



T.C.

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

MATEMATİK ANABİLİM DALI

MATEMATİĞİN TEMELLERİ VE LOJİK YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

**BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ PROSES YÖNTEMİYLE
ORTAOKUL ÖĞRENCİLERİNİN MATEMATİK BAŞARISININ
ÖLÇÜLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Lütfullah ERGÜN

Danışman: Prof. Dr. Naim ÇAĞMAN

TOKAT- 2024

ETİK SÖZLEŞME

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Prof. Dr. Naim ÇAĞMAN danışmanlığında hazırlamış olduğum “Bulanık Analitik Hiyerarşi Proses Yöntemiyle Ortaokul Öğrencilerinin Matematik Başarısının Ölçülmesi” adlı Yüksek Lisans tezinin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

.../.../2024

Lütfullah ERGÜN



ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Tez çalışmamda, kıymetli rehberliğiyle ve bilgi birikimiyle bana yol gösteren danışmanım Sayın Prof. Dr. Naim ÇAĞMAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Bu süreç boyunca bana uygun çalışma ortamı sağlayan ve destekleyen eşim Şule, çocuklarım Yusuf Ali ve M. Asaf'a teşekkür ederim.



ÖZET

BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ PROSES YÖNTEMİYLE ORTAOKUL ÖĞRENCİLERİNİN MATEMATİK BAŞARISININ ÖLÇÜLMESİ.

Ergün, Lütfullah

Yüksek Lisans, Matematik Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Naim ÇAĞMAN

Ağustos 2024

Bu çalışmada çok kriterli karar verme süreçlerinden biri olan bulanık analitik hiyerarşi süreci ile ortaokul öğrencilerinin matematik dersindeki performans ve başarı değerlendirmesi amaçlanmıştır. Bulanık Analitik Hiyerarşi Proses (BAHP) metotlarından biri olan Chang'ın Mertebe Analiz Yöntemi kullanılarak elde edilen başarı puanları klasik karne notları ile karşılaştırılmıştır.

Varsayımsal olarak oluşturulmuş bir sınıfta öğrencilerin matematik dersinde aldıkları yazılı notları, ders etkinliklerine katılım ve araştırmamızda belirlediğimiz diğer kriterler simüle edilmiş ve klasik 100'lük puanlama sistemi ile hazırlanan dereceleme ölçeklerinden elde edilen veriler bulanık önem ölçeğine aktarılmış böylece her bir kriter bazında öğrenciler ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeler sonucunda BAHP ile başarı skorları elde edilmiştir. Elde edilen bu skorlarda öğrencilerin başarı puanını belirleyen kriterlerin her biri hiyerarşik pozisyonları gereği farklı düzeylerde etki göstermiştir.

Bu çalışmada görülmüştür ki BAHP ile elde edilen başarı skorları daha kapsayıcı ve geleneksel yöntemlere göre daha hassas değerlendirmeler yapmaya uygundur. Bu yöntemin değerlendiricinin kişisel görüş ve yargılarından doğabilecek olumsuzluklara karşı geleneksel karne notu belirleme yöntemine göre daha objektif olduğu görülmüştür.

Alternatif bir değerlendirme yöntemi olarak öğrenci başarısı tespit etmede kullanılabilecek olan bu yöntem, farklı ders ve disiplinlerde de uygulanabilir. Eğitim alanında rehberlik faaliyetleri, mali kararlar, kaynak yönetimi, personel performansı belirleme gibi birçok alanda uygulanabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Bulanık Mantık, Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci, Başarı Değerlendirme, Öğrenci Performans Değerlendirme

ABSTRACT

MEASURING THE MATHEMATICS SUCCESS OF SECONDARY SCHOOL STUDENTS BY FUZZY ANALYTIC HIERARCHY PROCESS METHOD.

Ergun, Lütfullah

Master's Thesis, Department of Mathematics

Advisor: Prof. Dr. Naim ÇAĞMAN

August of 2024

In this study, it is aimed to evaluate the performance/achievement of secondary school students in mathematics course with fuzzy analytic hierarchy process, which is one of the multi-criteria decision making processes. The achievement scores obtained by using Chang's Rank Analysis Method, one of the FAHP methods, were compared with the classical report card grades.

In a hypothetical classroom, students' written exam grades in the mathematics course, participation in course activities and other criteria we identified in our research were simulated. The data obtained from the rating scales prepared with the classical 100-point scoring system were transferred to the fuzzy importance scale. In this way, students were evaluated separately on the basis of each criterion. As a result of these evaluations, success scores were obtained with FAHP. In these scores, each of the criteria determining the success score of the students showed different levels of impact due to their hierarchical positions.

In this study, it was seen that the achievement scores obtained with FAHP are more comprehensive and suitable for more sensitive evaluations than the traditional method. This method was found to be more objective than the traditional method of determining report card grades against the negativities that may arise from the personal opinions and judgements of the evaluator.

This method, which can be used to determine student achievement as an alternative assessment method, can be applied in different courses and disciplines. It is thought that it can be applied in many areas such as guidance activities, financial decisions, resource management, personnel performance determination in the field of education.

Keywords: Fuzzy Logic, Fuzzy Analytic Hierarchy Process, Success Evaluation, Student Performance Evaluation

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
1. GİRİŞ	1
2. ÖĞRENCİ BAŞARISI DEĞERLENDİRME.....	4
2.1. Eğitimde Başarı	4
2.2. Ölçme Türleri	5
2.2.1. Doğrudan Ölçme	6
2.2.2. Dolaylı Ölçme	6
2.2.3. Türetilmiş Ölçme.....	6
2.3 Ölçüt Türleri.....	7
2.3.1. Mutlak Ölçüt (Kriter Referanslı Ölçüt)	7
2.3.2. Bağıl Ölçüt (Norm Referanslı Ölçüt).....	7
2.4. Başarının Ölçülmesinde Yöntemler.....	8
2.4.1. Geleneksel Yöntemler	8
2.4.2. Destekleyici Değerlendirme Yaklaşımları.....	10
3. BULANIK KÜME KURAMI VE BULANIK MANTIK.....	14
3.1. Bulanık Kümeler	15
3.1.1. Bulanık Kümelerle Temel Küme İşlemleri	15
3.2. Bulanık Sayılar	17
3.2.1. Üçgensel Bulanık Sayılar	18
3.2.2. Üçgensel Bulanık Sayılarda İşlemler	18
3.2.3. Bulanık Sayılarda Güven Aralıkları İle Aritmetik İşlemler	20
3.3. Bulanık Mantığın Eğitimde Uygulamaları	25
4. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ	28
4.1. Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci	29
4.1.1. Chang yöntemi.....	32
5. UYGULAMA.....	36
5.1. Kullanılan Yöntem	37
5.2. Matematik Ders Başarısını Etkileyen Kriterler	37
5.3. İkili Karşılaştırma Matrisinin Oluşturulması	40
5.4. Hesaplamalar	43
5.5. Sonuç ve Karşılaştırma	55
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	58
7. KAYNAKLAR	61

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1. Ölçme araç ve yöntemleri (Şekercioğlu & Suna, 2022)	8
Şekil 2. Performans değerlendirme araç ve yöntemleri (Şekercioğlu & Suna, 2022).....	12
Şekil 3. Klasik (sol) ve bulanık (sağ) uzun ve kısa boy gruplandırması	15
Şekil 4. Bulanık kümelerde kesişim.....	16
Şekil 5. Bulanık kümelerde birleşme	16
Şekil 6. Bulanık kümenin tümleyeni.....	17
Şekil 7. Üçgensel bulanık sayı	18
Şekil 8. Üçgensel bulanık sayıda güven aralığı	21
Şekil 9. Güven aralığı ile toplama.....	22
Şekil 10. Güven aralığı ile çıkarma.....	23
Şekil 11. Güven aralığı ile çarpma	24
Şekil 12. Güven aralığı ile bölme.....	25
Şekil 13. M_1 ve M_2 'nin kesişimi.....	34
Şekil 14. Öğrenci başarısına yönelik bir BAHP modeli.....	36
Şekil 15. Örnek Chang yöntemi üçgensel bulanık sayı karşılaştırması	47
Şekil 16. Alternatif hesaplama	48

TABLolar LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1. Öğrencinin karmaşık bir problemin çözümü için verdiği cevaba yönelik dereceleme ölçeği.	12
Tablo 2. Grafıksel dereceleme ölçeği.....	13
Tablo 3. BAHS metotlarının karşılaştırılması (Büyüközkan ve ark., 2004)	31
Tablo 4. Bulanık önem ölçeği.....	33
Tablo 5. Kriter yüzdellikleri	40
Tablo 6. Derecelendirilmiş bulanık önem ölçeği	41
Tablo 7. İkili karşılaştırma matrisi	42
Tablo 8. Bulanık satır toplamları.....	43
Tablo 9. Bulanık sütun toplamı.....	43
Tablo 10. S değeri tablosu	44
Tablo 11. $V(S_i \geq S_j)$ ikili karşılaştırma değeri.....	45
Tablo 12. Alternatif $V(S_i \geq S_j)$ ikili karşılaştırma değeri	48
Tablo 13. Öğrencilerin yazılı sınav ortalamaları.....	50
Tablo 14. Yazılı sınav ortalamalarına göre ikili karşılaştırma matrisi	50
Tablo 15. YSO göre satır toplamları ve S_i değeri.....	51
Tablo 16. Ders etkinliklerine katılım puanları.....	52
Tablo 17. DEK kriterine göre ikili karşılaştırma matrisi	52
Tablo 18. İzleme sınavları kriterine göre öğrencilerin aldığı puanlar	53
Tablo 19. İzleme sınavları kriterine göre ikili karşılaştırma matrisi	53
Tablo 20. Derse hazırlıklı gelme kriterine göre değerlendirme	54
Tablo 21. Ödevleri düzenli olarak yapma kriterine göre değerlendirme.....	54
Tablo 22. Düzenli soru çözme kriterine göre değerlendirme	54
Tablo 23. Derse devam durumu kriterine göre değerlendirme.....	54
Tablo 24. Düzenli not tutma kriterine göre değerlendirme	54
Tablo 25. Kriter bazında birleşik ağırlıklar	55
Tablo 26. Normalize edilmiş nihai skorlar	56
Tablo 27. Klasik karne notu ve BAHP ile hesaplanan sıralamalar	56

1. GİRİŞ

Günümüzde teknolojinin gelişmesi, sanayi sonrası topluma geçiş ve değişen eğitim paradigmaları nedeniyle öğrencilerden beklediğimiz başarı kriterleri ve bununla birlikte başarı anlayışımızda değişmektedir. Öğrencinin konumu, oturup dinleyen ve yazan pasif bir pozisyondan, neler öğreneceğine karar verebilen, bilgiye ulaşmaya çalışan, yaratıcı düşünceler geliştiren ve kendini tanımlama yeteneğine sahip aktif bir pozisyona geçmiştir (Senge, 1991). Bu değişimler doğrultusunda öğrenciyi değerlendirme yaklaşımlarımız da değişmektedir. Bir karar verme problemi olarak ele alabileceğimiz başarı değerlendirme süreci, özellikle eğitim söz konusu olduğunda birçok belirsizlik ve bulanıklaşmış sınırlar barındırmaktadır. Eğitimde değerlendirme yaparken klasik mantıkta olduğu gibi öğrencileri kesin sınırlarla birbirinden ayrılmış başarılı ve başarısız gibi gruplara dahil etmek çağdaş eğitim anlayışlarıyla örtüşmemektedir.

İnsan düşünme yapısına yakınlığı ve belirsizliklerin değerlendirmelere dahil edilebilmesi bulanık mantığın karar verme süreçlerinde sıkça kullanılmasına yol açmıştır. Eğitimde öğrenci performansı da bu karar verme süreçlerine örnek olarak verilebilir. Öğrencilerde başarısının tespiti, muhtevastaki belirsizlikler ve kişisel değerlendirmelere açık ölçütler barındırması sebebiyle bulanık mantık vasıtasıyla modellenebilecek bir problem yapısı ortaya koyar (Law, 1996). Öğrencilerin başarılarını geliştirmeye yönelik yaklaşımlar, etkililiği arttırmak için daha fazla karmaşık başarı kriterlerinden oluşan yapıya ihtiyaç duyarlar (Jones-White ve ark., 2010). Buna karşın ülkemizde mevcut sistemlerde, öğrencilerin başarısının ölçülmesine yönelik çok fazla kriter kullanılmamaktadır (Gökay Çiçekli & Karaçizmeli, 2013). Bu nedenlerden dolayı çalışmamızda, başarı kriterlerinin daha etkin olması, sözel ve belirsizlik içeren değişkenlerin değerlendirmede pay edinmesi ve daha kapsamlı değerlendirmeler yapabilmek için Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP) kullanılmıştır.

Araştırma problemi: Değişen dünya ile birlikte eğitime bakış açımız da değişmektedir. Öğrencilerin bulunduğu eğitim basamağından bağımsız olarak akademik başarısının belirlenmesinde, bilişsel yetkinliklerini baz alan yazılı yoklama, çoktan seçmeli testler ve sözlü sınavların yanında duyuşsal özellikleri tespit etmede de bazı ölçekler kullanılmaktadır (Güler, 2011). Üst düzey bilişsel yeteneklerin gözlemlenmesinde kendine atfedilen önemin giderek arttığı performansa dayalı değerlendirme ve

performans ölçeklerinin bu anlamda kullanımı önemlidir. Bu süreçler, önceden belirlenmiş ölçütlerle öğrencilerin söz konusu bilgi ve beceriyi gerçekleştirme düzeylerini değerlendirmeye yönelik etkinliklerdir (Nitko, 2001). Kriterlerin belirlenmiş olması ve bu kriterler bazında bir karar verme işleminin yapılması açısından çok kriterli karar verme yaklaşımları ile benzerlik göstermektedir. Ortak kriterler doğrultusunda yapılan hassas değerlendirmelerde öznellikten kaynaklı eşitsizlikleri ortadan kaldırılmada etkilidir (Sanca ve ark., 2022). Birbirinden bağımsız kriterlerin artması, değerlendirmenin daha çok davranış ve özelliği kapsamasını sağlayacaktır. Hedef davranışlara ne ölçüde ulaşıldığını belirlemekle yükümlü olan değerlendirici, öznel yargılar ve sınırları kesin çizgilerle belirlenemeyen hedef davranış özellikleri sebebi ile değerlendirmede hata yapabilmektedir. Bu sebeple öğrencileri kriterler bazında karşılaştırmalı olarak tek tek değerlendirmesi bu öznel yargıların oluşturduğu olumsuzlukları azaltacaktır. Bu sebeplerle çalışmamızda ‘‘ Öğrenci başarısını değerlendirmede bulanık analitik hiyerarşi süreci bir yöntem olarak kullanılabilir mi?’’ sorusuna odaklanılmıştır. Bu doğrultuda klasik değerlendirme yöntemi ile karşılaştırıldığında nasıl avantaj ve dezavantajlara sebep olacağı da incelenmiştir.

Araştırmanın amacı: Bu çalışmada amaçlanan, çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan bulanık analitik hiyerarşi sürecinin incelenerek klasik karne notu belirleme sürecine ne derecede bir alternatif oluşturabileceğini ve öğrenci başarısını belirlemede nasıl uygulanabileceğini incelemektir. Bunun yanında elde edilen bulguların karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi ve işlevselliğini gözlemlemek ikincil amaç olarak ortaya çıkmaktadır.

Araştırmanın önemi: Öğrencilerin eğitim hayatını ve geleceklerini etkileyen ve yönlendiren en önemli süreçlerden biri de ölçme ve değerlendirmedir. Eğitimin olmazsa olmazı olan bu süreç içinde birçok karar verme durumunu barındırır. Karar verme süreçlerinde kriter sayısı arttıkça karar verme karmaşık bir hal alır. Bu sebeple bilimsel yaklaşımlar ve algoritmalar bir zorunluluğa dönüşür. Başarıyı ölçerken birçok kriteri göz önünde bulundurmamız gerekir. Bu kriterlerin etki derecesi, ortaokul öğrencileri için klasik karne notu belirleme sistemimizde üçte iki oranında yazılı sınavlar ve üçte bir oranında kalan tüm eğitim öğretim süreçleri olarak uygulanmaktadır. Çalışmamız bir alternatif olarak BAHF ile başarıyı belirlemede etkili olabilecek kriterleri yeniden

ağırlıklandırması ve bu yöntemle her bir kriter özelinde öğrencileri değerlendirilmesi, böylece ortaya detaylı ve kapsayıcı bir model koyması açısından önemlidir.

Bulanık mantık ve eğitim süreçleri barındırdıkları belirsizlik ve sözel değişkenlerin süreçlerde etkili olması bakımından etkili çalışmalar yapılmaya uygun alanlardır. Alan yazını incelendiğinde ülkemizde bulanık mantığın eğitimde uygulamalarına yönelik çalışmaların az olduğu görülür. Özdemir ve Kalinkara (2020) yaptıkları bulanık mantık çalışmalarına yönelik içerik analizinde çalışmaların belli alanlarda yoğunlaştığını, ilköğretim ve ortaöğretim seviyesinde ise az olduğunu belirtmiştir. Bu ve benzeri çalışmaların ve elde edilecek bulguların yeni çalışmalara ve yaklaşımlara destek vereceği düşünülmektedir.

Araştırmanın varsayımları:

- Görüşü alınan öğretmen ve uzmanların içten ve samimi cevaplar verdiği kabul edilmiştir.
- Yöntemin uygulandığı sınıf araştırmanın hızlı ilerlenmesi ve çeşitlilik barındırması için homojen olmayan varsayımsal olarak oluşturulmuş ve gerçek bir sınıfa simüle etmesi amaçlanan 20 kişilik bir sınıftır.
- Kullanılan varsayımsal sınıfta gerçek bir sınıfa temsil edecek şekilde, farklı öğrenci tiplerinin temsili açısından uygun puanlamalar yapılmıştır.

Araştırmanın sınırlılıkları:

- Bu çalışma bulanık analitik hiyerarşi metotlarından Chang'ın mertebe analizi yöntemi ile sınırlıdır.
- Elde edilen veriler bu çalışmada belirlenmiş kriterler ve odak grubu ile sınırlıdır.

2. ÖĞRENCİ BAŞARISI DEĞERLENDİRME

Sistem aralarında ilişki bulunan, belirli bir amaca ulaşmak için, birbirleriyle etkileşimde olan elemanlar grubudur (Ackoff, 2012). Sistemler, birçok bileşenin bir arada çalıştığı ve birbirini etkilediği düzenlerdir. Bir sistemin bileşenlerinin çokluğu ve ilişkilerin kompleks oluşu onun işleyiş performansı konusunda fikir sahibi olmamızı zorlaştırır. Bir sistemin verimliliği ve amaçlarına ulaşma düzeyini belirleyip, gerekli görülen alanlarda ve zamanlarda müdahale edilebilmesi için sürekli bir değerlendirme, dönüt verme ve uygulama döngüsü içinde olması gerekir. Bunun en güzel örneklerinden biri Eğitim Sistemidir. Her sistem gibi eğitimin de uzak ve yakın hedefleri vardır. Bu hedefler doğrultusunda girdiler işlenip nihai bir ürün ortaya koyulur. Ortaya konan bu ürünün hedefleri ne ölçüde tutturduğunu, eksiklerin neler olduğunu, sistemin hangi bileşenin aksadığını anlayabilmek için ise ölçme ve değerlendirmeye ihtiyaç duyarız. Dar anlamda bir dersin o yıl içinde hedeflenen davranışlara ne derece ulaştığını anlamak için hazır bulunuşluk testleri, gözlemler, sınavlar ve portfolyo çalışmaları gibi araçlardan yararlanırız. Elde edilen verilerin dersin uzmanı tarafından belli kurallara göre değerlendirmeye tabi tutulması ile ortaya bir skor çıkar. Bu skor öğrencinin hedeflere ulaşma düzeyini gösterir. Söz konusu skor bir ölçüt ile karşılaştırılır ve bunun sonucunda başarılı, başarısız gibi sınıflamalar oluşur. Ölçütler bizim için referans noktaları görevini üstlenir. Bu referans noktaları nispetinde nihai karar verilmiş olur.

2.1. Eğitimde Başarı

Günümüzde hızla değişen paradigmlar ve koşullar eğitim sistemimizi de etkilemekte. 1950'lerde okullardan beklediğimiz başarılı öğrenci profili ile günümüzde beklediğimiz profil farklılık gösteriyor. Eğitim etkinliklerimiz eskiden öğretmeni merkeze alır ve öğrenciyi ise pasif bir kaydedici pozisyonunda tutardı. Bu sistemde süreçten çok sonuca odaklanılırdı. Öğrenciler için boş bir kitap benzetmesi yapılır ve öğretmenler o kitabı ne kadar çok doldurursa o kadar başarılı öğrenciler olacakları düşünülürdü (Fiere, 1972). 20. yüzyılın sanayileşme ve gelişen sanayiye nitelikli iş gücü sağlama odaklı olan eğitim sistemleri, günümüzde araştıran, bilgiyi işleyebilen, esnek ve grupla çalışma becerilerine sahip bireyler yetiştirmeyi hedeflemekte. Eğitim kurumları için asıl olan, bireylerin hızlı değişen bilgiyi alıp, bu bilgileri gerçek yaşam durumlarında kullanmalarındır (Kutlu ve ark., 2010). Dünya Ekonomik Forumu'nun Mesleklerin Geleceği Raporunda (2020) 2025 yılında bir çalışanın sahip olması gereken başlıca beceriler şu şekilde sıralanmıştır.

Analitik düşünme ve yenilikçilik/inovasyon

Etkin öğrenme ve öğrenme stratejileri

Karmaşık problem çözme

Eleştirel düşünme ve analiz

Yaratıcılık, özgünlük ve girişkenlik

Liderlik ve sosyal etki

Teknoloji kullanımı, izleme ve kontrol

Teknoloji tasarımı ve programlama

Psikolojik sağlamlık, stres toleransı ve esneklik

Akıl yürütme, problem çözme ve fikir oluşturma

Görüyoruz ki günümüzde başarılı olarak addedeceğimiz insanların sahip olması gereken yeterlilikler, geçmişe nazaran ivmesi artarak değişmekte. Bizim de bu değişiklikler karşısında aynı esnekliği gösterebilecek değerlendirme yöntemlerine ihtiyacımız var. Eğitimin bir süreç olması ve bu süreç neticesinde ortaya çıkan ürünün süreç boyunca sayısız değişkenden etkilenmesi bizi değerlendirme yaparken bazı sınırlar belirlemeye iter. Zira pratikte her bir değişkenin süreç boyunca takip edilip değerlendirmede bir paya sahip olması pek mümkün değildir. Söz gelimi taktir belgesi almada sınır kabul edilen dönemlik 85 not ortalaması ve üzerini sağlama kriteri 84,4 alan bir öğrenciyi bu anlamda başarısız ilan eder. Ya da doktora programına başvuruda konulan 55 yabancı dil barajı 54,9 alan bireyi başarısız olarak sınıflandırır. Çalışmamızın ilerleyen kısımlarında da bahsedeceğimiz gibi bu tür başarı kıstasları kesin çizgilerle başarılı veya başarısız tanımları yapar. Günümüzde ise aranan başarı özellikleri bu kadar sert bir ayrıma uygun değildir.

2.2. Ölçme Türleri

Ölçme bir niteliğin gözlenerek, gözlem sonucunun sayı ya da sembolle eşleştirilmesi sürecidir (Turgut, 1988). Örneğin bir öğrencinin matematik yazılısından 7 alması. Görüldüğü gibi söz konusu ölçüm bir nicelemedir fakat bize karar verme imkânı sağlamaz. Yazılı 10 puan üzerinden değerlendirildiyse farklı, 100 puan üzerinden

değerlendiriliyorsa farklı bir izlemim uyandırır. Anlaşılacağı gibi ölçme bir belirleme ve betimleme süreci olsa da değerlendirme olmadan bir çıkarımda bulunmamız mümkün değildir. Değerlendirme, ölçme işleminden elde edilen sonuçları (ölçüm) belirlenmiş olan bir referans noktası (ölçüt) ile karşılaştırarak o nitelik hakkında yargıda bulunma veya karar verme (geçti, kaldı, başarılı vb.) işlemidir (Şekercioğlu & Suna, 2022). Ölçüm işleminin temeli ölçmeye konu olan özelliğin bireyler arasında gösterdiği farktır. Bu farklı ölçmede çeşitli ölçme türleri kullanılır.

2.2.1. Doğrudan Ölçme

Ölçülecek özellik önceden belirlenmiş olan bir birimle birebir karşılaştırılmak suretiyle, söz konusu birim cinsinden sayı ve sembollerle gösteriliyorsa buna doğrudan ölçme denir (Tekindal, 2014). Örneğin bir sınıfta bulunan öğrenci sayısı, bir öğrencinin boy uzunluğu, kalem tutma stili veya saç rengi gibi. Görüldüğü üzere doğrudan ölçme duyu organlarıyla yapılabildiği gibi, cetvel ve gözlem yolu ile de yapılabilir.

2.2.2. Dolaylı Ölçme

Bir özelliğin doğrudan gözlenemediği durumlarda başka bir özellik yardımıyla ölçülmesidir. Dolaylı ölçmeye göstergeyle ölçme de denir (Turgut ve Baykul, 2010). Örneğin bir çocuğun ateşinin termometre ile ölçülmesi. Söz konusu örnekte vücut ısısı, termometrenin içindeki cıvanın sıcaklığın etkisi ile genleşmesi neticesinde içinde bulunduğu boruda yükselmesi ile gözlemlenir. Matematik dersinde bir öğrencinin başarısını doğrudan göremeyiz. Bunun yerine öğrenciye çeşitli sorular sorar ve bu sorulara verdiği cevapları gözlemleriz.

2.2.3. Türetilmiş Ölçme

Bir özelliğin kendisi dışında iki veya daha fazla özelliğin arasındaki bir algoritma ile ölçülmesidir. Örneğin yüksek lisan başvurusunda ALES puanının %40'ı + YDS puanının %20'si + diploma notunun %40'ının alınması. Hızı ölçmek için alınan yolun zamana oranlanması veya zekâ bölümünün zekâ yaşının takvim yaşına oranı ile yüzün çarpımı olması. Öğrencilerin ders bazında dönem sonu notları da türetilmiş ölçmeye girer. Yazılı, ders etkinliklerine katılım ve proje notları belli yüzdelere toplanarak nihai bir skor elde edilir.

2.3 Ölçüt Türleri

2.3.1. Mutlak Ölçüt (Kriter Referanslı Ölçüt)

Ölçütün ölçme yapılan grubun başarısından ve özelliklerinden bağımsız bir şekilde, genellikle ölçme işleminden önce belirlendiği durumlarda mutlak ölçüt kullanılmış olur. Başka bir deyişle kişiye, gruba ve yere göre değişmez (Tekindal, 2014). Bu ölçütte netlik ve sabitlik söz konusudur. Bir ders için sınıf geçme notunun 60 ve üzeri olarak belirlenmesi. Hız sınırının 50 km/h olması gibi örnekler verebiliriz. Ölçüt önceden belirlenmiş ve değişmezdir. Bu tür ölçütlerde grup üyelerinden birinin notu diğerini etkilemediği için herkes başarılı olabileceği gibi herkes başarısız da olabilir. Öğrencilerin başarı kriterini önceden bilmesi bir avantaj olsa da bu ölçütün sınavın zorluğunu, öğrencilerin kazanım eksikleri, grubun sahip olduğu özel durumlar gibi değişkenlerden etkilenmeyişi dezavantaj olarak yansıyabilir. Bir dersin sınavı ile telafi sınavı arasında zorluk farkı olabilir. Bu durumda aynı bilgi seviyesindeki iki öğrenciden biri başarı kriterini sağlarken diğeri sağlayamayabilir. Farklı öğretmenlerin girdiği iki şubeden birinin sınavı diğerinden daha kolay ise aynı durum yaşanacaktır. Ölçütler temelde ölçülen özelliğe, ölçmenin amacına ve grubun özelliklerine göre seçilir.

2.3.2. Bağlı Ölçüt (Norm Referanslı Ölçüt)

Ölçme işleminin yapıldığı grubun belli bir özelliğine bağlı olarak belirlenen ölçütler bağlı ölçüttür (Şekercioğlu & Suna, 2022). Bağlı ölçütler ölçme işleminin sonrasında belirlenirler. Bu ölçütlerde bir öğrencinin başarısı bir diğer öğrencinin başarısını etkiler. Örneğin çan eğrisinin uygulandığı bir sınavda alınan puanlar büyükten küçüğe sıralandığında üst gruptakilerin varlığı alt grup için bir dezavantaj iken alt grupların varlığı üst grup için bir avantaj halini alır. Bir sınıfta ders geçme şartı sınıf ortalaması veya üzerinde not almak olduğunda o dersten kalacak bir kitlenin olması kaçınılmazdır. Üstelik bu kitle sınıf mevcudunun yarısına yakın bir sayıya karşılık gelebilir. Söz konusu sınavda sınıfın tamamı hedeflenen kazanımları başarmış olsa bile kalan bir grup olacaktır. Bunun tam tersi de söz konusudur. Sınıfın tamamı hedeflenen davranışlara yeterince ulaşmamış olsa bile bir kısmı o dersi geçecektir. Böylece sınıfta rekabetçi bir ortamın olması kaçınılmaz olur. Bu ölçüt türüne sıralama sınavlarını da katabiliriz. Bir yüksek lisans programına başvuran adayların ilk 6'sı alınacaksa yine bağlı bir değerlendirme yapılmış olur.

Karar verirken bu ölçüt türlerinin bir arada kullanılması da mümkündür.

. Kpss sınavında 60 ve üzeri puan alanlar arasında ilk 150 kişinin atanması

. Sınıf ortalaması 50 ve aşağısı olursa bağlı değerlendirme yapılması. 50'nin üzerindeyse mutlak değerlendirme yapılması.

2.4. Başarının Ölçülmesinde Yöntemler

Eğitimde başarının değerlendirilmesi ve takip edilmesinde kullanılan ölçme araçlarının nitelikleri doğrudan etkilidir (Tekindal, 2014). Bu araçların seçimi ve özellikleri yapılacak olan ölçme değerlendirme sürecinin hedefleri ve ölçülecek davranışların nitelikleri ile ilişkilidir. Başarıyı ölçmede kullanılan yöntemler temelde iki grupta toplanır. Bunlar Geleneksel Yöntemler ve Destekleyici Yöntemlerdir.



Şekil 1. Ölçme araç ve yöntemleri (Şekercioğlu & Suna, 2022)

2.4.1. Geleneksel Yöntemler

Geleneksel yöntemleri madde (soru) türüne göre seçme gerektiren ve açık uçlu sorular olarak iki gruba ayırabiliriz. Seçme gerektiren yöntemler doğru-yanlış, eşleştirme ve

çoktan seçmeli sorulardır. Açık uçlu sorular ise uzun yanıtlı sorular, kısa yanıtlı sorular, cümle tamamlama ve sözlü yoklama şeklindedir.

2.4.1.1. Doğru Yanlış Maddeleri

Cevaplayıcının kendisine yöneltilen önermeleri doğru ve yanlış olarak sınıflandırdığı madde türüdür. Hazırlanması ve uygulanması kolay olmasına karşın şans başarısı oldukça fazladır. Üst düzey bilişsel süreçleri ölçmede genellikle yetersiz kalır. Öğrencinin cevaba giderken kullandığı bilişsel süreçleri gözlemlemek mümkün değildir.

2.4.1.2. Eşleştirme Maddeleri

İki grup halinde verilen birbiri ile ilintili öğeleri belli bir açıklama doğrultusunda eşlemeye dayalı madde türüdür (Şekercioğlu & Suna, 2022). Bu madde türünde uygulayıcı hazırlama, uygulama ve puanlama konularında kolaylık yaşar. Şans başarısının yüksek oluşu ve üst düzey bilişsel becerileri ölçmede çoğu zaman yetersiz kalması ise dezavantajlı yönleridir.

2.4.1.3. Çoktan Seçmeli Maddeler

Soruyu yanıtlamanın önceden belirlenmiş seçenekler arasından doğru olanın bulunmasına dayalı olduğu madde türleridir. Okullarda ölçme değerlendirme süreçlerinde sıkça başvurulmuş bir yöntemdir. Puanlama bakımından objektif ve kolaydır. İyi hazırlanmış bir çoktan seçmeli soru üst düzey bilişsel becerileri ölçebilir fakat doğru cevabın seçeneklerde bulunması bu durumu zorlaştıran etmenlerdendir. Hazırlanması zor ve başarı ihtimali çeldirici (seçenek) sayısına göre değişen bir yapıdadır. Başarı ihtimalinin önüne geçebilmek için yanlış cevapların doğruları eksiltmesi yöntemine gidilebilir. LGS, ALES, TYT, AYT, YDS gibi sınavlar çoktan seçmeli sorular ile hazırlananlara örnektir.

2.4.1.4. Uzun Yanıtlı Açık Uçlu Maddeler

Öğrencinin yanıtını yazılı olarak verdiği ve diğer madde türlerine göre özgürlüğünün daha fazla olduğu madde türüdür. (Arıkan, ve diğerleri, 2014). Bu madde türünde öğrencinin üst düzey bilişsel yetenekleri ölçülebilir. Cevaba ulaşmada izlediği yöntemler gözlenip yaratıcı çözümler oluşturmaya alan verilebilir. Hazırlanması diğer madde türlerine göre daha kolaydır fakat üst düzey becerileri ölçmede kullanılacak maddelerin hazırlanması dikkat gerektirir. Öğrenci yanıtını tamamen kendi inşa edeceği için şans başarısı yoktur. Bu durum bilgi bakımından eksik olan öğrencilerin ilgisiz cevaplar

vermesine sebep olabilir. Öğrencilerin verecekleri cevapların uzunluğu ve karmaşıklığı okunma ve puanlamada güçlükler sebeple olabilir. Tüm öğrenciler için ortak ve objektif puanlama yapmak zordur. Sorulara verilecek cevapların yazılması zaman aldığı için bu tür sınavlarda sorulan madde sayısı fazla olmaz.

2.4.1.5. Kısa Cevaplı Maddeler

Bu sorularda öğrenciden bir kelime, sayı, tarih ya da bir cümleyi geçmeyen yanıtlar vermesi beklenir. Kısa cevaplı sorular öğrencinin fazla yorum yapmadan veya kendi görüşlerini katmadan cevap vereceği şekilde kurgulanır. Hazırlanması puanlanması ve uygulanması kolaydır. Üst düzey bilişsel becerileri ölçmede yetersiz kalabilir.

2.4.1.6. Cümle Tamamlama Soruları

Bu madde türünde öğretmen önemli gördüğü bir cümleden bazı bölümleri çıkarır ve yerlerine boşluklar yerleştirir. Akabinde öğrencinin bu cümleyi doğru şekilde tamamlaması istenir (Şekercioğlu & Suna, 2022).

2.4.1.7. Sözlü Yoklama

Özellikle dilsel özelliklerin ölçülmesinde etkili bir yöntemdir. Sorular sözlü olarak yöneltilir ve sözlü bir anlatımla cevap beklenir. Bu özelliği, durumu kişiye özel bir test haline getirir. Her öğrenci için farklı sorular hazırlama ve bu soruların güçlük düzeylerinin eşit olması, cevapların bir başka soruya ipucu barındırmaması gibi hazırlama güçlükleri mevcuttur. Öğrencinin sınıfta soru yöneltilen tek kişi oluşu ve verdiği cevapları tekrar gözden geçirme şansının olmayışı kaygıya sebep olabilir. Sözlü anlatım becerisi yüksek öğrenciler bu madde türünde avantajlı durumdadır. Öğretmen açısından objektif ve puanlama hatalarından arınık olmak zordur.

2.4.2. Destekleyici Değerlendirme Yaklaşımları

2.4.2.1. Portfolyo

Portfolyolar öğrencilerin kapasitelerinin derinliğini ve genişliğini yaptıkları çalışmalardan yola çıkarak sergileme amacı taşır (Kutlu ve ark., 2010). Bu anlamda portfolyolar öğrencilerin öğrenme yaşantılarının ürünlerini göstermek suretiyle gelişiminin izlenebildiği ve değerlendirildiği sistemli ve amaçlı şekilde oluşturulmuş dosyalardır (Şekercioğlu & Suna, 2022). Söz konusu dosyaların oluşumunda öğrencinin sadece okul içi etkinlikleri değil aile ve çevresiyle olan etkileşimi de etkilidir. Portfolyolar öğrencilerin yaptıkları çalışmaların rastgele depolandığı dosyalar olarak görülmemelidir.

Burada temel fark belli bir amaçla ve sistemli olarak toplanmasıdır. Bu dosya sayesinde öğrencinin ilerleme seviyesi, eksik yönleri ve geliştirmesi gereken yanları belirlenebilir. Böylece her bir öğrenci özelinde daha iyiye nasıl ulaşılacağı yönünde çalışmalar yapılabilir.

Portfolyoların oluşturulma süreci sırası ile; toplama, seçme, yansıtma ve sonuç şeklinde belirtilebilir. Bu sürecin doğru işlemesi için aşağıdaki sorulara cevap aranmalıdır (Şekercioğlu & Suna, 2022).

Hangi ürünler toplanacak?

Ürünler nasıl yer alacak?

Nasıl düzenlenecek?

Değerlendirme nasıl yapılacak?

2.4.2.2. Performans Değerlendirme

Geleneksel kağıt kalem testleri her ne kadar sık kullanılmaya devam edilse de, performansa dayalı ölçme ve değerlendirme uygulamaları popüler hale gelmiştir (Arıkan, ve diğerleri, 2014). Klasik yöntemler genellikle süreç yerine sonucu referans alırlar. Her ne kadar uzun yanıtli maddeler çözüme giden yolu izlemede avantajlı olsa da öğretmen öğrencisinden beceriye dayanan veya deneysel çalışmalar yapmasını istediğinde yetersiz kalabilirler. Birçok eğitimciye göre performans, öğrencinin öğrenmiş olduklarından yola çıkarak bir durum için özgün bir cevap ortaya koyduğunda veya inşa ettiğinde ortaya çıkar (Popham, 2005).

Performans değerlendirmede öğrencilerden, öğrenmeye ilişkin bir süreci tamamlaması veya ortaya bir ürün koymasını beklenir. Örneğin bir deney düzeni oluşturup deneyi gerçekleştirmesi, enstrüman çalması veya bir portre çizmesi gibi. Performans değerlendirmeyi alt yöntemlere ayırabiliriz



Şekil 2. Performans değerlendirme araç ve yöntemleri (Şekercioğlu & Suna, 2022)

Bu çalışmada derecelendirme ölçeği kullanacağımız için bu yönteme özellikle yer verilecektir. Diğer yöntemlere değinilmeyecektir.

2.4.2.2.1. Dereceleme Ölçekleri

Dereceleme ölçekleri öğrencilerin ortaya koyduğu davranışların veya sergilediği performansın derecesini belirtmesi açısından kullanışlı bir çerçeve oluşturur (Arıkan, ve diğerleri, 2014). Derecelendirme ölçekleri genelde ölçülmek istenen özelliğin ölçütlerini ve söz konusu özelliğin derecesini gösteren araçlardır (Tekindal, 2014). Bu araç kullanılırken davranış özelinde doğrudan gözlem yapmaya dikkat edilmelidir. Dereceleme ölçeklerinin en sık kullanılan türleri: Sayısal dereceleme ölçeği, Grafikselsel dereceleme ölçeği ve Betimleyici dereceleme ölçeğidir.

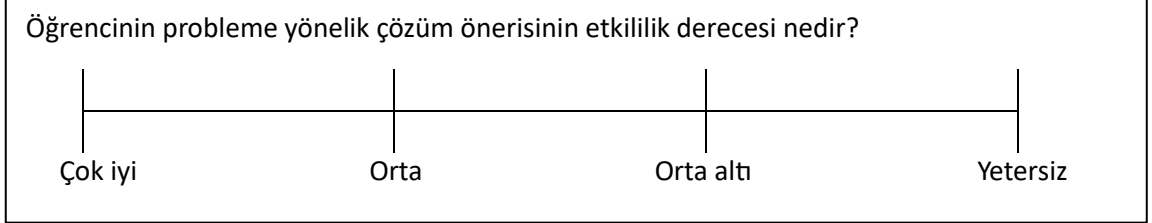
Sayısal dereceleme ölçeklerinde ölçmeye konu olan özelliğin bulunma veya sergilenme derecesini gösteren sayılar kullanılır. Bu sayılar bir kriterin bulunma miktarını gösteren sözel ifadelerle eşleştirilir.

Tablo 1. Öğrencinin karmaşık bir problemin çözümü için verdiği cevaba yönelik dereceleme ölçeği.

4- Çok iyi	3- Orta	2- Orta altı	1- Yetersiz
Öğrencinin probleme yönelik çözüm önerisinin etkililik derecesi nedir?			
1	2	3	4

Grafiksel dereceleme ölçeğinde değerlendirici bir özelliğin yatay bir grafik üzerinde sıralanmış bulunma dereceleri arasında işaretleme yapar.

Tablo 2. Grafiksel dereceleme ölçeği



Betimleyici dereceleme ölçeğinde bir grafik ölçek üzerindeki noktaları tanımlamak için betimleyici ifadeler yer verir (Tekindal, 2014). Bu tanımlar her noktanın altına yerleştirilerek değerlendiricinin daha detaylı ölçüt bilgilerine sahip olması sağlanır. Ayrıca yorum yapabilmesi için boşluklara da yer verilebilir.

3. BULANIK KÜME KURAMI VE BULANIK MANTIK

Klasik mantığın temelleri Aristoteles ve öğrencileri tarafından atılmıştır. Düşünmenin sistematizasyonu kurma ve kurallarını ortaya koyma çabası olarak ele alabileceğimiz bu sistemde önermeler doğru ya da yanlış değerleri alabilmektedir. Matematiksel olarak 1 ve 0'a karşılık gelen bu değerler önermeleri iki uca itip aradaki boşluğu görmezden geldiği için ortaya atıldığı günden beri felsefi olarak da tartışma konusudur. Bir önerme kısmen doğru veya yanlış olabileceği gibi Heraclitus gibi düşünürler hem doğru hem de yanlış olabileceğini iddia etmişlerdir. XX. Yüzyıla kadar yıkıcı bir eleştiri olmaksızın gelen klasik mantık Polonyalı mantıkçı Jan Lukasiewicz'in itirazına maruz kalmıştır. Eukleidesçi olmayan geometrilerdeki gelişmelerden hareketle yeni mantık dizgelerinin ortaya çıkma ihtimali üzerine düşünen Lukasiewicz, mantık ilkelerinin yeniden gözden geçirilmesinin yeni mantık dizgelerinin ortaya çıkışına yol açabileceğini belirtmiştir (Karabey, 2019). Aristotelesin bir özelliğin, aynı anda, aynı özneye, aynı bakımdan hem ait olması hem de olmamasının imkansızlığı ilkesine 'olası' kavramı ile karşı çıkmış ve üç değerli mantık dizgesini hazırlamıştır. Daha sonra farklı matematikçilerce çok değerli mantık dizgeleri ortaya atılmıştır. 1965 yılında Azerbaycanlı matematikçi Lotfi A. Zadeh tarafından ortaya atılan ve $[0, 1]$ aralığında sürekli değerler alabilen Bulanık Mantık (Fuzzy Logic) çalışması bir milat olmuştur.

Bulanık mantığın insan düşünme yapısına daha yakın oluşu ve sağladığı esneklik çokça ilgi görmesine ve uygulanmasına sebep olmuştur. Günümüzde yöneylem araştırmaları, yazılım, yapay zekâ, mühendislik, çok kriterli karar verme ve veri işleme gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Örneğin renk skalasında mor ile mavi arasında bir rengin hangi eşikten sonra mavi ya da mor sayılacağını belirlemek klasik mantık ve küme teorisi bakımından zordur. Zadeh bu zorluğu Bulanık Küme teorisi ile aşmamızı sağlamıştır. Bulanık kümeler kesin sınırlara sahip olmaması sebebi ile venn şeması ile gösterimi mümkün değildir ve bunun yerine üyelik fonksiyonu grafikleri ile gösterilirler (Özseven ve Çağman, 2022). Bu teoride, her bir elemana üyelik fonksiyonu aracılığı ile bir üyelik derecesi atanır. Üyelik dereceleri $[0,1]$ kapalı aralığında değerler alabilmektedirler. Herhangi bir eleman için üyelik derecesi 1 ise bu eleman kesinlikle kümenin elemanıdır; üyelik derecesi 0 ise bu eleman kesinlikle kümenin elemanı değildir. Yani 0 kümeyle ait

olmamayı, 1 ise kesin olarak o kümenin üyesi olmayı gösterir (Chen ve ark., 1992). Örneğimizden yola çıkarsak bir renk pikseli biraz mavi birazda mor olabilir. Bulanık küme teorisi ile iki kümeye de farklı derecelerde ait olabilirler.

3.1. Bulanık Kümeler

Klasik mantıkta bir eleman bir kümeye ya aittir ya da değildir. Başka bir deyişle üyelik değeri 1 ve 0 değerlerinden birini almak zorundadır. Uzun boylu insanlar kümesi tanımlarsak ve bu kümeye boyu 175cm ve üzeri insanları dahil edersek 174.9 boyundaki bir insan uzun boylu sayılmayacaktır. Dolayısıyla uzun boylu insanlar kümesine üyelik değeri 0 olacaktır. 210cm uzunluğundaki biri ile 176cm uzunluğundaki aynı derecede uzun sayılacaktır. Bulanık kümeler ise bir kümeye aitlik derecesini üyelik fonksiyonları ile belirler. Bu fonksiyonlar $[0, 1]$ aralığında değerler alır. Yani 174.9 boyundaki bir insanın uzun boylular kümesine üyelik derecesi 0.6 ve kısa boylular kümesine üyelik derecesi 0.4 olabilir. Bu değerler söz konusu kümelerin bulanık üyelik fonksiyonları ile belirlenir. Buradaki geçişin yumuşaması ve esnek bir alan sağlaması ‘bulanık’ teriminin kullanılmasına sebep olur.



Şekil 3. Klasik (sol) ve bulanık (sağ) uzun ve kısa boy gruplandırması

Bulanık bir A kümesi $[0, 1]$ aralığında değerler alabilen $\mu_A(x)$ üyelik fonksiyonu ile karakterize edilir. $\mu_A(x)=1$ ise x, A kümesinin kesin bir elemanıdır. $\mu_A(x) = 0$ ise x, A kümesinin kesinlikle elemanı değildir. $\mu_A(x)$ değeri $(0, 1)$ ise kısmi bir üyelik söz konusudur. Üyelik fonksiyonun değeri 1'e yaklaştıkça x elemanın A kümesine üyeliği artar.

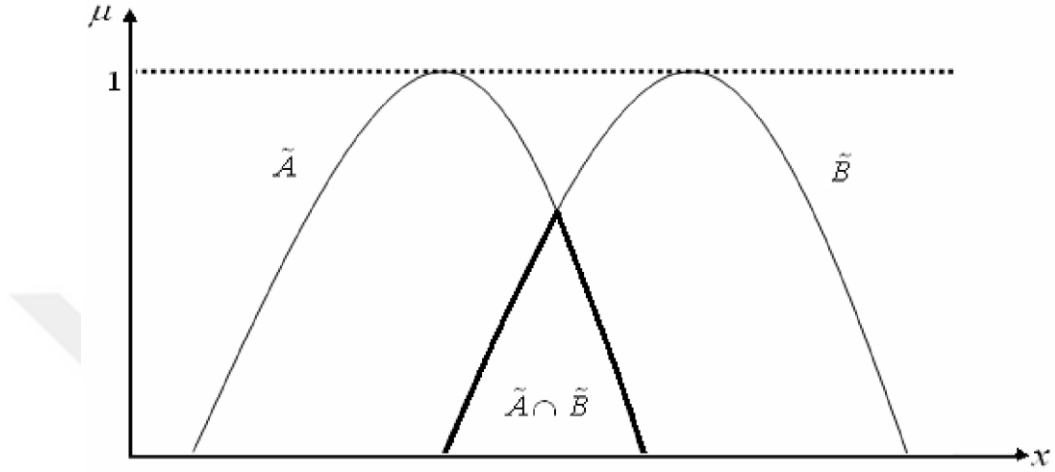
3.1.1. Bulanık Kümelerle Temel Küme İşlemleri

Bulanık kümeler üyelik fonksiyonları ile tanımlanması sebebi ile bulanık kümelerle yapılan işlemler de bu üyelik fonksiyonları aracılığıyla yapılır.

İki bulanık kümenin kesişimi:

$\tilde{A}$ ve $\tilde{B}$, X evreninin birer bulanık alt kümeleri olsun.

$$\mu_{\tilde{A} \cap \tilde{B}}(x) = \min\{\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x)\}, x \in X \text{ dir.}$$

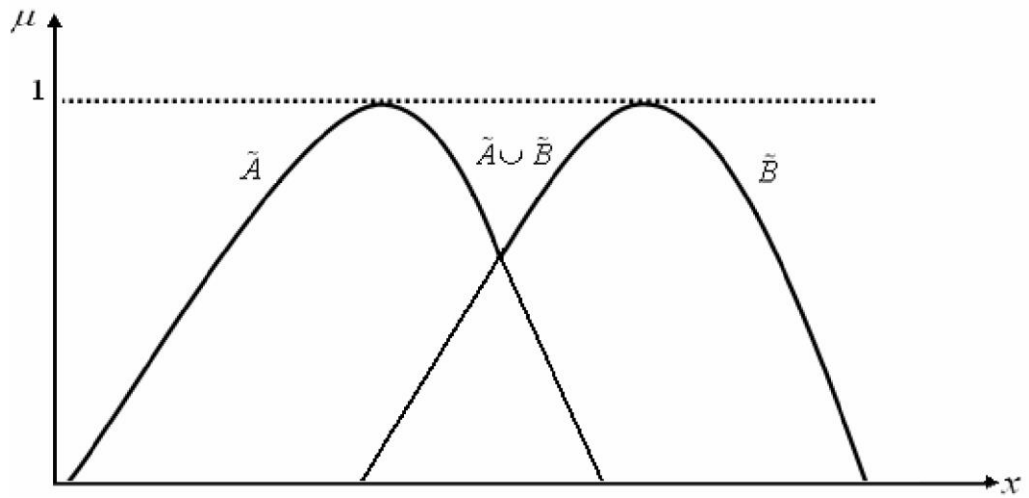


Şekil 4. Bulanık kümelerde kesişim

İki bulanık kümenin birleşimi:

$\tilde{A}$ ve $\tilde{B}$, X evreninin birer bulanık alt kümeleri olsun.

$$\mu_{\tilde{A} \cup \tilde{B}}(x) = \max\{\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x)\}, x \in X \text{ dir.}$$

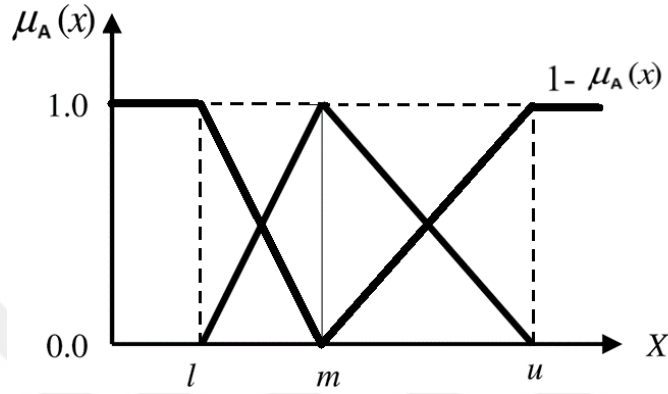


Şekil 5. Bulanık kümelerde birleşme

Bulanık kümenin tümleyeni:

Bir $\tilde{A}$ bulanık kümesinin tümleyeni $\tilde{\tilde{A}}$ olsun.

$\mu_{\tilde{\tilde{A}}}(x) = 1 - \mu_{\tilde{A}}(x)$ şeklinde tanımlanır.



Şekil 6. Bulanık kümenin tümleyeni

$\tilde{A}$, $\tilde{B}$ ve $\tilde{C}$ kümeleri X evrenin bulanık birer alt kümeleri olsun. Bu kümeler aşağıdaki özellikleri sağlar.

$$\tilde{A} \cup \tilde{B} = \tilde{B} \cup \tilde{A}, \quad \tilde{A} \cap \tilde{B} = \tilde{B} \cap \tilde{A}$$

$$(\tilde{A} \cup \tilde{B}) \cup \tilde{C} = \tilde{A} \cup (\tilde{B} \cup \tilde{C})$$

$$(\tilde{A} \cap \tilde{B}) \cap \tilde{C} = \tilde{A} \cap (\tilde{B} \cap \tilde{C})$$

$$\tilde{A} \cup (\tilde{B} \cap \tilde{C}) = (\tilde{A} \cup \tilde{B}) \cap (\tilde{A} \cup \tilde{C})$$

$$\tilde{A} \cap (\tilde{B} \cup \tilde{C}) = (\tilde{A} \cap \tilde{B}) \cup (\tilde{A} \cap \tilde{C})$$

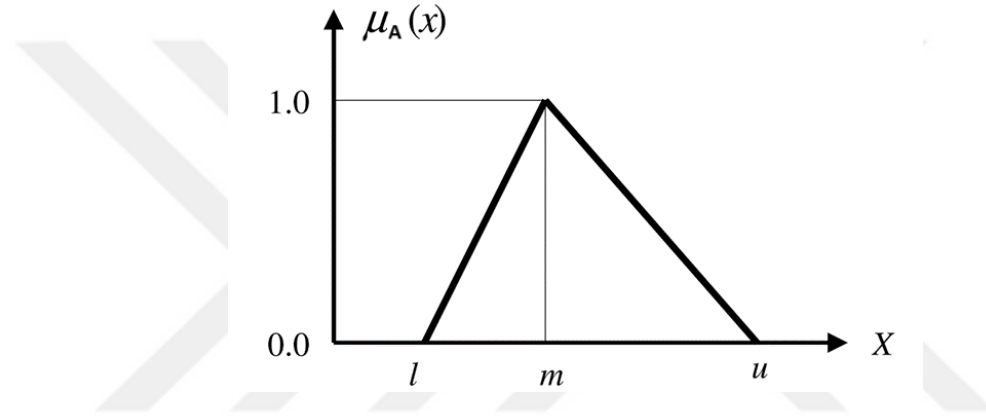
3.2. Bulanık Sayılar

X üzerinde tanımlı bir $\tilde{A}$ bulanık kümesi, $\mu_A(x) = 1$ olacak şekilde en az bir $x \in X$ varsa normal bulanık küme olarak adlandırılır (Sakawa, 1993). Bir bulanık kümenin yüksekliği $\mu_A(x)$ 'in aldığı en yüksek değerdir. Yüksekliği 1 olan konveks bir küme, bulanık sayı olarak adlandırılır. Yani normal ve konveks olan bir bulanık kümeye bulanık sayı denir (Aksoy ve ark., 2003).

Üyelik fonksiyonlarını sonsuz sayıda bulanık sayılarla ifade edebiliriz fakat bu çalışmada en sık kullanılanları olan üçgensel bulanık sayılar ele alınacaktır.

3.2.1. Üçgensel Bulanık Sayılar

En yaygın kullanılan üyelik fonksiyonu üçgen tipidir. Çok daha karmaşık üyelik fonksiyonları kullanılabilir ancak karmaşıklık arttıkça, daha fazla hesaplama gücü gerekmektedir (Kaehler, 2003). Üçgensel bulanık sayılar üç değişkenle tanımlanır. Bunlar söz konusu sayının en küçük olası değeri (low), en olası değeri (mid) ve en büyük olası değeridir (up). Bir A üçgensel bulanık sayısı (l, m, u) sıralı üçlüsü ile gösterilir.



Şekil 7. Üçgensel bulanık sayı

A = (l, m, u) şeklindeki bir üçgensel bulanık sayı için üyelik fonksiyonu aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0 & x < l, \\ (x-l)/(m-l) & l \leq x \leq m, \\ (u-x)/(u-m) & m \leq x \leq u, \\ 0 & x > u. \end{cases}$$

3.2.2. Üçgensel Bulanık Sayılarda İşlemler

A=(l₁, m₁, u₁) ve B=(l₂, m₂, u₂) iki üçgensel bulanık sayı olmak üzere, A ve B sayıları ile ilgili temel işlemler aşağıdaki gibidir.

Eşitlik:

A ve B bulanık sayılarının eşit olabilmesi için gerek ve yeter şart sırasıyla l, m, u değerlerinin karşılıklı olarak eşit olmasıdır.

$$A = B \Leftrightarrow (l_1, m_1, u_1) = (l_2, m_2, u_2) \Leftrightarrow l_1 = l_2, m_1 = m_2, u_1 = u_2$$

Toplama İşlemi:

A ve B üçgensel bulanık sayılarının toplamı;

$$A \oplus B = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2) \text{ şeklinde ifade edilir.}$$

Örnek 3.1:

A = (5, 7, 9), B = (2, 3, 4) olacak şekilde A ve B üçgensel bulanık sayıları olsun.

$$A \oplus B = (5, 7, 9) \oplus (2, 3, 4) = (5+2, 7+3, 9+4) = (7, 10, 13) \text{ dır.}$$

Çıkarma İşlemi:

A ve B üçgensel bulanık sayılarında çıkarma işlemi;

$$A \ominus B = (l_1 - u_2, m_1 - m_2, u_1 - l_2) \text{ şeklinde ifade edilir.}$$

Örnek 3.2:

A = (5, 7, 9), B = (2, 3, 4) olacak şekilde A ve B üçgensel bulanık sayıları olsun.

$$A \ominus B = (5, 7, 9) \ominus (2, 3, 4) = (5-4, 7-3, 9-2) = (1, 4, 7) \text{ dır.}$$

Çarpma İşlemi:

A ve B üçgensel bulanık sayılarının çarpımı;

$A \odot B = (l_1 \cdot l_2, m_1 \cdot m_2, u_1 \cdot u_2)$ şeklinde ifade edilir. Bu işlem alt sınır değerleri pozitif olan bulanık üçgensel sayılarda tanımlanmıştır.

Örnek 3.3:

A = (5, 7, 9), B = (2, 3, 4) olacak şekilde A ve B üçgensel bulanık sayıları olsun.

$$A \odot B = (5 \cdot 2, 7 \cdot 3, 9 \cdot 4) = (10, 21, 36)$$

Bölme İşlemi:

A ve B üçgensel bulanık sayılarında bölme işlemi;

$A \oslash B = \left(\frac{l_1}{u_2}, \frac{m_1}{m_2}, \frac{u_1}{l_2} \right)$ şeklinde ifade edilir. Bu işlem alt sınır değerleri pozitif olan bulanık üçgensel sayılarda tanımlanmıştır.

Örnek 3.4:

$A = (5, 7, 9)$, $B = (2, 3, 4)$ olacak şekilde A ve B üçgensel bulanık sayıları olsun.

$$A \oslash B = \left(\frac{5}{4}, \frac{7}{3}, \frac{9}{2} \right)$$

Tersini Alma:

Bir $A = (l_1, m_1, u_1)$ üçgensel bulanık sayısının tersi;

$$A^{-1} = \left(\frac{1}{u_1}, \frac{1}{m_1}, \frac{1}{l_1} \right) \text{ şeklinde gösterilir.}$$

Örnek 3.5:

$A = (5, 7, 9)$ olacak şekilde bir üçgensel bulanık sayı olsun.

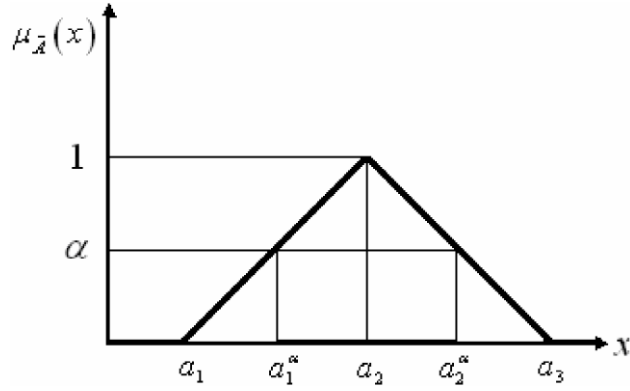
$$A^{-1} = \left(\frac{1}{9}, \frac{1}{7}, \frac{1}{5} \right)$$

İki üçgensel bulanık sayının toplamı ve farkı yine bir üçgensel bulanık sayı verir fakat çarpma, bölme ve tersini alma işlemlerinin sonucu bir üçgensel bulanık sayı vermeyebilir.

3.2.3. Bulanık Sayılarda Güven Aralıkları İle Aritmetik İşlemler

A bir bulanık küme olmak üzere $a \in [0, 1]$ olacak şekilde $A_a = \{x: \mu_A(x) \geq a\}$ kümesine A bulanık kümesinin a seviyesinde güven aralığı denir.

$$A_a = [a_1^a, a_2^a] = [(a_2 - a_1)a + a_1, -(a_3 - a_2)a + a_3] \text{ dır.}$$



Şekil 8. Üçgensel bulanık sayıda güven aralığı

$a \in [0,1]$ ve $A_a = \{x: \mu_A(x) \geq a\}$, $B_a = \{x: \mu_B(x) \geq a\}$ olmak üzere üçgensel bulanık sayılarda güven aralıkları ile işlemler verilmiştir.

Toplama İşlemi:

$A_a \oplus B_a = [a_1^a + b_1^a, a_2^a + b_2^a]$ şeklindedir.

Örnek 3.6:

$A = (5, 7, 9)$, $B = (2, 3, 4)$ olacak şekilde A ve B üçgensel bulanık sayıları olsun.

Bu sayıları güven aralıkları ile toplayalım.

$$A_a = [(7 - 5)a + 5, -(9 - 7)a + 9]$$

$$= [2a + 5, -2a + 9]$$

$$B_a = [(3 - 2)a + 2, -(4 - 3)a + 4]$$

$$= [a + 2, -a + 4]$$

Bu ikililerin toplamı,

$$A_a \oplus B_a = [(2a + 5) + (a + 2), (-2a + 9) + (-a + 4)] = [3a + 7, -3a + 13]$$

şeklindedir.

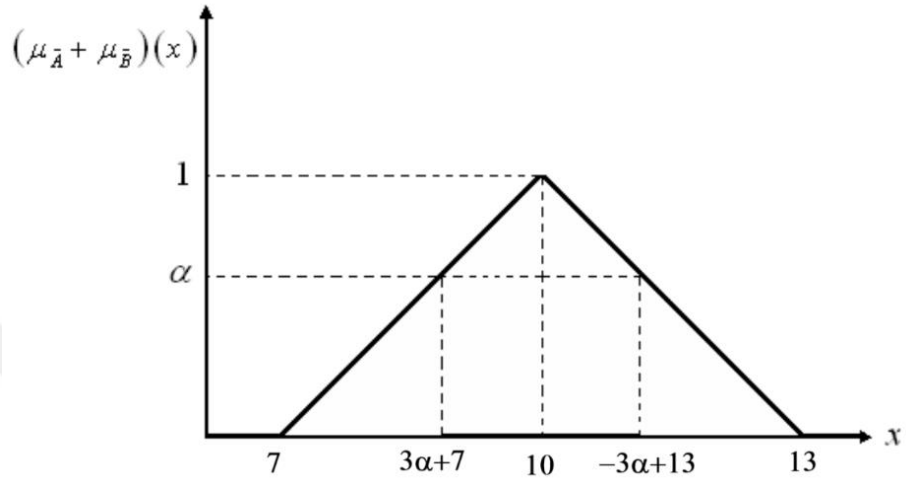
$a = 0$ ve $a = 1$ güven aralıklarında incelediğimizde;

$a = 0$ için

$$A_0 \oplus B_0 = [7,13]$$

$\alpha = 1$ için

$A_1 \oplus B_1 = [10, 10] = 10$ elde edilir.



Şekil 9. Güven aralığı ile toplama

Çıkarma İşlemi:

$A_a \ominus B_a = [a_1^a - b_2^a, a_2^a - b_1^a]$ şeklindedir.

Örnek 3.7:

$A = (5, 7, 9)$, $B = (2, 3, 4)$ olacak şekilde A ve B üçgensel bulanık sayıları olsun.

İki üçgensel bulanık sayının güven aralıklarını

$A_a = [2a + 5, -2a + 9]$ ve $B_a = [a + 2, -a + 4]$ şeklinde göstermiştik.

Bu iki sayının güven aralıklarıyla farkı,

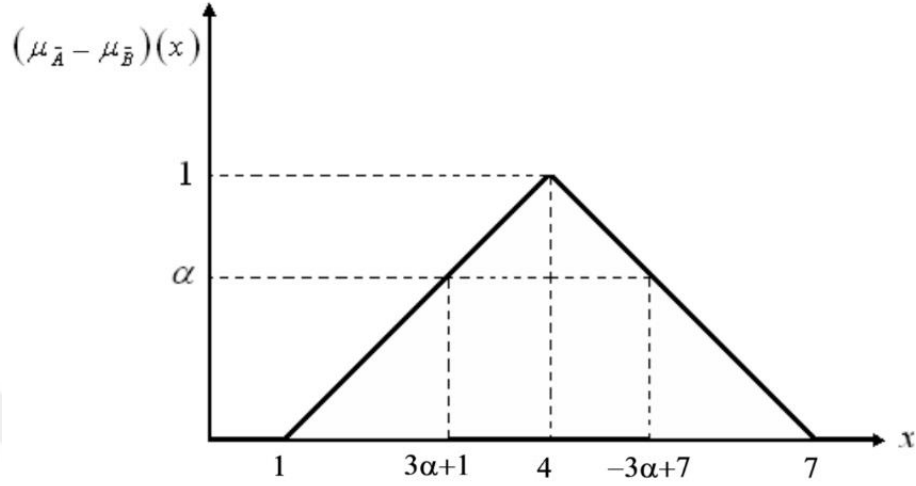
$A_a \ominus B_a = [(2a + 5) - (-a + 4), (-2a + 9) - (a + 2)] = [3a + 1, -3a + 7]$ şeklindedir.

$\alpha = 0$ güven aralığında

$$A_0 \ominus B_0 = [1,7]$$

$\alpha = 1$ güven aralığında

$A_1 \ominus B_1 = [4, 4] = 4$ olur.



Şekil 10. Güven aralığı ile çıkarma

Çarpma İşlemi:

A ve B iki üçgensel bulanık sayı ve bu sayıların alt sınır değerleri pozitif birer reel sayı olmak üzere $\alpha \in [0,1]$ güven aralıkları;

$A_\alpha = [a_1^\alpha, a_2^\alpha]$ ve $B_\alpha = [b_1^\alpha, b_2^\alpha]$ olsun.

Bu iki bulanık sayının güven aralıkları ile çarpımı;

$A_\alpha \odot B_\alpha = [a_1^\alpha b_1^\alpha, a_2^\alpha b_2^\alpha]$ dir (Aksoy ve ark., 2003).

Örnek 3.8:

$A = (5, 7, 9)$, $B = (2, 3, 4)$ olacak şekilde A ve B üçgensel bulanık sayıları olsun.

Güven aralıkları ile;

$A_\alpha = [2\alpha + 5, -2\alpha + 9]$ ve $B_\alpha = [\alpha + 2, -\alpha + 4]$ dir.

$A_\alpha \odot B_\alpha = [(2\alpha + 5)(\alpha + 2), (-2\alpha + 9)(-\alpha + 4)]$

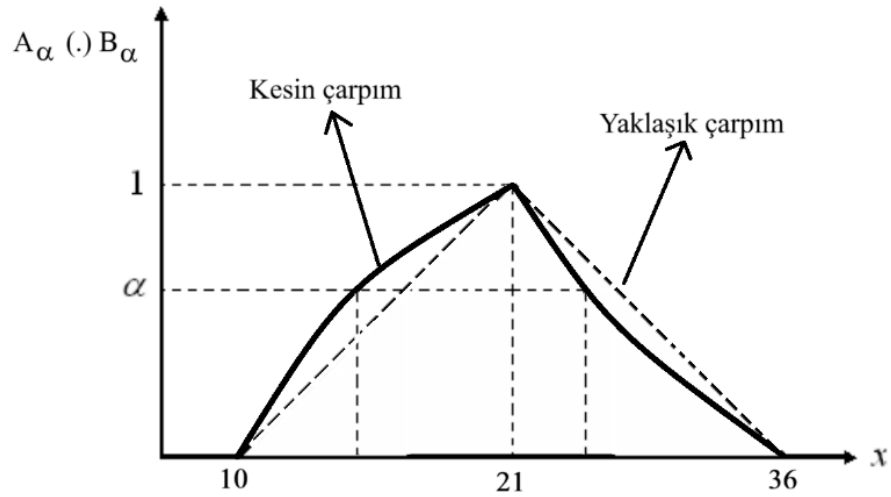
$= [2\alpha^2 + 9\alpha + 10, 2\alpha^2 - 17\alpha + 36]$ dir.

$\alpha = 0$ güven aralığında

$$A_0 \odot B_0 = [10, 36]$$

$\alpha = 1$ güven aralığında

$$A_1 \odot B_1 = [21, 21]$$



Şekil 11. Güven aralığı ile çarpma

Görüldüğü gibi güven aralığı ile çarpma ve yaklaşık çarpım arasında fark vardır.

Bölme İşlemi:

A ve B iki üçgensel bulanık sayı ve bu sayıların alt sınır değerleri pozitif birer reel sayı olmak üzere $\alpha \in [0,1]$ güven aralıkları;

$$A_\alpha = [a_1^\alpha, a_2^\alpha] \text{ ve } B_\alpha = [b_1^\alpha, b_2^\alpha] \text{ olsun.}$$

Bu iki bulanık sayının güven aralıkları ile bölümü;

$$A_\alpha \oslash B_\alpha = \left[\frac{a_1^\alpha}{b_2^\alpha}, \frac{a_2^\alpha}{b_1^\alpha} \right]$$

olarak tanımlanır (Aksoy ve ark., 2003).

Örnek 3.9:

$A = (5, 7, 9)$, $B = (2, 3, 4)$ olacak şekilde A ve B üçgensel bulanık sayıları olsun.

Güven aralıkları ile;

$$A_a = [2a + 5, -2a + 9] \text{ ve } B_a = [a + 2, -a + 4] \text{ dir.}$$

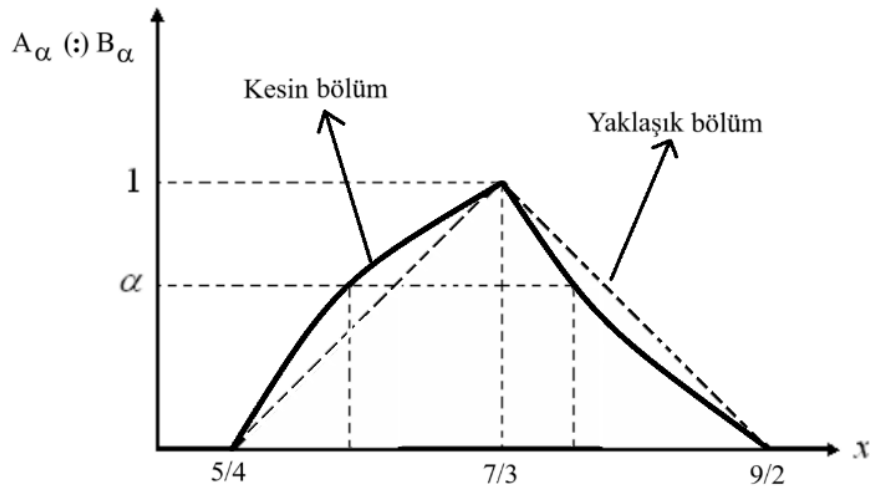
$$A_a \odot B_a = \left[\frac{(2a+5)}{(-a+4)}, \frac{(-2a+9)}{(a+2)} \right] \text{ dir.}$$

$a = 0$ güven aralığında

$$A_0 \odot B_0 = \left[\frac{5}{4}, \frac{9}{2} \right]$$

$a = 1$ güven aralığında

$$A_1 \odot B_1 = \left[\frac{7}{3}, \frac{7}{3} \right]$$



Şekil 12. Güven aralığı ile bölme

Çarpma işleminde olduğu gibi ölme işleminde de yaklaşık bölüm ile güven aralıkları ile bölüm arasında fark görülmektedir. Biz çalışmamızda hesaplama kolaylığı ve kullanım yaygınlığı sebebi ile yaklaşık işlemleri kullanacağız.

3.3. Bulanık Mantığın Eğitimde Uygulamaları

Bulanık küme teorisi ve bulanık karar verme yöntemleri birçok alanda kendine uygulanma fırsatı bulmuştur. Problem çözmede insan düşünme süreçlerine yakınlığı, kararsızlık ve net sınırları olmayan kanaatleri sürece dahil edebilme yeteneği açısından güçlü birer yaklaşım olan bu yöntemler eğitim alanında da kendine yer bulmuştur. Öğrenci performansı ve hedef davranışlar arasındaki uyumu belirlemede karar vericinin

kişisel görüşleri, doğrudan ölçülemeyen değişkenler ve kriterlerin özellikleri süreci etkilemektedir. Bu bağlamda (Lin,2010) Öğrenci performanslarının değerlendirilmesinde insan düşünce yapısıyla uyumlu bir yaklaşım olan bulanık mantık yaklaşımlarıyla bütünleşmiş bilgisayar sistemlerinin geliştirilmesini gerekli görür. Bulanık mantık ve bulanık değerlendirme süreçlerinin eğitimde uygulamalarına yönelik dikkatimizi çeken çalışmaların bazıları şu şekildedir.

Chang ve Sun (1993) yaptıkları çalışmada lise öğrencilerinin öğrenme performanslarına yönelik bulanık değerlendirme yöntemi sunmuştur. Law (1996) bulanık sayıları öğrencilere not verirken kullanmış ve dilsel değerlerin üyelik fonksiyonlarını oluşturarak öğrencilerin farklı testlerden aldığı puanları birleştiren bulanık bir algoritma geliştirmiştir. Wilson ve diğerleri (1998) bulanık tabanlı bir otomatik not verme sistemi geliştirmiştir. Chen ve Lee (1999) öğrencilerin cevaplarını değerlendirmede bulanık kümeleri kullanmışlardır. Ma ve Zhou (2000) değerlendirme kriterlerine öğrenci ve öğretmenlerin ortak olarak karar verdikleri, öğrenciyi odak alan bir bulanık değerlendirme yaklaşımı sunmuştur. Hammadi ve Milne (2003) mühendislik öğrencilerinin performansını belirlemek ve uygunluk değerlendirmesi yapmak amacı ile neuro-fuzzy yaklaşımını kullanmıştır.

Bunların yanı sıra ülkemizde de bulanık mantık temelli eğitim uygulama ve çalışmaları son yıllarda artış göstermiştir. Bu çalışmalardan bazıları şu şekilde sıralanabilir.

Semerci (2004) geleneksel sistemle elde edilmiş başarı notları ile bulanık mantıkla elde edilen başarıyı kıyaslamıştır. Ertuğrul (2006) çalışmasında üniversite öğretim üyelerinin performanslarını değerlendirmede bulanık mantığın klasik mantığa göre daha kullanışlı olduğunu göstermiştir. Çebi (2011) yaptığı çalışmada Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri bölümü öğrencilerinin Çoklu Ortam Tasarımı ve Üretimi dersine yönelik öğrenci performansını değerlendirmede bulanık mantıktan yararlanmıştır. Esin ve Çağman (2021) yaptıkları çalışmada uzaktan eğitim modellerini ve platformlarını incelemiş, uzaktan eğitimde bulanık mantığın kullanımına ilişkin incelemede bulunmuştur. Öcal (2015) matematik öğretmenliği öğrencilerinin öğretmenlik uygulaması başarılarını ölçmede bulanık mantığı kullanmış ve sonuçları geleneksel yöntemle elde edilen sonuçlar ile karşılaştırmıştır. Uysal (2016) ve Ergene (2019) yaptıkları çalışmalarda öğrenme stillerinin belirlenmesinde bulanık mantıktan yararlanmıştır. Ülkemizde yapılan

Çalışmalarda yüksek ğretim öğrencilerine ağırlık verilmesi dikkat çekmektedir. Bu anlamda çalışmaların ilk ve orta ğretim seviyelerinde de çeşitlenmesinin gerekliliğı görülmektedir.



4. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ

Bireylerin bir amaca ulaşmak doğrultusunda hareket ederken zaman zaman yol ayrımlarında veya aynı yolda farklı vasıtalarla ilerleme konusunda bir seçim yapmaları gerekir. Bu durumda kişinin farklı alternatiflerden birini seçimine karar verme denir. İnsanlık varoluşundan beri daima bir karar verme döngüsü içindedir. Avcı toplayıcılardan modern insana kadar alternatifler ve hedefler farklı olsa da kararlar her zaman yaşamın devamı için belirleyici olmuştur. Bir savaş kararını almak, ava çıkma kararı almak, bir ürünün ekilip dikilmesi, yeni çıkan bir telefon modelini alma, bir şirkete yatırım yapma kararı gibi kimi hayati, kimi ekonomik, kimi ise keyfi kararlar her zaman alınması gerekir. Alternatiflerin çoğalması, değişkenlerin artması, beşerî ilişkilerin çoğalması gibi faktörler karar verme süreçlerini karmaşık ve zor bir hale getirmiştir. Karar vermede tek kriter olduğunda kişinin o kritere göre karar vermesi kolaydır fakat kişilerin günlük yaşamlarında karşılaştıkları sorunlar genellikle ikiden fazla ve birbiri ile çelişen karmaşık kriterlere sahiptir (Cengiz, 2012)

Bir ev alırken değerlendirilmesi gereken kriter sayısı fazla ve sık sık çelişir durumdadırlar. Evin konumu, fiyatı, gelecekteki değer artışı veya kaybı, ulaşım imkanları, çevresi, güvenliği, büyüklüğü, ısınma yöntemi ve daha birçok şey eklenebilir. Bu kriterlerden fiyat ve iyi konum çoğu zaman çelişir. İyi bir konum yüksek maliyet gerektirir. Bu çelişkileri diğer kriterlerde de görmek mümkündür. Bu durumda kriterler arasında da bir öncelik sıralaması ve sistematik bir karar verme yaklaşımı gerekir. Bu sebeplerle 1900'lerden bu yana matematiksel altyapılı karar verme yöntemleri geliştirilmeye başlanmıştır.

Çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerini kullanmadaki amaç, alternatif ve kriter sayılarının fazla olduğu durumlarda karar verme mekanizmasını kontrol altında tutabilmek ve karar sonucunu mümkün olduğu kadar kolay ve çabuk elde etmektir. (Herişçakar, E. 2008).

Çok kriterli karar vermeye odaklanmış iki ana dal geliştirilmiştir. Bunlar, Çok Amaçlı Karar Verme ve Çok Nitelikli Karar Verme'dir (Üzgün, 2006).

Çok Amaçlı Karar Verme (ÇAKV):

Seçeneklerin matematiksel hesaplamalarla belirlendiği, sürekli durumlarda kullanılır. ÇAVK'de alternatifler önceden belirlenmemiştir. İlk olarak Kuhn ve Tucker (1951) tarafından dile getirilmiştir. Amaç en iyi alternatifi belirlemektir.

Zimmerman'a göre ÇAKV kategorisel olarak iki aşamaya ayrılabilir.

Etkin çözümlerin belirlenmesi.

Optimal uzlaşık bir çözümün belirlenmesi.

Çok Nitelikli Karar Verme (ÇNKV):

Alternatiflerin sonlu sayıda ve kesikli olduğu durumlarda kullanılır. ÇNKV problemlerinde alternatifler önceden belirlenmiştir. Dolayısıyla bu tip problemler bir seçim sürecidir. Bu süreçlerde basitleştirecek olursak alternatiflerin kriterlere göre skorları belirlenir ve karşılaştırılır. Bu çalışmada kullanılacak olan Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci bir ÇNKV yöntemidir.

4.1. Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci

Karar verme süreçleri daima mantık ile iç içedir. Sembolik mantık ve Aristo mantığı karar vermede sıkça karşılaşılan belirsizlik durumları karşısında kimi zaman yetersiz kalabilir. Bu belirsizlik durumlarını eksik bilgiler, dilsel yetersizlik ve kavram yanılgıları, sözel değişkenler, tereddütler gibi etmenler oluşturabilir. Bu tür belirsizlikleri belirtmede Bulanık Mantık ve Bulanık Kümeler etkili bir çözümdür. İnsan beyni bir karar alırken sadece niceliksel verileri değil geçmiş yaşantılar, tecrübe ve önsezilerini de kullanır. Fakat klasik mantıkta 1 ve 0 değerleri vardır.

İlk olarak Saaty tarafından 1977 yılında önerilen Analitik Hiyerarşi Süreci daha sonra bulanık sayılar kullanılarak genişletilmiştir ve Bulanık versiyonu ortaya çıkmıştır. Bulanık analitik hiyerarşi süreci birçok alanda kullanılan TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) metotlarından biridir. BAHS (Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci) düşük, orta ve yüksek değerleri içeren bulanık ölçekleri kullanarak bulanıklık veya sözel belirsizlik içeren karar verme problemlerinin çözümü için uygun bir yaklaşım getirmektedir. Göreli ağırlıkların sentezi için, bulanık kümeleri, üyelik

fonksiyonlarını ve bulanık sayıları kullanmaktadır. Teknik uygulanırken, kişilerin bulanıklık veya belirsizlik konusundaki değerlendirmeleri, kriterler ve alternatifler arasında ikili karşılaştırmalar yapılarak karar sürecine yansıtılmaktadır (Lee ve diğ., 2010).

BAHS'nin çeşitli genişletme ve yorumlarıyla farklı metotlar ortaya çıkmıştır. Başlıca BAHS metotları Van Laarhoven ve Pedrycz (1983), Buckley (1985) ve Chang (1996) dır. Bunların dışında Boender ve Cheng metotları gibi metotlar da vardır fakat bu çalışmada değinilmeyecektir. Bu yöntemlerin avantaj ve dezavantajları tablo 3'de gösterilmiştir.



Tablo 3. BAHS metotlarının karşılaştırılması (Büyüközkan ve ark., 2004)

Kaynak	Metodun önemli karakteristikleri	Avantaj ve dezavantajları
Van Laarhoven ve Pedrycz (1983)	• Saaty'nin AHP metodunun üçgen bulanık sayılar kullanılarak uygulanmasıdır	+ Birden fazla karar vericinin düşünceleri karşılıklı (reciprocal) matrislerde modellenebilir. - Küçük bir problem için bile çok fazla matematiksel işlem gerektirir. - Sadece üçgen bulanık sayıların kullanılmasına izin verir.
Buckley (1985)	• Saaty'nin AHP metodunun yamuk bulanık sayılar kullanılarak uygulanmasıdır. • Geometrik ortalama kullanarak bulanık ağırlıkları ve performans skorlarını elde eder.	+ Bulanık duruma genişletmek kolaydır + Tek bir sonucu garanti eder - Hesap gereksinimi çok fazladır
Boender et al. (1989)	• Van Laarhoven ve Pedrycz'in metodunun biraz geliştirilmiştir. • Yerel önceliklerin normalizasyonu için daha sağlam bir yaklaşım sunar	+ Birden fazla karar vericinin düşünceleri modellenebilir - Hesap gereksinimi çok fazladır
Chang (1996)	• Sentetik derece değerleri • Seviye basit sıralaması • Karma toplam sıralama	+ Hesap gereksinimi daha azdır + Klasik AHP'nin adımlarını izler. İlave işlem gerektirmez. - Sadece üçgen bulanık sayılar kullanılabilir
Cheng (1996)	• Bulanık standartlar oluşturur • Performans skorlarını üyelik fonksiyonları ile ifade eder • Toplam ağırlıkları hesaplamak için entropi kavramlarını kullanır	+ Çok fazla hesap gerektirmez - Olasılık dağılımı bilindiğinde entropi kullanılır. Metot hem olasılık hem de olabilirlik ölçülerine dayanır.

Görüldüğü gibi bu yöntemlerin her birinin avantaj ve dezavantajları var. Bundan sonraki kısımda çalışmamızda kullandığımız yöntem olan Chang'ın yöntemini inceleyeceğiz.

4.1.1. Chang yöntemi

Chang'ın yöntemi Mertebe Analiz Yöntemi olarak da bilinir. Bu yöntemde Bulanık AHP'nin ikili karşılaştırmaların sentetik değerleri için her bir alternatif ile amacın derece analizinin yapılmasını ve üçgensel bulanık sayıların kullanılmasını içeren bir yaklaşım ortaya koymuştur. Bu yöntemin adımları diğer bulanık AHP yöntemlerine nispeten daha kolaydır ve klasik AHP'ye benzer (Büyüközkan ve ark., 2004). $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ elemanlar kümesini ve $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$ bir amaç kümesini göstermek üzere, her bir eleman işleme alınarak her bir amaç için sırasıyla genişletilmiş analiz uygulanır. (Kahraman ve ark., 2003).

Hesap gereksinimi daha az olması ve Klasik AHP'nin adımlarını izlemesi dolayısıyla anlaşılabilirliği yüksek olması sebebi ile bizde bu çalışmada Chang'ın Mertebe Analiz Yöntemini kullanacağız. Uygulama adımları sırası ile şu şekildedir.

Adım 1:

Karar vericiler tarafından aynı hiyerarşideki her faktör çifti için ikili önem karşılaştırmasını içeren üçgensel bulanık sayılardan oluşan bir matris oluşturulur. Bu matris oluşturulurken bulanık üçgensel sayılardaki l, m ve u değerlerinden m ile önem derecesi belirtilir. Örneğin $m = 1$ ise eşit öneme sahip, $m = 7$ ise çok kuvvetli derecede öneme sahip şeklindedir. l ve u değerleri arasındaki fark ise bulanıklık miktarını temsil eder.

Tablo 4. Bulanık önem ölçęi

Rakamsal değęer	Dilsel ifade	Üçgen bulanık sayı	Karşılık üçgen bulanık sayı
1	Eşit	(1,1,1)	(1,1,1)
2	Zayıf üstünlük	(1,2,3)	(1/3,1/2,1)
3	Fena değil	(2,3,4)	(1/4,1/3,1/2)
4	Tercih edilir	(3,4,5)	(1/5,1/4,1/3)
5	İyi	(4,5,6)	(1/6,1/5,1/4)
6	Oldukça iyi	(5,6,7)	(1/7,1/6,1/5)
7	Çok iyi	(6,7,8)	(1/8,1/7,1/6)
8	Mutlak	(7,8,9)	(1/9,1/8,1/7)
9	Mükemmel	(8,9,9)	(1/9,1/9,1/8)

Adım 2:

$X = \{ x_1, x_2, \dots, x_n \}$ bir ölçüt kümesi ve $U = \{ u_1, u_2, \dots, u_m \}$ bir hedef kümesi olmak üzere, her bir ölçüt alınır ve g_i derece analizi sırasıyla yerine getirilir. Buradaki analiz değęerleri

$$M_{g_i}^j, i = 1, 2, \dots, n \text{ ve } j = 1, 2, \dots, m$$

şeklindedir.

i ölçütüne göre bulanık sentetik mertebe değeri şu şekilde tanımlanır.

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \odot \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} \quad 4.10$$

$\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j$ ve $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j$ değęerini elde etmek için m mertebe analiz değęerine aşığıda görüldüğü gibi bulanık toplama işlemi uygulanır.

$$\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left(\sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j \right)$$

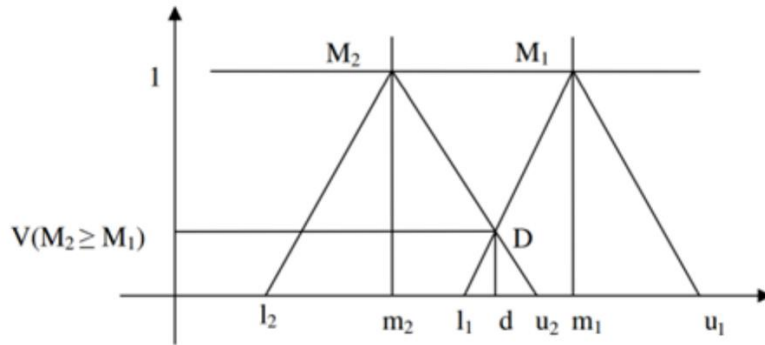
$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left(\sum_{i=1}^n l_i, \sum_{i=1}^n m_i, \sum_{i=1}^n u_i \right)$$

$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right)$$

Adım 3:

$M_2=(l_2, m_2, u_2)$ ve $M_1=(l_1, m_1, u_1)$ olmak üzere $M_2 \geq M_1$ ifadesinin olabilirlik derecesi yada M_2 'nin M_1 'e tercih edilebilirliği şu şekilde tanımlanır.

$$V(M_2 \geq M_1) = \text{hgt}(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_2}(d) = \begin{cases} 1, & m_2 \geq m_1 \text{ olduğunda} \\ 0, & l_1 \geq u_2 \text{ olduğunda} \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & \text{diğer durumlarda} \end{cases}$$



Şekil 13. M_1 ve M_2 'nin kesişimi

$V(M_2 \geq M_1)$ değeri, μ_{M_1} ve μ_{M_2} arasındaki en yüksek kesişim noktası D'nin ordinatı olmak üzere şekil 13'de görüldüğü gibi ifade edilebilir.

M_1 ve M_2 'yi kıyaslayabilmek için $V(M_2 \geq M_1)$ ve $V(M_1 \geq M_2)$ değerlerinin her ikisi de gerekmektedir.

Adım 4:

Bir konveks M bulanık sayının k tane konveks bulanık sayıdan M_i ($i=1, 2, \dots, k$) büyük olmasının olabilirlik derecesi şu şekilde tanımlanır.

$$\begin{aligned} V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) &= V [(M \geq M_1) \text{ ve } (M \geq M_2) \text{ ve } \dots \text{ ve } (M \geq M_k)] \\ &= \min V(M \geq M_i), i= 1, 2, \dots, k \end{aligned}$$

şeklinde tanımlanır.

$$d'(A_i) = \min V (S_i \geq S_k)$$

olduğu kabul edilirse $k = 1, 2, \dots, n$ için ağırlık vektörü

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T \text{ dir.}$$

Adım 5:

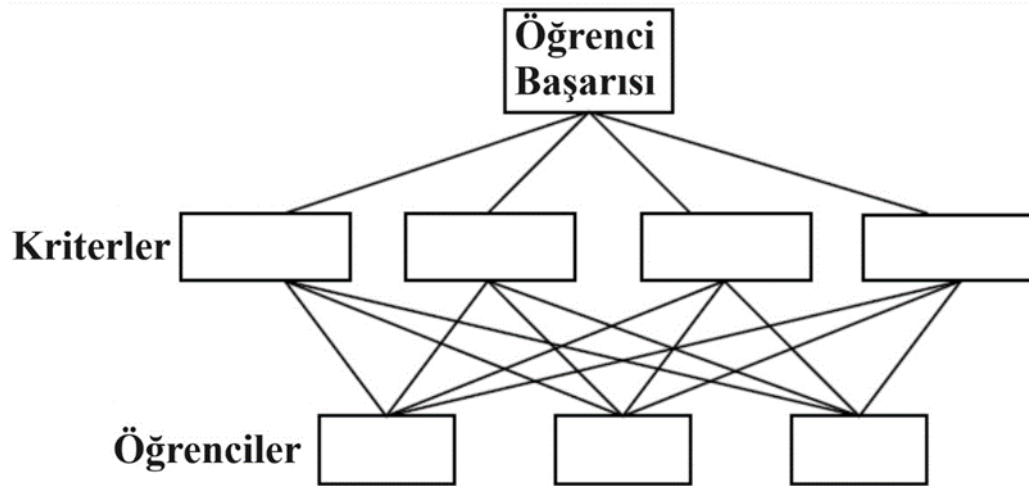
Normalize edilmiş ağırlık vektörleri, aşağıdaki gibidir. Burada W, bulanık olmayan bir sayıdır (Kahraman ve ark., 2004).

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T$$

5. UYGULAMA

Bu çalışmada bulanık analitik hiyerarşi sürecinde Chang'ın yöntemi kullanılarak ortaokul öğrencilerinin matematik dersindeki performansları (başarıları) değerlendirilecektir. Çalışma için 20 öğrencilik varsayımsal bir sınıf seçilmiştir. Bu sınıf, normal bir sınıfı temsil edecek şekilde homojen olmayan özellikler taşıyan öğrencilerle kurgulanmıştır. Klasik karne notu belirlemede öğrencilerin yazılı sınav notları, ders etkinliklerine katılım ve varsa aldıkları proje ödevleri etkili olur. Zaman zaman değişiklik gösterse de halihazırda uygulanan sistemde öğrenciler bir dönemde iki adet yazılı sınava girer bunun yanı sıra üç adet ders etkinliklerine katılım notu verilir ve bu ders etkinliklerine katılım notlarının aritmetik ortalaması alınır varsa proje notu da ders etkinlikleri ile dördüncü bir not olarak ortalama hesabına katılır. Böylece iki yazılı sınav notu ve ders etkinliklerine katılım ortalaması toplanıp üçe bölünür. Ortaya çıkan puan dönem sonu karne notu olarak girilir.

Görüldüğü gibi başarıyı belirlemede en büyük etken yazılı notlarıdır. Dönem sonu skorunun yaklaşık %67 si yazılı sınavlar ile belirlenirken kalan süreçlerin tamamı %33 e yakın bir paya sahiptir. Bu notların verilmesinde rubrikler ve dereceleme ölçekleri sıkça kullanılır. Bu çalışmada eğitimde başarı değerlendirmesinde alternatif bir yöntem olarak BAHP'i kullanmanın faydalı olacağını düşünüldü.



Şekil 14. Öğrenci başarısına yönelik bir BAHP modeli

Öğrencilerin başarılarını etkileyen birçok faktör vardır. Bu faktörleri yazılı sınavlarla gözlemlemek ise çoğu zaman mümkün değildir. Örneğin ödevlerini her zaman eksiksiz yapan bir öğrenci ile yapmayan bir öğrenci yazılıda aynı notu aldıysa ders etkinliklerine katılım ile aralarında büyük bir fark olması çok olası değildir. Bunun yanı sıra sınıf içi ve sınıf dışı eğitim durumlarında kriterlerin ve uygulamaların değerlendirilmesi her zaman iyi ya da kötü gibi kesin sınırlarla birbirinden ayrılamayabilir. Bu belirsizlik ya da kararsızlık durumlarını değerlendirme süreçlerine dahil etmek elbette önemlidir. Eğitimde performansa dayalı değerlendirmenin yükselişte olduğu bu dönemde matematik dersi içinde süreçlerin ve belirsizliklerin dahilinin daha çok olduğu bu yöntemi uygulamanın faydalı olacağını düşünmekteyiz.

5.1. Kullanılan Yöntem

Bu çalışmada yukarıda işlem basamakları verilen Chang'ın mertebe analiz yöntemi kullanılacaktır. Bu çalışmada ortaokul öğrencilerinin matematik dersindeki başarısını belirlemede kullanılacak bu yöntem için önce kriterler belirlenmiş daha sonra mertebe analiz yöntemi ile her bir öğrenci gerekli hesaplamalar yapılarak değerlendirilmiştir. Öğrencilerin her bir kriter bazında aldıkları puanı belirleme amacıyla dereceleme ölçeği kullanılmıştır. Bu ölçekte öğrenciler her bir kriter bazında 100 üzerinden puanlanmıştır. Daha sonra alınan bu puanlar ve öğretmen değerlemeleri bölüm 5.3'de belirtilen yöntemle bulanık önem ölçeğine aktarılmıştır. 20 öğrencinin ele alındığı bu uygulamada tarafımızca öğrencilere puanlar atanmış ve kriter bazında gerekli veriler elde edilmiştir.

5.2. Matematik Ders Başarısını Etkileyen Kriterler

Öğrencilerin başarıları derslerde öğrendiklerini olduğu haliyle kullanmalarından ziyade öğrendiklerini yaşam içinde karşılaştıkları durumlarda kullanmaları ile tanımlanmalıdır (Kutlu ve ark., 2010). Bu bağlamda öğrencinin yazılı kağıdına aktardığı bilgiler tek başına bir başarı kıstası olamaz. Öğrenme bir süreçtir dolayısıyla bu sürecin meyvesini değerlendirirken süreçten bağımsız bir yaklaşım uygun olmayacaktır. Matematik dersi soyut bir ders olması ve her ne kadar hayatın içinden bir ders olsa da öğrenciler tarafından aksi bir inanışla değerlendirilmesi bu dersin anlamlandırılmasını güçleştirmektedir. Başarı tanımı daha önce de belirttiğimiz gibi döneme ve o dönemin paradigmalarına göre değişiklik göstermektedir. Günümüzde bir öğrencinin matematik dersinde başarılı olarak tanımlanması için gerekli kriterleri, öğretmenlik mesleği süresince edindiğimiz tecrübe ve gözlemler doğrultusunda belirledik. Farklı disiplinler ve okul tipleri için farklı kriter

ve ağırlıklar belirlenebilir. Öğrenci başarısını değerlendirmede etkili olduğunu düşünülen kriterler, toplamaları %100 olacak şekilde değerlendirmeye tabi tutuldu. Bu değerler, farklı seviyelerdeki sınıfların her biri için ayrı ayrı belirlenip aritmetik ortalamaları alınmıştır. Böylece 8 kriter üzerinden bir değerlendirme yapıldı.

Yapılan araştırma ve mesleki gözlemler sonucunda öğrencilerin matematik dersindeki başarısını belirlemede etkili kriterler aşağıdaki gibi belirlenmiştir. Burada farklı branşlarda ve öğretmenler özelinde söz konusu kriterlerin değişebileceğini veya ağırlıklarının farklı olabileceğini belirtmek isteriz.

1 Yazılı Sınav Ortalamaları:

Öğrencilerin dönem içinde yapılan yazılı sınavlardan aldıkları notlar dönem sonu başarı puanını belirlemede çoğu öğretmen için ilk sırada gelmiştir. Her ne kadar süreçlerin önemine değinsek de, öğretmenler öğrencinin derste öğrendiği bilgileri yazılılar aracılığı ile nasıl uyguladıklarını görmeyi önemserler. Bu çalışmada yazılı sınav notlarına % 29,47 değer verilmiştir.

2 Ders Etkinliklerine Katılım:

Öğrencilerin öğrenme süreçlerini takip etmenin bir diğer etkili yolu da ders içindeki durumlarını gözlemlemektir. Öğrencinin dersi dinleme konusundaki özverisi, derste çözülen sorulara sundukları çözüm önerileri, derse ilgi ve alakaları gibi birçok etmeni barındıran ders etkinliklerine katılım başlığı tıpkı yazılı sınav ortalamaları gibi halihazırda dönem sonu notunu belirlemede pay sahibidir. Ders içi etkinliklere katılım notu öğretmenler tarafından birçok kriter göz önünde bulundurularak çoğunlukla Performans değerlendirme başlığı altında belirttiğimiz ölçme değerlendirme yöntemleri yardımıyla belirlenir.

Çalışmamızda ders içi etkinliklere katılım kriteri için %15,2 lik bir değer belirlemiştir.

3 Düzenli Olarak Soru Çözme:

Matematik dersi yapısı gereği az bir teorik bilgi ile sınırsız sayıda soru çeşitliliği sunabilen bir derstir. Bu anlamda öğrenciler, sık sık okuyup anlamamanın problem çözmede yeterli olacağı yanılgısına düşerler. Örnek verecek olursak ‘bir dik üçgenin birbirine dik olan iki kenarının uzunluklarının kareleri toplamı dik olmayan diğer kenarın uzunluğunun

karesini verir' bilgisi bir öğrenci tarafından iyi anlaşılıp öğrenilmiş olabilir fakat bu bilgi ile alakalı sonsuz sayıda üst düzey düşünme becerisi gerektiren sorular yazılabilir. Bu sebeple bilgiyi yeni durumlara aktarmanın ve bağlamsal düşünmenin önemli olduğu matematik dersinde pratik yapmak önemli bir hal alır. Soru çözme ve pratik yapma ders başarısını etkileyen kriterler arasında üçüncü sırada yer almıştır. Düzenli soru çözme alışkanlığının ders başarısında %12,2 lik bir paya sahip olduğunu belirtmiştir.

4 İzleme Sınavları:

Eğitim sürecinde öğrencilerin öğrenme eksiklerini görmek ve durum tespiti yapmak amacıyla izleme sınavları yapılabilir. Bu sınavlar aynı zamanda öğrencileri çalışmaya motive eder. Yazılı sınavlar tüm dönem boyunca iki kez yapılmaktadır fakat izleme sınavlarının böyle bir kısıtlaması yoktur. Öğrencilere ara dönütler vermek ve tespit edilen aksaklıklar doğrultusunda eğitim öğretim süreçlerini yeniden düzenlemek bu sınavların temel işlevlerindendir. Bu sebeple önem sıralamasında kendine yer bulmuştur. İzleme sınavlarının etkisi ortalama %10,6 olarak değerlendirilmiştir.

5 Ödevleri Düzenli olarak yapmak:

Ev ödevleri de öğrencilerin sorumluluk bilincini gözlemlemek ve ders başarısını belirlemede öğretmenler tarafından önemli bir kriter olarak görülmüştür. Öğrenme süreçlerini pekiştirmek ve kalıcılığı sağlamak adına verilen ödevler sıkça başvurulanan bir yöntemdir. Bu sebeple %9,3 önem atfetmişlerdir bu kriter.

6 Derse Hazırlıklı Gelme:

Bir diğer önemli kriter ise derse hazırlıklı gelmek olarak belirlenmiştir. Bu kriterin kapsamı öğrencinin ders araç gereçlerini eksiksiz bir şekilde getirmesi ve ders öncesinde öğretmen tarafından verilen ön bilgilenme ve araştırma süreçlerini gerçekleştirme olarak belirlenmiştir. Bu kriter ise %8,3 önem atfedilmiştir.

7 Derse Devamsızlık Durumu:

Öğrencilerin ders devamsızlık durumları ortalamada %8 lik bir önem değeri kazanmıştır.

8 Düzenli Not Tutma:

Derste düzenli not tutma da birçok öğretmen tarafından başarıyı etkileyen bir kriter olarak değerlendirilir. Yazmanın kalıcılığı arttırdığı ve konuyu tekrar etmede sağladığı fayda düşünülerek ortalamada %6,87 lik bir pay bulmuştur kendine.

Bu kriterlerin dışında kitap okuma ve bağlam temelli problemler çözme gibi kriterde belirtilebilir fakat bu çalışmada kriterler olarak yukarıda değinilen sekiz kriter belirlenmiştir.

5.3. İkili Karşılaştırma Matrisinin Oluşturulması

Kriterler ve yüzdelik önem dereceleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 5. Kriter yüzdelikleri

Yazılı sınav ortalamaları	YSO	29,47
Derse etkinliklerine katılım	DEK	15,2
İzleme sınavları, test ve quizler	İS	10,6
Derse hazırlıklı gelme	DHG	8,33
Ödevleri düzenli olarak yapma	ÖDY	9,34
Düzenli soru/alıştırma çözme	DSÇ	12,2
Derse devam/devamsızlık durumu	DDD	8
Düzenli not tutma	DNT	6,86

Yüzdelik olarak belirlenen kriter önem derecelerini tablo 4'deki bulanık önem ölçeğine dönüştürmek için aşağıdaki işlemler yapılmıştır.

A kriter önem yüzdeleri kümesi olmak üzere:

$$A = (a_1, a_2, \dots, a_n)$$

$$\frac{\max a_n}{\min a_n} : 9 = k \text{ olsun}$$

Bulanık önem ölçeği 9 seviyede olduğu için k sayısı her bir önem derecesi arasındaki farkın oransal aralığını temsil etmektedir.

Daha sonra her bir kriterin diğer kritere göre bulanık önem ölçeğindeki seviyesini belirlemek için aşağıdaki işlemler yapılmıştır.

i. kriterin j. kritere göre bulanık önem derecesi $a_i > a_j$ olmak üzere

$$\left\lceil \frac{a_i}{a_j} : k \right\rceil \quad \text{ile belirlenir.} \quad (\lceil x \rceil \text{ tam değer fonksiyonudur.})$$

Örnek hesaplama:

Ders etkinliklerine katılım (DEK) kriterinin derse devamsızlık durumuna (DDD) göre bulanık önem derecesini hesaplayalım.

$$A = (29.47, 15.2, 12.2, 10.6, 9.34, 8.33, 8, 6.86)$$

$$\max A = 29.47$$

$$\min A = 6.86$$

$$\frac{29.47}{6.86} : 9 = 0.477$$

$$DEK = 15.2 \text{ ve } DDD = 8$$

$$\left\lceil \frac{15.2}{8} : 0.477 \right\rceil = 4$$

Tablo 6. Derecelendirilmiş bulanık önem ölçeği

DERECELENDİRİLMİŞ ÖNEM	BULANIK ÖLÇEK	KARŞILIK ÖLÇEK
1	(1,1,1)	(1/1,1/1,1/1)
2	(1,2,3)	(1/3,1/2,1)
3	(2,3,4)	(1/4,1/3,1/2)
4	(3,4,5)	(1/5,1/4,1/3)
5	(4,5,6)	(1/6,1/5,1/4)
6	(5,6,7)	(1/7,1/6,1/5)
7	(6,7,8)	(1/8,1/7,1/6)
8	(7,8,9)	(1/9,1/8,1/7)
9	(8,9,9)	(1/9,1/9,1/8)

Bu tabloya göre ders etkinliklerine katılım kriterinin derse devamsızlık durumu kriterine göre bulanık önem derecesi (3,4,5) üçgensel bulanık sayısına karşılık gelmektedir. Bütün hesaplamalar bu şekilde yapılarak aşağıdaki ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur.

Tablo 7. İkili karşılaştırma matrisi

	YSO	DEK	İS	DGH	ÖDY	DŞÇ	DD	DNT
YSO	1, 1, 1	3, 4, 5	5, 6, 7	6, 7, 8	6, 7, 8	4, 5, 6	7, 8, 9	8, 9, 9
DEK	1/5, 1/4, 1/3	1, 1, 1	2, 3, 4	3, 4, 5	2, 3, 4	2, 3, 4	3, 4, 5	4, 5, 6
İS	1/7, 1/6, 1/5	1/4, 1/3, 1/2	1, 1, 1	2, 3, 4	1, 2, 3	1/3, 1/2, 1	2, 3, 4	2, 3, 4
DHG	1/8, 1/7, 1/6	1/5, 1/4, 1/3	1/4, 1/3, 1/2	1, 1, 1	1/3, 1/2, 1	1/4, 1/3, 1/2	1, 2, 3	2, 3, 4
ÖDY	1/8, 1/7, 1/6	1/4, 1/3, 1/2	1/3, 1/2, 1	1, 2, 3	1, 1, 1	1/4, 1/3, 1/2	1, 2, 3	2, 3, 4
DŞÇ	1/6, 1/5, 1/4	1/4, 1/3, 1/2	1, 2, 3	2, 3, 4	2, 3, 4	1, 1, 1	2, 3, 4	3, 4, 5
DD	1/9, 1/8, 1/7	1/5, 1/4, 1/3	1/4, 1/3, 1/2	1/3, 1/2, 1	1/3, 1/2, 1	1/4, 1/3, 1/2	1, 1, 1	1, 2, 3
DNT	1/9, 1/9, 1/8	1/6, 1/5, 1/4	1/4, 1/3, 1/2	1/4, 1/3, 1/2	1/4, 1/3, 1/2	1/5, 1/4, 1/3	1/3, 1/2, 1	1, 1, 1

5.4. Hesaplamalar

Adım 1: Kriterler için bulanık sentetik mertebe değeri hesaplanması.

İkili karşılaştırma matrisinde

$$\sum_{j=1}^m M_{gi}^j = \left(\sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j \right)$$

Hesaplaması yapıldığında her bir satırdaki l, m, u değerlerinin bulanık toplamı bulunur.

Tablo 8. Bulanık satır toplamları

	l	m	u
YSO	40	47	53
DEK	17,20	23,3	29,3
İS	8,73	13	17,7
DHG	5,16	7,56	10,5
ÖDY	5,96	9,31	13,2
DSÇ	11,4	16,5	21,8
DD	3,48	5,04	7,48
DNT	2,56	3,06	4,21

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j = \left(\sum_{i=1}^n l_i, \sum_{i=1}^n m_i, \sum_{i=1}^n u_i \right)$$

Hesaplandığında l, m ve u sütunlarının toplamı hesaplanır.

Bu değerler şöyledir.

Tablo 9. Bulanık sütun toplamı

L	m	u
94,50	125	157

$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right)$$

İşlemi ile bulanık çarpmaya göre tersi alınan sütun toplamaları $\left(\frac{1}{157}, \frac{1}{125}, \frac{1}{94,5} \right)$ şeklinde hesaplanır.

S_i değerini hesaplamak için $S_i = \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \odot \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1}$ işlemleri yapılır.

Böylece her bir satır toplamı $\left(\frac{1}{157}, \frac{1}{125}, \frac{1}{94,5} \right)$ üçgensel bulanık değer ile çarpılır. Örneğin S_1 için hesaplama;

$$(40, 47, 53) \odot \left(\frac{1}{157}, \frac{1}{125}, \frac{1}{94,5} \right) = \left(40 \cdot \frac{1}{157}, 47 \cdot \frac{1}{125}, 53 \cdot \frac{1}{94,5} \right) \text{ şeklindedir.}$$

Elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir:

Tablo 10. S değerleri tablosu

	l	m	u
S1	0,254559	0,3767379	0,56085598
S2	0,1094604	0,186365	0,31041086
S3	0,0555332	0,1042041	0,18730473
S4	0,0328275	0,0605949	0,11111298
S5	0,0379187	0,0746224	0,13933215
S6	0,0726554	0,1325262	0,2301626
S7	0,0221325	0,0404125	0,07911446
S8	0,0162988	0,024537	0,04453338

Adım 2: $S_2=(l_2, m_2, u_2)$ ve $S_1=(l_1, m_1, u_1)$ olmak üzere $S_2 \geq S_1$ ifadesinin olabilirlik derecesi yada S_2 'nin S_1 'e tercih edilebilirliği aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$V(S_2 \geq S_1) = \text{hgt}(S_1 \cap S_2) = \mu_{S_2}(d) = \begin{cases} 1, & m_2 \geq m_1 \text{ olduğunda} \\ 0, & l_1 \geq u_2 \text{ olduğunda} \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & \text{diğer durumlarda} \end{cases}$$

Bu işlemlerle her bir S_i üçgensel bulanık sayısının değerinin diğer S üçgensel bulanık sayılarının tamamı ile karşılaştırılması ayrı ayrı yapılır. Yukarıda verilen işlemler izlendiğinde aralarında büyük farklar bulunan ya da başka bir deyişle kesişim kümesi olmayan üçgensel bulanık sayılarda sonuç 0 çıkacaktır. Bu durum bir sonraki aşama için veri kaybı demektir. Çünkü her bir S_i üçgensel bulanık sayısı, kalan diğer üçgensel bulanık sayılarla karşılaştırıldıktan sonra elde edilen en küçük değerler ağırlık vektörünün hesaplanması için kullanılır. Bu durumda diğer üçgensel bulanık sayılardan kesişim bölgesi oluşturmayacak kadar büyük bir üçgensel sayı olduğunda büyük olan sayı dışındakiler arasında hiyerarşik bir bağ kurulamamaktadır.

Örnek:

$V(S_1 \geq S_2)$ ifadesi

$m_1 \geq m_2$ olduğu için 1 değerini alır.

$V(S_2 \geq S_1)$ ifadesi binde bir düzeyinde yuvarlama yapılarak

$$\frac{0,255 - 0,310}{(0,186 - 0,310) - (0,377 - 0,255)} = 0,224 \text{ değerini alır.}$$

Tüm ikili karşılaştırmalar yapıldığında aşağıdaki sonuçlar elde edilir.

Tablo 11. $V(S_i \geq S_j)$ ikili karşılaştırma değerleri

$\geq$	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8
S_1	-	1	1	1	1	1	1	1
S_2	0,22683	-	1	1	1	1	1	1
S_3	0	0,4865112	-	1	1	0,8019036	1	1
S_4	0	0,01297	0,560342	-	0,83917	0,348383	1	1
S_5	0	0,2109374	0,7390935	1	-	0,5352097	1	1
S_6	0	0,6915408	1	1	1	-	1	1
S_7	0	0	0,269892	0,696365	0,546322	0,065526	-	1
S_8	0	0	0	0,245078	0,116661	0	0,58524	-

$$V(S \geq S_1, S_2, \dots, S_k) = V[(S \geq S_1) \text{ ve } (S \geq S_2) \text{ ve } \dots \text{ ve } (S \geq S_k)]$$

= min $V(S \geq S_i)$, $i = 1, 2, \dots, k$ hesaplanınca aşağıdaki değerler bulunur.

$$\min V(S_1 \geq S_i) = 1$$

$$\min V(S_2 \geq S_i) = 0,22683$$

$$\min V(S_3 \geq S_i) = 0$$

$$\min V(S_4 \geq S_i) = 0$$

$$\min V(S_5 \geq S_i) = 0$$

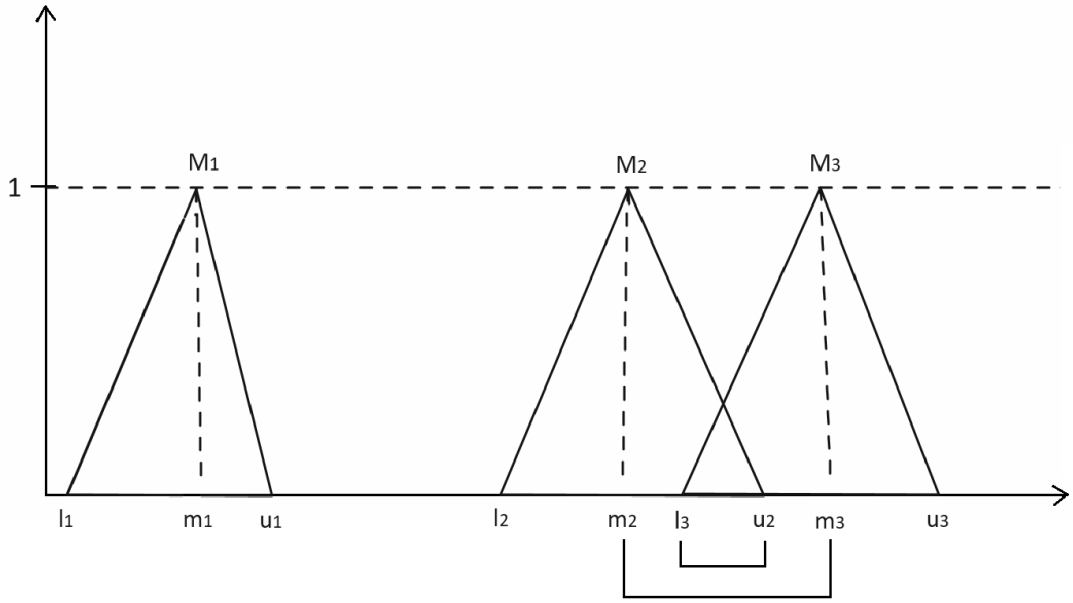
$$\min V(S_6 \geq S_i) = 0$$

$$\min V(S_7 \geq S_i) = 0$$

$$\min V(S_8 \geq S_i) = 0$$

Görüldüğü gibi S_1 üçgensel bulanık sayısı S_2 ile kesişmekte fakat kalan üçgensel bulanık sayılardan kesişim bölgesi oluşturmayacak kadar büyük olduğu için 0 değerleri alınmıştır. Bu durum ise 3,4,5,6,7 ve 8 nolu kriterlerin değerlendirmede hiç etkili olmaması demektir. Benzer sorunlar kriter bazında öğrenci değerlendirmeleri yaparken de ortaya çıkmıştır. Bu problemi aşmak için Chang'ın yönteminde bu aşamaya has bir geliştirme uyguladık.

Chang yönteminde şekilde de görüleceği gibi M_1 üçgensel bulanık sayısı 0 değeri alacağı için ağırlık vektörüne etkisi olmayacaktır.

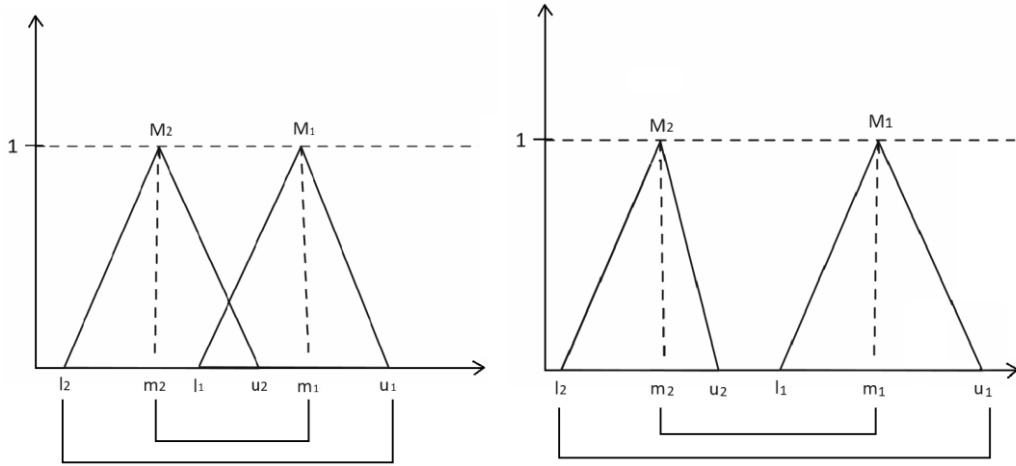


Şekil 15. Örnek Chang yöntemi üçgensel bulanık sayı karşılaştırması

Bu uygulamada hesaplama yapılırken kesişim bölgesini oluşturan u_2 ve l_3 değerleri ile m_2 ve m_3 değerleri baz alınmıştır. Biz ise küçük olan bulanık üçgensel sayının alt değeri (l) ile büyük olan üçgensel bulanık sayının üst değerinin (u) baz alınmasının daha kapsayıcı sonuçlar vereceğini düşünüyoruz. Böylece kesişim bölgesi olmasa bile hiyerarşik bir ilişki kurulabilmektedir.

Bu alternatif yöntem şu şekildedir;

$$V(S_2 \geq S_1) = \mu_{S_2}(d) = \begin{cases} 1, & m_2 \geq m_1 \text{ olduğunda} \\ \frac{2 \cdot (u_1 - l_2)}{(m_1 - m_2) + (u_1 - l_2)} - 1 & \text{diğer durumlarda} \end{cases}$$



Şekil 16. Alternatif hesaplama

Görüldüğü gibi m_2 ve m_1 değerleri arasındaki fark büyüdükçe $V(S_2 \geq S_1)$ değeri 0'a yakınsayacak, küçüldükçe ise 1'e yakınsayacaktır. Böylece iki üçgensel sayı kesişmediği durumlarda da hiyerarşik bir değerlendirme ortaya koyulabilmektedir.

Getirdiğimiz bu yöntem ile hesaplamaları yaptığımızda aşağıdaki tablo ortaya çıkar.

Tablo 12. Alternatif $V(S_i \geq S_j)$ ikili karşılaştırma değerleri

$\geq$	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8
S_1	-	1	1	1	1	1	1	1
S_2	0,4067851	-	1	1	1	1	1	1
S_3	0,299329	0,512507	-	1	1	0,720935	1	1
S_4	0,251057	0,376434	0,559744	-	0,767273	0,465777	1	1
S_5	0,267704	0,418418	0,669459	1	-	0,537093	1	1
S_6	0,333191	0,630774	1	1	1	-	1	1
S_7	0,231357	0,327822	0,442834	0,630278	0,548164	0,386258	-	1
S_8	0,214621	0,290301	0,364609	0,449312	0,421666	0,329157	0,59692	-

Buna göre aşağıdaki değerler bulunur.

$$\min V(S_1 \geq S_i) = 1$$

$$\min V(S_2 \geq S_i) = 0,4067851$$

$$\min V(S_3 \geq S_i) = 0,299329$$

$$\min V(S_4 \geq S_i) = 0,251057$$

$$\min V(S_5 \geq S_i) = 0,267704$$

$$\min V(S_6 \geq S_i) = 0,333191$$

$$\min V(S_7 \geq S_i) = 0,231357$$

$$\min V(S_8 \geq S_i) = 0,214621$$

Böylece ağırlık vektörü $W = (1, 0.4068, 0.2993, 0.2511, 0.2677, 0.3332, 0.2314, 0.2146)$ elde edilir.

Normalize edilmiş ağırlık vektörü ise her bir değerin satır toplamına bölünmesi ile bulunur ve $W = (0.3329, 0.1354, 0.0996, 0.0836, 0.0891, 0.1109, 0.0770, 0.0714)^T$ olarak hesaplanır. Buna göre yazılı sınav ortalamaları kriterinin ağırlığı 0.3329, ders etkinliklerine katılım kriterinin ağırlığı 0.1354, izleme sınavları kriterinin ağırlığı 0.0996, derse hazırlıklı gelme kriterinin ağırlığı 0.0836, ödevleri düzenli olarak yapma kriterinin ağırlığı 0.0891, düzenli soru çözme kriterinin ağırlığı 0.1109, derse devam durumu kriterinin ağırlığı 0.0770 ve düzenli not tutma kriterinin ağırlığı ise 0.0714 olarak hesaplanmıştır.

Kriter ağırlıklarının hesaplanmasının ardından 20 öğrenci ile yapılan bu çalışmada öğrencilerin her bir kriter bazında ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur. Bu matrisler oluşturulurken her bir kriter bazında dereceleme ölçekleri oluşturulmuş ve öğrenciler 100 puan üzerinden değerlendirilmiştir. Daha sonra bölüm 5.3 de belirtilen yöntem ile bu puanlar bulanık önem ölçeğine aktarılmıştır. Chang'ın yöntemine getirdiğimiz yorum doğrultusunda hesaplamalar yukarıda belirttiğimiz adımlarda gerçekleştirilmiştir. Bundan sonraki kısımda her bir kriter için öğrencilerin elde ettiği ağırlık skorları ve işlemlerine yer verilecektir.

Yazılı sınav ortalamaları kriterine göre değerlendirme:

Öğrencilerin bir dönemde yapılan iki matematik yazılısından aldığı notların aritmetik ortalaması aşağıdaki gibidir.

Tablo 13. Öğrencilerin yazılı sınav ortalamaları

Ö1	Ö2	Ö3	Ö4	Ö5	Ö6	Ö7	Ö8	Ö9	Ö10	Ö11	Ö12	Ö13	Ö14	Ö15	Ö16	Ö17	Ö18	Ö19	Ö20
33	19,5	89	80	62,5	98	75	28	78,5	18,5	12,5	28,5	83,5	94	57,5	22	33,5	23,5	30,5	21

Bu notlar bulanık önem ölçeğine aktarıldığında ikili karşılaştırma matrisi şu şekildedir.

Tablo 14. Yazılı sınav ortalamalarına göre ikili karşılaştırma matrisi

	ø1			ø2			ø3			ø4			ø5			ø6			ø7			ø8			ø9			ø10		
ø1	1	1	1	1	2	3	0,25	0,33	0,5	0,25	0,33	0,5	0,33	0,5	1	0,25	0,33	0,5	0,25	0,33	0,5	1	1	1	0,25	0,3333	0,5	1	2	3
ø2	0,33	0,5	1	1	1	1	0,17	0,2	0,25	0,17	0,2	0,25	0,2	0,25	0,33	0,14	0,17	0,2	0,2	0,25	0,33	0,33	0,5	1	0,17	0,2	0,25	1	1	1
ø3	2	3	4	4	5	6	1	1	1	1	1	1	1	2	3	1	1	1	1	1	1	3	4	5	1	1	1	5	6	7
ø4	2	3	4	4	5	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	4	1	1	1	4	5	6
ø5	1	2	3	3	4	5	0,33	0,5	1	1	1	1	1	1	1	0,33	0,5	1	0,25	0,33	0,5	2	3	4	1	1	1	3	4	5
ø6	2	3	4	5	6	7	1	1	1	1	1	1	1	2	3	1	1	1	1	2	3	3	4	5	1	1	1	5	6	7
ø7	2	3	4	3	4	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,33	0,5	1	1	1	1	2	3	4	1	1	1	4	5	6
ø8	1	1	1	1	2	3	0,2	0,25	0,33	0,25	0,33	0,5	0,25	0,33	0,5	0,2	0,25	0,33	0,25	0,33	0,5	1	1	1	0,25	0,3333	0,5	1	2	3
ø9	2	3	4	4	5	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	4	1	1	1	4	5	6
ø10	0,33	0,5	1	1	1	1	0,14	0,17	0,2	0,17	0,2	0,25	0,2	0,25	0,33	0,14	0,17	0,2	0,17	0,2	0,25	0,33	0,5	1	0,17	0,2	0,25	1	1	1
ø11	0,25	0,33	0,5	0,33	0,5	1	0,11	0,13	0,14	0,13	0,14	0,17	0,14	0,17	0,2	0,11	0,11	0,13	0,13	0,14	0,17	0,25	0,33	0,5	0,13	0,1429	0,17	0,33	0,5	1
ø12	1	1	1	1	2	3	0,2	0,25	0,33	0,25	0,33	0,5	0,25	0,33	0,5	0,2	0,25	0,33	0,25	0,33	0,5	1	1	1	0,25	0,3333	0,5	1	2	3
ø13	2	3	4	4	5	6	1	1	1	1	1	1	1	2	3	1	1	1	1	1	1	2	3	4	1	1	1	4	5	6
ø14	2	3	4	5	6	7	1	1	1	1	1	1	1	2	3	1	1	1	1	1	1	3	4	5	1	1	1	5	6	7
ø15	1	2	3	2	3	4	0,33	0,5	1	0,33	0,5	1	1	1	1	0,33	0,5	1	1	1	1	1	2	3	0,33	0,5	1	3	4	5
ø16	0,33	0,5	1	1	1	1	0,17	0,2	0,25	0,2	0,25	0,33	0,25	0,33	0,5	0,17	0,2	0,25	0,2	0,25	0,33	1	1	1	0,2	0,25	0,33	1	1	1
ø17	1	1	1	1	2	3	0,25	0,33	0,5	0,25	0,33	0,5	0,33	0,5	1	0,25	0,33	0,5	0,25	0,33	0,5	1	1	1	0,25	0,3333	0,5	1	2	3
ø18	0,33	0,5	1	1	1	1	0,2	0,25	0,33	0,2	0,25	0,33	0,25	0,33	0,5	0,17	0,2	0,25	0,2	0,25	0,33	1	1	1	0,2	0,25	0,33	1	1	1
ø19	1	1	1	1	2	3	0,25	0,33	0,5	0,25	0,33	0,5	0,33	0,5	1	0,2	0,25	0,33	0,25	0,33	0,5	1	1	1	0,25	0,3333	0,5	1	2	3
ø20	0,33	0,5	1	1	1	1	0,17	0,2	0,25	0,2	0,25	0,33	0,25	0,33	0,5	0,17	0,2	0,25	0,2	0,25	0,33	0,33	0,5	1	0,2	0,25	0,33	1	1	1

ø11			ø12			ø13			ø14			ø15			ø16			ø17			ø18			ø19			ø20		
2	3	4	1	1	1	0,25	0,33	0,5	0,25	0,33	0,5	0,33	0,5	1	1	2	3	1	1	1	1	2	3	1	1	1	1	2	3
1	2	3	0,33	0,5	1	0,17	0,2	0,25	0,14	0,17	0,2	0,25	0,33	0,5	1	1	1	0,33	0,5	1	1	1	1	0,33	0,5	1	1	1	1
7	8	9	3	4	5	1	1	1	1	1	1	1	2	3	4	5	6	2	3	4	3	4	5	2	3	4	4	5	6
6	7	8	2	3	4	1	1	1	1	1	1	1	2	3	4	5	6	2	3	4	3	4	5	2	3	4	3	4	5
5	6	7	2	3	4	0,33	0,5	1	0,33	0,5	1	1	1	1	2	3	4	1	2	3	2	3	4	1	2	3	2	3	4
8	9	9	3	4	5	1	1	1	1	1	1	1	2	3	4	5	6	2	3	4	4	5	6	3	4	5	4	5	6
6	7	8	2	3	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	4	5	2	3	4	3	4	5	2	3	4	3	4	5
2	3	4	1	1	1	0,25	0,33	0,5	0,2	0,25	0,33	0,33	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3
6	7	8	2	3	4	1	1	1	1	1	1	1	2	3	4	5	6	2	3	4	3	4	5	2	3	4	3	4	5
1	2	3	0,33	0,5	1	0,17	0,2	0,25	0,14	0,17	0,2	0,2	0,25	0,33	1	1	1	0,33	0,5	1	1	1	1	0,33	0,5	1	1	1	1
1	1	1	0,25	0,33	0,5	0,11	0,13	0,14	0,11	0,11	0,13	0,17	0,2	0,25	0,33	0,5	1	0,25	0,33	0,5	0,33	0,5	1	0,25	0,33	0,5	0,33	0,5	1
2	3	4	1	1	1	0,25	0,33	0,5	0,2	0,25	0,33	0,33	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3
7	8	9	2	3	4	1	1	1	1	1	1	1	2	3	4	5	6	2	3	4	3	4	5	2	3	4	4	5	6
8	9	9	3	4	5	1	1	1	1	1	1	1	2	3	4	5	6	2	3	4	4	5	6	3	4	5	4	5	6
4	5	6	1	2	3	0,33	0,5	1	0,33	0,5	1	1	1	1	2	3	4	1	2	3	2	3	4	1	2	3	2	3	4
1	2	3	1	1	1	0,2	0,25	0,33	0,17	0,2	0,25	0,25	0,33	0,5	1	1	1	0,33	0,5	1	1	1	1	0,33	0,5	1	1	1	1
2	3	4	1	1	1	0,25	0,33	0,5	0,25	0,33	0,5	0,33	0,5	1	1	2	3	1	1	1	1	2	3	1	1	1	1	2	3
1	2	3	1	1	1	0,2	0,25	0,33	0,17	0,2	0,25	0,25	0,33	0,5	1	1	1	0,33	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	3	4	1	1	1	0,25	0,33	0,5	0,2	0,25	0,33	0,33	0,5	1	1	2	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3
1	2	3	0,33	0,5	1	0,17	0,2	0,25	0,17	0,2	0,25	0,25	0,33	0,5	1	1	1	0,33	0,5	1	1	1	1	0,33	0,5	1	1	1	1

Bu tabloya göre satır toplamaları ve S_i değerleri aşağıdaki gibi olur.

Tablo 15. YSO göre satır toplamaları ve S_i değerleri

	satır toplamaları						
ö 1	14,4167	21,33333	29,5	S 1	0,01748	0,032595	0,058807
ö 2	9,26905	11,46667	15,56667	S 2	0,011239	0,01752	0,031031
ö 3	48	61	74	S 3	0,0582	0,093201	0,147515
ö 4	42	54	66	S 4	0,050925	0,082506	0,131568
ö 5	29,5833	41,33333	54,5	S 5	0,03587	0,063152	0,108643
ö 6	52	66	79	S 6	0,063051	0,10084	0,157482
ö 7	40,3333	51,5	63	S 7	0,048905	0,078686	0,125587
ö 8	14,1833	18,91667	24,5	S 8	0,017197	0,028902	0,048839
ö 9	42	54	66	S 9	0,050925	0,082506	0,131568
ö 10	9,1619	11,3	15,26667	S 10	0,011109	0,017265	0,030433
ö 11	5,04563	6,434127	9,985714	S 11	0,006118	0,009831	0,019906
ö 12	14,1833	18,91667	24,5	S 12	0,017197	0,028902	0,048839
ö 13	44	57	70	S 13	0,05335	0,087089	0,139541
ö 14	52	65	77	S 14	0,063051	0,099312	0,153496
ö 15	25	37	51	S 15	0,030313	0,056532	0,101666
ö 16	10,8	12,76667	16,08333	S 16	0,013095	0,019506	0,032061
ö 17	14,4167	21,33333	29,5	S 17	0,01748	0,032595	0,058807
ö 18	11,5	13,31667	16,16667	S 18	0,013944	0,020346	0,032227
ö 19	14,3167	20,16667	27,16667	S 19	0,017359	0,030812	0,054155
ö 20	9,43333	11,71667	16	S 20	0,011438	0,017902	0,031895

k	501,643	654,5008	824,7357
k^{-1}	0,00121	0,001528	0,001993

$V(S_2 \geq S_1)$ hesaplandığında yazılı sınav ortalamaları için ağırlık vektörü ve normalize edilmiş hali aşağıdaki gibidir.

$$W_{YSO} = (0.342, 0.27, 0.857, 0.706, 0.527, 1, 0.661, 0.319, 0.706, 0.269, 0.244, 0.319, 0.767, 0.968, 0.483, 0.275, 0.342, 0.277, 0.331, 0.271)$$

$$W_{YSO} = (0.034, 0.027, 0.086, 0.071, 0.053, 0.101, 0.067, 0.032, 0.071, 0.027, 0.025, 0.032, 0.077, 0.097, 0.049, 0.028, 0.034, 0.028, 0.033, 0.027)^T$$

Ders etkinliklerine katılım kriterine göre değerlendirme:

Dereceleme ölçeğine göre ders etkinliklerine katılım puanları şu şekildedir.

Tablo 16. Ders etkinliklerine katılım puanları

Ö1	Ö2	Ö3	Ö4	Ö5	Ö6	Ö7	Ö8	Ö9	Ö10	Ö11	Ö12	Ö13	Ö14	Ö15	Ö16	Ö17	Ö18	Ö19	Ö20
60	60	95	100	60	100	85	60	90	60	60	70	90	95	85	60	60	70	70	70

Gerekli hesaplamalar yapıldığında ikili karşılaştırma matrisi bu şekildedir.

Tablo 17. DEK kriterine göre ikili karşılaştırma matrisi

ö1	ö2	ö3	ö4	ö5	ö6	ö7	ö8	ö9	ö10
ö1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ö2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ö3	8	9	9	8	9	9	1	1	1
ö4	8	9	9	8	9	9	5	6	7
ö5	1	1	1	1	1	1	0,1	0,111	0,125
ö6	8	9	9	8	9	9	5	6	7
ö7	7	8	9	7	8	9	0,143	0,167	0,2
ö8	1	1	1	1	1	1	0,1	0,111	0,125
ö9	7	8	9	7	8	9	0,143	0,167	0,2
ö10	1	1	1	1	1	1	0,1	0,111	0,125
ö11	1	1	1	1	1	1	0,1	0,111	0,125
ö12	5	6	7	5	6	7	0,125	0,143	0,167
ö13	7	8	9	7	8	9	0,143	0,167	0,2
ö14	8	9	9	8	9	9	1	1	1
ö15	7	8	9	7	8	9	0,143	0,167	0,2
ö16	1	1	1	1	1	1	0,1	0,111	0,125
ö17	1	1	1	1	1	1	0,1	0,111	0,125
ö18	5	6	7	5	6	7	0,125	0,143	0,167
ö19	5	6	7	5	6	7	0,125	0,143	0,167
ö20	5	6	7	5	6	7	0,125	0,143	0,167

ö11	ö12	ö13	ö14	ö15	ö16	ö17	ö18	ö19	ö20
1	1	1	0,143	0,167	0,2	0,111	0,125	0,143	0,1
1	1	1	0,143	0,167	0,2	0,111	0,125	0,143	0,1
8	9	9	6	7	8	5	6	7	1
8	9	9	7	8	9	5	6	7	5
1	1	1	0,143	0,167	0,2	0,111	0,125	0,143	0,1
8	9	9	7	8	9	5	6	7	5
7	8	9	6	7	8	0,143	0,167	0,2	1
1	1	1	0,143	0,167	0,2	0,111	0,125	0,143	0,1
7	8	9	6	7	8	1	1	1	0,143
1	1	1	0,143	0,167	0,2	0,111	0,125	0,143	0,1
1	1	1	0,143	0,167	0,2	0,111	0,125	0,143	0,1
1	1	1	0,143	0,167	0,2	0,111	0,125	0,143	0,1
5	6	7	1	1	1	0,125	0,143	0,167	0,125
7	8	9	6	7	8	1	1	1	0,143
8	9	9	6	7	8	5	6	7	1
7	8	9	6	7	8	0,143	0,167	0,2	1
1	1	1	0,143	0,167	0,2	0,111	0,125	0,143	0,1
1	1	1	0,143	0,167	0,2	0,111	0,125	0,143	0,1
5	6	7	1	1	1	0,125	0,143	0,167	0,125
5	6	7	1	1	1	0,125	0,143	0,167	0,125
5	6	7	1	1	1	0,125	0,143	0,167	0,125
5	6	7	1	1	1	0,125	0,143	0,167	0,125

Gerekli işlemler yapıldığında normalize edilmiş, ağırlık vektörü aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$W_{DEK} = (0,017, 0,017, 0,099, 0,153, 0,017, 0,153, 0,054, 0,017, 0,067, 0,017, 0,017, 0,03, 0,067, 0,099, 0,054, 0,017, 0,017, 0,03, 0,03, 0,03)^T$$

İzleme sınavı ortalamaları kriterine göre değerlendirme:

İzleme sınavlarından öğrencilerin aldığı skorların sınıf içi sıralama bakımından dereceleme ölçeği sonuçları aşağıdaki gibidir.

Tablo 18. İzleme sınavları kriterine göre öğrencilerin aldığı puanlar

Ö1	Ö2	Ö3	Ö4	Ö5	Ö6	Ö7	Ö8	Ö9	Ö10	Ö11	Ö12	Ö13	Ö14	Ö15	Ö16	Ö17	Ö18	Ö19	Ö20
65	50	80	85	40	90	80	40	75	40	50	50	80	85	70	50	50	60	40	60

Buna göre ikili karşılaştırma matrisi aşağıdadır.

Tablo 19. İzleme sınavları kriterine göre ikili karşılaştırma matrisi

ø1			ø2			ø3			ø4			ø5			ø6			ø7			ø8			ø9			ø10			
ø1	1	1	1	4	5	6	0,167	0,2	0,25	0,167	0,2	0,25	6	7	8	0,143	0,167	0,2	0,167	0,2	0,25	6	7	8	0,167	0,2	0,25	6	7	8
ø2	0,167	0,2	0,25	1	1	1	0,143	0,167	0,2	0,125	0,143	0,167	4	5	6	0,125	0,143	0,167	0,143	0,167	0,2	4	5	6	0,143	0,167	0,2	4	5	6
ø3	4	5	6	5	6	7	1	1	1	0,2	0,25	0,333	7	8	9	0,167	0,2	0,25	1	1	1	7	8	9	3	4	5	7	8	9
ø4	4	5	6	6	7	8	3	4	5	1	1	1	8	9	9	0,2	0,25	0,333	3	4	5	8	9	9	4	5	6	8	9	9
ø5	0,125	0,143	0,167	0,167	0,2	0,25	0,111	0,125	0,143	0,1	0,111	0,125	1	1	1	0,1	0,111	0,125	0,111	0,125	0,143	1	1	1	0,111	0,125	0,143	1	1	1
ø6	5	6	7	6	7	8	4	5	6	3	4	5	8	9	9	1	1	1	4	5	6	8	9	9	4	5	6	8	9	9
ø7	4	5	6	5	6	7	1	1	1	0,2	0,25	0,333	7	8	9	0,167	0,2	0,25	1	1	1	7	8	9	3	4	5	7	8	9
ø8	0,125	0,143	0,167	0,167	0,2	0,25	0,111	0,125	0,143	0,1	0,111	0,125	1	1	1	0,1	0,111	0,125	0,111	0,125	0,143	1	1	1	0,111	0,125	0,143	1	1	1
ø9	4	5	6	5	6	7	0,2	0,25	0,333	0,167	0,2	0,25	7	8	9	0,167	0,2	0,25	0,2	0,25	0,333	7	8	9	1	1	1	7	8	9
ø10	0,125	0,143	0,167	0,167	0,2	0,25	0,111	0,125	0,143	0,1	0,111	0,125	1	1	1	0,1	0,111	0,125	0,111	0,125	0,143	1	1	1	0,111	0,125	0,143	1	1	1
ø11	0,167	0,2	0,25	1	1	1	0,143	0,167	0,2	0,125	0,143	0,167	4	5	6	0,125	0,143	0,167	0,143	0,167	0,2	4	5	6	0,143	0,167	0,2	4	5	6
ø12	0,167	0,2	0,25	1	1	1	0,143	0,167	0,2	0,125	0,143	0,167	4	5	6	0,125	0,143	0,167	0,143	0,167	0,2	4	5	6	0,143	0,167	0,2	4	5	6
ø13	4	5	6	5	6	7	1	1	1	0,2	0,25	0,333	7	8	9	0,167	0,2	0,25	1	1	1	7	8	9	3	4	5	7	8	9
ø14	4	5	6	6	7	8	3	4	5	1	1	1	8	9	9	0,2	0,25	0,333	3	4	5	8	9	9	4	5	6	8	9	9
ø15	3	4	5	5	6	7	0,167	0,2	0,25	0,167	0,2	0,25	6	7	8	0,167	0,2	0,25	0,167	0,2	0,25	6	7	8	0,2	0,25	0,333	6	7	8
ø16	0,167	0,2	0,25	1	1	1	0,143	0,167	0,2	0,125	0,143	0,167	4	5	6	0,125	0,143	0,167	0,143	0,167	0,2	4	5	6	0,143	0,167	0,2	4	5	6
ø17	0,167	0,2	0,25	1	1	1	0,143	0,167	0,2	0,125	0,143	0,167	4	5	6	0,125	0,143	0,167	0,143	0,167	0,2	4	5	6	0,143	0,167	0,2	4	5	6
ø18	0,2	0,25	0,333	4	5	6	0,167	0,2	0,25	0,143	0,167	0,2	5	6	7	0,143	0,167	0,2	0,167	0,2	0,25	5	6	7	0,167	0,2	0,25	5	6	7
ø19	0,125	0,143	0,167	0,167	0,2	0,25	0,111	0,125	0,143	0,1	0,111	0,125	1	1	1	0,1	0,111	0,125	0,111	0,125	0,143	1	1	1	0,111	0,125	0,143	1	1	1
ø20	0,2	0,25	0,333	4	5	6	0,167	0,2	0,25	0,143	0,167	0,2	5	6	7	0,143	0,167	0,2	0,167	0,2	0,25	5	6	7	0,167	0,2	0,25	5	6	7

ø11			ø12			ø13			ø14			ø15			ø16			ø17			ø18			ø19			ø20		
4	5	6	4	5	6	0,167	0,2	0,25	0,167	0,2	0,25	0,2	0,25	0,333	4	5	6	4	5	6	3	4	5	6	7	8	3	4	5
1	1	1	1	1	1	0,143	0,167	0,2	0,125	0,143	0,167	0,143	0,167	0,2	1	1	1	1	1	1	0,167	0,2	0,25	4	5	6	0,167	0,2	0,25
5	6	7	5	6	7	1	1	1	0,2	0,25	0,333	4	5	6	5	6	7	5	6	7	4	5	6	7	8	9	4	5	6
6	7	8	6	7	8	3	4	5	1	1	1	4	5	6	6	7	8	6	7	8	5	6	7	8	9	9	5	6	7
0,167	0,2	0,25	0,167	0,2	0,25	0,111	0,125	0,143	0,1	0,111	0,125	0,125	0,143	0,167	0,167	0,2	0,25	0,167	0,2	0,25	0,143	0,167	0,2	1	1	1	0,143	0,167	0,2
6	7	8	6	7	8	4	5	6	3	4	5	4	5	6	6	7	8	6	7	8	5	6	7	8	9	9	5	6	7
5	6	7	5	6	7	1	1	1	0,2	0,25	0,333	4	5	6	5	6	7	5	6	7	4	5	6	7	8	9	4	5	6
0,167	0,2	0,25	0,167	0,2	0,25	0,111	0,125	0,143	0,1	0,111	0,125	0,125	0,143	0,167	0,167	0,2	0,25	0,167	0,2	0,25	0,143	0,167	0,2	1	1	1	0,143	0,167	0,2
5	6	7	5	6	7	0,2	0,25	0,333	0,167	0,2	0,25	3	4	5	5	6	7	5	6	7	4	5	6	7	8	9	4	5	6
0,167	0,2	0,25	0,167	0,2	0,25	0,111	0,125	0,143	0,1	0,111	0,125	0,125	0,143	0,167	0,167	0,2	0,25	0,167	0,2	0,25	0,143	0,167	0,2	1	1	1	0,143	0,167	0,2
1	1	1	1	1	1	0,143	0,167	0,2	0,125	0,143	0,167	0,143	0,167	0,2	1	1	1	1	1	1	0,167	0,2	0,25	4	5	6	0,167	0,2	0,25
1	1	1	1	1	1	0,143	0,167	0,2	0,125	0,143	0,167	0,143	0,167	0,2	1	1	1	1	1	1	0,167	0,2	0,25	4	5	6	0,167	0,2	0,25
5	6	7	5	6	7	1	1	1	0,2	0,25	0,333	4	5	6	5	6	7	5	6	7	4	5	6	7	8	9	4	5	6
6	7	8	6	7	8	3	4	5	1	1	1	4	5	6	6	7	8	6	7	8	5	6	7	8	9	9	5	6	7
5	6	7	5	6	7	0,167	0,2	0,25	0,167	0,2	0,25	1	1	1	5	6	7	5	6	7	4	5	6	6	7	8	4	5	6
1	1	1	1	1	1	0,143	0,167	0,2	0,125	0,143	0,167	0,143	0,167	0,2	1	1	1	1	1	1	0,167	0,2	0,25	4	5	6	0,167	0,2	0,25
1	1	1	1	1	1	0,143	0,167	0,2	0,125	0,143	0,167	0,143	0,167	0,2	1	1	1	1	1	1	0,167	0,2	0,25	4	5	6	0,167	0,2	0,25
4	5	6	4	5	6	0,167	0,2	0,25	0,143	0,167	0,2	0,167	0,2	0,25	4	5	6	4	5	6	1	1	1	5	6	7	1	1	1
0,167	0,2	0,25	0,167	0,2	0,25	0,111	0,125	0,143	0,1	0,111	0,125	0,125	0,143	0,167	0,167	0,2	0,25	0,167	0,2	0,25	0,143	0,167	0,2	1	1	1	0,143	0,167	0,2
4	5	6	4	5	6	0,167	0,2	0,25	0,143	0,167	0,2	0,167	0,2	0,25	4	5	6	4	5	6	1	1	1	5	6	7	1	1	1

ø 11			ø 12			ø 13			ø 14			ø 15			ø 16			ø 17			ø 18			ø 19			ø 20		
4	5	6	4	5	6	0,167	0,2	0,25	0,167	0,2	0,25	0,2	0,25	0,333	4	5	6	4	5	6	3	4	5	6	7	8	3	4	5
1	1	1	1	1	1	0,143	0,167	0,2	0,125	0,143	0,167	0,143	0,167	0,2	1	1	1	1	1	1	0,167	0,2	0,25	4	5	6	0,167	0,2	0,25
5	6	7	5	6	7	1	1	1	0,2	0,25	0,333	4	5	6	5	6	7	5	6	7	4	5	6	7	8	9	4	5	6
6	7	8	6	7	8	3	4	5	1	1	1	4	5	6	6	7	8	6	7	8	5	6	7	8	9	9	5	6	7
0,167	0,2	0,25	0,167	0,2	0,25	0,111	0,125	0,143	0,1	0,111	0,125	0,125	0,143	0,167	0,167	0,2	0,25	0,167	0,2	0,25	0,143	0,167	0,2	1	1	1	0,143	0,167	0,2
6	7	8	6	7	8	4	5	6	3	4	5	4	5	6	6	7	8	6	7	8	5	6	7	8	9	9	5	6	7
5	6	7	5	6	7	1	1	1	0,2	0,25	0,333	4	5	6	5	6	7	5	6	7	4	5	6	7	8	9	4	5	6
0,167	0,2	0,25	0,167	0,2	0,25	0,111	0,125	0,143	0,1	0,111	0,125	0,125	0,143	0,167	0,167	0,2	0,25	0,167	0,2	0,25	0,143	0,167	0,2	1	1	1	0,143	0,167	0,2
5	6	7	5	6	7	0,2	0,25	0,333	0,167	0,2	0,25	3	4	5	5	6	7	5	6	7	4	5	6	7	8	9	4	5	6
0,167	0,2	0,25	0,167	0,2	0,25	0,111	0,125	0,143	0,1	0,111	0,125	0,125	0,143	0,167	0,167	0,2	0,25	0,167	0,2	0,25	0,143	0,167	0,2	1	1	1	0,143	0,167	0,2
1	1	1	1	1	1	0,143	0,167	0,2	0,125	0,143	0,167	0,143	0,167	0,2	1	1	1	1	1	1	0,167	0,2	0,25	4	5	6	0,167	0,2	0,25
5	6	7	5	6	7	1	1	1	0,2	0,25	0,333	4	5	6	5	6	7	5	6	7	4	5	6	7	8	9	4	5	6
6	7	8	6	7	8	3	4	5	1	1	1	4	5	6	6	7	8	6	7	8	5	6	7	8	9	9	5	6	7
5	6	7	5	6	7	0,167	0,2	0,25	0,167	0,2	0,25	1	1	1	5	6	7	5	6	7	4	5	6	6	7	8	4	5	6
1	1	1	1	1	1	0,143	0,167	0,2	0,125	0,143	0,167	0,143	0,167	0,2	1	1	1	1	1	1	0,167	0,2	0,25	4	5	6	0,167	0,2	0,25
1	1	1	1	1	1	0,143	0,167	0,2	0,125	0,143	0,167	0,143	0,167	0,2	1	1	1	1	1	1	0,167	0,2	0,25	4	5	6	0,167	0,2	0,25
4	5	6	4	5	6	0,167	0,2	0,25	0,143	0,167	0,2	0,167	0,2	0,25	4	5	6	4	5	6	1	1	1	5	6	7	1	1	1
0,167	0,2	0,25	0,167	0,2	0,25	0,111	0,125	0,143	0,1	0,111	0,125	0,125	0,143	0,167	0,167	0,2	0,25	0,167	0,2	0,25	0,143	0,167	0,2	1	1	1	0,143	0,167	0,2
4	5	6	4	5	6	0,167	0,2	0,25	0,143	0,167	0,2	0,167	0,2	0,25	4	5	6	4	5	6	1	1	1	5	6	7	1	1	1

Gerekli işlemler yapıldığında normalize edilmiş, ağırlık vektörü aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$W_{is} = (0.045, 0.027, 0.067, 0.104, 0.021, 0.136, 0.067, 0.021, 0.06, 0.021, 0.027, 0.027, 0.067, 0.104, 0.053, 0.027, 0.027, 0.039, 0.021, 0.039)^T$$

Verilen örnek uygulamaların yeterli olduğunu düşünüp bundan sonraki kısımda dereceleme ölçeği sonuçları ve normalize edilmiş ağırlık vektörlerini vereceğiz.

Tablo 20. Derse hazırlıklı gelme kriterine göre değerlendirme

Ö1	Ö2	Ö3	Ö4	Ö5	Ö6	Ö7	Ö8	Ö9	Ö10	Ö11	Ö12	Ö13	Ö14	Ö15	Ö16	Ö17	Ö18	Ö19	Ö20
60	60	85	100	60	100	80	60	90	60	60	75	85	100	85	60	60	75	70	85

$$W_{DHG} = (0.016, 0.016, 0.055, 0.143, 0.016, 0.143, 0.042, 0.016, 0.084, 0.016, 0.016, 0.035, 0.055, 0.143, 0.055, 0.016, 0.016, 0.035, 0.029, 0.055)^T$$

Tablo 21. Ödevleri düzenli olarak yapma kriterine göre değerlendirme

Ö1	Ö2	Ö3	Ö4	Ö5	Ö6	Ö7	Ö8	Ö9	Ö10	Ö11	Ö12	Ö13	Ö14	Ö15	Ö16	Ö17	Ö18	Ö19	Ö20
40	40	90	100	40	100	95	40	90	50	40	80	85	100	85	50	40	80	40	85

$$W_{öDY} = (0.016, 0.016, 0.066, 0.123, 0.016, 0.123, 0.098, 0.016, 0.066, 0.027, 0.016, 0.039, 0.052, 0.123, 0.052, 0.027, 0.016, 0.039, 0.016, 0.052)^T$$

Tablo 22. Düzenli soru çözme kriterine göre değerlendirme

Ö1	Ö2	Ö3	Ö4	Ö5	Ö6	Ö7	Ö8	Ö9	Ö10	Ö11	Ö12	Ö13	Ö14	Ö15	Ö16	Ö17	Ö18	Ö19	Ö20
40	40	80	85	40	90	70	40	60	40	40	50	70	85	70	40	50	70	40	70

$$W_{DSÇ} = (0.019, 0.019, 0.087, 0.123, 0.019, 0.154, 0.051, 0.019, 0.04, 0.019, 0.019, 0.032, 0.051, 0.123, 0.051, 0.019, 0.032, 0.051, 0.019, 0.051)^T$$

Tablo 23. Derse devam durumu kriterine göre değerlendirme

Ö1	Ö2	Ö3	Ö4	Ö5	Ö6	Ö7	Ö8	Ö9	Ö10	Ö11	Ö12	Ö13	Ö14	Ö15	Ö16	Ö17	Ö18	Ö19	Ö20
95	95	70	80	95	90	80	90	95	80	65	80	85	90	80	90	90	85	65	85

$$W_{DD} = (0.12, 0.12, 0.018, 0.021, 0.12, 0.053, 0.021, 0.053, 0.12, 0.021, 0.015, 0.021, 0.034, 0.053, 0.022, 0.053, 0.053, 0.034, 0.015, 0.034)^T$$

Tablo 24. Düzenli not tutma kriterine göre değerlendirme

Ö1	Ö2	Ö3	Ö4	Ö5	Ö6	Ö7	Ö8	Ö9	Ö10	Ö11	Ö12	Ö13	Ö14	Ö15	Ö16	Ö17	Ö18	Ö19	Ö20
60	80	95	100	50	100	70	40	85	50	40	80	60	100	95	45	50	90	40	90

$$W_{DNT} = (0.029, 0.043, 0.084, 0.111, 0.024, 0.111, 0.036, 0.018, 0.053, 0.024, 0.018, 0.043, 0.029, 0.111, 0.084, 0.021, 0.024, 0.059, 0.018, 0.059)^T$$

5.5. Sonuç ve Karşılaştırma

Birleşik ağırlıkların elde edilmesi için aşağıdaki tablo oluşturulmuştur. Bu tablo her bir öğrencinin kriterler bazında elde ettiği skorlar ilgili kriterin altına gelecek şekilde oluşturulmuştur.

Her bir kriter bazında alınan skorlar ilgili kriter ağırlığı ile çarpılıp elde edilen sonuçlar toplanarak her bir öğrencinin final skoru elde edilir.

Örneğin Ö1 için bu hesaplama şu şekildedir:

$$0,034 \times 0,333 + 0,016 \times 0,135 + 0,045 \times 0,0996 + 0,016 \times 0,089 + 0,019 \times 0,111 + 0,12 \times 0,077 + 0,029 \times 0,071 = 0,034327$$

Tablo 25. Kriter bazında birleşik ağırlıklar

	YSO	DEK	İS	DHG	ÖDY	DŞÇ	DD	DNT
Kriter ağırlığı	0,332885	0,135412	0,099642	0,083573	0,089115	0,110914	0,077015	0,071444
Ö1	0,034407	0,016613	0,045126	0,015776	0,016195	0,018872	0,119541	0,028918
Ö2	0,027165	0,016613	0,027201	0,015776	0,016195	0,018872	0,119541	0,043445
Ö3	0,086275	0,099241	0,067132	0,054675	0,06593	0,086625	0,018318	0,084153
Ö4	0,071105	0,152854	0,104301	0,143485	0,122772	0,123445	0,021337	0,111111
Ö5	0,053031	0,016613	0,020565	0,015776	0,016195	0,018872	0,119541	0,023986
Ö6	0,100659	0,152854	0,13629	0,143485	0,122772	0,154209	0,052665	0,111111
Ö7	0,066543	0,054164	0,067132	0,041595	0,097803	0,051402	0,021337	0,035693
Ö8	0,032085	0,016613	0,020565	0,015776	0,016195	0,018872	0,052665	0,018035
Ö9	0,071105	0,066507	0,060371	0,084126	0,06593	0,04016	0,119541	0,052897
Ö10	0,027062	0,016613	0,020565	0,015776	0,026529	0,018872	0,021337	0,023986
Ö11	0,024604	0,016613	0,027201	0,015776	0,016195	0,018872	0,014955	0,018035
Ö12	0,032085	0,030391	0,027201	0,035036	0,039431	0,032067	0,021337	0,043445
Ö13	0,077176	0,066507	0,067132	0,054675	0,052245	0,051402	0,0344	0,028918
Ö14	0,097454	0,099241	0,104301	0,143485	0,122772	0,123445	0,052665	0,111111
Ö15	0,04864	0,054164	0,052606	0,054675	0,052245	0,051402	0,021732	0,084153
Ö16	0,027698	0,016613	0,027201	0,015776	0,026529	0,018872	0,052665	0,021391
Ö17	0,034407	0,016613	0,027201	0,015776	0,016195	0,032067	0,052665	0,023986
Ö18	0,027909	0,030391	0,03867	0,035036	0,039431	0,051402	0,0344	0,058796
Ö19	0,03327	0,030391	0,020565	0,028842	0,016195	0,018872	0,014955	0,018035
Ö20	0,027318	0,030391	0,03867	0,054675	0,052245	0,051402	0,0344	0,058796

Elde edilen nihai skorlar şu şekildedir.

Tablo 26. Normalize edilmiş nihai skorlar

Ö11	Ö12	Ö13	Ö14	Ö15	Ö16	Ö17	Ö18	Ö19	Ö20
0,020446	0,032252	0,061027	0,10489	0,05138	0,02554	0,028502	0,036252	0,025627	0,038838
Ö1	Ö2	Ö3	Ö4	Ö5	Ö6	Ö7	Ö8	Ö9	Ö10
0,034327	0,031168	0,076323	0,100966	0,037727	0,119817	0,058261	0,025179	0,069037	0,02244

Uygulama yapılan öğrencilerin aynı yazılı sınav ortalaması ve ders etkinliklerine katılım puanları ile mevcut eğitim öğretim sistemimizde aldıkları karne notları ve bulanık analitik hiyerarşi sürecinden faydalanarak elde ettiği skorlar büyükten küçüğe sıralandığında aşağıdaki tablo ortaya çıkar.

Tablo 27. Klasik karne notu ve BAHF ile hesaplanan sıralamalar

Klasik Karne Notu Sıralaması			BAHF İle Hesaplanan Sıralama			Değişim
1.	Ö6	98,66666667	1.	Ö6	0,119816881	0
2.	Ö14	94,33333333	2.	Ö14	0,104890458	0
3.	Ö3	91	3.	Ö4	0,100966424	+1
4.	Ö4	86,66666667	4.	Ö3	0,076323	-1
5.	Ö13	85,66666667	5.	Ö9	0,069037081	+1
6.	Ö9	82,33333333	6.	Ö13	0,061027313	-1
7.	Ö7	78,33333333	7.	Ö7	0,058261252	0
8.	Ö15	66,66666667	8.	Ö15	0,051380022	0
9.	Ö5	61,66666667	9.	Ö20	0,038838493	+7
10.	Ö19	43,66666667	10.	Ö5	0,037726852	-1
11.	Ö12	42,33333333	11.	Ö18	0,036251902	+3
12.	Ö17	42,33333333	12.	Ö1	0,034327069	+1
13.	Ö1	42	13.	Ö12	0,032252209	-2
14.	Ö18	39	14.	Ö2	0,031168073	+4
15.	Ö8	38,66666667	15.	Ö17	0,028501645	-3
16.	Ö20	37,33333333	16.	Ö19	0,025626586	-6
17.	Ö16	34,66666667	17.	Ö16	0,025540376	0
18.	Ö2	33	18.	Ö8	0,025178764	-3
19.	Ö10	32,33333333	19.	Ö10	0,022440082	0
20.	Ö11	28,33333333	20.	Ö11	0,020445518	0

Tablo 27’da görüldüğü gibi üst ve alt sıralamalarda değişim az iken orta grupta oldukça yoğun bir sıralama değişimi söz konusudur. Kriter ağırlıkları belirlenirken en büyük önemin yazılı sınav ortalamaları ve ders etkinliklerine katılım kriterlerine verilmesi ve bu kriterlerin klasik hesaplamada temel belirleyici olması söz konusu değişimin orta grupta yoğunlaşmasının temel sebebi olarak görülebilir.

Çalışmamıza konu olan 20 öğrenciden 7sinin sıralaması değişmezken 13 tanesinin sıralaması değişmiştir. Sıralaması 1 veya 2 kişi değişen öğrenci sayısı 7 dir. Buna karşın sıralamalarında büyük değişiklikler olan öğrencilerimizde mevcut. 6 öğrencinin sıralaması 3 veya daha büyük miktarlarda değişmiştir. Bu değişimler bize BAHP yöntemi ile yaptığımız hesaplamalarda eklediğimiz yeni kriterlerin yarattığı farkı daha iyi göstermektedir. Örneğin ö20, karne notu sıralamasında 16. sırada iken BAHP ile 9. sıraya yükselmiştir. Bunun sebebi bu öğrencinin yazılılardan (21) düşük, ders etkinliklerine katılımdan ise ortalamaya yakın (70) not almasına karşın derse hazırlıklı gelme (85), ödevleri düzenli yapma (85) ve düzenli not tutma (90) kriterleri bakımından oldukça iyi olmasıdır. Yazılı sınavlarda potansiyelini tam anlamıyla sergileyemeyen bu gibi sorumluluk bilinci yüksek öğrencilerde olumlu yönde bir etki göstermiştir. Bunun yanında ö19 incelendiğinde, 10. sıradan 16’ya gerilemiştir. Yazılı sınav ortalamalarına baktığımızda 30.5 ve ders etkinliklerine katılımda 70 alan bu öğrenci ö20’den yazılı ortalamasında aldığı 9.5 puanlık daha yüksek notla 6 sıra ileride bir karne notuna sahiptir. Ödevleri düzenli yapma (40), düzenli soru çözme (40), derse devamlılık (65) ve düzenli not tutma (40) gibi kriterlerden aldığı bu düşük notlar ise ö19’u sıralamada aşağı çeken faktörler olmuştur. Buna benzer analizleri diğer öğrenciler özelinde de yapmak mümkündür.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Öğrenme süreçleri doğası gereği bulanıklık barındırır. Öğrencilere not verirken veya onları yönlendirirken çoğu zaman sözel değişkenler kullanmak sayısal değerlerden daha isabetli ve konforludur. Yazılı notları düşük fakat sorumluluk bilinci yüksek bir öğrenci için sayısal veriye baktığımızda yapacağımız sınıflama ile sözel olarak velisine veya kendisine belirteceğimiz sınıflama farklı olacaktır. Eğitimde öğrencileri siyah ve beyaz ya da doğru, yanlış gibi tamamen ayrık sınıflarla değerlendirmek çağdaş eğitim yaklaşımlarıyla da örtüşmemektedir (Çepni, 2006). Bu sebeple başarı değerlendirmesinde de söz konusu bulanıklıkları sürece dahil ederek bir model geliştirdik. Yaptığımız bu çalışmada 20 öğrencilik varsayımsal bir sınıfta tarafımızca belirlenen öğrenci notlarını klasik karne notu hesaplama yöntemi ve bulanık analitik hiyerarşi yöntemi ile hesapladık ve karşılaştırmasını yaptık. Çalışmamızda görüldü ki BAHP yöntemi ile yapılan değerlendirmeler öğrencilerin başarısını, yazılı ve ders etkinliklerine katılım tabanlı değerlendirmelere göre daha hassas ve detaylı ölçmüştür. Her bir kriterin sonuca etkisi olduğu için benzer yazılı notlarını ve ders etkinliklerine katılım notlarını alan öğrenciler arasında bile hiyerarşik bir fark oluşmuştur. Bunun sebebi klasik hesaplamadan farklı olarak BAHP'nin izleme sınavları, derse hazırlıklı gelme, ödevleri düzenli yapma, düzenli soru çözme, derse devam durumu ve düzenli not tutma kriterlerini de nihai skor belirlemede kullanmasıdır. Her ne kadar bu saydığımız kriterler ders etkinliklerine katılım notu içinde de değerlendirilebilir olsa da, uygulamada etkileri çok az kalmaktadır. Öğrencilerin davranışlarını ve öğrenme yaşantıları birçok unsuru ve etmeni barındırır. Öğrenme sürecinde çıktılar hakkında hüküm verirken tüm bu unsurları görmezden gelmek veya daraltmak elde edeceğimiz sonuçların duyarlılığını düşürecek ve bazı öğrenciler için dezavantajlı bir durum ortaya koyacaktır. Mevcut notlama sisteminde öğrencilerin karne notundaki en büyük etken yazılı sınavlardır. Bu durum ise öğrencilerin odağına sınavları koymasını ve eğitim süreçlerindeki diğer değişkenleri geri plana atmalarına sebep olmaktadır. Öğretmenler bu sorunu aşmak için ders etkinliklerine katılım notunu verirken hazırladıkları rubriklere ödevleri düzenli olarak yapma, derste not tutma gibi puanlama kriterleri ekler ve bunu öğrencilere duyururlar. Mevcut uygulamada zaten etkisi %33 olan ders etkinliklerine katılım notunun içerisine serpiştirilen bu istenilen davranışlar öğrencilerde yazılı sınavlar kadar motive edici olmamaktadır. BAHP gibi kriterlerin sonuca doğrudan etkisinin gözlemlendiği

değerlendirme türlerinde, alternatifler her bir kriter bazında yeterliliklerini artırma konusunda motive olacaktır.

BAHP yöntemi eğitim kurumlarında sadece öğrenci başarısını ölçmede de kullanılmayabilir. Bu konuda uygulama alanlarını başlıklara ayıracak olursak aşağıdaki gibi bir sınıflama yapabiliriz.

Başarılı Öğrenci Seçimi: BAHP, öğrencilerin başarılarını değerlendirirken kullanılarak daha objektif ve belirsizlikleri minimize eden sonuçlar elde edilmesine yardımcı olabilir. Daha önce bu alanda yapılan bazı çalışmalara, bulanık mantığın eğitimdeki uygulamaları başlığında değinmiştik. Ülkemizde de bu konuda yapılan çalışmalar artmaktadır.

Akademik Personel Seçimi: BAHP, öğretmen, eğitmen, uzman veya akademik personelin seçimi sürecinde kullanılabilir. Her eğitim kurumu farklı ihtiyaçlara ve beklentilere sahiptir. Halk eğitim merkezleri, üniversiteler, devlet okulları ve özel okullar farklı kitlelere hitap eden ve farklı eğitim çıktıları amaçlayan kurumlardır. Farklı semtlerde bulunan aynı kategorideki kurumlar için bile farklı özelliklerde öğrenci ve odak kitlelerinden söz edebiliriz. Bu anlamda personel seçimi yaparken kurumun ihtiyaçlarına özel olarak belirlenen kriterle daha isabetli tercihler yapılabilir. Örnek olarak, (Bali ve Gencer, 2018) yaptıkları çalışmada Kara Harp Okulu'na öğretim elemanı seçiminde BAHP uygulamıştır.

Eğitim Hizmetlerinin Değerlendirilmesi: Danışmanlık sektöründe sunulan hizmetlerin değerlendirilmesinde BAHP ve TOPSIS yöntemleri kullanılarak hizmet kalitesinin objektif bir şekilde değerlendirilmesine yönelik çalışmalar mevcut. Bu tür yaklaşımlar, eğitim kurumlarının sundukları hizmetleri geliştirmelerine yardımcı olabilir. Öğrenci, veli, öğretmen, idare ve ilgili bakanlık veya kurumun beklentileri göz önünde bulundurularak eğitim hizmetlerinin değerlendirilmesi için de kullanılabilir. Örnek olarak Karakış'ın okul öncesi eğitiminde hizmet kalitesi değerlendirmeye odaklanmış olan çalışması verilebilir (Karakış, 2018).

Öğrenci Danışmanlığı ve Rehberlik Hizmetleri: Öğrencilere yönelik danışmanlık ve rehberlik hizmetlerinin kalitesini artırmak, yönlendirme, çalışma programı hazırlama gibi işlemlerde BAHP kullanılabilir. Bu süreçte öğrenci ihtiyaçları, danışmanlık hizmetlerinin kalitesi, öğrenci memnuniyeti gibi faktörler değerlendirilebilir. Konuyla ilgili çalışmalara

örnek olarak Akkaş, (2018) yaptığı çalışmada lise öğrencilerinin üniversite tercihlerinde BAHP'den faydalanmıştır. Öğrenme stili tespitinde BAHP'den faydalanılan bir diğer çalışmada bulanık mantık temelli model ile klasik sistemler karşılaştırılmıştır (Deborah, ve ark. 2015).

Eğitim Teknolojileri ve Materyalleri Seçimi: Okullar ve üniversiteler için en uygun eğitim teknolojilerinin seçimi BAHP kullanılarak yapılabilir. Farklı teknolojilerin maliyeti, kullanım kolaylığı, öğrenci başarısına etkisi gibi faktörler değerlendirilerek en uygun teknolojiler belirlenebilir. Materyaller içinde benzer şekilde kriterler belirlenip isabetli seçimler yapılabilir.

Eğitimde Kaynak Dağıtım ve Yönetimi: Okullarda ve üniversitelerde kaynak dağıtım ve yönetimi süreçlerinde BAHP kullanılabilir. Bu yöntemle, farklı departmanlar ve projeler arasında kaynakların en verimli şekilde dağıtılması sağlanabilir. Örgün eğitim kurumlarında okullara ayrılan bütçelerin yönetiminde önceliklerin belirlenmesini etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Öğrenci sayısı, okul konumu, ihtiyaç türleri gibi faktörler bütçe dağılımını etkileyecektir. Okul içinde de benzer yöntemlerle harcama öncelikleri belirlenebilir.

7. KAYNAKLAR

- Ackoff, R., 2012. Systems, Organizations and Interdisciplinary Research
- Akkaş, E., 2018. Farklı sınıf düzeyindeki lise öğrencileri arasında bulanık ahp yöntemi uygulanarak üniversite seçim kriterlerinin karşılaştırmalı analizi. Marmara Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi.
- Aksoy, Y., Özkan, E.M. ve Karanfil, S., 2003. Bulanık Mantığa Giriş, Yıldız Teknik Üniversitesi Yayınları, İstanbul.
- Arıkan, S., Çelen, Ü., Gülleroğlu, H., Gültekin, S., Kilmen, S., & Köse, İ. A., 2014. Eğitimde Ölçme ve Değerlendirme. Ankara.
- Bali, Ö. ve Gencer, C., 2005. Ahp, Bulanık Ahp ve Bulanık Mantık'la Kara Harp Okuluna Öğretim Elemanı Seçimi, Savunma Bilimleri Dergisi, c. 4, sy. 1, ss. 24–43, doi: 10.17134/sbd.34903.
- Büyüközkan, G., Kahraman, C. and Ruan, D., 2004. A Fuzzy Multi-Criteria Decision Approach for Software Development Strategy Selection, International Journal of General Systems, 33 2-3, 259-280, Taylor & Francis.
- Anonim, 2020. The Future Of Jobs Report. World Economic Forum, Switzerland. <https://www.weforum.org/publications/the-future-of-jobs-report-2020/>
- Buckley, J. J., 1985. Fuzzy Hierarchical Analysis, Fuzzy Sets and Systems, 17 233-247.
- Cengiz, D., 2012. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri Üzerine Karşılaştırmalı Analiz. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Chang, D. F., ve Sun, C. M., 1993. Fuzzy assessment of learning performance of junior high school students. In Proceedings of the 1993 first national symposium on fuzzy theory and applications, Hsinchu, Taiwan, Republic of China, 10-15.
- Chang, D.Y., 1996. Application of the Extent Analysis Method on Fuzzy AHP, European Journal of Operational Research, 95, 3 649-655.
- Chen, S. M., ve Lee, C. H., 1999. New Methods for Students' Evaluating Using Fuzzy Sets. Fuzzy Sets and System, 104, 2 209–218.
- Chen, S. ve Hwang, C. in collaboration with Hwang, F., 1992. Fuzzy Multiple Attribute Decision Making, Springer – Verlag, Germany.
- Çebi, A., 2011. Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri İle Öğrenci Performanslarının Değerlendirilmesi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Ana bilim dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Çepni, S., 2006. Performansların Değerlendirilmesi, Doğanay, A. ve Karip, E. Ed, Öğretimde planlama ve değerlendirme, Pegem Yayıncılık, Ankara.

- Deborah, L. J., Sathiyaseelan, R., Audithan, S., & Vijayakumar, P., 2015. Fuzzy-logic based learning style prediction in e-learning using web interface information. *Sadhana*, 402, 379-394.
- Doğan, C.D, Karakaya, i., Kutlu, Ö., 2010. Öğrenci Başarısının Belirlenmesi. Ankara: Pegem Akademi.
- Ergene, V. Ç., 2019. Bulanık mantık tabanlı gregorc öğrenme stili modeli gerçekleştirimi. Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Ertuğrul, İ., 2006. Akademik performans değerlendirmede bulanık mantık yaklaşımı. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi* 201: 155–76.
- Fiere, P.P., 1972. *Pedogogy of the oppressed*. harmondsworth, middlesex UK: penguin books.
- Gökay Çiçekli, U., & Karaçizmeli, A., 2013. Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci İle Başarılı Öğrenci Seçimi: Ege Üniversitesi İktisadi ve İdari Birimler Fakültesi Örneği. *Ege Stratejik Araştırmalar Dergisi*, s. 71-94.
- Güler, N., 2011. Eğitimde ölçme ve değerlendirme12. Baskı. Pegem.
- Hammadi, A.S. ve Milne, R.H., 2003. A Neuro-Fuzzy Approach For Studnt Performance Modeling, Etisalat College of Engineering Emirates Telecom Corporation, Sharjah, United Arab Emirates, 1078-1081.
- Herişçakar, E. (1999). Gemi Ana Makina Seçiminde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri AHP ve SMART Uygulanması. Gemi İnşaatı Ve Deniz Teknolojisi Teknik Kongresi . İstanbul: Yapım Matbaacılık Ltd.
- Jones-White, D.R., Radcliffe, P.M., Huesman Jr R.L. ve Kellogg, J.P., 2010. Redefining Student Success: Applying Different Multinomial Regression Techniques For The Study Of Student Graduation Across Institutions Of Higher Education”, *Research in Higher Education*, 51:154-174.
- Kaehler, S.D., 2003. Fuzzy Logic an Introduction Part 4, http://www.seattlerobotics.org/encoder/mar98/fuz/fl_part4.html.
- Kahraman, C., Cebeci, U., Ulukan, Z., 2003. Multi-Criteria Supplier Selection Using Fuzzy AHP, *Logistics Information Management*, 16 6, 382-394.
- Kahraman, C., Cebeci, U. Ve Ruan, D., 2004. Multi-attribute Comparision of Catering Service Companies Using Fuzzy AHP: The Case of Turkey, *Int. J. Production Economics*, 87: 171-184.
- Karakış, E., 2018. Bulanık Ahs ve Bulanık Moora Yöntemleri İle Okul Öncesi Eğitimi Hizmet Kalitesi Değerlendirmesi ve Anaokulu Seçimi. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 192, 184-198.
- Karabey, R.A., 2019. Çelişkilere Dönüş: Łukasiewicz İtirazı. *Felsefe Arkivi*, sy. 51: 139-51.
- Kuhn, H.W., Tucker, A.W., (1951). Nonlinear programming. *Proceedings of 2nd Berkeley Symposium*. Berkeley: University of California Press. pp. 481–492. MR 0047303.

- Kutlu, Ö., Doğan, C. D., & Karakaya, İ., 2010. Öğrenci Başarısının Belirlenmesi. Ankara: Pegem.
- Laarhoven, P.J.M., Pedrycz, W., 1983. A Fuzzy Extension of Saaty's Priority Theory, *Fuzzy Sets and Systems*, 11 229-241.
- Law, C.K., 1996. Using Fuzzy Numbers in Educational Grading System, *Fuzzy Sets and Systems*, 83 311-323.
- Lee, S.K, MOGI, G., HUI, K.S., KIM, J.W., 2010. Econometric Analysis Of The R&D Performance In The National Hydrogen Energy Technology Development For Measuring Relative Efficiency: The Fuzzy AHP/DEA Integrated Model Approach, *International Journal Of Hydrogen Energy*, 35, 2236-2246.
- Lin, H. F., 2010. An Application of Fuzzy Ahp for Evaluating Course Website Quality, *Computers & Education* 54, 4
- Ma, J., ve Zhou, D., 2000. Fuzzy Set Approach to the Assessment of Student-Centered Learning. *IEEE Transactions on Education*, 43, 237-241.
- Nitko, A. J., 2001. Educational Assessment of Student, 3. Baskı, NJ:Prentice Hall/Merrill Education, Enlewood.
- Öcal, A., 2015. Belirtisiz Mantıktan Yararlanılarak Ortaöğretim Matematik Öğretmenliği Öğrencilerinin Öğretmenlik Uygulaması Başarılarının Değerlendirilmesi. Hacettepe Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Özdemir, O., & Kalıncara, Y., 2020. Bulanık Mantık: 2000-2020 Yılları Arası Tez ve Makale Çalışmalarına Yönelik Bir İçerik Analizi. *Acta Infologica*, 42, 155-174. <https://doi.org/10.26650/acin.762872>
- Özseven, B.E., & Cagman, N., 2022. A Novel Student Performance Evaluation Model Based on Fuzzy Logic for Distance Learning. *IJMSIT6*, 29-37.
- Özseven, B.E., & Cagman, N., 2021. Uzaktan Eğitimde Kullanılan Bulanık Mantık Tabanlı Öğrenme Modelleri, Platformlar, Ölçme ve Değerlendirme Yöntemleri. *Avrupa Bilim Ve Teknoloji Dergisi*25, 406-416. <https://doi.org/10.31590/ejosat.898349>
- Popham, J. W., 2005. Modern Education Measurement. USA: Ally & Bacon.
- Sakawa, M., 1993. Fuzzy Sets and Interactive Multiobjective Optimization, Plenum Pres, New York.
- Sanca, M., Artun, H., & Okur, M., 2022. Fen Eğitiminde Bulanık Mantık Uygulamaları Neden Kullanılmalıdır?. *Ulusal Eğitim Akademisi Dergisi*, 61, 130-144. <https://doi.org/10.32960/uead.1052946>
- Semerci, Ç., 2004. The influence of fuzzy logic theory on students' achievement. *Turkish Online Journal of Educational Technology-TOJET*, 32, 56-61.
- Senge, P., 1991. Beşinci Disiplin, Çev Ayşegül İlideniz, Ahmet Doğukan, Barış Pala, İstanbul: Yapı Kredi Yay.

- Şekercioğlu, S., Suna, H. E., 2022. Uzman Öğretmenlik Yetiştirme Programı Çalışma Kitabı. Ankara: MEB.
- Tekindal, S., 2014. Okullarda Ölçme ve Değerlendirme Yöntemleri. Ankara: Nobel.
- Turgut, F. & Baykul, Y., 2010. Eğitimde Ölçme ve Değerlendirme. Ankara: Pegem Akademi.
- Turgut, M. F., 1988. Eğitimde Ölçme ve Değerlendirme Metotları, 6. Baskı, Saydam Matbaacılık, Ankara.
- Uysal, M., 2016. Bulanık Mantık Tabanlı Dunn Öğrenme Stili Modeli Gerçekleştirimi. Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Üzgün, T., 2006. Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Wilson, E., Karr, C. L., ve Freeman, L. M., 1998. Flexible, Adaptive, Automatic Fuzzy-Based Grade Assigning System. In Proceedings of the North American fuzzy information processing society conference, 334– 338.
- Zadeh, Lotfi A., 1965. Fuzzy Sets. Information And Control, 8, 338 - 353.
- Zimmermann, H.-J., 1993. Fuzzy Sets Theory – and Its Applications, Second, Revised Edition, Sixth Printing, Kluwer Academic Publishers, Boston / Dordrecht / London.