonuçlar elde edilebilir.

Bulanık mantığın en önemli avantajlarından biri, belirsizliği ve öznel yargıları nicelleştirebilmesidir. Bu özellik, özellikle eğitim, psikoloji, mühendislik, karar verme ve yapay zekâ gibi alanlarda bulanık mantığın yaygın olarak kullanılmasını sağlamıştır (Jiang vd., 2021). Eğitim alanında ise öğrencilerin başarı düzeylerini, tutumlarını, kaygılarını ve problem çözme becerilerini çok boyutlu bir bakış açısıyla değerlendirmek için etkili bir araç olarak görülmektedir (Jiang vd., 2021).

Bu çalışmada bulanık mantık, öğrencilerin problem çözme becerilerini değerlendirmede bilişsel, duyuşsal ve çevresel özelliklerini dikkate almak ve bu yargılardaki belirsizlikleri matematiksel bir çerçevede analiz edebilmek amacıyla kullanılmıştır. Böylece öğrencilerin iyi veya zayıf problem çözücü olarak sınıflandırılmasında daha esnek ve geçerli bir yaklaşım geliştirilmesi hedeflenmiştir.

1.3.1.1. Bulanık küme teorisi

X tartışma uzayı üzerinde bir A bulanık kümesi

$$A = \{\langle x, m_A(x) \rangle : x \in X\}, \quad (1)$$

ile tanımlanır. Burada, $m_A: X \rightarrow [0,1]$ fonksiyonu A nın üyelik fonksiyonu olarak adlandırılır. $m_A(x)$ değeri $x \in X$ in A kümesine ait olma derecesini gösterir.

1.3.1.2. Z-sayı teorisi

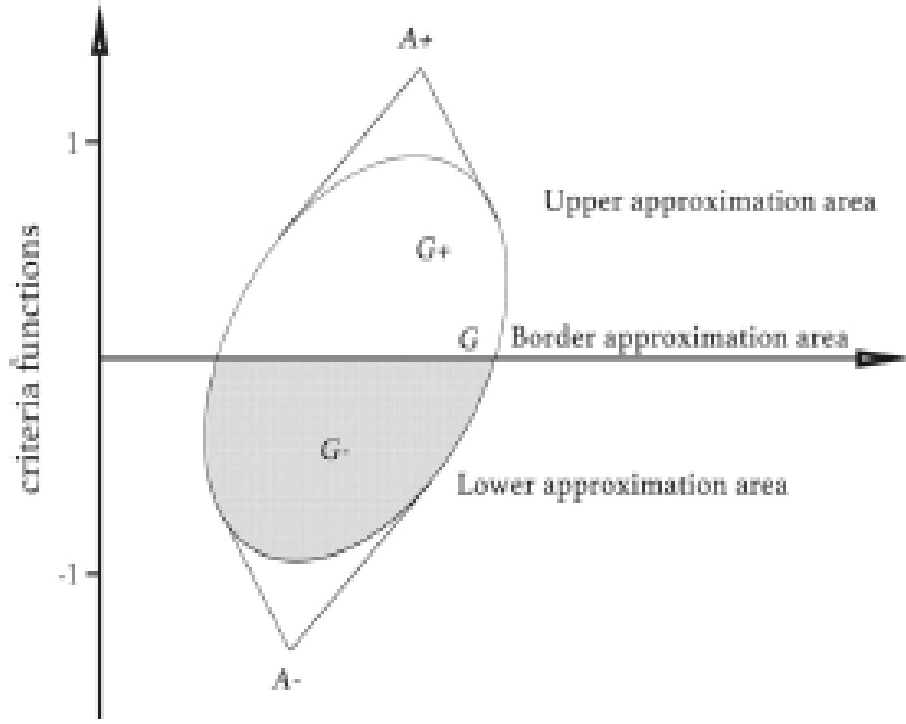
X tartışma uzayı, A ve B , X uzayı üzerinde tanımlı iki bulanık küme olsun. $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}, u_i \in [0,1]$ and $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}, v_i \in [0,1]$ olmak üzere; $m_A: U \rightarrow [0,1]$ ve $m_B: V \rightarrow [0,1]$ sırasıyla A ve B nin üyelik fonksiyonları olsun. O halde X tartışma uzayı üzerinde tanımlı bir Z-sayı kümesi, $Z = \langle A, B \rangle$ sıralı çifti ile tanımlanır. Burada A ; bilginin bulanık kısıtlaması ve B ; bilginin güvenilirlik ölçüsüdür.

1.3.2. Çok Kriterli Karar Verme

İyi ve zayıf problem çözücüyü belirleyebilecek birçok argüman olmasına rağmen bunlardan hangisinin hangi ölçüde işe koşulacağına yönelik somut araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bağlamda yukarıda açıklanan kriterlerden hangilerinin ne ölçüde işe koşulacağına yönelik bir algoritma geliştirmek bu araştırmanın temel amacını oluşturmaktadır. Bu amacı gerçekleştirmek için bulanık mantık temelli ÇKKV tekniklerinden yararlanılmıştır. ÇKKV, belirli kriterlere göre alternatifleri değerlendirmek, değerlendirmeleri birleştirmek, alternatifleri sıralamak ve buna göre alternatifler arasından en uygun ve en avantajlısını seçmek için çeşitli temel prosedürler altında gerçekleştirilir. Alanyazında ÇKKV için birçok teknik önerilmiştir. Bu tekniklerden bazıları WSM, WASPAS, TOPSIS, VIKOR, PROMETHEE, ELECTRE, COPRAS, EDAS, AHP, BWM ve FUCOM'dur. ÇKKV ortaya çıkmasından itibaren, sadece verilerin işlenmesi değil aynı zamanda verilerin güvenilirlik yönlerini de dikkate alan Z-sayısı üzerine birçok araştırma yapılmıştır.

1.3.2.1. Genişletilmiş MABAC

MABAC, yakın zamanda Belgrad Savunma Üniversitesi'ndeki araştırma merkezi tarafından geliştirilen ÇKKV yaklaşımı için nispeten yeni bir modeldir (Pamućar & Ćirović, 2015). MABAC son zamanlarda pek çok farklı alandaki problemlerin çözümünde alternatiflerin sırasını belirlemede yaygın olarak kullanılmaktadır (Ji vd., 2018; Şahin vd., 2020). MABAC metodu hem basit bir hesaplama tekniğine hem de insanın karar verme mantığına yakın sağlam bir yaklaşıma sahiptir. Bu yöntemin politikası, alternatifler için kriter fonksiyonları değerlerinin hesaplanmasına ve kriter fonksiyonunun sınır yaklaşım alanından uzaklığının tanımlanmasına dayanmaktadır. Buna göre, tüm alternatifler sınır (G), üst (G+) veya alt (G-) yaklaşım alanına dahil edilebilir (Şekil 1).



Şekil 1: Üst Yaklaşım Alanı G^+ , Alt Yaklaşım Alanı G^- , And Sınır Yaklaşım Alanı G nin Gösterimleri G^+ , G^- ve G Yaklaşım Alanlarının Sunumu

Daha sonra alternatifler sıralanabilir. MABAC metodunun ilk çalışması, basit hesaplama sürecini ve derinlemesine karşılaştırma ve duyarlılık analizleri yoluyla çözümdeki kararlılığını göstermiştir. Bugüne kadar, çeşitli belirsizlik teorileri ile birleştirilmiştir. Ayrıca yöntem, sağlık hizmeti atık işleme teknolojileri (Shi vd., 2017), hata modu ve etki analizi (Liu vd., 2019) ve hastane yönetimi (He, Du & Zhang, 2025) ile ilişkili çeşitli alanlarda uygulanmıştır. Bu nedenle özellikleri ve yetenekleri, hata modlarına öncelik vermek ve Hata Türleri ve Etkileri Analizi (FMEA) sürecindeki en önemli olanları belirlemek için bu tezde benimsenmiştir.

Z-sayılar MABAC modeli, klasik karar verme yöntemlerine göre bir dizi önemli avantaja sahiptir:

1. Belirsizliği ve Hassasiyeti Yönetme: Klasik modeller genellikle keskin, kesin sayılarla çalışır. Ancak gerçek dünya verileri ve insan değerlendirmeleri sıklıkla belirsizlik içerir (örn. “ortalama” bir not, “orta düzeyde” bir beceri). Z-sayılar MABAC, bu belirsizliği üyelik fonksiyonları aracılığıyla modeller. Değerlendirmelerdeki hassasiyet eksikliğini veya dilsel ifadelerdeki belirsizliği daha iyi yansıtır.
2. Sübjektif Değerlendirmelerin Entegrasyonu: Karar verme süreçlerinde uzman görüşleri veya sübjektif değerlendirmeler sıklıkla kullanılır. Z-sayılar mantık, bu tür dilsel değişkenleri (“Düşük”, “Orta”, “Yüksek” gibi) matematiksel olarak işleyebilen bir

- çerçeve sunar. Bu, insan uzmanlığının ve sezgisinin modellemeye dahil edilmesini kolaylaştırır.
3. Kriter Tipinin Otomatik Yönetimi: Klasik MABAC'ta fayda ve maliyet kriterleri için ayrı normalizasyon formülleri kullanılır ve bu durum bir hata olasılığı yaratabilir. Z-sayılar MABAC'ta ise, bir kriterin fayda mı yoksa maliyet mi olduğu, üyelik fonksiyonlarının ve durulaştırma aşamasında kullanılan temsilci değerlerin tanımlanmasıyla içselleştirilir. Yani, maliyet kriterinde düşük değerler iyi ise, bu durum bulanık setlerin ve durulaştırma değerlerinin atanmasıyla model tarafından otomatik olarak fayda yönlü bir etki olarak algılanır. Bu, modelin uygulamasını daha sağlam ve kullanıcı hatasına daha az açık hale getirir.
 4. Daha Nüanslı Değerlendirme: Bulanıklaştırma ve durulaştırma süreci, bir öğrencinin bir kriterdeki performansının sadece tek bir sayı yerine, farklı kategorilere (düşük, orta, yüksek) ne kadar ait olduğunu gösteren üyelik derecelerine dayanır. Bu, öğrencinin performansının daha zengin ve detaylı bir temsilini sunar. Örneğin, bir öğrenci ne tam olarak “Düşük” ne de tam olarak “Orta” olabilir, Z-sayılar mantık bu ara durumları yakalar.
 5. Karar Verme Sürecinin Şeffaflığı: Bulanıklaştırma ve durulaştırma adımları, karar verme sürecinin her aşamasını daha şeffaf hale getirebilir. Karar vericiler, bir alternatifin neden belirli bir sonuca ulaştığını, üyelik dereceleri ve durulaştırılmış değerler üzerinden daha kolay anlayabilirler.
 6. Belirsizliği ve Güvenilirliği Birlikte Modelleme: Klasik MABAC kesin sayılarla çalışırken, geleneksel bulanık MABAC yalnızca anlamsal belirsizliği (örn. “ortalama” bir notun kesin olmayan tanımı) üyelik fonksiyonları aracılığıyla yakalar. Ancak Z-sayılar MABAC, bilginin hem anlamını (bulanık kısıtlama) hem de bu bilginin güvenilirlik derecesini (reliability) bir arada ifade eden Z-sayılarını kullanır. Bu sayede, “bir kriterdeki performans yaklaşık olarak iyi ve ben bu değerlendirmeye oldukça eminim” gibi daha zengin ve gerçekçi ifadeler doğrudan modele dahil edilebilir. Bu, özellikle uzman görüşlerine dayalı değerlendirmelerde bilginin kalitesini ve kesinliğini göz önünde bulundurmayı sağlar.
 7. Daha Gerçeğe Yakın Karar Modellemesi: Gerçek dünya karar verme problemlerinde, elimizdeki veriler veya uzman görüşleri her zaman %100 güvenilir değildir. Bir uzman bir konuda “yüksek” dese bile, bu değerlendirmeye ne kadar güvendiği de önemlidir. Z-sayıları, bu güvensizliği veya kesinlik eksikliğini ayrı bir bileşen olarak modelleyerek, karar verme sürecini daha gerçekçi ve nüanslı hale getirir. Bu sayede,

- yüksek belirsizliğe veya düşük güvenilirliğe sahip veriler, nihai kararın üzerindeki etkileri açısından daha doğru bir şekilde ağırlıklandırılabilir.
8. Sağlamlık ve Hata Azaltma: Bilginin güvenilirlik boyutu dikkate alındığında, model, potansiyel olarak hatalı veya düşük güvenilirlikli verilere aşırı tepki vermekten kaçınabilir. Düşük güvenilirliğe sahip bir değerlendirme, nihai kararı daha az etkilerken, yüksek güvenilirliğe sahip değerlendirmelerin etkisi artırılır. Bu durum, modelin sağlamlığını artırır ve daha güvenilir karar sonuçları elde edilmesine yardımcı olur.
 9. Daha Kapsamlı Bilgi Kullanımı: Z-sayıları, karar vericilerden elde edilen bilginin daha eksiksiz bir şekilde kullanılmasına olanak tanır. Yalnızca “bu ne kadar iyi?” sorusuna değil, aynı zamanda “bu değerlendirmeye ne kadar eminsin?” sorusuna da yanıt arandığı için, toplanan veriden daha fazla değer çıkarılır. Bu ek bilgi, karar sürecinin doğruluğunu ve tutarlılığını artırabilir.
 10. Belirsizliğin Etkin Yönetimi ve Daha Gerçekçi Modelleme: Klasik MABAC, kesin ve net sayısal veriler üzerinden işlem yapar. Z-sayılar MABAC'ın üstünlüğü, Z-sayıları, bu niteliksel ve öznel değerlendirmeleri dilsel değişkenler ve üyelik dereceleri aracılığıyla doğrudan modellemeye olanak tanır. Bu, insan yargısının içsel belirsizliğini daha doğru bir şekilde yansıtır. Model, değerlendirmeleri keskin sayılara zorlamak yerine, bu bulanık doğayı koruyarak daha zengin ve gerçeğe yakın bir karar matrisi oluşturur.
 11. Kriter Tiplerinin (Fayda/Maliyet) Otomatik ve Kapsamlı Yönetimi: Klasik MABAC'ta, fayda ve maliyet kriterleri için farklı normalizasyon formülleri kullanmak zorunludur. Eğer bu ayrım gözden kaçırılır veya yanlış yapılırsa, nihai sıralama üzerinde önemli ve yanıltıcı etkileri olabilir. Z-sayılar MABAC, Z-sayıları ile genişletilmiş Bulanık MABAC'ta, maliyet kriterlerinin etkisi içselleştirilir. Yani, model bu kriter tipini otomatik olarak “anlar” ve dönüştürür. Bu, kullanıcı hatası riskini azaltır ve kriter tipleriyle ilgili ek manuel ayarlamalara gerek kalmadan daha sağlam bir süreç sunar. Elde ettiğimiz MABAC sonuçları, bu içselleştirilmiş yapının, kriter tipine göre sıralamayı tutarlı bir şekilde etkilediğini göstermektedir.
 12. Bilgi Açısından Zengin Karar Matrisi Temsili: Klasik MABAC'ta, her kriterdeki her bir alternatif tek bir kesin sayıyla temsil edilir. Örneğin, bir öğrencinin “Problem Çözme” becerisi doğrudan 12 gibi bir sayı olabilir. Bu, bazı bilgilerin kaybolmasına neden olabilir. Z-sayıları ve bulanık kümeler sayesinde, bir öğrencinin “Problem Çözme” becerisi “orta” ile “iyi” arasında bir yerlerde olabilir ve bu durum farklı üyelik dereceleriyle temsil edilir. Bu nüans, nihai sıralamanın daha adil ve öğrencinin gerçek potansiyelini daha iyi yansıtır hale gelmesine yardımcı olabilir.

1.4. ALANYAZIN SENTEZİ

Bu araştırma problem çözme ve ÇKKV yöntemlerini içeren iki odaklı bir araştırma olduğundan alanyazın sentezi iki başlıkta ele alınmıştır. İlk bölümde problem çözmeye yönelik araştırmalar açıklanmış, ikinci bölümde ise ÇKKV araştırmaları incelenmiştir.

1.4.1. Problem Çözmeye Yönelik Çalışmalar

Alanyazın incelendiğinde, problem çözme üzerine yapılan çalışmaların sayısının oldukça fazla olduğu görülmektedir. Problem çözme, yalnızca bir matematiksel beceri değil, aynı zamanda üst düzey düşünme süreçlerini içeren, bireyin karşılaştığı matematiksel sorunları sistematik biçimde ele almasını gerektiren bir süreçtir. Bu nedenle, problem çözmeye yönelik yürütülen araştırmalar, öğretim süreçlerinin geliştirilmesi açısından oldukça önemlidir.

Passolunghi ve Pazzaglia (2005), bu bağlamda gerçekleştirdikleri çalışmada, iyi problem çözücülerin çalışma belleği, dikkat ve bilgi işleme süreçlerinde daha başarılı olduklarını tespit etmişlerdir. Bu durum, problem çözmenin yalnızca matematiksel bilgi değil, bilişsel becerilerle de yakından ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır.

Tate ve Stanier (1964) ise çalışmalarında, öğrencilerin problem çözme performanslarına göre sınıflandırılmasının öğretim sürecini nasıl etkileyebileceğini tartışmışlardır. Onlara göre iyi ve zayıf problem çözücülerin bilişsel ve davranışsal farklılıklarının anlaşılması, öğretim ortamlarının bu doğrultuda yeniden yapılandırılmasına olanak sağlayacaktır.

Özdoğan (2024) tarafından yürütülen çalışmada ise, problemi anlama basamağında iyi ve zayıf problem çözücü öğrencilerin verilen problemi birkaç kez okudukları gözlemlenmiştir. İyi problem çözücü öğrencilerin problemi okurken önemli gördükleri yerleri tekrar okuyarak problem çözümüne ulaşip üstbiliş becerilerini kullandıkları görülmüşken zayıf problem çözücü öğrencilerin ise tüm problemi birkaç kez okudukları gözlemlenmiştir ve bu gözlemde üstbiliş yeteneklerini kullanmadıkları tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra, bazı araştırmalar iyi ve zayıf problem çözücülerin özelliklerini karşılaştırmalı olarak ele almıştır.

İyi ve zayıf problem çözücülerin belirlenmesi sürecinde ise literatürde ortak bir ölçme aracı ya da standart algoritmanın bulunmadığı görülmektedir. Bu durum, ilgili araştırmalarda örneklem seçiminde subjektifliğe ve temsil sorunlarına yol açabilmektedir. Bu nedenle, gelecekteki araştırmalar için, iyi ve zayıf problem çözücüyü daha objektif biçimde tanımlayabilecek bir ölçütler dizisine ya da algoritmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu noktada, ÇKKV yöntemlerinin sağlayabileceği katkılar dikkat çekmektedir.

1.4.2. Bulanık Mantık Üzerine Yapılan Çalışmalar

Son yıllarda ÇKKV'nin eğitim alanında kullanılmaya başlandığı görülmektedir. Bu yöntemler, öğrenci performansının değerlendirilmesi, öğretim yöntemlerinin karşılaştırılması ve eğitim politikalarının analiz edilmesi gibi birçok alanda uygulanabilmektedir. Ancak, ÇKKV yöntemlerinden biri olan MABAC metodu oldukça yeni bir yöntem olup, eğitim araştırmalarında uygulamasına yönelik sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. MABAC metodu, çok sayıda kriterin ve alt kriterin değerlendirildiği karmaşık karar verme süreçlerinde etkin biçimde kullanılmaktadır. Bu özelliği nedeniyle, iyi ve zayıf problem çözücülerin belirlenmesinde kullanılabilecek potansiyel bir yöntem olarak dikkat çekmektedir. Bu bağlamda, bu çalışmada Z-MABAC metodu kullanılarak, çoklu kriterlere dayalı olarak iyi ve zayıf problem çözücülerin daha nesnel ve sistematik biçimde belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu yaklaşım, hem problem çözme alanındaki değerlendirme süreçlerine yenilikçi bir katkı sunmakta hem de eğitim araştırmalarında ÇKKV yöntemlerinin kullanımına yönelik literatürdeki boşluğu doldurmayı hedeflemektedir. Eğitim alanında ÇKKV kullanımını içeren ve bu araştırma ile bağlantıları aşağıda açıklanmıştır.

Ertuğrul (2006), çalışmasında performans değerlendirme problemini belirsizlik ve öznel ölçütlerden dolayı bulanık mantık problemi olarak ele almıştır. Belirlenen problemin uygulama kısmında performans değerlendirme kavramını bulanık mantık yaklaşımı ile birleştirmiş ve bu yaklaşımı dört ayrı bölümde çalışan öğretim üyelerinin performansına uyarlamıştır. Akademik performanslarının değerlendirilmesinde klasik yöntemdeki dar sınıflandırmaya mantığı yerine bulanık mantık yaklaşımı esneklik sağladığı için bu yöntem kullanılmıştır ve öğretim üyelerinin verileri sözel olarak ifade edilen ölçütleri sayısallaştırıp değerlendirmektedir.

Kazu ve Özdemir (2009) çalışmasında öğrencilerin öğrenme stilli, zeka türü ve yeteneklerindeki bireysel farklılıklarını dikkate alarak yapay zeka teknolojilerinin kullanılabilirliğini araştırmıştır. Yapay zekanın bir türü olan bulanık mantık algoritmaları öğrenme stillerini kesin sınırlar arasından çıkarıp daha esnek sınırlar içerisinde öğrenmesini sağlamıştır. Bulanık mantık ile öğrencinin tek bir öğrenme stiline sahip olmadığını birden çok öğrenme stiline sahip olabileceği ortaya konulmuştur.

Çiçekli ve Karaçizmeli (2013) çalışmalarında üniversite öğrencilerinin akademik başarı seviyelerinin sadece not ortalamalarıyla değil aynı zamanda birden fazla kriterin kullanılması gerektiğini belirtmişlerdir ve en başarılı öğrencilerin belirlenebilmesi için bulanık analitik hiyerarşi süreci ile bir model oluşturmuşlardır. Bu model öğrencilerin işe alım süreçlerinde işletmelere yol gösterebilecek bir veri tabanı oluşturabilecektir ve öğrencilere danışmanlık hizmeti sağlamasına yardımcı olacaktır.

Lepore (2024) çalışmasında öğrencilerin matematiksel öğrenme süreçlerindeki bilişsel, duyuşsal ve davranışsal faktörlerin karmaşık etkileşimini ortaya koymak için çok boyutlu bir yaklaşımı vurgulamaktadır. Matematik eğitiminde; bulanık bilişsel haritalar aracılığı ile öğrencilerin bilişsel süreçlerini modelleyebilmek için bir yaklaşım sunmuştur.

Wang, Chen ve Yu (2025) öğrencilerin sosyal medya aracılığıyla bilgi paylaşma niyetlerini etkileyen unsurları itme-çekme teorisi çerçevesinde ele almış ve bulanık küme nitel karşılaştırmalı analiz (fsQCA) yöntemi kullanarak analiz etmiştir. Araştırmada, öğrencilerin bilgi paylaşım davranışlarının kişisel alışkanlıklar, teknoloji kabulü ve sosyal medya platformlarının teknik özellikleri gibi çeşitli faktörlerden etkilendiği ortaya konmuştur. Ayrıca, yüksek bilgi paylaşma niyetiyle ilişkili üç farklı model ve beş yapılandırma belirlenmiş, özellikle düşük alışkanlık düzeyi ve yüksek görev-teknoloji uyumu kritik etkenler olarak bulunmuştur. Bu çalışma, eğitim ortamlarında öğrencilerin davranışlarının çok boyutlu olarak değerlendirilmesinde bulanık mantığın etkili bir yöntem olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Benzer şekilde, bu araştırma da öğrencilerin problem çözme becerilerini değerlendirmede çoklu kriterlerin dikkate alınması ve bulanık mantık temelli modellerin kullanılmasının önemini vurgulayan metodolojik bir temel sağlamaktadır.

Wei, Wang, Wijaya, Su ve Chen, (2025) ortaöğretim öğrencilerinin problem kurmalarını etkileyen faktörleri Planlı Davranış Teorisi çerçevesinde incelenmiş ve karma yöntem kullanılarak veri toplanmıştır. Yapısal eşitlik modellemesi ve Bulanık Küme Nitel Karşılaştırmalı Analiz (fsQCA) ile yapılan analizler sonucunda, öğrencilerin matematiksel inançları, matematikten keyif alma düzeyleri, öz-yeterlikleri, matematik kaygıları ve öznel normlarının problem kurma davranışları üzerinde belirleyici olduğu bulunmuştur. Ayrıca, problem kurma davranışının farklı faktörlerin çeşitli kombinasyonlarıyla ortaya çıkabileceği belirlenmiştir. Bu çalışma, araştırmamız açısından önemlidir çünkü hem problem kurma becerisini etkileyen faktörlerin çok boyutlu olarak ele alınmasını hem de fsQCA yönteminin eğitim araştırmalarında uygulanabilirliğini göstermektedir. Bizim araştırmamızda da iyi ve zayıf problem çözücülerin belirlenmesinde bulanık mantık temelli bir yaklaşım kullanılmaktadır. Dolayısıyla, bu çalışma problem kurma ve çözme süreçlerinin değerlendirilmesinde çoklu kriterlere dayalı sistematik yaklaşımların önemine vurgu yapması bakımından tezimizin kuramsal çerçevesine ve yöntemine katkı sağlamaktadır.

Sonuç olarak bulanık mantık, eğitimde öğrencilerin performansını ve öğrenme süreçlerini daha esnek ve doğru bir şekilde analiz edebilmek için önemli bir yöntem sunmaktadır. Bu yaklaşım, akademik başarıyı yalnızca geleneksel ölçütlerle sınırlamadan, daha geniş bir perspektiften değerlendirmeyi mümkün kılmaktadır.

İKİNCİ BÖLÜM

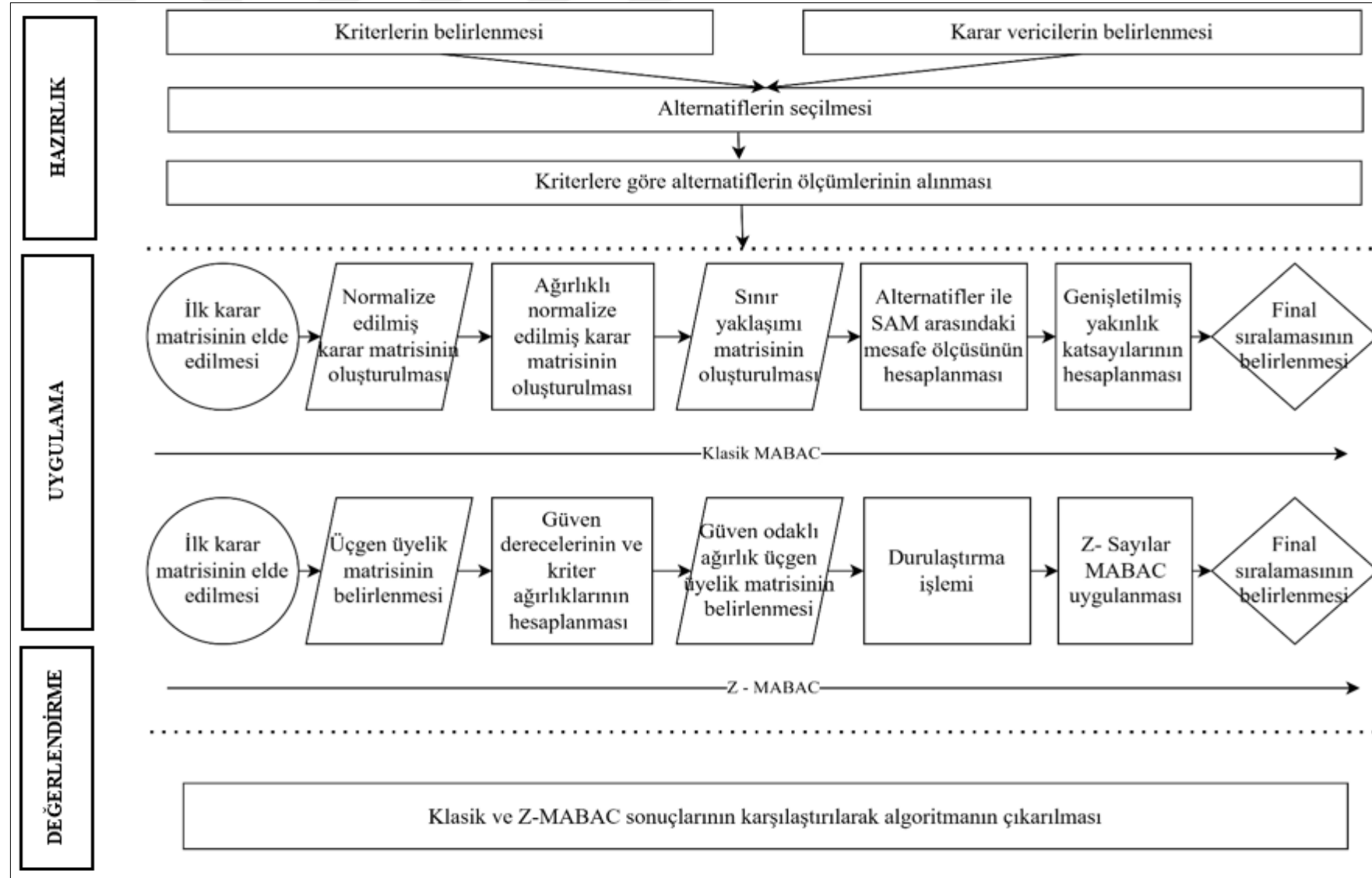
2. YÖNTEM

Çalışmanın bu bölümünde araştırma modeli, katılımcılar, veri toplama araçları, süreç ve veri analizi hakkında bilgi verilmiştir.

2.1. ARAŞTIRMA MODELİ

Çalışmada nitel araştırma desenlerinden durum çalışması modeli kullanılmıştır. Stake (2003) durum çalışmasını; bireysel bir durumun ayrıntılı olarak incelenmesi olarak tanımlamıştır. Yıldırım ve Şimşek'e (2011) göre ise durum çalışmasında bir duruma ilişkin etkenler (ortam, bireyler, olaylar, süreçler vb.) bütüncül bir yaklaşımla araştırılır, bu etkenlerin ilgili durumu nasıl etkiledikleri ve ilgili durumdan nasıl etkilendikleri üzerine odaklanılır. Yin (1984) durum çalışmasını bütüncül tek durum çalışmaları, iç içe geçmiş tek durum çalışmaları, bütüncül çoklu durum çalışmaları ve iç içe geçmiş çoklu durum çalışmaları olarak dört gruba ayırmaktadır. Bu çalışmada iç içe geçmiş çoklu durum çalışması kullanılmıştır. Bu durumda birden fazla vakanın alt vakalara ayrılarak incelenmesi ve karşılaştırmalar yapılması söz konusudur. Bu çalışmada Z-MABAC metodu yardımıyla iyi ve zayıf problem çözücünün belirlenmesi amaçlandığından ilk olarak alanyazın taraması yapılarak iyi ve zayıf problem çözücüyü ayırt edebilecek kriterler ve bu kriterlere bağlı alt kriterler belirlenmiştir. Bu kriterlere göre karşılaştırılacak alternatifler seçilmiştir. Çalışma kapsamında iyi ve zayıf problem çözücünün birden fazla vakanın alt vakalara ayrılarak incelenmesi ve karşılaştırmalar yapılması hedeflendiğinden bu model tercih edilmiştir. Araştırma süreci Şekil 2'de gösterilmiştir.

Bu araştırma süreci üç aşamadan oluşmaktadır. Hazırlık aşamasında karar verme problemlerinde kullanılacak kriterlerin ve karar vericilerin belirlenmesiyle başlamakta, ardından alternatiflerin seçimi ve bu alternatiflerin kriterlere göre ölçümlerinin alınmasıyla devam etmektedir. Uygulama aşamasında klasik MABAC metodu ile ilk karar matrisi oluşturulmakta, normalizasyon ve ağırlıklandırma işlemleri yapılarak sınır yaklaşımı matrisi elde edilmekte ve alternatiflerle bu matris arasındaki mesafeler hesaplanarak genişletilmiş yakınlık katsayıları bulunmakta ve nihai sıralama belirlenmektedir. Z-MABAC metodunda ise yine ilk karar matrisi oluşturulmakta, üçgen üyelik fonksiyonları yardımıyla belirsizlikler modellenmekte, güven dereceleri ve kriter ağırlıkları hesaplanarak güven odaklı ağırlıklı üçgen üyelik matrisi elde edilmekte, durulaştırma işlemi uygulanarak Z-sayılar MABAC metodu devreye sokulmakta ve son sıralama elde edilmektedir. Son aşamada ise Klasik MABAC ve Z-MABAC metodlarıyla elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak algoritmanın nihai değerlendirmesi yapılmaktadır.



Şekil 2: Araştırma Süreci

2.2. KATILIMCILAR

Çalışmada hem karar vericiler hem de alternatifler çalışmanın katılımcılarını oluşturmaktadır. Çalışmanın karar vericilerini belirlemek için SCOPUS veri tabanında tarama yapılarak Türkiye adresli yazarlar sıralanmıştır. Yayın sırasına göre ilk 10 da yer alan yazarlar belirlenerek 1'den 10'a kadar olan yazarlara sırasıyla ulaşılmıştır. Bu yazarlardan karar verici olmayı kabul eden dört yazar karar verici olarak belirlenmiştir. Karar vericilerin ikisi matematik eğitimi alanında çalışan profesör, diğer ikisi de matematik eğitimi alanında çalışan doçenttir.

Çalışmaya Türkiye'nin kuzeydoğusu ilindeki bir ortaokulun 8. sınıfında öğrenim gören yedi öğrenci katılmıştır. ÇKKV araştırmalarında karar alıcıların rahatlıkla ele alabilecekleri, kapsamlı ancak yönetilebilir bir alternatif sayısı hedeflenir. Bu sayı genellikle 5 ila 7 arasında değişebilir (Çelikkalek & Özdemir, 2020). Bunun için resmi izinler alındıktan sonra ilk olarak Bayburt ilindeki ortaokullardan biri rastgele seçilerek bu okuldaki 8. Sınıf şubelerinden biri yine rastgele yolla belirlenmiştir. Ardından bu sınıftaki öğrencilerden çalışmaya katılmaya gönüllü olan öğrenciler matematik dersi başarılarına (son dönem matematik karne puanları) göre sıralanmıştır. Başarı sırası oluşturulduktan sonra öğrenciler yedi gruba ayrılmıştır. Her bir gruptan rastgele bir öğrenci seçilmiştir. Böylece yedi öğrenci çalışmanın katılımcılarını oluşturmuştur. Öğrenciler için (Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö7) kod isimleri kullanılmıştır.

Çalışmaya katılan öğrencilerin 5'i kız 2'si erkektir. Araştırma katılımcıları sosyoekonomik durumları açısından çeşitlilik göstermektedir. İki öğrenci sosyoekonomik olarak daha avantajlı konumda olup diğer öğrencilerin durumları ise diğer iki öğrenciye göre daha dezavantajlı konumdadır. Akademik başarı düzeyleri de farklılık göstermektedir; üç öğrenci (Ö7, Ö4, Ö3) yüksek başarı gösterirken dört öğrenci (Ö1, Ö2, Ö5, Ö6) daha düşük başarı seviyesindedir. Katılımcıların etnik kimlikleri benzer olup bu faktörün akademik başarı üzerindeki etkisi araştırma kapsamında değerlendirilmemiştir. Bu özellikler, öğrencilerin öğrenme süreçlerini ve başarılarını şekillendiren önemli etkenler olarak incelenmiştir.

Çalışmada 8. Sınıf öğrencilerinin seçilmesinin nedenleri ise şöyledir:

- i. Liseye geçiş sınavına girecek olmaları nedeniyle problem çözme becerilerinin değerlendirilmesinin önemli olması,
- ii. Uluslararası düzeyde yapılan sınavlarda ortaokul öğrencilerini temsilen 8. Sınıfların alınması,
- iii. Ortaokulu tamamlamış olmaları nedeniyle ortaokul öğrencilerini temsil edebilecek olması.

2.3. VERİ TOPLAMA ARAÇLARI

Çalışmanın verilerinin toplanmasında bilişsel, duyuşsal ve çevresel faktörler için ayrı ayrı yol izlenmiştir. Aşağıda her bir faktör için veri toplama araçları belirtilmiştir.

2.3.1. Bilişsel Kriterler İçin Veri Toplama Araçları

Bilişsel kriterler için problem çözme başarı testi, matematik başarısı ve üstbiliş belirlenmiştir.

2.3.1.1. Problem çözme testi

Çalışmada öğrencilerin problem çözme becerilerini belirlemek için Öztürk, Akkan ve Kaplan (2020) tarafından ortaokul öğrencileri için geliştirilen problem çözme beceri testi kullanılmıştır. Bu test problem çözme üzerine son yıllarda sıklıkla kullanılmakta olup testte matematikteki öğrenme alanlarından bağımsız olarak rutin olmayan problemler içermesi testin tercih nedenidir. Araştırmacılar testin kapsam geçerlik oranını .72 olarak hesaplamıştır. Testte madde analizleri yapılmış olup testin ortalama madde ayırt edicilik indeksi .32 ve ortalama madde güçlük indeksi .22 olarak raporlanmıştır. Problem çözme testinin maddeleri Ek-2’de sunulmuştur.

Problem çözme testinin puanlanmasında araştırmacılar tarafından geliştirilen bütüncül dereceli puanlama anahtarı kullanılmıştır. Bütüncül dereceli puanlama anahtarına ilişkin açıklamalar Tablo 2’de açıklanmıştır.

Tablo 2: Bütüncül Dereceli Puanlama Anahtarına İlişkin Açıklamalar

Puan	Açıklama
6	➤ Problemi eksiksiz (doğru) çözer. ➤ Gerekli muhakemeyi yapar. ➤ Gerekli açıklamalarla cevabın doğruluğunu gösterir.
5	➤ Problemin çözümünü son aşamaya getirir ancak sonuca ulaşamaz.
4	➤ Beklenen muhakemeyi kullanır ancak sonuca ulaşamaz. ➤ Beklenen doğru sonuca ulaşır ancak soru kökünü doğru anlamaz.
3	➤ Rastgele değerlerle problemin çözümünü belirli bir seviyeye getirir. ➤ Beklenen muhakemeyi kullanır ancak doğru sonuca ulaşamaz ve yanlış işlemler yapar.
2	➤ Beklenen muhakemenin yalnızca bir kısmını kullanıp devam edemez. ➤ Sayıları rastgele kullanır veya yanlış hesaplamalar yapar.
1	➤ Soruda verilen değerler rastgele işlenir. ➤ Beklenen muhakemeyi gösteremez.
0	➤ Cevabı boş bırakır veya herhangi bir cevap yazar.

2.3.1.2. Matematik başarısı

Öğrencilerin matematik başarısını belirlemek için son dönem matematik karne notları değerlendirmeye alınmıştır. Bu notlar öğretmen tarafından verilmiş olup okul idaresi tarafından onaylanmıştır. Bu notlar 0-100 aralığında puanlardan oluşmaktadır. Notların oluşmasında öğretmenin yıl içerisinde yaptığı iki yazılı sınav ve üç ders içi katılım puanı ile oluşmuştur. Yazılı sınav puanların %70'i, ders içi katılım puanlarının %30'u dahil edilerek toplam puan hesaplanır.

Yazılı sınavlardan birisi il genelindeki ortak sınav, diğeri de T.C. Millî Eğitim Bakanlığı tarafından yapılan ortak sınav notudur. Ders içi katılımlardan ikisi öğretmen tarafından öğrencilerin ders içerisine aktif katılım durumları dikkate alınarak verilmiş üçüncüsü ise verilen performans görevine göre oluşturulmuştur. Bu çalışmaya dahil edilen öğrenciler için proje notu mevcut değildir. Böylece öğrencilerin tümünün eşit şartlarda değerlendirilmesi sağlanmıştır. Öğrencilerin ders içi katılımları ve sınav puanlarının değerlendirilmeye katılmasıyla birlikte bütüncül bir ölçme yapılmıştır.

2.3.1.3. Problem çözmede üstbilişsel beceriler ölçeği

Öğrencilerin üstbilişsel becerilerin belirlenmesinde Öztürk ve Sarıkaya (2023) tarafından geliştirilen problem çözmede üstbilişsel beceriler ölçeği kullanılmıştır. Bu ölçek problem çözme sürecindeki üstbilişsel becerileri ölçen tek ölçek olması nedeniyle tercih edilmiştir. Ölçek 9 maddeden oluşmaktadır. Ölçeğe “Her zaman. (5),” “Genellikle. (4),” “Bazen. (3),” “Ara sıra. (2),” ve “Hiçbir zaman. (1)” olmak üzere beşli likert tipi derecelendirme yanıt kategorisi eklenmiştir. Ölçekte ters madde bulunmamaktadır. Ölçekten alınabilecek maksimum puan 45; minimum puan 9'dur. Ölçekteki en düşük madde faktör yükü .61 ve ölçeğin açıkladığı varyans oranı %56 olarak belirlenmiştir.

2.3.2. Duyuşsal Kriterler İçin Veri Toplama Araçları

Çalışmada duyuşsal kriterler için matematik tutumu ve matematik kaygısı belirlenmiştir. Duyuşsal kriterler için kullanılacak ölçekler aşağıda açıklanmıştır.

2.3.2.1. Matematik tutum ölçeği

Öğrencilerin matematik tutumlarını ölçmek amacıyla Önal (2013) tarafından geliştirilen matematik tutum ölçeğinden yararlanılacaktır. Ölçek 22 madde, dört faktörden oluşmaktadır. Bu faktörler; ilgi, kaygı, çalışma ve gereklilik şeklinde belirlenmiştir. Ölçek maddeleri beşli likert tipli olup “Tamamen Katılıyorum”, “Katılıyorum”, “Kararsızım”, “Katılmıyorum” ve “Kesinlikle Katılmıyorum” şeklindedir. Ölçekten alınacak en yüksek puan 110, en düşük puan

ise 22'dir. Tüm ölçek için iç tutarlılık katsayısı (Cronbach's alpha katsayısı) .90 bulunmuştur. Ölçeği oluşturan faktörlerin iç tutarlılık katsayısı (Cronbach's alpha katsayısı) ise, sırasıyla "İlgi" için 0,89 (madde sayısı 10), "Kaygı" için 0,74 (madde sayısı 5), "Çalışma" için 0,69 (madde sayısı 4), "Gereklilik" için ise 0,70 (madde sayısı 3) şeklindedir. Aynı zamanda doğrulayıcı faktör analizi ile ölçeğin dört faktörlü bir yapı oluşturduğu doğrulanmıştır.

2.3.2.2. Matematik kaygı ölçeği

Öğrencilerin matematik kaygılarını belirlemek için Akcakin, Cebesoy ve İnel (2015) tarafından geliştirilen matematik kaygı ölçeği kullanılmıştır. Şahin ve Öztürk (2019) MABAC metodunu kullanarak ideal matematik kaygısını ölçeğini belirledikleri araştırmada bu ölçeğin matematik kaygısını belirlemede ideal ölçek olduğunu ortaya koymuştur. Bu nedenle araştırmada bu ölçek kullanılmıştır. Ölçek öğretmen adaylarına yönelik geliştirilmiş olup, ölçeğin maddeleri incelendiğinde ortaokul öğrencileri için de ölçeğin kullanılabilir olduğu görülmektedir. Bu nedenle uygulama öncesinde doğrulayıcı faktör analizi yapılmış ve yapının doğrulanmasının ardından ölçek uygulanmıştır. Ölçek geliştiriciler ölçekte hesaplanan en küçük madde faktör yükü değerini .46 olarak hesaplamıştır. Ölçeğin iç tutarlık katsayısını ise .91 olarak hesaplamıştır. Bu doğrultuda ölçeğin geçerli ve güvenilir olduğu tespit edilmiştir.

2.3.2.3. Matematik öz yeterlik ölçeği

Öğrencilerin matematik öz yeterlik algılarını incelemek amacıyla Işıksal ve Aşkar (2003) tarafından geliştirilen matematik öz yeterlik algısı ölçeği kullanılmıştır. Üç boyutlu olan bu ölçek günlük yaşam örnekleri ve ünite konuları olmak üzere iki ayrı başlık içerip her ikisi de beşer maddeden oluşmaktadır. Ölçeğe: “Kendime her zaman güvenirim. (5)”, “Çoğunlukla güvenirim. (4)”, “Bazen güvenirim. (3)”, “Nadiren güvenirim. (2)” ve “Hiç güvenmem. (1)” olmak üzere beşli likert tipi derecelendirme yanıt kategorisi eklenmiştir. Ölçekten alınabilecek maksimum puan 50; minimum puan ise 10'dur. Ölçeğin madde faktör yüklerinin .36'nın üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Toplanan veriler için Cronbach α katsayısı .84 olarak hesaplanmıştır.

2.3.3. Çevresel Kriterler İçin Veri Toplama Araçları

Çevresel etkinin değerlendirilmesinde öğretmen görüş formu, ebeveyn görüş formu ve akran değerlendirme formu kullanılmıştır.

2.3.3.1. Öğretmen görüş formu

Öğretmenlerin öğrencilerinin problem çözme sürecinde iyi veya zayıf olduğunun belirlenmesinde kullanılmak üzere araştırmacılar tarafından öğretmen görüş formu

oluşturulmuştur. Form iyi ve zayıf problem çözücüyü ayırt etmeye yönelik alanyazından yararlanılarak hazırlanmıştır. Form hazırlandıktan sonra üç matematik eğitimi uzmanına (bir profesör, iki doçent) sunularak soruların amaca uygun olup olmadığını değerlendirmeleri istenmiştir. Uzmanlar formun uygun olduğunu ifade etmiştir. Ardından form bu araştırmanın örnekleminde yer almayan üç öğretmene uygulanarak uygulanabilirliği değerlendirilmiştir. Öğretmenler seçtikleri bir öğrenci için formu doldurmuşlardır. Öğretmenler testteki maddelerin anlaşılır olduğunu ifade etmiştir.

2.3.3.2. Ebeveyn görüş formu

Ebeveynlerin çocuklarının problem çözme sürecinde iyi veya zayıf olduğunun belirlenmesinde kullanılmak üzere araştırmacılar tarafından ebeveyn görüş formu oluşturulmuştur. Form iyi ve zayıf problem çözücüyü ayırt etmeye yönelik alanyazından yararlanılarak hazırlanmıştır. Form hazırlandıktan sonra üç matematik eğitimi uzmanına (bir profesör, iki doçent) sunularak soruların amaca uygun olup olmadığını değerlendirmeleri istenmiştir. Uzmanlar formun uygun olduğunu ifade etmiştir. Ardından form bu araştırmanın örnekleminde yer almayan üç ebeveyne (iki anne ve bir baba) uygulanarak formun uygulanabilirliği değerlendirilmiştir. Ebeveynler çocukları için formu doldurmuşlardır. Ebeveynler testteki maddelerin anlaşılır olduğunu ifade etmiştir.

2.3.3.3. Akran görüş formu

Öğrencilerin problem çözme sürecinde iyi veya zayıf olduğunun belirlenmesinde kullanılmak üzere araştırmacılar tarafından akran görüş formu oluşturulmuştur. Form iyi ve zayıf problem çözücüyü ayırt etmeye yönelik alanyazından yararlanılarak hazırlanmıştır. Form hazırlandıktan sonra üç matematik eğitimi uzmanına (bir profesör, iki doçent) sunularak soruların amaca uygun olup olmadığını değerlendirmeleri istenmiştir. Uzmanlar formun uygun olduğunu ifade etmiştir. Ardından form bu araştırmanın örnekleminde yer almayan üç öğrenciye uygulanarak uygulanabilirliği değerlendirilmiştir. Öğrenciler seçtikleri bir arkadaşı (akranı) için formu doldurmuşlardır. Öğrenciler testteki maddelerin anlaşılır olduğunu ifade etmiştir.

2.4. SÜREÇ

Çalışma kapsamında öğrencilere ait veriler ders dışı sürelerde toplanmıştır. Öğrencilerin tamamı bir aradayken problem çözme başarı testi uygulanmıştır. Devamında üstbiliş ölçeği uygulanmıştır. Başarı testi ve üstbiliş ölçeğinin uygulanması yaklaşık bir ders saati (40 dakika) sürmüştür. Öğrencilerin okul yönetim sistemi üzerinden kendi izinleri alındıktan sonra son dönem başarı puanları da alınmıştır.

2.5. VERİ ANALİZİ

Çalışmanın ilk olarak karar vericiler belirlenerek, kriterler için önem ağırlıkları hesaplanmıştır. Karar vericiler belirlendikten sonra katılımcılar bölümünde belirtilen kriterlere uygun olarak alternatifler belirlenmiştir. Klasik MABAC ve Z-MABAC yöntemleri kullanılarak hem nesnel hem de öznel bilginin hesaba katıldığı bir hibrit yaklaşım ile tüm ana ve alt kriterlerin önem ağırlıkları belirlenmiştir.

2.5.1. Z-Sayılar MABAC Modelinin Uygulanması

Z- Sayılar MABAC (Genişletilmiş MABAC) için aşağıdaki adımlar izlenecektir.

2.5.1.1. İlk karar matrislerinin elde edilmesi

r_{ij} ; A_i alternatifin C_j kriterine göre performans değerini göstermek üzere, $R = (r_{ij})_{m \times n}$ karar matrisi aşağıdaki şekilde verilmiştir.

$$R = (r_{ij})_{m \times n} = \begin{bmatrix} r_{11} & \cdots & r_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Karar vericiler tarafından yapılan değerlendirmelerde, kriterler önem derecelerine göre 1'den 9'a kadar puanlanmıştır. Bu puanlama sisteminde 1 en önemli, 9 ise en az önemli kriteri temsil etmektedir. Ancak bu tür bir sıralamada, verilen puanların doğrudan kullanılması kriterlerin göreceli önemini doğru şekilde yansıtmamaktadır. Bu nedenle, puanların tersine çevrilmesi gerekmektedir. Literatürde bu tür durumlarda genellikle

$$N + 1 - (\text{Verilen Puan}) \quad (2)$$

formülü kullanılmaktadır. Çalışmamızda puanlama aralığı 1–9 olduğundan, kriterlerin düzeltilmiş önem puanları;

$$10 - (\text{Verilen Puan})$$

formülü ile hesaplanmıştır. Böylece 1 puan alan kriter en yüksek (9) önem puanına, 9 puan alan kriter ise en düşük (1) önem puanına dönüştürülmüştür.

Elde edilen bu düzeltilmiş puanlar, karar vericilerin her bir kriter için verdikleri önem derecelerinin toplamı alınarak bir araya getirilmiştir. Son aşamada ise, bu toplam değerler normalize edilerek kriterlerin göreceli ağırlıkları belirlenmiştir. Bu yöntem, hem karar vericilerin önceliklendirme mantığını korumakta hem de ağırlıkların karşılaştırılabilir ve matematiksel açıdan tutarlı bir şekilde elde edilmesini sağlamaktadır.

2.5.1.2. Karar matrislerinin normalleştirilmesi

Normalleştirme, farklı ölçü birimlerine sahip kriterleri karşılaştırılabilir hale getirir. Fayda Kriterleri (K1, K2, K3, K4, K6, K7, K8, K9) için normalleştirilmiş değer;

$$y_{ij} = \frac{r_{ij} - \min(r_{ij})}{\max(r_{ij}) - \min(r_{ij})}, i = 1, 2, \dots, 7; j = 1, 2, \dots, 9 \quad (3)$$

Maliyet Kriteri (K5) için normalleştirilmiş değer;

$$y_{ij} = \frac{\max(r_{ij}) - r_{ij}}{\max(r_{ij}) - \min(r_{ij})}, i = 1, 2, \dots, 7; j = 1, 2, \dots, 9 \quad (4)$$

Formülleriyle hesaplanır. Normalleştirilmiş değerler, ilgili kriter ağırlıkları ile çarpılarak ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi oluşturulur. Aşağıdaki formül kullanarak hesaplama yapılır;

$$V = v_{ij} = (y_{ij} + 1) \times w_j \quad (5)$$

MABAC metodunun orijinal formülasyonunda G değeri genellikle geometrik ortalama ile hesaplanmaktadır. Bununla birlikte, bu çalışmada geometrik ortalama yerine aritmetik ortalamanın kullanılması tercih edilmiştir. Bu tercihin temel nedeni, değerlendirme sürecinde kullanılan değerlerin 0–1 aralığında normalize edilmiş ve ağırlıklandırılmış olmasıdır. Geometrik ortalama, özellikle farklı büyüklükteki değerler arasında çarpımsal bir ilişkiyi öne çıkarırken, düşük değerlerin sonuç üzerinde orantısız bir şekilde baskın olmasına yol açabilmektedir. Oysa aritmetik ortalama, normalize edilmiş ve ağırlıklandırılmış değerlerin katkısını doğrusal biçimde yansıtarak her bir kriterin görelî etkisinin daha dengeli biçimde hesaplanmasına olanak tanır. Bu doğrusal yapı, çalışmanın bağlamına daha uygun bir değerlendirme mantığı sağlamaktadır.

$$G = \left(g_j = \frac{1}{7} \times \sum_{i=1}^7 v_{ij} \right) (i = 1, 2, \dots, 7; j = 1, 2, \dots, 9) \quad (6)$$

2.5.1.3. Kriter ağırlıklarının hesaplanması

Kriter ağırlıklarının belirlenmesi, ÇKKV problemlerinin ele alınmasında en kritik ve karmaşık süreçlerden biridir. Birçok çalışmada kullanılan en kolay yol kriterlere eşit ağırlık vermektir. Ancak kriterlerin değerlendirilmesi farklı görüşler ve anlamlar içerdiğinden, her bir değerlendirme kriterinin eşit öneme sahip olduğunu düşünülemez. Kriter ağırlıklarını elde etmek için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemler üç kategoriye ayrılır: öznel ağırlıklandırma yöntemleri, nesnel ağırlıklandırma yöntemleri ve hibrit ağırlıklandırma

yöntemleri. Bu çalışmada hibrit kriter ağırlıklandırma yöntemlerinden Borda yöntemi kullanılmıştır.

Borda yöntemi

Varsayalım ki karar süreci için s karar verici olsun. Herbir D_k ($k = 1, 2, \dots, s$) karar vericiden herbir C_j ($j = 1, 2, \dots, n$) kriteri için bir değerlendirme yapmaları istensin ve bu değerlendirme ξ_{kj} ile verilsin. O halde yapılan değerlendirmelerden Borda yöntemi yardımıyla objektif ağırlık bilgisi $\varpi = (\varpi_1, \varpi_2, \dots, \varpi_n)$;

$$\varpi_j = \frac{\sum_{k=1}^s \xi_{kj}}{\sum_{j=1}^n (\sum_{k=1}^s \xi_{kj})} \quad (7)$$

ile hesaplanır.

Tablo 2’de karar vericiler tarafından sağlanan puanlar kullanılarak kriter ağırlık bilgisi hesaplanır. Bu süreç aşağıda sunulmuştur.

Öncelikle her bir kriterin tüm karar vericilerden aldığı tersine çevrilmiş puanlar toplanır;

- K1 için $9 + 9 + 4 + 8 = 30$ • K4 için $4 + 4 + 6 + 4 = 18$ • K7 için $2 + 2 + 1 + 2 = 7$
- K2 için $7 + 7 + 5 + 9 = 28$ • K5 için $3 + 6 + 4 + 8 = 21$ • K8 için $1 + 1 + 2 + 1 = 5$
- K3 için $6 + 6 + 9 + 7 = 28$ • K6 için $5 + 8 + 8 + 6 = 27$ • K9 için $3 + 3 + 3 + 5 = 14$

Şimdi her bir kriterin toplam tersine çevrilmiş puanını, tüm kriterlerin toplam tersine çevrilmiş puanına bölerek ağırlıkları (W) elde edelim.

Tüm Tersine Çevrilmiş Puanların Toplamı $30 + 28 + 28 + 18 + 21 + 27 + 7 + 5 + 14 = 178$

- $w_1 = 30 / 178 \approx 0.1685$ • $w_4 = 18 / 178 \approx 0.1011$ • $w_7 = 7 / 178 \approx 0.0393$
- $w_2 = 28 / 178 \approx 0.1573$ • $w_5 = 21 / 178 \approx 0.1180$ • $w_8 = 5 / 178 \approx 0.0281$
- $w_3 = 28 / 178 \approx 0.1573$ • $w_6 = 27 / 178 \approx 0.1517$ • $w_9 = 14 / 178 \approx 0.0787$

Yukarıdaki hesaplama doğrultusunda kriter ağırlıkları Tablo 3’te gösterilmiştir.

Tablo 3: Kriter Ağırlıkları

Kriter	w1	w2	w3	w4	w5	w6	w7	w8	w9
Ağırlık	0,1685	0,1573	0,1573	0,1011	0,1180	0,1517	0,0393	0,0281	0,0787

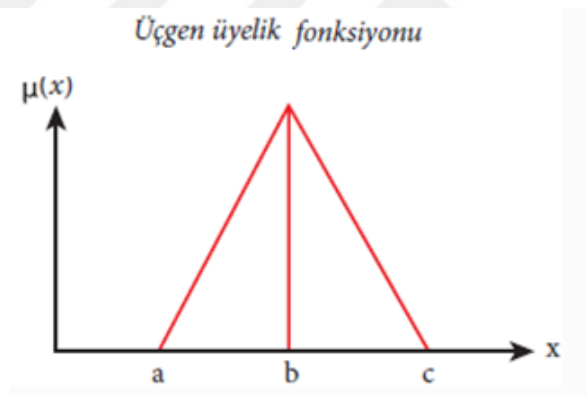
2.5.1.4. Üçgen üyelik matrisinin belirlenmesi

Üçgen Üyelik Fonksiyonları İçin Aralıkların Belirlenmesi

Her bir kriter için “düşük”, “orta” ve “yüksek” üyelik fonksiyonlarının tepe noktalarını ve taban genişliklerini (yani üçgenin başlangıç ve bitiş noktalarını) belirlenir. Burada önemli olan, sınır değerlerden kaçınmak ve geçişleri daha doğal hale getirmektir. Bunu yapmak için, her kriterin genel dağılımına bakarak sezgisel olarak veya basit bir bölümlleme ile aralıklar belirlenebilir.

Genel bir yaklaşım olarak, $[Min, Max]$ aralığını yaklaşık olarak üç eşit parçaya bölerek başlangıç noktaları belirleyebiliriz. Ancak tam sınır değerlerinden kaçınmak için biraz esneklik tanımlanabilir.

Aşağıda her bir kriter için belirlenen üçgen üyelik fonksiyonu aralıkları (a, b, c) verilmiştir, burada b üçgenin tepe noktasıdır (üyelik derecesinin 1 olduğu nokta), a ve c ise üçgenin tabanını oluşturan sıfır üyelik derecesi noktalarıdır (Şekil 3).



Şekil 3: Üçgen Üyelik Fonksiyonu

Üç üyelik fonksiyonunun değerlerine ilişkin açıklama Tablo 4'te sunulmuştur.

Tablo 4: Üçgen Üyelik Fonksiyonunun Değerlerinin Açıklaması

Düşük (Low): (Min, b_düşük , c_düşük)	Orta (Medium): (a_orta, b_orta, c_orta)	Yüksek (High): (a_yüksek, b_yüksek, Mak)
b düşük: Düşük aralığın merkezi.	a_orta: Düşük aralığın bitişine yakın bir nokta.	a_yüksek : Orta aralığın bitişine yakın bir nokta.
c düşük: Orta aralığın başlangıcına yakın bir nokta.	b_orta: Orta aralığın merkezi. c_orta: Yüksek aralığın başlangıcına yakın bir nokta.	b_yüksek : Yüksek aralığın merkezi.

Tablo 4’te görüldüğü üzere her bir üyelik fonksiyonunun aralıkları belirlenirken geçişler keskin değil yumuşaktır. Herhagi bir K Kriteri için örnek hesaplama şöyledir.

$$Min K = 55, Mak K = 95$$

$$Aralık Genişliği = 95 - 55 = 40$$

Bu değeri kabaca üçe bölersek: $40/3 \approx 13.33$. Bu yaklaşık değerleri kullanarak aralıkları belirleyelim:

- K- Düşük: (50, 55, 70) ise 55’ten düşük değerler düşük, 70’e doğru düşüklük azalır.
- K- Orta: (60, 75, 90) ise 60’tan başlayıp 75’te en orta, 90’da ortalık azalır.
- K- Yüksek: (80, 95, 100) ise 80’den başlayıp 95’te en yüksek, 100’e doğru yüksek. (Burada 100, maksimum değerin biraz üzerinde bir nokta olarak alınmıştır, üyelik derecesi 0 olana kadar artar.)

Bu aralıklar, verilen veri setine ve genel bir dağılım anlayışına göre belirlenmiş sezgisel aralıklardır. Fuzzy logic uygulamalarında bu aralıkların uzman görüşü veya veri analiz yöntemleriyle daha optimize edilmesi mümkündür.

Üçgen üyelik derecelerinin hesaplanması

$R = (r_{ij})_{m \times n}$ matrisi için üçgen üyelik fonksiyonlarını kullanarak herbir değere karşılık gelen “düşük”, “orta” ve “yüksek” üyelik dereceleri hesaplanır. Üyelik derecesi $m(x)$ hesaplama formülü şöyledir:

$$\begin{cases} x \leq a \text{ veya } x \geq c \text{ ise } m(x) = 0 \\ a < x \leq b \text{ ise } m(x) = \frac{x - a}{b - a} \\ b < x < c \text{ ise } m(x) = \frac{c - x}{c - b} \end{cases} \quad (8)$$

Böylece $P = (p_{ij})_{m \times n} = (h_{ij}, k_{ij}, l_{ij})_{m \times n}$ ilgili üçgen üyelik matrisi gösterir.

Örnek Hesaplama şöyledir (Ö1 - K1):

- Ö1 K1 değeri = 55
- K1 Düşük aralığı = (50, 55, 70)
 - $x = 55, a = 50, b = 55$. $a < x \leq b$ olduğu için:
 - $m_{düşük}(55) = 55 - 50 / 55 - 50 = 55 - 50 = 1.00$
- K1 Orta aralığı = (60, 75, 90)

- $x = 55$. $x < a_{orta}$ olduğu için:
- $m_{düşük}(55) = 0.00$
- K1 Yüksek aralığı = (80, 95, 100)
 - $x = 55$. $x < a_{yüksek}$ olduğu için:
 - $m_{yüksek}(55) = 0.00$

Bu şekilde her bir öğrencinin her bir kriter için üyelik dereceleri hesaplanmıştır.

2.5.1.5. Sınır yaklaşım alan matrisinin belirlenmesi

$\tilde{r}_{ij}$ ($i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$) ağırlıklı matrisin elemanları ve m alternatiflerin toplam sayısı olmak üzere, Sınır yaklaşım alan matrisi (SAM) $\mathcal{G} = [\mathcal{g}_j]_{1 \times n} = [\mathcal{g}_1, \mathcal{g}_2, \dots, \mathcal{g}_n]$

$$\mathcal{g}_j = \prod_{i=1}^m (\tilde{r}_{ij})^{1/m} = \frac{1}{m} \times \sum_{i=1}^m \tilde{r}_{ij} \quad (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n), \quad (9)$$

Formülü ile hesaplanır. Çalışmaya katılan yedi öğrenci için $\tilde{r}_{ij}$ ($i = 1, 2, \dots, 7; j = 1, 2, \dots, 9$) ağırlıklı matrisin elemanları her bir kriter için aritmetik ortalama ile hesaplanmıştır.

2.5.1.6. Alternatifler ile SAM arasındaki mesafe ölçüsünün hesaplanması

Aşağıdaki denklem kullanılarak her bir alternatif ile SAM arasındaki mesafe hesaplanır.

$D = [d_{ij}]_{m \times n}$ mesafe matrisi için,

$$d_{ij} = \begin{cases} d(\tilde{r}_{ij}, \mathcal{g}_j) & \text{if } c_{ij} \geq \mathcal{g}_j \\ -d(\tilde{r}_{ij}, \mathcal{g}_j) & \text{if } c_{ij} < \mathcal{g}_j \end{cases} \quad (10)$$

Burada $d(\tilde{r}_{ij}, \mathcal{g}_j)$; s_{ij} ile $\mathcal{g}_j$ arasındaki mesafe anlamına gelir.

Eğer $d_{ij} > 0$ ise, alternatifler G^+ (ÜYA) üst yaklaşım alanına aittir;

Eğer $d_{ij} = 0$ ise, alternatifler $G(SYA)$ sınır yaklaşım alanına ait ise;

Eğer $d_{ij} < 0$ ise, alternatifler G^- (AYA) alt yaklaşım alanına aittir.

Açıkkçası, en iyi alternatifler G^+ (ÜYA) da bulunurken en kötü alternatifler ise G^- (AYA) da bulunur.

2.5.1.7. Alternatiflerin genişletilmiş yakınlık katsayılarının hesaplanması

Her bir alternatif için yakınlık katsayısı

$$\xi_i = \sum_{j=1}^n d_{ij} \quad (11)$$

formülü ile hesaplanır. Genişletilmiş yakınlığın değeri, alternatiflerin göreceli üstünlüğünü yansıtır. Tüm alternatifler ξ_i ($i = 1, 2, \dots, m$)'ye göre sıralanır. Daha büyük ξ_i , i . alternatifin nispeten daha iyi olduğunu, daha küçük ise ξ_i ise bu alternatifin nispeten daha zayıf olduğunu gösterir. (Q)

2.5.1.8. Güven derecelerinin hesaplanması

Burada, her bir alternatifin ayrı ayrı kriter değerlerinin güven dereceleri hesaplanır. Bunun için ilk olarak her bir alternatifin kriter altındaki üçgen üyelik derecesi (düşük, orta, yüksek) için entropi değerini hesaplanır. Ardından, “güven = 1- entropi” formülünü kullanarak istenen güven dereceleri belirlenir.

Entropi (E), bir bilginin belirsizliğini veya düzensizliğini ölçer. Shannon bilgi entropisi, Entropi, olasılık dağılımının belirsizliğini ölçmek için önemli bir araçtır. Üyelik dereceleri bağlamında, bir elemanın farklı bulanık kümelerdeki üyelik derecelerinin ne kadar dengeli veya belirsiz olduğunu gösterir. Entropi ne kadar yüksekse, belirsizlik o kadar fazladır; dolayısıyla güven derecesi o kadar düşük olacaktır.

Entropi formülü aşağıdaki gibidir:

$$E = -\frac{1}{\ln(N)} \sum_{s=1}^N m_s \ln(m_s) \quad (12)$$

Burada:

N ; Bulanık küme sayısı (bu durumda 3: düşük, orta, yüksek).

m_s ; Her bir bulanık kümeye ait üyelik derecesi (örneğin $m_{\text{düşük}}$, m_{orta} , $m_{\text{yüksek}}$).

Eğer $m_s = 0$ ise, $m_s \ln(m_s)$ terimi 0 olarak kabul edilir, çünkü $x \ln(x)$ fonksiyonunun $x \rightarrow 0^+$ limiti 0'dır.

Hesaplama Adımları:

Her bir öğrencinin her bir kriter için sahip olduğu üçlü üyelik derecesi (düşük, orta, yüksek) alınır. Bu üç üyelik derecesi için entropi formülü uygulanır. Elde edilen entropi değeri 1'den çıkararak güven derecesi hesaplanır.

$P = (p_{ij})_{m \times n} = (h_{ij}, k_{ij}, l_{ij})_{m \times n}$ ilgili üçgen üyelik matrisi olmak üzere; A_i alternatifi C_j kriteri göre entropi değeri E_{ij} için A_i alternatifi C_j kriteri göre güvenilirlik derecesi, $G_{ij} = 1 - E_{ij}$ formülü ile hesaplanır.

Örnek Hesaplama (Ö1 - K2):

Ö1 K2 üyelik dereceleri:

- $m_{düşük} = 0.20$
- $m_{orta} = 0.17$
- $m_{yüksek} = 0.00$

$N = 3$ için entropi hesaplaması:

$$\begin{aligned} E &= -\frac{1}{\ln(3)} [(0.20 \times \ln(0.20)) + (0.17 \times \ln(0.17)) + (0.00 \times \ln(0.00))] \\ &= -1.09861 [(0.20 \times -1.609) + (0.17 \times -1.772) + 0] \\ &= -0.9102 [-0.3218 - 0.3012] \\ &= -0.9102 [-0.623] \approx 0.5671 \end{aligned}$$

Güven Derecesi: $G = 1 - E = 1 - 0.5671 \approx 0.4329$

Yuvarlamalar nedeniyle tablodaki değerler ile manuel hesaplamalardaki ondalık basamaklarda küçük farklılıklar olabilir. Ancak genel yaklaşım ve sonuçlar bu şekildedir. Entropisi 0 olan durumlar, sadece bir üyelik derecesinin 1, diğerlerinin 0 olduğu durumları ifade eder, yani tam bir üyelik vardır ve belirsizlik yoktur, dolayısıyla güven tamdır (1.00).

Bu güven dereceleri, her bir öğrencinin belirli bir kriterdeki performansının bulanık kümeler açısından ne kadar net tanımlandığını gösterir. Yüksek güven derecesi, o kriterdeki öğrenci değerinin belirli bir kategoriye (düşük, orta, yüksek) net bir şekilde ait olduğunu; düşük güven derecesi ise daha fazla belirsizlik olduğunu ifade eder.

2.5.1.9. Z-sayılar matrisinin elde edilmesi

Güven dereceleri belirlendikten sonra Aşama (2,3) ile Z-sayılar matrisi elde edilir. Bu matris $Z = (z_{ij})_{m \times n}$ ile gösterilirse, matrisin her bir elemanı $z_{ij} = (h_{ij}, k_{ij}, l_{ij}; G_{ij})$ şeklinde gösterilebilir. Burada birinci bileşen (h_{ij}, k_{ij}, l_{ij}) üçgen üyelik matrisindeki her bir elemanı, ikinci bileşen ise bu üyelik matrisindeki elemanların güven derecesini gösterir.

2.5.1.10. Güven odaklı ağırlıklı üçgen üyelik matrisinin belirlenmesi

Önceki adımda bulunan kriter ağırlık vektörü $\varpi = (\varpi_1, \varpi_2, \dots, \varpi_n)$ ve $Z = (z_{ij})_{m \times n}$ Z-sayılar matrisi kullanarak “Güven Odaklı Ağırlıklı üçgen üyelik matrisi” elde edilir. Bunu hesaplamak için;

Her bir alternatifin her bir kriterdeki üyelik derecesi üçlüsü (h_{ij}, k_{ij}, l_{ij}) ilgili kriter ağırlığı ve güven derecesi çarpılır. Bu işlem, her bir üçgen üyelik derecesinin o kriterin genel önemine göre güven derecesi hesaba katılarak ağırlıklandırılmasını sağlayacaktır. Bu yaklaşım, bir kriterin genel önemini (ağırlık) ve ilgili alternatifin o kriterdeki üyelik derecesinin ne kadar net olduğunu (güven) aynı anda hesaba katmamızı sağlar. Güven derecesi düşük olan üyelik değerlerinin etkisi azalırken, güven derecesi yüksek olanların etkisi korunacaktır.

Önceki adımda elde edilen kriter ağırlıkları kullanılarak ağırlıklı karar matrisi elde edilir. Bu matris $\tilde{Z} = (\tilde{z}_{ij})_{m \times n}$ olmak üzere; $\tilde{z}_{ij} = (\tilde{h}_{ij}, \tilde{k}_{ij}, \tilde{l}_{ij})$ için

$$\begin{cases} \tilde{h}_{ij} = h_{ij} \times w_j \times G_{ij}, \\ \tilde{k}_{ij} = k_{ij} \times w_j \times G_{ij}, \\ \tilde{l}_{ij} = l_{ij} \times w_j \times G_{ij}, \end{cases} \quad (13)$$

Hesaplamalar ile sağlanır. Önceki adımda bulunan kriter ağırlık vektörü $\varpi = (\varpi_1, \varpi_2, \dots, \varpi_n)$ ve $Z = (z_{ij})_{m \times n}$ Z-sayılar matrisi kullanarak, her bir öğrencinin her bir kriterdeki üyelik derecelerini, hem kriter ağırlıkları (w_1) hem de daha önce hesapladığımız güven dereceleri (G) ile çarparak “Güven odaklı Ağırlıklı üçgen üyelik matrisi” oluşturulmuştur.

2.5.1.11. Durulaştırma işlemi

Elde edilen $\tilde{Z} = (\tilde{z}_{ij})_{m \times n}$ ağırlıklı ve güven odaklı üçgen üyelik derecelerini (Düşük, Orta, Yüksek) tek bir durulaştırılmış değere dönüştürülür. Bu, her alternatifin bütün kriterler için net bir skor elde etmesini sağlayacaktır.

Durulaştırma (Defuzzification) için çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Verilen bağlamda, yani “Düşük”, “Orta”, “Yüksek” gibi kategorik üyelik derecelerine sahip olduğumuzda, en yaygın ve uygun yöntemlerden biri Ağırlıklı Ortalama Yöntemi (Weighted Average Method) veya Merkezi Ortanca Yöntemi (Centroid Method for Discrete Sets)'dir.

Ağırlıklı Ortalama Yöntemi, her bir bulanık kümenin (Düşük, Orta, Yüksek) temsili bir değeri (merkez noktası) ile ilgili üyelik derecesini çarparak bunların toplamını üyelik derecelerinin toplamına bölme esasına dayanır.

Öncelikle, “Düşük”, “Orta” ve “Yüksek” bulanık kümeler için temsilci (kategorik) değerler belirlemek gerekir. Bu değerler, önceki üyelik fonksiyonlarının aralıklarını belirlerken kullandığımız üçgenlerin tepe noktalarına veya o kategorinin anlamlı bir orta noktasına karşılık gelebilir. Ancak, daha genel ve kriterden bağımsız bir temsil için, bu kategori değerlerini 0 ile 100 arasında bir ölçeğe veya 0 ile 1 arasında bir normalize edilmiş ölçeğe yerleştirebilir.

Problem bağlamında, “Düşük”, “Orta”, “Yüksek” kavramlarına karşılık gelen genel bir puanlama sistemi düşünülürse;

- Düşük (L): Temsili değer olarak 0.25 (veya 25)
- Orta (M): Temsili değer olarak 0.50 (veya 50)
- Yüksek (H): Temsili değer olarak 0.75 (veya 75)

Bu temsilci değerler, Düşük, Orta ve Yüksek'in genel olarak ne anlama geldiğini ifade eder. Durulaştırma Formülü (Ağırlıklı Ortalama Yöntemi):

$$\tilde{r}_{ij} = \frac{(\tilde{h}_{ij} \times L) + (\tilde{k}_{ij} \times M) + (\tilde{l}_{ij} \times H)}{\tilde{h}_{ij} + \tilde{k}_{ij} + \tilde{l}_{ij}} \quad (14)$$

Böylece $\tilde{R} = (\tilde{r}_{ij})_{m \times n}$ durulaştırılmış karar matrisi gösterir. Burada $\tilde{z}_{ij} = (\tilde{h}_{ij}, \tilde{k}_{ij}, \tilde{l}_{ij})$ Son matristen alınan güven odaklı ağırlıklı üçgen üyelik derecesidir. L, M, H: “Düşük”, “Orta” ve “Yüksek” kategorilerinin temsilci değerleridir (örn: 0.25, 0.50, 0.75).

Eğer bir hücredeki tüm üyelik derecelerinin toplamı $(\tilde{h}_{ij} + \tilde{k}_{ij} + \tilde{l}_{ij})$ sıfır ise (yani alternatifin o kriter için hiçbir kategoriye üyelik derecesi yoksa), durulaştırılmış değer tanımsız olacaktır. Bu durumda, mantıksal olarak 0 atanabilir veya ilgili hücrenin değerlendirmede göz ardı edildiği kabul edilebilir. Biz bu durumda 0.00 atanır.

Son matrisimizdeki ağırlıklı ve güven odaklı üçlü üyelik dereceleri Düşük, Orta, Yüksek) bu adımda (tek bir durulaştırılmış değere dönüştürülmüştür. Problem için, “Düşük”, “Orta”, “Yüksek” kavramlarına karşılık gelen aşağıdaki puanlama sistemi benimsenmiştir.

- Düşük (L): Temsili değer olarak 0.25 (veya 25)
- Orta (M): Temsili değer olarak 0.50 (veya 50)
- Yüksek (H): Temsili değer olarak 0.75 (veya 75)

Örnek Hesaplama (Ö1 - K2):

Ö1 – K2 Ağırlıklı ve Güven Odaklı Üyelik Dereceleri:

- $m_{\text{düşük}} = 0.0176$

- $m_{orta} = 0.0150$
- $m_{yüksek} = 0.0000$
- Toplam $m = 0.0176 + 0.0150 + 0.0000 = 0.0326$

$$r_{12} = \frac{(0.0176 \times 0.25) + (0.0150 \times 0.50) + (0.0000 \times 0.75)}{0.0326}$$

$$= \frac{0.0044 + 0.0075 + 0}{0.0326} = \frac{0.0119}{0.0326} = 0.3662$$



ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. BULGULAR

Dört karar vericinin kriterler için verdikleri önem sıralaması Tablo 5’te sunulmuştur.

Tablo 5: Karar Vericilerin (KV) Önem Sırası

Kriterler	(K1)	(K2)	(K3)	(K4)	(K5)	(K6)	(K7)	(K8)	(K9)
KV1	1	3	4	6	7	5	8	9	7
KV2	1	3	4	6	4	2	8	9	7
KV3	6	5	1	4	6	2	9	8	7
KV4	2	1	3	6	2	4	8	9	5

Tablo 5’te KV’lerin kriterlere yönelik önem sıralaması verilmiş olup eşitlik 1 kullanılarak bu puanlar önem puanlarına dönüştürülmüştür. Karar vericilerden kriter önemleri için sağlanan puanlamaları Tablo 6’da gösterilmiştir.

Tablo 6: Sağlam Puanları

Kriter	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
KV1(Tersine Çevrilmiş)	9	7	6	4	3	5	2	1	3
KV2(Tersine Çevrilmiş)	9	7	6	4	6	8	2	1	3
KV3(Tersine Çevrilmiş)	4	5	9	6	4	8	1	2	3
KV4(Tersine Çevrilmiş)	8	9	7	4	8	6	2	1	5

Tablo 6’da gösterilen puanlarda problemin temel zorluğu, kriterlerin büyük çoğunluğunun “fayda (benefit)” kriteri niteliğinde olmasına karşın, Kaygı Ölçeği’nin “maliyet (cost)” kriteri olarak tanımlanmış olmasıdır. Bu, kaygı puanının düşük olmasının öğrencinin başarısı açısından daha olumlu bir gösterge olduğu anlamına gelmektedir. Bu durum, değerlendirme sürecinde her bir kriterin doğru yönde ele alınmasını gerektirmektedir.

Çalışmaya katılan yedi öğrencinin 9 kriter altındaki değerlendirme puanları Tablo 7’de sunulmuştur.

Tablo 7: Karar Matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
Ö1	55	16	40	72	37	45	9	11	18
Ö2	60	12	30	70	39	33	12	10	17
Ö3	70	20	41	62	39	42	12	11	20

Ö4	90	15	38	65	41	43	8	11	23
Ö5	75	12	32	69	30	41	12	12	20
Ö6	65	16	24	66	44	47	8	7	18
Ö7	95	22	28	68	49	42	12	9	22

3.1.1. Klasik MABAC Modelinin Uygulanması

Tablo 7’deki karar matrisindeki değerler (3) ve (4) numaralı denklemler kullanılarak normalleştirilmiştir. Normalleştirilmiş matris $(y_{ij})_{m \times n}$ ($i = 1, 2, \dots, 7; j = 1, 2, \dots, 9$) değerleri Tablo 8’de gösterilmiştir.

Tablo 8: Normalleştirilmiş Karar Matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
Ö1	0	0.4	0.9412	1	0.6316	0.8571	0.25	0.8	0.1667
Ö2	0.125	0	0.3529	0.8	0.5263	0	1	0.6	0
Ö3	0.375	0.8	1	0	0.5263	0.6429	1	0.8	0.5
Ö4	0.875	0.3	0.8235	0.3	0.4211	0.7143	0	0.8	1
Ö5	0.5	0	0.4706	0.7	1	0.5714	1	1	0.5
Ö6	0.25	0.4	0	0.4	0.2632	1	0	0	0.1667
Ö7	1	1	0.2353	0.6	0	0.6429	1	0.4	0.8333

Tablo 8’deki normalleştirilmiş karar matrisindeki değerler (5) numaralı eşitlik kullanılarak ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisinin hesaplanmıştır. Ağırlıklı normalleştirilmiş karar $V = (v_{ij})_{m \times n}$ matrisi Tablo 9’da sunulmuştur.

Tablo 9: Ağırlıklı normalleştirilmiş Karar Matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
Ö1	0	0.0629	0.1488	0.1011	0.0745	0.1299	0.0098	0.0225	0.0131
Ö2	0.0211	0	0.0555	0.0809	0.0621	0	0.0393	0.0169	0
Ö3	0.0632	0.1258	0.1573	0	0.0621	0.0975	0.0393	0.0225	0.0394
Ö4	0.1474	0.0472	0.1295	0.0303	0.0497	0.1084	0	0.0225	0.0787
Ö5	0.0843	0	0.0739	0.0708	0.118	0.0867	0.0393	0.0281	0.0394
Ö6	0.0421	0.0629	0	0.0404	0.0311	0.1517	0	0	0.0131
Ö7	0.1685	0.1573	0.037	0.0607	0	0.0975	0.0393	0.0112	0.0656

Tablo 9’daki ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisi değerleri ve eşitlik (9) kullanılarak SAM hesaplanmıştır. SAM değerleri Tablo 10’da sunulmuştur.

Tablo 10: Sınır Yaklaştırma Alanı

Kriter	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
G	0.0689	0.0654	0.0857	0.0560	0.0568	0.0902	0.0239	0.0187	0.0322

Tablo 10'daki sınır yaklaştırma alanı ve eşitlik (10) kullanılarak alternatiflerin sınır yaklaştırma alanından uzaklığının hesaplanması hesaplanmıştır. Uzaklık matrisi Tablo 11'de gösterilmiştir.

Tablo 11: Uzaklık Matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
Ö1	-0.0689	-0.0025	0.0631	0.0451	0.0177	0.0397	-0.0141	0.0038	-0.0191
Ö2	-0.0478	-0.0654	-0.0302	0.0249	0.0053	-0.0902	0.0154	-0.0018	-0.0322
Ö3	-0.0057	0.0604	0.0716	-0.056	0.0053	0.0073	0.0154	0.0038	0.0072
Ö4	0.0785	-0.0182	0.0438	-0.0257	-0.0071	0.0182	-0.0239	0.0038	0.0465
Ö5	0.0154	-0.0654	-0.0118	0.0148	0.0612	-0.0035	0.0154	0.0094	0.0072
Ö6	-0.0268	-0.0025	-0.0857	-0.0156	-0.0257	0.0615	-0.0239	-0.0187	-0.0191
Ö7	0.0996	0.0919	-0.0487	0.0047	-0.0568	0.0073	0.0154	-0.0075	0.0334

Tablo 11'deki uzaklık matrisi ve eşitlik (11) kullanılarak alternatiflerin nihai kriter fonksiyonları hesaplanmıştır. Sonuçlar Tablo 12'de listelenmiştir.

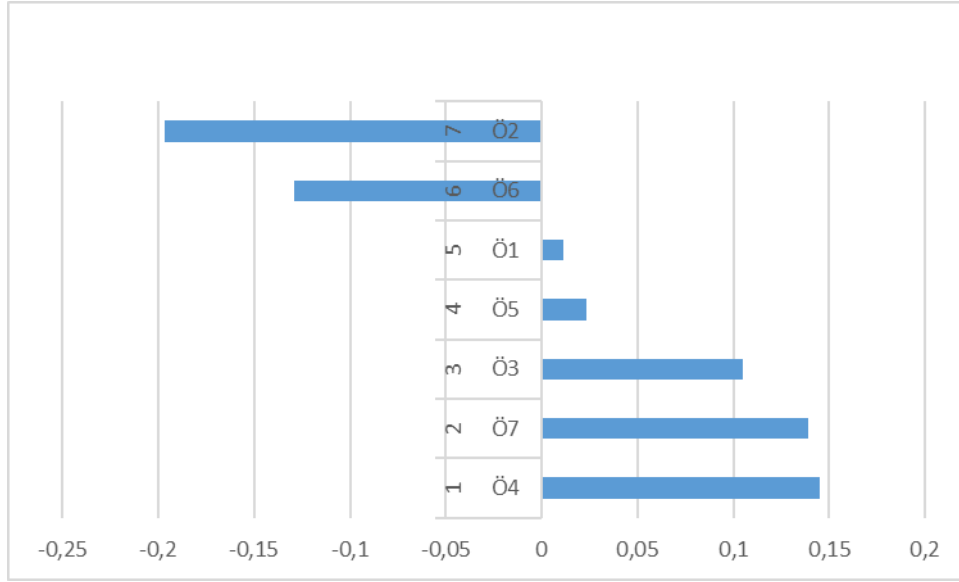
Tablo 12: Alternatiflerin Nihai Kriter Fonksiyonlarının Hesaplanması

Öğrenci	Ö1	Ö2	Ö3	Ö4	Ö5	Ö6	Ö7
S	0.0114	-0.1969	0.1049	0.1448	0.0232	-0.1295	0.1393

K5 kriterinin maliyet kriteri olarak kabul edilmesiyle, Klasik MABAC modeline göre öğrencilerin performansı en yüksekten en düşüğe doğru şu şekilde yeniden sıralanmıştır:

$$\text{Ö4} > \text{Ö7} > \text{Ö3} > \text{Ö5} > \text{Ö1} > \text{Ö6} > \text{Ö2}$$

Sıralama sonuçlarına yönelik grafik Şekil 4'te gösterilmiştir.



Şekil 4: Klasik MABAC metodunun sonucuna göre öğrencilerin karşılaştırılması

3.1.2. Z- sayılar MABAC (Fuzzy MABAC) Yönteminin Uygulanması

Üçgen üyelik matrisinin belirlenmesi için eşitlik (8) kullanılarak kriter bazında minimum ve maksimum değerleri hesaplanmıştır. Hesaplamalar Tablo 13’te verilmiştir.

Tablo 13: Kriter Bazında Minimum ve Maksimum Değerler

Kriter	Minimum Değer	Maksimum Değer
K1	55	95
K2	12	22
K3	24	41
K4	62	72
K5	30	49
K6	33	47
K7	8	12
K8	7	12
K9	17	23

Tablo 13’teki değerler hesaplandıktan sonra bu değerlerden yararlanarak her bir kriter için “düşük”, “orta” ve “yüksek” üyelik fonksiyonlarının tepe noktalarını ve taban genişlikleri (yani üçgenin başlangıç ve bitiş noktalarını) belirlenmiştir. Tablo 14 her bir kriter için belirlenen aralıkları gösterir.

Tablo 14: Üçgen Üyelik Fonksiyonları

Kriter	Düşük (a,b,c)	Orta (a,b,c)	Yüksek (a,b,c)
K1	(50,55,70)	(60,75,90)	(80,95,100)

K2	(10,12,17)	(15,18,21)	(19,22,25)
K3	(20,24,32)	(30,35,40)	(38,41,45)
K4	(60,62,67)	(65,68,71)	(69,72,75)
K5	(25,30,38)	(35,40,47)	(45,49,55)
K6	(30,33,40)	(38,42,46)	(44,47,50)
K7	(5,8,10)	(9,10,12)	(11,12,15)
K8	(5,7,10)	(9,10,12)	(11,12,15)
K9	(15,17,20)	(19,20,22)	(21,23,25)

Tablo 14’te verilen aralıklar, verilen veri setine ve genel bir dağılım anlayışına göre belirlenmiş sezgisel aralıklardır. Fuzzy logic uygulamalarında bu aralıkların uzman görüşü veya veri analiz yöntemleriyle daha optimize edilmesi mümkündür. Şimdi bu aralıkları ve formülü kullanarak her bir öğrencinin her bir kriter için “düşük”, “orta” ve “yüksek” üyelik derecelerini hesaplanarak Tablo 15’te sunulmuştur.

Tablo 15: Üçgen Üyelik Matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
Ö1	1.00	0.20	0.00	0.00	0.61	0.14	0.00	0.20	0.00
	0.00	0.17	1.00	0.00	0.29	0.75	0.00	0.50	0.00
	0.00	0.00	0.53	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ö2	0.67	1.00	0.62	0.00	0.44	1.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.25	0.43	0.00	0.00	1.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.75	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Ö3	0.00	0.00	0.00	0.80	0.44	0.00	0.00	0.20	0.00
	0.67	0.00	0.25	0.00	0.43	1.00	0.00	0.50	0.50
	0.00	0.00	0.79	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Ö4	0.00	0.40	0.00	0.60	0.28	0.00	0.00	0.20	0.00
	0.00	0.67	0.75	0.00	0.64	0.88	0.00	0.50	0.00
	0.67	0.00	0.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
Ö5	0.00	1.00	0.47	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.33	0.00	0.00	0.75	0.00	0.08	0.00	0.00	0.50
	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Ö6	0.33	0.20	1.00	0.40	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00
	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.78	1.00	0.00	0.00	0.00
Ö7	0.00	0.00	0.88	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.83

* Tablodaki her hücre, ilgili öğrencinin ilgili kriterdeki “düşük”, “orta” ve “yüksek” üyelik derecelerini içermektedir.

Tablo 15’teki değerler ve eşitlik (12) kullanılarak üçgen üyelik matrisindeki her bir değerın önce entropi değeri (E) sonra ise güven derecesi (G) hesaplanarak Tablo 16’da sunulmuştur. Tablo 16, her öğrencinin her bir kriter için hesaplanan entropi ve güven derecesi değerlerini göstermektedir.

Tablo 16: Entropi ve Güven Dereceleri

	K1 (E / G)	K2 (E / G)	K3 (E / G)	K4 (E / G)	K5 (E / G)	K6 (E / G)	K7 (E / G)	K8 (E / G)	K9 (E / G)
Ö1	0.00 / 1.00	0.44 / 0.56	0.57 / 0.43	0.00 / 1.00	0.63 / 0.37	0.54 / 0.46	0.00 / 1.00	0.63 / 0.37	0.00 / 1.00
Ö2	0.00 / 1.00	0.00 / 1.00	0.00 / 1.00	0.76 / 0.24	0.69 / 0.31	0.00 / 1.00	0.00 / 1.00	0.00 / 1.00	0.00 / 1.00
Ö3	0.00 / 1.00	0.00 / 1.00	0.62 / 0.38	0.00 / 1.00	0.69 / 0.31	0.00 / 1.00	0.00 / 1.00	0.63 / 0.37	0.00 / 1.00
Ö4	0.00 / 1.00	0.69 / 0.31	0.68 / 0.32	0.00 / 1.00	0.72 / 0.28	0.00 / 1.00	0.00 / 1.00	0.63 / 0.37	0.00 / 1.00
Ö5	0.00 / 1.00	0.00 / 1.00	0.00 / 1.00	0.76 / 0.24	0.00 / 1.00	0.00 / 1.00	0.00 / 1.00	0.00 / 1.00	0.00 / 1.00
Ö6	0.00 / 1.00	0.44 / 0.56	0.00 / 1.00	0.00 / 1.00	0.00 / 1.00	0.00 / 1.00	0.00 / 1.00	0.00 / 1.00	0.00 / 1.00
Ö7	0.00 / 1.00	0.00 / 1.00	0.00 / 1.00	0.00 / 1.00	0.00 / 1.00	0.00 / 1.00	0.00 / 1.00	0.00 / 1.00	0.00 / 1.00

Tablo 16’daki veriler ve eşitlik (13) kullanılarak güven odaklı ağırlıklı üçgen üyelik matrisi hesaplanmıştır. Güven odaklı ağırlıklı üçgen üyelik matrisi Tablo 17’de sunulmuştur.

Tablo 17: Güven Odaklı Ağırlıklı Üçgen Üyelik Matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
	0.1685	0.0176	0.0000	0.0000	0.0267	0.0098	0.0000	0.0021	0.0000
	0.0000	0.0150	0.0676	0.0000	0.0127	0.0524	0.0000	0.0052	0.0000
Ö1	0.0000	0.0000	0.0359	0.1011	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	0.1123	0.1573	0.0975	0.0000	0.0161	0.1517	0.0000	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0061	0.0157	0.0000	0.0000	0.0281	0.0000
Ö2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0182	0.0000	0.0000	0.0393	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0809	0.0161	0.0000	0.0000	0.0021	0.0000
	0.1129	0.0000	0.0149	0.0000	0.0157	0.1517	0.0000	0.0052	0.0197
Ö3	0.0000	0.0000	0.0472	0.0000	0.0000	0.0000	0.0393	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0195	0.0000	0.0607	0.0092	0.0000	0.0000	0.0021	0.0000
	0.0000	0.0327	0.0378	0.0000	0.0211	0.1331	0.0000	0.0052	0.0000
Ö4	0.1129	0.0000	0.0474	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0787
	0.0000	0.1573	0.0739	0.0000	0.1180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	0.0556	0.0000	0.0000	0.0182	0.0000	0.0121	0.0000	0.0000	0.0394
Ö5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0061	0.0000	0.0000	0.0393	0.0000	0.0000

	0.0556	0.0176	0.1573	0.0404	0.0000	0.0000	0.0000	0.0281	0.0000
	0.0000	0.0150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Ö6	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0920	0.1517	0.0000	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000	0.1384	0.0202	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1517	0.0000	0.0000	0.0000
Ö7	0.1685	0.1573	0.0000	0.0000	0.1180	0.0000	0.0393	0.0000	0.0656

Tablo 17'deki değerler ve eşitlik (14) kullanılarak durulaştırma işlemi yapılmıştır. Durulaştırma işlemi sonrası elde edilen matris Tablo 18'de gösterilmiştir.

Tablo 18: Durulaştırılmış Karar Matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
Ö1	0.25	0.3662	0.6277	0.75	0.334	0.4682	0	0.4	0
Ö2	0.25	0.25	0.25	0.65	0.3957	0.25	0.75	0.5	0
Ö3	0.5	0	0.6276	0.25	0.3957	0.5	0.75	0.4	0.5
Ö4	0.75	0.4286	0.6586	0.25	0.4907	0.5	0	0.4	0.75
Ö5	0.5	0.25	0.25	0.65	0.25	0.5	0.75	0	0.5
Ö6	0.25	0.366	0.25	0.25	0.75	0.75	0	0.25	0
Ö7	0.75	0.75	0.25	0.25	0.75	0.5	0.75	0	0.75

Tablo 18'deki veriler ve eşitlik 8 kullanılarak SAM değerleri hesaplanmıştır. SAM sonuçları Tablo 19'da sunulmuştur.

Tablo 19: Sınır Yaklaşım Alan Matrisi

Kriter	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
G	0.4714	0.3585	0.4735	0.4286	0.4756	0.4907	0.4286	0.2857	0.4286

Tablo 19'daki verileri ve eşitlik (10) kullanılarak alternatifler ile SAM arasındaki mesafe ölçüsü hesaplanmıştır. Her bir alternatifin (öğrencinin) her bir kriterdeki değeri ile sınır yaklaşım alanı arasındaki fark Tablo 20'de listelenmiştir.

Tablo 20: Mesafe Ölçüleri Matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
Ö1	-0.2214	0.0077	0.1542	0.3214	-0.1419	-0.0225	-0.4286	0.1143	-0.4286
Ö2	-0.2214	-0.1085	-0.2235	0.2214	-0.0802	-0.2407	0.3214	0.2143	-0.4286
Ö3	0.0286	-0.3585	0.1541	-0.1786	-0.0802	0.0093	0.3214	0.1143	0.0714
Ö4	0.2786	0.0701	0.1851	-0.1786	0.0148	0.0093	-0.4286	0.1143	0.3214
Ö5	0.0286	-0.1085	-0.2335	0.2214	-0.2259	0.0093	0.3214	-0.2857	0.0714
Ö6	-0.2214	0.0077	-0.2235	-0.1786	0.2741	0.2593	-0.4286	-0.0357	-0.4286
Ö7	0.2786	0.3915	-0.2235	-0.1786	0.2741	0.0093	0.3214	-0.2857	0.3214

Tablo 20'deki veriler ve eşitlik (11) kullanılarak alternatiflerin genişletilmiş yakınlık

katsayıları hesaplanmıştır. Her bir alternatif için sonuçlar Tablo 21’de sunulmuştur.

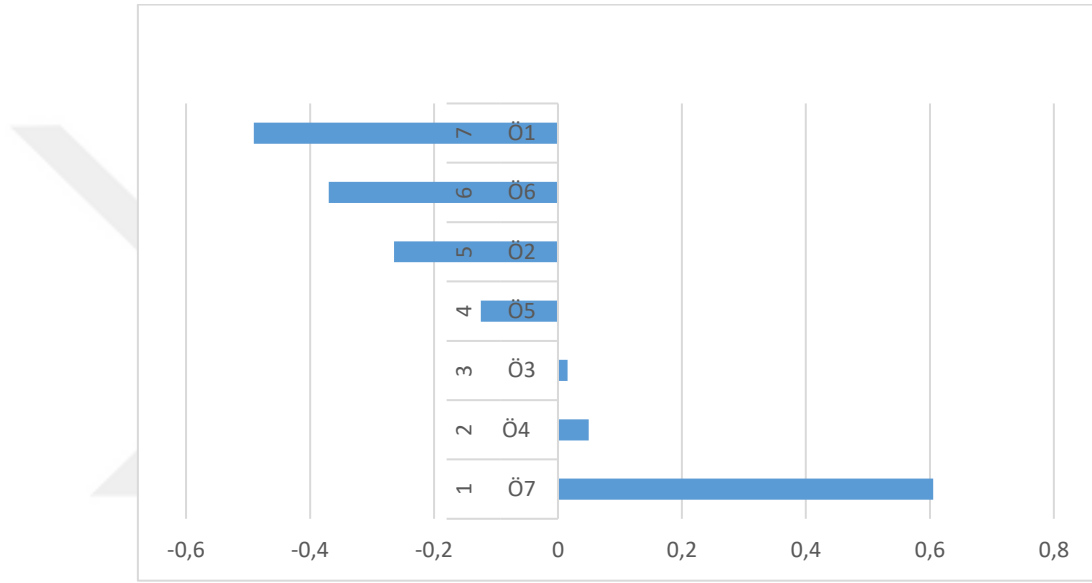
Tablo 21: Yakınlık Katsayıları

Öğrenci	Ö1	Ö2	Ö3	Ö4	Ö5	Ö6	Ö7
ξ_i	-0.441	-0.2459	0.0118	0.052	0.015	-0.3346	0.6558

Tablo 21’deki değerlere göre tüm alternatifler ξ_i ($i = 1,2, \dots, 7$)’ye göre sıralanırsa, daha büyük ξ_7 , 7. alternatifin nispeten daha iyi olduğunu göstermektedir. Genel sıralama;

$$\xi_7 > \xi_4 > \xi_5 > \xi_3 > \xi_2 > \xi_6 > \xi_1$$

Sıralama sonuçlarına yönelik grafik Şekil 5’te gösterilmiştir.



Şekil 5: Z-sayılar MABAC metodunun sonucuna göre öğrencilerin karşılaştırılması

Klasik MABAC ve Z-Sayılar MABAC modellerinin sonuçlarının karşılaştırılması ve Z-Sayılar MABAC modelin avantajları bu bölümde tartışılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 22’de gösterilmiştir.

Tablo 22: Karşılaştırmalı Sonuç Tablosu

Sıra	Klasik MABAC	Z-Sayılar MABAC
1	Ö4 (0.1448)	Ö7 (0.6053)
2	Ö7 (0.1393)	Ö4 (0.0494)
3	Ö3 (0.1049)	Ö3 (0.0157)
4	Ö5 (0.0232)	Ö5 (-0.1245)
5	Ö1 (0.0114)	Ö2 (-0.2646)
6	Ö6 (-0.1295)	Ö6 (-0.3698)
7	Ö2 (-0.1969)	Ö1 (-0.4905)

SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Sonuç

Bu çalışma hem klasik MABAC hem de Z-MABAC yöntemlerini kullanarak belirlenen kriterler ve onların nitelikleri doğrultusunda öğrencilerin başarılarını sıralamış ve elde edilen sonuçları karşılaştırmıştır. Bu çok kriterli ve karmaşık değerlendirme problemini çözmek amacıyla, klasik ve geliştirilmiş olmak üzere iki güçlü ÇKKV yöntemi kullanılmıştır. Nihai amaç, eğitim kurumlarına öğrenci değerlendirme süreçlerini optimize etme ve daha adil, bütünsel kararlar alma konusunda değerli içgörüler sunmaktır. Bu kapsamda iyi ve zayıf problem çözücü karşılaştırmada klasik MABAC ile genişletilmiş bulanık MABAC arasında farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Klasik MABAC da Ö4 ilk sırada yer alırken, genişletilmiş Z-MABAC'ta Ö7 ilk sırada yer almıştır.

Çalışmada ulaşılan sonuçlar ve genişletilmiş MABAC'ın avantajları göz önüne alındığında, belirsiz ve öznel verilerin hâkim olduğu matematik eğitiminde öğrenci başarısının değerlendirilmesi gibi karmaşık ÇKKV problemleri için Z-MABAC klasik MABAC'tan daha üstün ve tercih edilebilir bir yöntem haline gelmiştir. Z-MABAC, klasik yaklaşımın kesinlik kısıtlamalarını aşarak, belirsizliğin ve sübjektifliğin yüksek olduğu gerçek dünya karar verme problemlerinde daha esnek, nüanslı ve sağlam çözümler sunmuştur.

Tartışma

Klasik MABAC her bir öğrencinin performansını, ilgili kriter için tanımlanmış bir “sınır yaklaşırma alanı” ile karşılaştırarak alternatifleri sıralar. Klasik MABAC'ın uygulanmasında, özellikle matematik kaygısını temsil eden K5 gibi uygun normalizasyon formülleriyle ele alınması kritik öneme sahiptir. Bu çalışmada klasik MABAC ile yapılan çözümde Ö4'ün en iyi problem çözücü olarak belirlenirken Ö2 en zayıf problem çözücü olarak belirlenmiştir. Ö4'ün puanları incelendiğinde öğretmen değerlendirmesi dışında hiçbir kriterde birinci sırada olmadığı tespit edilmiştir. Özellikle bilişsel becerilerin ve duyuşsal becerilerin hiçbirinde Ö4 öğrencisinin en iyi öğrenci olmamasına rağmen iyi problem çözücü olarak belirlenmesi çelişki olarak değerlendirilebilir. Örneğin Lester (1994) ve Schoenfeld (1985) iyi ve zayıf problem çözücü arasındaki farkı açıklarken bilişsel becerilere vurgu yapmışlardır. Chapman (1991) ve Dwiyanı vd. (2021) ise iyi ve zayıf problem çözücü arasındaki farka vurgu yaparken duyuşsal özelliklerin önemli olduğunu belirtmişlerdir. Bu bağlamda klasik MABAC'ta elde edilen sonucun alanyazındaki bazı çalışmalarla çeliştiği söylenebilir. Bu çelişkinin sebebi Ö4 öğrencisinin bilişsel ve duyuşsal hiçbir kriterde birinci olmamasına rağmen tamamına yakınında ikinci sırada olmasından kaynaklanmış olabilir.

Klasik MABAC uygulamasında en zayıf öğrenci olarak belirlenen Ö2 ise problem çözme başarısı ve ebeveyn değerlendirmesi dışında hiçbir alt kriterde son sırada yer almamıştır. Alanyazındaki birçok araştırma iyi ve zayıf problem çözücünün belirlenmesinde problem çözme başarısının önemli bir kriter olduğu belirtilmektedir (Passolunghi & Siegel, 2001; Passolunghi vd., 2004; 2005; Özdoğan, 2024). Bu bağlamda klasik MABAC ile yapılan çözümün alanyazını desteklediği söylenebilir.

Klasik MABAC'ın kesin sayısal verilere olan bağımlılığını aşmak için, bu problemde Z-MABAC yaklaşımı da uygulanmıştır. Bu yöntem, öğrenci performansına ilişkin değerlendirmelerdeki belirsizliği ve insan yargısının güvenilirlik boyutunu modelleyerek, daha esnek ve gerçeğe yakın bir sıralama sunmayı hedeflemektedir. Kriterlere ilişkin dilsel değerlendirmelerdeki (örn. “çok iyi”, “ortalama”) veya güvenilirlik seviyelerindeki belirsizlik bu yöntemle daha etkin yönetilmiştir.

Bulanık MABAC'ın Z-Sayıları ile genişletilmesi, modele karar vericilerin değerlendirmelerindeki belirsizliği yönetme kapasitesinin ötesinde önemli bir yetenek kazandırır: Bilginin güvenilirlik derecesini ölçme ve karar sürecine dahil etme. Bu, klasik MABAC ve geleneksel bulanık MABAC'ın sahip olmadığı kritik bir üstünlüktür.

Çalışmada Z – sayıları ile genişletilmiş MABAC ile yapılan çözümde Ö7 en iyi problem çözücü olarak belirlenirken Ö1 en zayıf problem çözücü olarak belirlenmiştir. Ö7'nin puanları incelendiğinde matematik başarısı, problem çözme başarısı, akran değerlendirmesi ve öğretmen değerlendirmesinde birinci sırada olduğu belirlenmiştir. Matematik başarısının (du Toit & du Toit, 2013; Dwiyani vd., 2021; Mustafa vd., 2017), problem çözmenin (Passolunghi & Siegel, 2001; Passolunghi vd., 2004; 2005; Özdoğan, 2024), akran değerlendirmesi (Bernard vd., 2000; Sluijsmans vd., 2001) ve öğretmen değerlendirmesinin (Özpınar & Arslan, 2023) iyi ve zayıf problem çözücüyü ayırt etmede kullanılabileceğine yönelik bulgular alanyazında mevcuttur. Bu yönüyle iyi ve zayıf problem çözücünün belirlenmesinde Z-MABAC metodunun kullanılmasının alanyazın ile tutarlı olduğu söylenebilir. Ayrıca ulaşılan önemli bir bulgu da Ö7'nin matematik kaygısı en yüksek olan öğrenci olmasıdır. Matematik eğitimi alanyazınındaki birçok araştırma matematik kaygısının problem çözmeyi etkileyen önemli bir etken olduğu vurgulanmış (Duque & Tan, 2018; Passolunghi vd., 2019) olsa da iyi ve zayıf problem çözücüyü belirlemede yüksek düzeyde etkili olmadığı belirlenmiştir. Bu durum öğrencilerin matematik kaygısının iyi veya zayıf problem çözücü olmalarını etkilemediği şeklinde yorumlanabilir.

Z-MABAC metodu uygulamasında Ö1 en zayıf problem çözücü olarak belirlenmiştir. Ö1 matematik başarısında en düşük öğrenci olmasına rağmen diğer alt kriterlerin hiçbirinde

sıralamada sonuncu öğrenci olmamıştır. Matematik başarısı problem çözme için önemli bir alt kriter olarak alanyazında belirtilmiştir (du Toit & du Toit, 2013; Dwiyani vd., 2021; Mustafa vd., 2017). Ö1'e yönelik ulaşılan en önemli sonuçlardan biri de Ö1'in üstbilis puanı en yüksek ikinci öğrenci olmasıdır. Matematik eğitimi alanyazınındaki birçok araştırma üstbilisin problem çözme için önemli olduğunu vurgulamasına karşın (Schoenfeld, 1985; Öztürk vd., 2018) bu araştırmada üstbilisin iyi ve zayıf problem çözücüyü belirlemede yüksek düzeyde etkili olmadığını ortaya koymuştur. Bu durum araştırmada problem çözme sürecinin değil, probleme çözme başarısının ele alınmasından kaynaklanmış olabilir.

Çalışmada ulaşılan sonuçlar Z-sayıları ile genişletilen MABAC'ın klasik MABAC'a göre daha geniş bir aralığa yayıldığını göstermiştir. Z-MABAC'ın klasik MABAC'a göre üstünlüklerinde biri belirsizliğin etkin yönetimi ve daha gerçekçi modelleme yapabilmesidir. Klasik MABAC, kesin ve net sayısal veriler üzerinden işlem yapar. Bu, öğrencilerin “Başarı Puanı” gibi nicel kriterler için uygun olsa da “Üstbilis Ölçeği,” “Tutum Ölçeği” veya “Akran/Ebeveyn/Öğretmen Değerlendirme Formları” gibi niteliksel ve sübjektif kriterler için zorluk yaratır. Bu tür kriterler genellikle kesin bir sayı ile ifade edilemez (“Öğrenci harika bir tutuma sahip” ifadesini doğrudan bir sayıya çevirmek bilgi kaybına yol açar). Z-Sayılar MABAC'ın üstünlüğü, Z-sayıları, bu niteliksel ve öznel değerlendirmeleri dilsel değişkenler ve üyelik dereceleri aracılığıyla doğrudan modellemeye olanak tanır. Bu, insan yargısının içsel belirsizliğini daha doğru bir şekilde yansıtır. Model, değerlendirmeleri keskin sayılara zorlamak yerine, bu bulanık doğayı koruyarak daha zengin ve gerçeğe yakın bir karar matrisi oluşturur.

Öneriler

Klasik MABAC ve Z-MABAC metodunu kullanarak iyi ve zayıf problem çözücüyü belirleyebilecek bir algoritma geliştirmeyi amaçlayan bu araştırmada ulaşılan sonuçlar hem klasik MABAC hem de Z-MABAC ile bir algoritma geliştirmiş olmasına rağmen çalışmada bazı sınırlılıklar mevcuttur. Bu sınırlılıklarından ilki, araştırmanın küçük bir örneklem ile yürütülmesidir. Çalışma, yedi öğrencisi ile gerçekleştirilmiş olduğundan bulguların farklı bölgelere veya daha geniş öğrenci gruplarına genellenebilirliğini sınırlıdır. Gelecek araştırmacılar büyük örneklemlemlerle nicel araştırmalar yürüterek algoritmayı test edebilirler.

Bu çalışmada yalnızca klasik MABAC ve Z-MABAC yöntemleri kullanılmış olup diğer ÇKKV yöntemlerine yer verilmemiştir. Bu durum, farklı yöntemlerin sağlayabileceği karşılaştırmalı sonuçların elde edilmesini sınırlamaktadır. Bu bağlamda gelecek araştırmacılar farklı ÇKKV yöntemlerini kullanarak algoritma geliştirebilirler.

Çalışmada ulaşılan sonuçlar iyi ve zayıf problem çözücüyü belirleyecek algoritma sunmaktadır. İyi ve zayıf problem çözücülerin özelliklerini karşılaştırmak isteyen araştırmacılar için iyi ve zayıf problem çözücüyü belirleyebilecek geçerli ve güvenilir bir algoritma geliştirilmiştir. Bu bağlamda araştırmacılar bu algoritmayı kullanarak iyi ve zayıf problem çözücüyü belirleyerek araştırmalarını yürütebilirler. Öğretmenlerde bu algoirtmayı kullanarak sınıflarındaki iyi ve zayıf problem çözücülerini belirleyerek öğrencilere buna göre uygulamalar yapabilirler.



KAYNAKÇA

- Akcakin, V., Cebesoy, Ü., & İnel, Y. (2015). İki boyutlu matematik kaygısı ölçeğinin Türkçe formunun geçerlik ve güvenilirlik çalışması. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 35(2), 283-301.
- Albayrak, M. (2022). *Öğrenci, öğretmen ve aile için problem kurma- çözme el kitabı*. Vizetek Yayıncılık.
- Altun-Kobul, F., & Yazıcı, H. (2025). Matematik kaygısı ve azaltma yolları. M. Öztürk, İ. Sarıkaya & M. Özgöl (Ed.) *Matematik eğitiminin psikolojik temelleri içinde* (s. 21-44). Pegem Akademi.
- Arslan, P. Ç. (2007). *Ortaöğretim kurumları sınavına hazırlanan öğrencilerin problem çözme aşamasında karşılaştıkları güçlüklerin belirlenmesi* (Yüksek lisans tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No.177872)
- Arslan, R., & Bircan, H. (2020). Çok kriterli karar verme teknikleriyle elde edilen sonuçların COPELAND yöntemiyle birleştirilmesi ve karşılaştırılması. *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 27(1), 109-127.
- Artz, A. F., & Armour-Thomas, E. (1992). Development of a cognitive-metacognitive framework for protocol analysis of mathematical problem solving in small groups. *Cognition and Instruction*, 9(2), 137-175.
- Ayotola, A., & Adedeji, T. (2009). The relationship between mathematics self-efficacy and achievement in mathematics. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 1(1), 953-957.
- Bernard, R. M., Rojo de Rubalcava, B., & St-Pierre, D. (2000). Instructional design for collaborative distance learning: The state of practice and research. *Distance Education*, 21(2), 260-277.
- Black, P., & Wiliam, D. (1998). Assessment and classroom learning. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 5(1), 7-74. <https://doi.org/10.1080/0969595980050102>
- Burnham, J.R. (2011). A case study of mathematics self-efficacy in a freshman engineering mathematics course (Unpublished Masters Thesis). Washington State University, USA.
- Çagırgan-Gulten, D., & Soytürk, İ. (2013). İlköğretim 6. sınıf öğrencilerinin geometri öz-yeterliliklerinin akademik başarı not ortalamaları ile ilişkisi [The relation between 6th grade elementary school students self-efficacy beliefs and academic achievement in geometry]. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 13(25), 55-70.
- Cai, J. (2003). Singaporean students' mathematical thinking in problem solving and problem posing: an exploratory study. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 34(5), 719-737.
- Çelikkilek, Y., & Özdemir, M. (2020). *Çok kriterli karar verme yöntemleri-açıklamalı ve karşılaştırmalı sağlık bilimleri uygulamaları ile*. Nobel Akademik Yayıncılık.
- Cevik, Y. D., Haşlamam, T., & Celik, S. (2015). The effect of peer assessment on problem solving skills of prospective teachers supported by online learning activities. *Studies in Educational Evaluation*, 44, 23-35.
- Chapman, M. (1991). The epistemic triangle: Operative and communicative components of cognitive competence. In M. Chandler & M. Chapman (Eds.), *Criteria for competence: Controversies in the conceptualization and assessment of children's abilities*, 209-228, Lawrence Erlbaum Associates.

- Chen, M. F., Tzeng, G. H., & Ding, C. G. (2003). Fuzzy MCDM approach to select service provider. *In Proceedings of IEEE International Conference on Fuzzy Systems*, 1, 572–577.
- Çiçekli, U. G., & Karaçizmeli, A. (2013). Bulanık analitik hiyerarşi süreci ile başarılı öğrenci seçimi: ege üniversitesi iktisadi ve idari bilimler fakültesi örneği. *Ege Stratejik Araştırmalar Dergisi*, 4(1), 71-95.
- Cozza, B., & Oreshkina, M. (2013). Cross-cultural study of cognitive and metacognitive processes during math problem solving. *School Science and Mathematics*, 113(6), 275-284.
- Curriculum Planning and Development Division. (2012). *Mathematics syllabus: Primary one to six*. Ministry of Education, Singapore.
- de Laat, M., Joksimovic, S., & Ifenthaler, D. (2020). Artificial intelligence, real-time feedback and workplace learning analytics to support in situ complex problem-solving: A commentary. *The International Journal of Information and Learning Technology*, 37(5), 267-277.
- Dempster, A. P. (1967). Upper and lower probabilities induced by a multivariate mapping. *Annals of Mathematical Statistics*, 38(2), 325-339.
- Deng, X., Hu, Y., Deng, Y., & Mahadevan, S. (2014). Supplier selection using AHP methodology extended by D numbers. *Expert Systems with Applications*, 41(1), 156–167.
- Du Toit, S. D., & Du Toit, G. F. (2013). Learner metacognition and mathematics achievement during problem-solving in a mathematics classroom. *TD: The Journal for Transdisciplinary Research in Southern Africa*, 9(3), 505-518.
- Duque Jr, C. A., & Tan, D. A. (2018). Öğrencilerin matematiksel problem çözmede matematiksel tutumları ve üstbilişsel süreçler. *Avrupa Eğitim Çalışmaları Dergisi*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1318320>
- Dwiyani, S., Nanna, A. W. I., & Kusnadi, D. (2021). Analyzing the Gender Strategy in Math: Good, Routine, or Naive Problem Solver? *JIPM*, 9(2), 126-139.
- Ertuğrul, İ. (2006). Akademik performans değerlendirmede bulanık mantık yaklaşımı. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 20(1), 155-176.
- Field, A. (2009). *Discovering statistics using SPSS: Book plus code for E version of text* (Vol. 896). London, UK: SAGE Publications Limited.
- Finegold, M., & Mass, R. (1985). Differences in the processes of solving physics problems between good physics problem solvers and poor physics problem solvers. *Research in Science & Technological Education*, 3(1), 59-67.
- Güven, B., & Cabakcor, B. O. (2013). Factors influencing mathematical problem-solving achievement of seventh grade Turkish students. *Learning and Individual Differences*, 23, 131-137.
- Hackett, G., & Betz, N. E. (1989). An exploration of the mathematics self-efficacy/mathematics performance correspondence. *Journal for Research in Mathematics Education*, 20(3), 261-273.
- He, W., Du, L., & Zhang, W. (2025). Development of best performance evaluation indicators based on value-based healthcare for general hospital nursing: A Delphi study. *Journal of Clinical Nursing*, 34(3), 816-825.

- Hoffman, B. (2010). "I think I can, but I'm afraid to try": The role of self-efficacy beliefs and mathematics anxiety in mathematics problem-solving efficiency. *Learning and Individual Differences*, 20(3), 276-283.
- İlhan, A., Gemcioğlu, M., & Poçan, S. (2021). Ortaokul öğrencilerinin matematik tutumu ve problem çözmeye yönelik algılarının matematik başarılarıyla ilişkisi. *Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 8(1), 1-15.
- Işıksal, M., & Aşkar, P. (2003). İlköğretim öğrencileri için matematik ve bilgisayar öz-yeterlik algısı ölçekleri. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 25(25).
- Ji, L., Yang, F., Wang, X., & Chen, L. (2014). An uncertain information fusion method based on possibility theory in multisource detection systems. *Optik*, 125, 4583-4587.
- Jia, Q., & Herrera-Viedma, E. (2023). Pythagorean fuzzy sets to solve Z-numbers in decision-making model. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 31, 890-904.
- Jia, Q., Hu, J., Safwat, E., & Kamel, A. (2021). Polar coordinate system to solve an uncertain linguistic Z-number and its application in multicriteria group decision-making. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 105, 104437.
- Jiang, Y., Li, G., Cai, X., Yang, Z., Huang, Y., Zhang, L., & Huang, L. (2021). Entrepreneurship education, psychological cognition, and entrepreneurship activities: An analysis based on a fuzzy-set qualitative comparative analysis. *Frontiers in Psychology*, 12, 733319.
- Joksimovic, S., Ifenthaler, D., Marrone, R., De Laat, M., & Siemens, G. (2023). Opportunities of artificial intelligence for supporting complex problem-solving: Findings from a scoping review. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 4, 100138.
- Kamalimoghaddam, H., Tarmizi, R. A., Ayub, A. F. M., & Jaafar, W. M. W. (2016). Confirmatory model of mathematics self-efficacy, problem solving skills and prior knowledge on mathematics achievement: A structural equation model. *Malaysian Journal of Mathematical Sciences*, 10, 187-200.
- Kazu, İ. Y., & Özdemir, O. (2009). Öğrencilerin bireysel özelliklerinin yapay zeka ile belirlenmesi (Bulanık mantık örneği). *Akademik Bilişim*, 11(13).
- Kyriakides, L., & Gagatsis, A. (2003). Assessing student problem-solving skills. *Structural Equation Modeling*, 10(4), 609-621.
- Lepore, M. (2024). A holistic framework to model student's cognitive process in mathematics education through fuzzy cognitive maps. *Heliyon*, 10(16).
- Lester, F. K. (1994). Musings about mathematical problem-solving research: 1970-1994. *Journal for Research in Mathematics Education*, 25(6), 660-675.
- Liu, HC, Chen, Xq., Duan, C.Y., & Wang, YM (2019). Çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılarak hata türü ve etki analizi: Sistemik bir literatür taraması. *Bilgisayar ve Endüstri Mühendisliği*, 135, 881-897.
- Lucangeli, D., Coi, G., & Bosco, P. (1997). Metacognitive awareness in good and poor math problem solvers. *Learning Disabilities Research & Practice*, 12(4), 209-212.
- Ma, X., & Kishor, N. (1997). Assessing the relationship between attitude toward mathematics and achievement in mathematics: A meta-analysis. *Journal for Research in Mathematics Education*, 26-47.
- Mayer, R. E. (1998). Cognitive, metacognitive, and motivational aspects of problem solving. *Instructional Science*, 26(1), 49-63.
- Migray, K. (2002). *The relationships among math self-efficacy, academic self-concept, and math achievement*. Arizona State University, Tempe, United States.

- Mustafa, N., Said, M. N. H. M., Ismail, Z., & Tasir, Z. (2017). Mathematical problem solving skills among high achiever students. *Advanced Science Letters*, 23(8), 7494-7498.
- National Council of Teachers of Mathematics [NCTM]. (2004). Principles and standards for school mathematics. NCTM.
- Mohsen, O., & Fereshteh, N. (2017). An extended VIKOR method based on entropy measure for the failure modes risk assessment – A case study of the geothermal power plant (GPP), *Safety Science*, 92, 160–172.
- Önal, N. (2013). Ortaokul öğrencilerinin matematik tutumlarına yönelik ölçek geliştirme çalışması. *İlköğretim Online*, 12(4), 938-948.
- Orlov, A. I. (2024). Methodological issues of the fuzzy set theory. *Inorganic Materials*, 60(4), 389-396. <https://doi.org/10.1134/S0020168524700572>
- Özdoğan, E. G. (2024). *İyi ve zayıf problem çözücü öğrencilerin problemi anlamaya yönelik becerilerinin incelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 928139)
- Özpınar, İ., & Arslan, S. (2023). Teacher-based Evaluation of Students' Problem Solving Skills. *International Journal of Psychology and Educational Studies*, 10(2), 543-560.
- Öztürk, M., Akkan, Y., & Kaplan, A. (2018). 6-8. sınıf üstün yetenekli öğrencilerin problem çözerken sergiledikleri üst bilişsel beceriler: Gümüşhane örneği. *Ege Eğitim Dergisi*, 19(2), 446-469.
- Öztürk, M., Akkan, Y., & Kaplan, A. (2020). Reading comprehension, Mathematics self-efficacy perception, and Mathematics attitude as correlates of students' non-routine Mathematics problem-solving skills in Turkey. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 51(7), 1042-1058.
- Öztürk, M., Sarıkaya, İ. & Özgöl, M. (2022). Matematik kaygısının psikofizyolojik ilişkileri. E. Ertekin & B. Dilmaç (Ed.) *Matematik kaygısı* içinde (s. 41-54). Pegem Akademi.
- Öztürk, M., Sarıkaya, İ., & Ada Yıldız, K. (2024). Middle school students' problem solving performance: Identifying the factors that influence it. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 22(6), 1363-1379.
- Pajares, F., & Graham, L. (1999). Self-efficacy, motivation constructs, and mathematics performance of entering middle school students. *Contemporary Educational Psychology*, 24(2), 124-139.
- Pajares, F., & Kranzler, J. (1995). Self-efficacy beliefs and general mental ability in mathematical problem-solving. *Contemporary Educational Psychology*, 20, 426-443.
- Pajares, F., & Miller, M. D. (1995). Mathematics self-efficacy and mathematics performances: The need for specificity of assessment. *Journal of Counseling Psychology*, 42(2), 190.
- Pamučar, D., Stević, Ž., & Sremac, S. (2018). A new model for determining weight coefficients of criteria in MCDM models: Full consistency method (FUCOM). *Symmetry*, 10(9), 1–22.
- Panaoura, A. (2017). Parental involvement in developing students' perseverance in solving mathematical problem through the use of social media. *International Journal of Technology in Education and Science*, 1(1), 36-47.
- Pasolunghi, M. C., Cornoldi, C., & De Liberto, S. (1999). Working memory and intrusions of irrelevant information in a group of specific poor problem solvers. *Memory & Cognition*, 27(5), 779-790.

- Passolunghi, M. C., & Pazzaglia, F. (2005). A comparison of updating processes in children good or poor in arithmetic word problem-solving. *Learning and Individual Differences*, 15(4), 257-269.
- Passolunghi, M. C., & Siegel, L. S. (2001). Short-term memory, working memory, and inhibitory control in children with difficulties in arithmetic problem solving. *Journal of Experimental Child Psychology*, 80(1), 44-57.
- Passolunghi, M. C., Cargnelutti, E., & Pellizzoni, S. (2019). The relation between cognitive and emotional factors and arithmetic problem-solving. *Educational Studies in Mathematics*, 100(3), 271-290.
- Pellegrino, J. W. (2002). Knowing what students know. *Issues in Science and Technology*, 19(2), 48-52.
- Pietsch, J., Walker, R., & Chapman, E. (2003). Ortaokul matematik dersinde benlik kavramı, öz-yeterlik ve performans arasındaki ilişki. *Eğitim Psikolojisi Dergisi*, 95(3), 589.
- Posamentier, A. S. & Krulik, S. (2015). *Problem-solving strategies in mathematics: from common approaches to exemplary strategies*. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.
- Robinson, D. A. (1973). Models of the saccadic eye movement control system. *Kybernetik*, 14, 71-83.
- Şahin, R., & Öztürk, M. (2019, July). *Determination of ideal mathematics anxiety scale by MABAC method*. In Proceedings of the 4th International Symposium of Turkish Computer and Mathematics Education (pp. 1058–1064). İzmir, Turkey.
- Santos-Trigo, M. (2024). Problem solving in mathematics education: tracing its foundations and current research-practice trends. *ZDM–Mathematics Education*, 56(2), 211-222.
- Schoenfeld, A. H. (1985). Making sense of “out loud” problem-solving protocols. *The Journal of Mathematical Behavior*, 4(2), 171-191.
- Schoenfeld, A. H. (1989). Explorations of students' mathematical beliefs and behavior. *Journal for Research in Mathematics Education*, 20(4), 338-355.
- Schoenfeld, A. H. (Ed.). (1987a). *Cognitive science and mathematics education*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Schoenfeld, A. H. (Ed.). (1987b). What's all the fuss about metacognition? In *Cognitive science and mathematics education*, 189-215, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Shi, H., Liu, H.c., Li, P., & Xu, X.G. (2017). Sağlık atığı arıtma teknolojilerini çok paydaşlı bir şekilde değerlendirmek için entegre bir karar verme yaklaşımı. *Atık Yönetimi*, 59, 508-517.
- Sluijsmans, D. M., Moerkerke, G., Van Merriënboer, J. J., & Dochy, F. J. (2001). Peer assessment in problem based learning. *Studies in Educational Evaluation*, 27(2), 153-173.
- Stake, R. E. (2003). *Case studies*. In N. K. Denzin, & Y. S. Lincoln (Eds.), *Strategies of qualitative inquiry* (2nd ed., pp. 134–164). Sage Publications.
- Suárez-Pellicioni, M., Núñez-Peña, M. I., & Colomé, A. (2013). Mathematical anxiety effects on simple arithmetic processing efficiency: an event-related potential study. *Biological Psychology*, 94(3), 517-526.
- T.C. Millî Eğitim Bakanlığı. (2024, Mart). *PISA 2022 OECD ülke raporu: Türkiye* (ISBN: 978-975-11-7448-2). T.C. Millî Eğitim Bakanlığı.

- Tate, M. W., & Stanier, B. (1964). Errors in judgment of good and poor problem solvers. *The Journal of Experimental Education*, 32(4), 371-376.
- Trujillo, K. M., & Hadfield, O. D. (1999). Tracing the roots of mathematics anxiety through in-depth interviews with preservice elementary teachers. *College Student Journal*, 33(2), 219-219.
- Ural, A., Umay, A., & Argün, Z. (2008). Öğrenci takımları başarı bölümleri tekniği temelli eğitimin matematikte akademik başarı ve özyeterliliğe etkisi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 35(35), 307-318.
- Urhan, S., & Bülbül, A. (2023). Habermas' construct of rationality in the analysis of the mathematical problem-solving process. *Educational Studies in Mathematics*, 112(1), 175-197. <https://doi.org/10.1007/s10649-022-10188-8>
- Usher, E. L. (2009). Sources of middle school students' self-efficacy in mathematics: A qualitative investigation. *American Educational Research Journal*, 46(1), 275-314.
- Wang, C., Chen, X., & Yu, T. (2025). What drives learners' behavioral intention to share knowledge on social media: evidence from a fuzzy-set qualitative comparative analysis (FsQCA). *Current Psychology*, 1-15. <https://doi.org/10.1007/s12144-025-07813-z>
- Wei, G., Wang, G., Wijaya, T. T., Su, M., & Chen, J. (2025). Exploring the factors influencing student problem posing in a mathematics classroom: PLS-SEM and fuzzy set qualitative comparative analysis. *Acta Psychologica*, 259, 105339. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2025.105339>
- Williams, K., & Williams, H. (2021). Mathematics problem-solving homework as a conduit for parental involvement in learning. Evaluation of a pilot study. *Educational Review*, 73(2), 209-228.
- Wilson, J. W., Fernandez, M. L., & Hadaway, N. (1993). Mathematical problem solving. *Research Ideas for The Classroom: High School Mathematics*, 57, 78.
- Yıldırım, A., & Simsek, H. (1999). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*. (11.baskı) Seçkin yayıncılık.
- Yimer, A., & Ellerton, N. F. (2010). A five-phase model for mathematical problem solving: Identifying synergies in pre-service-teachers' metacognitive and cognitive actions. *ZDM*, 42, 245-261.
- Yin, R. K. (1992). Değerlendirme yapmak için bir araç olarak vaka çalışması yöntemi. *Güncel Sosyoloji*, 40(1), 121-137.
- Zadeh, L. A. (1965). Bulanık kümeler. *Bilgi ve Kontrol*, 8(3), 338-353.
- Zadeh, L. A. (1978). Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility. *Fuzzy Sets and Systems*, 26, 3-28.
- Zadeh, L. A. (1979). *On the validity of Dempster's rule of combination of evidence*. Infinite Study.

EKLER

Ek 1: Matematik Tutum Ölçeği

Sınıf Düzeyiniz: 5.Sınıf () 6.Sınıf () 7.Sınıf () 8.Sınıf ()

Geçen Seneki Matematik Notunuz: 0-45 () 46-54 () 55-69 () 70-84 () 85-100 ()

Cinsiyetiniz: Kız () Erkek ()

Sevgili öğrenciler,

Bu araştırma sizlerin matematik dersine ilişkin tutumlarını belirlemek amacıyla yapılmaktadır. Sizden beklenen görüşlerinizi içtenlikle belirtmenizdir.

		(5) Tamamen Katılıyorum	(4) Katılıyorum	(3) Kararsızım	(2) Katılmıyorum	(1) Kesinlikle Katılmıyorum
	Lütfen aşağıdaki maddeleri dikkatlice okuyarak sizin için en uygun görüşü yansıtan yere (X) çarpı işareti atınız.					
1	Matematik kolay bir derstir.					
2	Matematik çalışırken canım sıkılır. *					
3	Matematik, çok sevdiğim dersler arasındadır.					
4	Matematik derslerinde kendimi rahat hissederim.					
5	Matematik problemleri çözmekten zevk alırım.					
6	Matematik dersini sevmem. *					
7	Matematik dersi insanlara yaratıcı düşünme yolları kazandırır.					
8	Matematik problemleri çözmek kendime olan güvenimi artırır.					
9	Matematiksel kavramları diğer derslerde kullanmak beni mutlu eder.					
10	Matematik bulmacaları çözmekten hoşlanırım.					
11	Matematik sınavları benim için önemli bir stres sebebidir. *					
12	Matematik dersinde tahtada soru çözmek beni kaygılandırır. *					
13	Matematik sınavlarından korkarım. *					
14	Matematikte arkadaşlarımdan benden daha başarılı olduğumu düşünürüm. *					
15	Matematiği anlayamayacağımı düşünürüm. *					
16	Matematik dersinin olduğu gün sonunda işlenen konuları düzenli olarak tekrar ederim.					
17	Matematik dersinde öğretmenimi dikkatle dinlerim.					
18	Matematik sınavlarından düşük not almayı umursamam. *					
19	Matematik sınavları öncesinde konu tekrarı yaparım.					
20	Matematik öğretmenleri dersleri sıkıcı hale getirir. *					
21	Mecbur kalmasaydım matematik dersini öğrenmek istemezdim. *					
22	Matematiği sosyal hayatımın hiçbir alanında kullanmam. *					

Ek 2: Problem Çözme Testi

Değerli katılımcılar, elinizdeki ölçek ortaokul öğrencilerinin problem çözme becerilerini belirlemek için hazırlanmıştır. Ölçeği tamamlama süreniz 40 dakikadır. Her bir soru 6 puandır. Katılımınız için teşekkür ederiz.

- 1 Öğretmenimin yaşının 3 katının 19 fazlası 100 yapar. Öğretmenim kaç yaşındadır?
- 2

$\begin{array}{r} \text{E L İ F} \\ + \text{S Ü T} \\ \hline \text{İ Ç T İ} \end{array}$	Yanda verilen toplama işleminde farklı her harf farklı bir rakama karşılık gelmektedir. Bu işlemin sonucunu doğru yapacak birkaç farklı toplama işlemi bulabilirsiniz. Bunlardan birini gösterebilir misiniz?
--	---
- 3 Bir bilet kuyruğunda Başaran baştan 7. Sırada, Soner ise sondan 5. Sıradadır. Soner ile Başaran arasında 2 kişi olduğu bilindiğine göre bu bilet kuyruğunda en az kaç kişi vardır?
- 4 Ayşe Teyze 4lt pekmez yapmıştır. Elinde 4lt, 3lt ve 1lt'lik birer kap bulunan Ayşe Teyze pekmezini iki çocuğuna eşit biçimde 2lt olarak vermek istemektedir. Ölçüm yapma imkânı olmayan Ayşe Teyze'ye sadece üç kabı kullanarak paylaşım yapmasına nasıl yardımcı olursunuz?
- 5 Bir öğretmen öğrencilerine ceviz dağıtmaktadır. Her öğrenciye ikişer ceviz verirse 10 ceviz artacaktır. Her öğrenciye üçer ceviz verirse bu kez de 5 öğrenciye hiç ceviz kalmayacaktır. Bu sınıfta kaç öğrenci vardır?
- 6

	Yandaki şekilde düzenli bir örüntü verilmiştir. Bu örüntü de 21. Sırada hangi geometrik şekil yer alır?
---	---

Ek 3: Problem Çözmede ÜstBiliş Ölçeği (MPS)

Değerli Katılımcılar, elinizdeki bu ölçek ortaokul öğrencilerinin problem çözmede meta bilişini ortaya koymak için hazırlanmıştır. Lütfen aşağıdaki maddeleri dikkatlice okuyunuz ve en uygun seçeneği işaretleyiniz. Ölçeği tamamlama süreniz 3 ila 6 dakika arasında olacaktır. Çalışma sadece gönüllü katılımcılarla yürütülmektedir ve katılmak istemiyorsanız lütfen uygulayıcıyı bilgilendiriniz. Katılımınız için teşekkür ederiz.

	Asla	Nadiren	Bazen	Genellikle	Her zaman
1. Bir problemi çözerken bir sonraki adıma geçmeden önce adımları kontrol ederim.					
2. Bir problemi çözerken, daha önce çözdüğüm problemleri ilişkilendirebilirim.					
3. Problemleri çözerken, yaptığım işlemleri kontrol ederek kendi çözüm sürecimi takip ederim.					
4. Problemleri çözerken kullanabileceğim stratejileri hatırlarım.					
5. Problem ifadesinde gerekli ve gerekli olmayan bilgileri ayırt ederim.					
6. Sorunları anlamak için çözdüğüm benzer soruları hatırlarım.					
7. Bir sorunla karşılaştığımda, sorunun çözümü hakkında tahminde bulunurum.					
8. Sorunu çözdükten sonra tahminlerimi gözden geçiririm.					
9. Sorunu çözdükten sonra çözümün doğruluğunu kontrol ederim.					

Ek 4: Matematiğe İlişkin Öz-Yeterlik Algısı Ölçeği

MATEMATİĞE İLİŞKİN ÖZ-YETERLİK ALGISI ÖLÇEĞİ

Elinizdeki ölçek, yapılmakta olan bir araştırma için sizlerin matematiği günlük yaşamda kullanmada, matematik ünite konularında ve matematik problemlerini çözmede kendinize ne kadar güvendiğinizi görmek amacıyla hazırlanmıştır. Lütfen her ifadeyi (örneği, konuyu, problemi) dikkatle okuduktan sonra size en uygun olan seçeneği işaretleyin.

Teşekkürler.

İsim: _____ No: _____ Sınıf: _____
Cinsiyet: ()Kız ()Erkek

GÜNLÜK YAŞAM ÖRNEKLERİ

1. Bir alışveriş merkezinden alınan araç gereçlerin toplam fiyatını hesaplama

Kendime,

Her zaman güvenirim (5)	Çoğunlukla güvenirim (4)	Bazen güvenirim (3)	Nadiren güvenirim (2)	Hiç güvenmem (1)
-------------------------------	--------------------------------	---------------------------	-----------------------------	------------------------

2. Ev ile okul arasındaki uzaklık yaklaşık 20 km dir. Servis aracının hızı bilindiğinde, okuldan eve varma süresini hesaplama

Kendime,

Her zaman güvenirim (5)	Çoğunlukla güvenirim (4)	Bazen güvenirim (3)	Nadiren güvenirim (2)	Hiç güvenmem (1)
-------------------------------	--------------------------------	---------------------------	-----------------------------	------------------------

3. 808008 sayısının düz aynadaki görüntüsünü bulma

Kendime,

Her zaman güvenirim (5)	Çoğunlukla güvenirim (4)	Bazen güvenirim (3)	Nadiren güvenirim (2)	Hiç güvenmem (1)
-------------------------------	--------------------------------	---------------------------	-----------------------------	------------------------

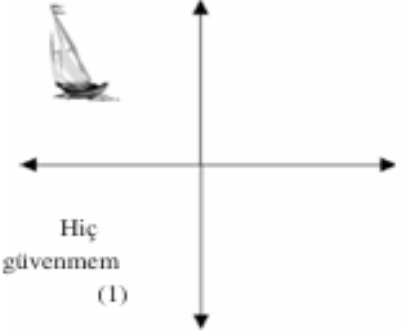
4. Yandaki şekil bir sinema salonundaki koltuk düzenini göstermektedir. Buna göre; bilet üzerindeki koltuk numarasının yerini bulma

Kendime,

Her zaman güvenirim (5)	Çoğunlukla güvenirim (4)	Bazen güvenirim (3)	Nadiren güvenirim (2)	Hiç güvenmem (1)
-------------------------------	--------------------------------	---------------------------	-----------------------------	------------------------

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										

5. Yandaki Koordinat düzleminde iki geminin ortak rotası verilmiştir. Her iki geminin de bulunduğu ve varacağı noktaların koordinatları verilirse, bu iki geminin karşılaşılabilecekleri noktanın koordinatlarını bulma



Kendime,				
Her zaman	Çoğunlukla	Bazen	Nadiren	Hiç
güvenirim	güvenirim	güvenirim	güvenirim	güvenmem
(5)	(4)	(3)	(2)	(1)

ÜNİTE KONULARI

- 6- Birinci dereceden bir bilinmeyenli denklemleri çözebilme

Kendime,				
Her zaman	Çoğunlukla	Bazen	Nadiren	Hiç
güvenirim	güvenirim	güvenirim	güvenirim	güvenmem
(5)	(4)	(3)	(2)	(1)

- 7-Birinci dereceden bir bilinmeyenli denklemleri kullanarak problem çözme.

Kendime,				
Her zaman	Çoğunlukla	Bazen	Nadiren	Hiç
güvenirim	güvenirim	güvenirim	güvenirim	güvenmem
(5)	(4)	(3)	(2)	(1)

- 8-Simetri

Kendime,				
Her zaman	Çoğunlukla	Bazen	Nadiren	Hiç
güvenirim	güvenirim	güvenirim	güvenirim	güvenmem
(5)	(4)	(3)	(2)	(1)

- 9-Koordinat sistemi

Kendime,				
Her zaman	Çoğunlukla	Bazen	Nadiren	Hiç
güvenirim	güvenirim	güvenirim	güvenirim	güvenmem
(5)	(4)	(3)	(2)	(1)

- 10-Doğru Grafikleri

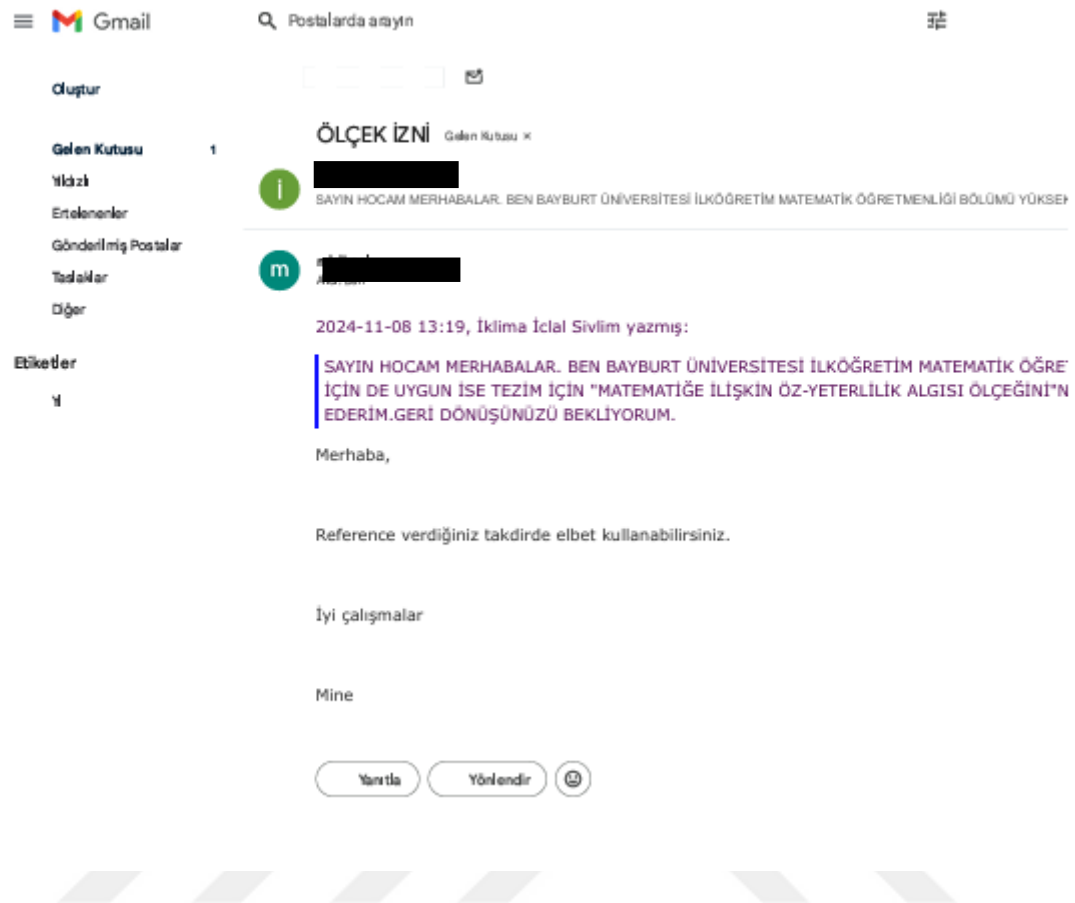
Kendime,				
Her zaman	Çoğunlukla	Bazen	Nadiren	Hiç
güvenirim	güvenirim	güvenirim	güvenirim	güvenmem
(5)	(4)	(3)	(2)	(1)

Ek 5: İki Boyutlu Matematik Kaygı Ölçeği

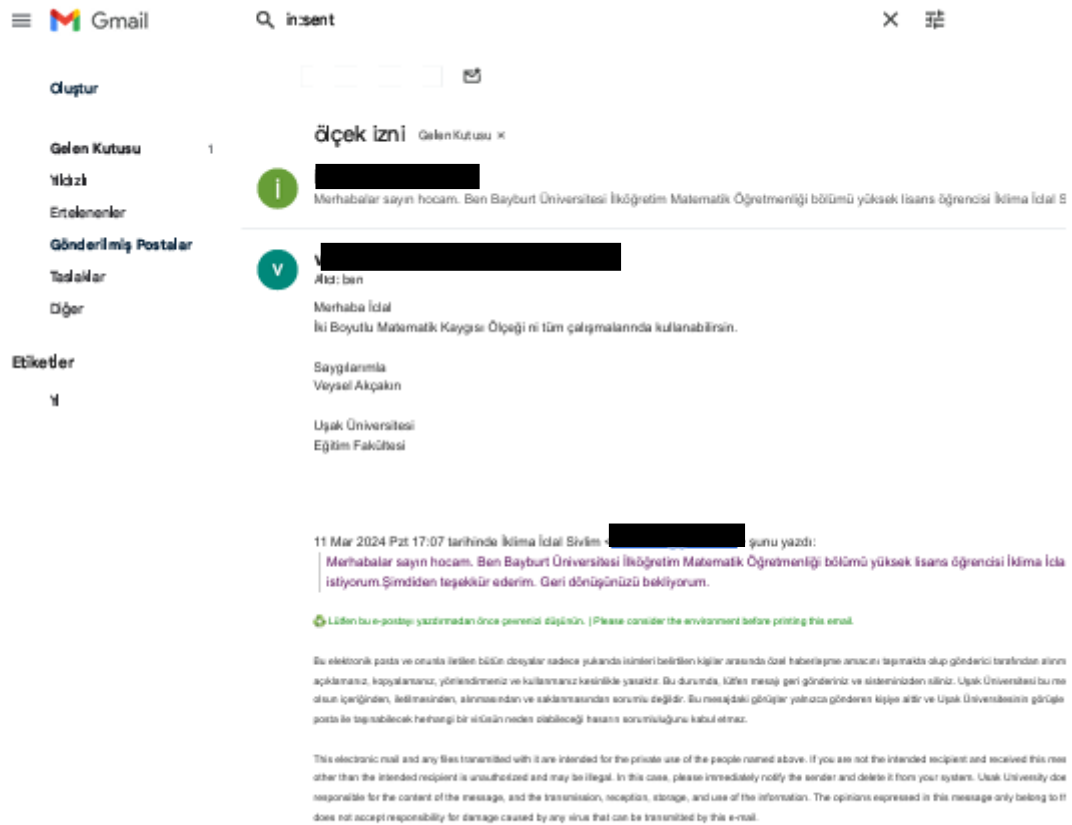
Ek1. İki Boyutlu Matematik Kaygısı Ölçeği

	Keskinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Kararsızım	Katılmıyorum	Keskinlikle Katılmıyorum
1. Matematik konuları ilgimi çeker.	1	2	3	4	5
2. Matematik sınavlarında telaşlanırım.(-)	1	2	3	4	5
3. Matematikçi gelecekte kullanacağımı düşünürüm.	1	2	3	4	5
4. Matematik sınavlarında aklım durur ve mantıklı düşünemem. (-)	1	2	3	4	5
5. Matematikğin günlük yaşamıyla ilişkili olduğunu düşünürüm.	1	2	3	4	5
6. Matematik problemleri çözme becerim konusunda endişe duyarım. (-)	1	2	3	4	5
7. Matematik problemleri çözmeye çalıştığımda, çaresiz kalmaya başladığımı hissederim. (-)	1	2	3	4	5
8. Matematik benim için çok zor bir derstir. (-)	1	2	3	4	5
9. Matematik dersinde kendimi gergin hissederim. (-)	1	2	3	4	5
10. Matematik derslerinin sayısının artırılmasına isterim.	1	2	3	4	5
11. Matematik derslerinde kendimi huzursuz hissederim. (-)	1	2	3	4	5
12. Matematik en çok sevdiğim derslerimden biridir.	1	2	3	4	5
13. Matematik öğrenmek eğlencelidir.	1	2	3	4	5
14. Matematik dersi kafama karıştırır. (-)	1	2	3	4	5

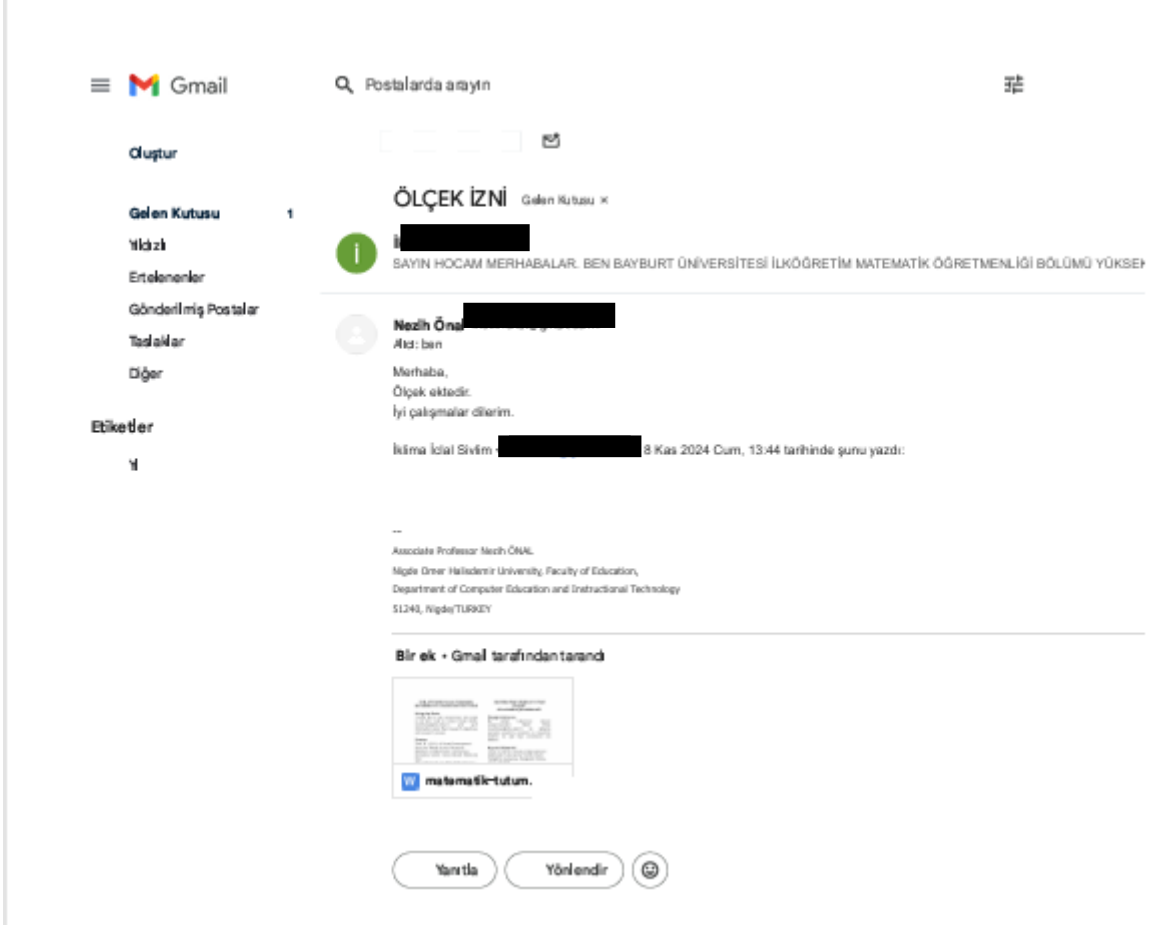
Ek 6: Matematiğe İlişkin Öz-Yeterlilik Algısı Ölçeğinin Araştırma İzni



Ek 7: İki Boyutlu Kaygı Ölçeği Araştırma İzni



Ek 8: Matematik Tutum Ölçeği Araştırma İzni



Ek 9: Etik Kurul Kararları

Evrak Tarihi ve Sayısı: 19.11.2024-241281



T.C.
BAYBURT ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürlüğü
Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Ana Bilim Dalı Başkanlığı

Sayı : E-83542712-050.04-241281
Konu : Etik Kurul Kararları

19.11.2024

Sayın Doç.Dr. Mesut ÖZTÜRK
Doçent

İlgi : 18.11.2024 tarihli ve E-83542712-050.04-240698 sayılı yazı.

Üniversitemiz etik kurulu 14.11.2024 tarihinde toplanmış olup, toplantıda alınan kararlar yazımız ekinde gönderilmiştir.

Bilgilerinizi ve gereğini rica ederim.

Prof.Dr. Fatih GÜRBÜZ
Ana Bilim Dalı Başkanı

Ek: İlgili Yazı

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Belge Doğrulama Kodu :BSEBD9YS84 Pin Kodu :42262
Kep Adresi :bayuni@h01.kep.tr

Belge Takip Adresi : <https://turkiye.gov.tr/ebd?ek=5264&eD=BSEBD9YS84&eS=241281>

Bilgi için: Hacer DÜRMÜZ
Unvanı: Bölüm Sekreteri



Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.



T.C.
BAYBURT ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürlüğü

Sayı : E-83542712-050.04-240698
Konu : Etik Kurul Kararları

18.11.2024

DAĞITIM YERLERİNE

Üniversitemiz etik kurulu 14.11.2024 tarihinde toplanmış olup, toplantıda alınan kararlar yazımız ekinde gönderilmiştir.
Bilgilerinizi ve gereğini rica ederim.

Prof.Dr. Murat KUL
Enstitü Müdürü

Ek: Karar (4 Sayfa)

Dağıtım:
Antrenörlük Eğitimi Ana Bilim Dalı Başkanlığına
Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Ana Bilim
Dalı Başkanlığına
Organik Tarım İşletmeciliği (Disiplinlerarası) Ana
Bilim Dalı Başkanlığına

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Belge Doğrulama Kodu :BSDBDUJ5FP Pin Kodu :28182 Belge Takip Adresi : <https://turkiye.gov.tr/ebd?ek=5264&eD=BSDBDUJ5FP&eS=240698>
Kep Adresi :bayuni@hs01.kep.tr

Bilgi için: Sultan GÜÇTEKİN
Unvanı: Bilgisayar İşletmeni

Tel No: 3752



Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Evrak Tarihi ve Sayısı: 15.11.2024-240464



T.C.
BAYBURT ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Etik Kurulu

Sayı : E-51694156-050.04-240464
Konu : Etik Kurul Kararları

15.11.2024

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

İlgi : a) 13.11.2024 tarihli ve E-83542712-020-240096 sayılı yazınız.
b) 07.11.2024 tarihli ve E-83542712-050.99-239099 sayılı yazınız.
c) 13.11.2024 tarihli ve E-83542712-302.14.04-240098 sayılı yazınız.

İlgi yazılarınız gereği, üniversitemiz etik kurulu 14.11.2024 tarihinde toplanmış olup, toplantıda alınan kararlar yazımız ekindedir.
Bilgilerinizi ve gereğini rica ederim.

Prof.Dr. Ali Savaş BÜLBÜL
Başkan

Ek: Kurul Kararları (3 Sayfa)

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Belge Doğrulama Kodu : BSEBDP90HP Pin Kodu : 26862
Kep Adresi : bayuni@hs01.kep.tr

Belge Takip Adresi : <https://turkiye.gov.tr/ebd?eK=5264&cD=BSEBDP90HP&cS=240464>

Bilgi için: Nuri TURAN
Unvanı: Avukat



Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.



T.C.
BAYBURT ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
ETİK KURULU
KARARI



Karar Tarihi
14.11.2024

Karar Sayısı
314

Oturum Sayısı
13

Üniversitemiz Etik Kurulu tarafından, Bayburt Üniversitesi Rektörlüğü Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürlüğü'nün 13.11.2024 tarihli ve E-83542712-020-240096 sayılı yazısı gereği, Bayburt Üniversitesi Rektörlüğü Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Ana Bilim Dalı Matematik Eğitimi Tezli Yüksek Lisans Programı 222234005 numaralı öğrencisi İklîma İclal SİVLİM'in yüksek lisans tezi olarak "Z-MABAC Metodu Kullanılarak İyi ve Zayıf Problem Çözücünün Belirlenmesi" başlıklı araştırma önerisi üniversitemiz etik kurulu tarafından incelenmiş olup, araştırma önerisinin etik ilkelere uygun olduğuna toplantıya katılan üyelerin oy birliğiyle karar verilmiştir.

Prof.Dr. Ali Savaş BÜLBÜL
Başkan

BELGENİN ASLI ELEKTRONİK İMZALIDIR

Mevcut Elektronik İmzalar

Belge Doğrulama Kodu : *B5R8DM7MC*

Prof.Dr. ALİ SAVAŞ BÜLBÜL (Etik Kurulu - Başkan) 14.11.2024 10:34

Belge Takip Adresi :

Bilgi için: Nuri TL
Unvan: An



Bu belge, 5070 sayılı Elektronik İmza Kanununun 5. Maddesi gereğince güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Ek 10: MEB Araştırma İzni



T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI
ARAŞTIRMA UYGULAMA İZNİ BELGESİ



Başvuru No: MEB.TT.2024.008941

T.C. Kimlik No: [REDACTED]

Adı Soyadı: İKLİMA İCLAL SİVLİM

Araştırmanın Adı: Z- Mabac Metodu Kullanılarak İyi ve Zayıf Problem Çözücünün Belirlenmesi

Araştırmanın Niteliği: Yüksek Lisans Tezi

Araştırmanın Örneklem / Çalışma Grubu: Öğrenci

Veri Toplama Aracının Başlığı: Problem Çözmeye Yönelik Üstbiliş Ölçeği, Matematik Tutum Ölçeği, İki Boyutlu Matematik Kaygısı Ölçeği, Matematiğe İlişkin Öz-Yeterlilik Algısı Ölçeği, Problem Çözme Testi

Araştırma Uygulama İzninin Kabul Tarihi: 02.12.2024

Araştırma Uygulama İzninin Bitiş Tarihi: 02.12.2025

Yukarıda kimliği yazılı araştırmacı "Araştırma Uygulama İzinleri Genelgesine (2024/41)" göre belirtilen kapsamda araştırmasını yapmayı taahhüt etmiştir. Araştırmacının bilgi ve belgelerinin uygunluğu kontrol edilmiş olup aşağıda ifade edilen bilgiler kapsamında araştırma uygulama izni Millî Eğitim Bakanlığı ilgili birimleri tarafından onaylanmıştır.

Uygulama Yapılacak İller	Uygulama Yapılacak Birimler	Uygulama Yapılacak MEB Teşkilatları	Uygulama Yapılacak MEB Teşkilatının Kurum Kodu
BAYBURT	İmam Hatip Ortaokulu	Şehit Sebahattin Bozo İmam Hatip Ortaokulu	759581

Not: Okul/kurum yöneticileri tarafından "Araştırma Uygulama İzni" belgesinin ve veri toplama araçlarının (araçlardaki maddelerinin) modüle yer alan belge ve araçlarla aynı olduğu kontrol edilmelidir. Belgeler aynı olmadığı durumda araştırma uygulama izni verilmeyecektir.

Doğrulama Kodu: 28c19ab06424d1711c0e10f2bfe682a76f0bdc7b75d6c566e3789de34644519a

Doğrulama Adresi: arastirmaiznileri.meb.gov.tr/belge-dogrula

Serhat Mah. 1290. Sokak No.8/B 06374 Yenimahalle/Ankara TÜRKİYE

Telefon No: (0312) 413 43 00, Belgegeçer No: (0312) 413 45 12

e-posta: ttkb_arastirmaiznileri@meb.gov.tr, internet adresi: ttkb.meb.gov.tr

Sayfa 1/1



Ek 11: Öğretmen Görüş Formu

Maddeler	Hiçbir zaman	Bazen	Her zaman
1. Öğrenci problemin ne ifade ettiğini anlar.			
2. Problemi görsel olarak ifade edilir.			
3. Problemde verilen kavramsal arası ilişkileri anlayabilir.			
4. Problemle karşılaştığında çözüp çözmeyeceğini anlar.			
5. Problem çözme sürecinde kendi çözüm sürecini izleyebilir.			
6. Problemin önceki problemlerle benzerliklerini ve farklılıklarını belirleyebilir.			
7. Problemi farklı çözüm yollarını kullanarak çözebilir.			
8. Aşına olmadığı problemleri çözmek için çaba gösterir.			

Ek 12: Ebeveyn Görüş Formu

Maddeler	Hiçbir zaman	Bazen	Her zaman
1. Problem çözmede kendine güveni yüksektir.			
2. Problem çözmede zayıf ve güçlü yönlerini bilir.			
3. Problemlerle karşılaştığında çözüp çözemeyeceğini anlar.			
4. Aşına olmadığı problemleri çözmek için çaba gösterir.			



Ek 13: Akran Görüş Formu

Maddeler	Hiçbir zaman	Bazen	Her zaman
1. Problem çözmede kendine güveni yüksektir.			
2. Problem çözerken problemi görsel olarak ifade edebilir.			
3. Problem çözmede zayıf ve güçlü yönlerini bilir.			
4. Problemlerle karşılaştığında çözüp çözemeyeceğini anlar.			
5. Aşına olmadığı problemleri çözmek için çaba gösterir.			



ÖZ GEÇMİŞ

■■■■■■■■■■ İklima İclal SİVLİM İlköğretim ve Lise eğitimini Bayburt'ta tamamlamıştır ...- ... yılları arasında Atatürk Üniversitesi İlköğretim Matematik Öğretmenliği Bölümünde lisans eğitimi almıştır. ... yılında buradan mezun olmuştur. 2022 yılında Bayburt Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Ana Bilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başlamıştır. D düzeyde İngilizce bilmektedir.

