

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**UZAKTAN EĞİTİM ÖĞRETİM YÖNETİM SİSTEMİNİN**  
**BULANIK ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ**  
**İLE SEÇİMİ**

**Yasemin ALTUN TÜRKER**

**KOCAELİ 2012**

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**UZAKTAN EĞİTİM ÖĞRETİM YÖNETİM SİSTEMİNİN**  
**BULANIK ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ**  
**İLE SEÇİMİ**

**Yasemin ALTUN TÜRKER**

**Yrd.Doç.Dr. Kasım BAYNAL**  
**Danışman, Kocaeli Üniv.**

**Doç.Dr. Semra BORAN**  
**Jüri Üyesi, Sakarya Üniv.**

**Prof.Dr. Nilgün FIĞLALI**  
**Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv.**



**Tezin Savunulduğu Tarih: 28.12.2012**

## **ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR**

Günümüzde, teknolojik gelişmeler her alanda olduğu gibi iletişim alanında da akıl almaz bir hızla gelişme göstermektedir. Bu gelişmelerin eğitim sistemini de etkilediği söylenebilir. Klasik eğitim anlayışının yerini Web tabanlı uzaktan eğitim sisteminin alması buna güzel bir örnektir.

Bu çalışmada, uzaktan eğitim öğretim yönetim sistemlerinin seçimi için bulanık çok kriterli karar verme tekniklerinden yararlanılarak bir uygulama yapılmıştır.

Çalışmalarım boyunca, değerli görüş ve katkılarıyla bana her konuda yardımcı olan danışmam hocam Sn. Yrd. Doç. Dr. Kasım BAYNAL'a, veri toplama aşamasında yoğun tempolarında bana vakit ayıran ilgili akademik ve idari personellere teşekkürü bir borç bilirim.

Stresimi her daim paylaşan ve desteğini her zaman yanımda hissettiğim sevgili eşim ve meslektaşım Arş. Gör. Turgay TÜRKER'e, gülücükleriyle bana her daim moral veren sevgili kızım Selma Ahsen'e, ayrıca bu zorlu süreçte beni yalnız bırakmayan sevgili anneme ve babama sonsuz teşekkür ederim.

Aralık - 2012

Yasemin ALTUN TÜRKER

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	iv
TABLolar DİZİNİ.....	v
SİMGELER DİZİNİ VE KISALTMALAR.....	vii
ÖZET .....	ix
ABSTRACT .....	x
GİRİŞ.....	1
1. KARAR VERME.....	3
1.1. Giriş.....	3
1.2. Karar Verme Süreci .....	4
1.2.1. Karar verme sürecinin aşamaları .....	4
1.3. Karar Türleri.....	7
1.3.1. Kriter sayısı açısından.....	8
1.3.2. Mevcut bilgi açısından .....	9
1.3.3. Karar verici/vericiler açısından .....	9
2. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME .....	10
2.1. Giriş.....	10
2.2. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri .....	11
2.2.1. Analitik hiyerarşi prosesi (AHP) .....	11
2.2.2. TOPSIS .....	19
2.2.3. AHP-TOPSIS yöntemlerinin beraber kullanıldığı çalışmalar .....	23
3. BULANIK ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME .....	25
3.1. Giriş.....	25
3.2. Bulanık Mantık ve Bulanık Kümeler .....	25
3.2.1. Üyelik fonksiyonu .....	27
3.2.2. Bulanık sayılar .....	28
3.2.3. Bulanık sayılarda durulaştırma .....	30
3.3. Bulanık Analitik Hiyerarşi Proses .....	30
3.3.1. Literatürde karşılaşılan bazı BAHp yöntemleri .....	31
3.4. Bulanık TOPSIS .....	34
4. UZAKTAN EĞİTİM.....	40
4.1. Giriş.....	40
4.2. Uzaktan Eğitimin Özellikleri.....	41
4.3. Uzaktan Eğitimin Tarihsel Gelişimi .....	41
4.4. Uzaktan Eğitim ile Yüz Yüze Öğrenme Arasındaki Farklar .....	43
4.5. Uzaktan Eğitimin Avantajları.....	43
4.6. Uzaktan Eğitimin Dezavantajları.....	44
4.7. Web Tabanlı Uzaktan Eğitim .....	45
4.7.1. Dünya’da web tabanlı uzaktan eğitim.....	45
4.7.2. Türkiye’de web tabanlı uzaktan eğitim.....	46
4.8. Öğretim Yönetim Sistemleri.....	49
4.8.1. Açık kaynak kodlu ÖYS’ler .....	50

5. UZAKTAN EĞİTİM ÖĞRETİM YÖNETİM SİSTEMİ SEÇİMİ ÜZERİNE BİR UYGULAMA .....	52
5.1. Giriş.....	52
5.2. Bulanık AHP Uygulaması.....	53
5.2.1. Karar grubu oluşturma .....	53
5.2.2. Değerlendirme kriterlerinin belirlenmesi .....	53
5.2.3. Alternatiflerin belirlenmesi .....	55
5.2.4. Hiyerarşik yapının oluşturulması.....	55
5.2.5. Ana kriterlerin değerlendirilmesi.....	57
5.2.6. Bulanık sentetik derece değerlerinin hesaplanması .....	57
5.2.7. Kriter önem ağırlıklarının hesaplanması .....	59
5.2.8. Alt kriter ağırlıklarının hesaplanması .....	60
5.2.9. Alternatif ağırlıklarının hesaplanması.....	62
5.3. Bulanık TOPSIS Uygulaması.....	64
5.3.1. Ana kriter ve alt kriter bulanık ağırlıklarının hesaplanması.....	65
5.3.2. Alternatiflerin değerlendirilmesi .....	67
5.3.3. Normalize bulanık karar matrisinin oluşturulması .....	67
5.3.4. Ağırlıklı normalize bulanık karar matrisinin oluşturulması.....	70
5.3.5. Bulanık pozitif ve negatif ideal çözümün belirlenmesi .....	70
5.3.6. FPİC ve FNİC'ten olan uzaklıkların hesaplanması .....	70
5.3.7. Yakınlık katsayılarının hesaplanarak sıralamanın belirlenmesi .....	72
5.4. Entegre Bulanık AHP-TOPSIS Uygulaması .....	73
5.4.1. Kriter bulanık ağırlıklarının hesaplanması.....	74
5.4.2. Normalize bulanık karar matrisinin oluşturulması .....	74
5.4.3. Ağırlıklı normalize bulanık karar matrisinin oluşturulması.....	74
5.4.4. Bulanık pozitif ve negatif ideal çözümün belirlenmesi .....	76
5.4.5. FPİC ve FNİC'ten olan uzaklıkların hesaplanması .....	76
5.4.6. Yakınlık katsayılarının hesaplanarak sıralamanın belirlenmesi .....	77
5.5. Yöntemlerin Karşılaştırılması .....	77
6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER .....	81
KAYNAKLAR.....	83
EKLER.....	87
ÖZGEÇMİŞ.....	92

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Hiyerarşik yapı .....	13
Şekil 2.2. Pozitif ideal ve negatif ideale olan mesafeler .....	19
Şekil 3.1. Bulanık alt küme .....	27
Şekil 3.2. Üçgensel bulanık sayı.....	29
Şekil 5.1. ÖYS seçimi için hiyerarşik yapı .....	56
Şekil 5.2. Entegre Bulanık AHP-TOPSIS yöntemi genel aşamaları .....	73

## TABLolar DİZİNİ

Tablo 2.1. Temel karşılaştırma skalası.....	14
Tablo 2.2. RI değerleri .....	18
Tablo 3.1. Bulanık mantık ve klasik mantık arasındaki temel farklılıklar .....	26
Tablo 3.2. Kriter değerlendirilmesinde kullanılan dilsel değerler ve üçgen bulanık sayılar olarak karşılıkları .....	35
Tablo 3.3. Alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan dilsel değerler ve üçgen bulanık sayılar olarak karşılıkları .....	35
Tablo 4.1. Türkiye’de ön lisans uzaktan eğitim programı örnekleri .....	47
Tablo 4.2. Türkiye’de lisans uzaktan eğitim programı örnekleri .....	48
Tablo 4.3. Türkiye’de yüksek lisans uzaktan eğitim programı örnekleri .....	48
Tablo 5.1. Uygulamada kullanılan ana ve alt kriterler.....	56
Tablo 5.2. Dilsel değişkenler ve bulanık karşılıkları .....	57
Tablo 5.3. Karar vericiye ait ana kriterleri ikili karşılaştırma matrisi .....	58
Tablo 5.4. Ana kriterlere ait satır toplamları .....	58
Tablo 5.5. Bulanık sentetik derece değerleri .....	59
Tablo 5.6. Ana kriter tercih dereceleri .....	60
Tablo 5.7. Kullanım kolaylığı kriterine göre alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi ve ağırlıklar .....	60
Tablo 5.8. İletişim, etkileşim ve iş birliği kriterine göre alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi ve ağırlıklar .....	61
Tablo 5.9. İçerik yönetimi ve geliştirme kriterine göre alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi ve ağırlıklar .....	61
Tablo 5.10. Destek kriterine göre alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi ve ağırlıkları .....	61
Tablo 5.11. Verimlilik araçları kriterine göre alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi ve ağırlıklar .....	61
Tablo 5.12. Ölçme araçları kriterine göre alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi ve ağırlıklar .....	61
Tablo 5.13. Değerlendirme araçları kriterine göre alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi ve ağırlıklar .....	62
Tablo 5.14. Güvenlik kriterine göre alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi ve ağırlıklar .....	62
Tablo 5.15. Alternatifler ve gösterimleri.....	62
Tablo 5.16. Alternatiflerin $C_{11}$ ’e göre ikili karşılaştırma matrisi .....	63
Tablo 5.17. Alternatiflerin alt kriterlere göre ağırlıkları .....	63
Tablo 5.18. Ana kriterlere göre alternatif ağırlıkları .....	64
Tablo 5.19. Alternatiflerin öncelik ağırlıkları .....	64
Tablo 5.20. Ana kriterlerin dilsel ağırlıklandırma dereceleri .....	65
Tablo 5.21. Ana kriter bulanık önem ağırlıkları .....	65
Tablo 5.22. Alt kriterlerin dilsel ağırlıklandırma dereceleri .....	66
Tablo 5.23. Alt kriter bulanık önem ağırlıkları .....	66
Tablo 5.24. $C_{11}$ kriterine göre karar vericilerin değerlendirmeleri .....	67
Tablo 5.25. Alternatiflerin değerlendirme değerleri .....	68

Tablo 5.26. Normalize bulanık karar matrisi .....	69
Tablo 5.27. Ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi .....	71
Tablo 5.28. Uzaklık ölçüm değerleri .....	72
Tablo 5.29. Alternatiflerin yakınlık katsayıları .....	73
Tablo 5.30. Alt kriter ağırlıkları .....	74
Tablo 5.31. Ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi .....	75
Tablo 5.32. Uzaklık ölçümü .....	77
Tablo 5.33. Alternatiflerin yakınlık katsayıları .....	77
Tablo 5.34. BAHp'de hesaplanan kriter ağırlıkları .....	78
Tablo 5.35. Bulanık TOPSIS'te hesaplanan kriter ağırlıkları .....	78
Tablo 5.36. Hesaplanan alternatif önem ağırlıkları ve sıraları .....	79



## SİMGELER DİZİNİ VE KISALTMALAR

$a_{ij}$	: $i$ . karar elemanı ile $j$ . karar elemanının karşılaştırması sonucu elde edilen değerlendirme
$A_j$	: $j$ . alternatif
$\tilde{A}$	: $A$ bulanık kümesi
$A^*$	: Pozitif ideal çözüm
$A^-$	: Negatif ideal çözüm
$C_i$	: $j$ . kriter
$d^*$	: Bulanık pozitif ideal çözüme uzaklık
$d^-$	: Bulanık negatif ideal çözüme uzaklık
$E$	: Her bir değerlendirme kriterine ilişkin temel değer
$J$	: Fayda değeri
$J'$	: Kayıp değeri
$l$	: En düşük olasılık
$m$	: Orta değer
$\tilde{M}$	: Üçgensel bulanık sayı
$M_{g_i}^j$	: $i$ . amaca yönelik $m$ . genişletilmiş analiz değeri
$R$	: Normalleştirilmiş bulanık karar matrisi
$S_i$	: $i$ . amacın sentez değeri
$S_i^*$	: İdeal ayırım
$S_i^-$	: Negatif ideal ayırım
$u$	: En yüksek olasılık
$\tilde{v}_{ij}$	: Normalleştirilmiş pozitif üçgensel bulanık sayılar
$W$	: Ağırlık vektörü
$W_m$	: $m$ . Kriterin ağırlık değeri
$W_j^k$	: $K$ . karar vericinin ağırlığı
$X_{ij}$	: $i$ . seçeneğinin $j$ 'ye göre performansı
$x_{ij}^k$	: $K$ . karar vericinin ratingi
$x_n$	: Alternatifin sıralama değeri
$\alpha$	: Bulanık kümenin keseni
$\lambda$	: Karşılaştırmaya ilişkin temel değeri
$\mu(x)$	: Karakteristik fonksiyon
$\mu_A(x)$	: $x$ 'in $\tilde{A}$ 'ya ait olma veya üyelik derecesi

## Kısaltmalar

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AHP	: Analytic Hierarchy Process (Analitik Hiyerarşi Proses)
ANP	: Analytic Network Process (Analitik Serim Süreci)
BAHP	: Bulanık Analitik Hiyerarşi Proses
BÇKKV	: Bulanık Çok Kriterli Karar Verme
CI	: Consistency Index (Tutarlılık İndeksi)
CR	: Consistency Rate (Tutarlılık Oranı)
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
ELECTRE	: Elimination Et Choix Traduisant la Realité (Gerçekliği Eleme, Seçme ve Yansıtma)
FNİÇ	: Fuzzy Negatif İdeal Çözüm
FPIÇ	: Fuzzy Pozitif İdeal Çözüm
IDEA	: İnternete Dayalı Asenkron Eğitim
IP	: Internet Protocol (İnternet Protokolü)
NTU	: National Technological University (Ulusal Teknoloji Üniversitesi)
ODTÜ	: Orta Doğu Teknik Üniversitesi
ÖYS	: Öğretim Yönetim Sistemleri
RI	: Rassallık İndeksi
TOPSIS	: Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (İdeal Çözüme Yakınlığa Göre Sıralama Tekniği)
USDLA	: United States Distance Learning Association (Amerika Birleşik Devletleri Uzaktan Eğitim Derneği)
WTUE	: Web Tabanlı Uzaktan Eğitim

## UZAKTAN EĞİTİM ÖĞRETİM YÖNETİM SİSTEMİNİN BULANIK ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ İLE SEÇİMİ

### ÖZET

Bilginin ve teknolojinin hızlı bir şekilde ilerlediği günümüz dünyasında üniversitelerde bu hıza ayak uydurabilmek adına eğitim anlayışında değişiklik yoluna gitmiş ve web tabanlı uzaktan eğitim popüler hale gelmiştir. Web tabanlı eğitim sayesinde herkes istediği yerden ve istediği zaman bilgiye ulaşma fırsatı bulmuştur. Üniversiteler için uzaktan eğitim Öğretim Yönetim Sistemlerini (ÖYS) değerlendirmek ve seçim yapmak kolay bir süreç değildir. Bu nedenle bu çalışma üniversitelerin kendilerine uygun ÖYS'yi seçebilmelerine katkı sağlamak için seçim ölçütlerini ortaya koymayı ve bu ölçütler doğrultusunda alternatifler arasından en uygunu seçmeyi hedeflemektedir. Literatür incelendiğinde tedarikçi, personel yahut kredi seçimi gibi çok değişik alanlarda bugüne kadar farklı karar verme tekniklerini kullanan çalışmalar mevcuttur. Fakat uzaktan eğitim ÖYS değerlendirmeleri için yapılan çalışmalar sınırlı sayıdadır. Bu çalışmalar arasında da karar verme teknikleriyle yapılan çalışma sayısı daha da azdır. ÖYS değerlendirmeleri alanındaki bu boşluk nedeniyle ÖYS seçimi üzerine Çok Kriterli Karar Verme Tekniklerini kullanarak bir çalışma yapılmasına karar verilmiştir. Bu çalışmada Bulanık AHP, Bulanık TOPSIS ve bu iki yöntemin entegre edildiği bir metot kullanılmıştır. ÖYS seçim kriterleri değerlendirilmiş ve alternatifler sıralanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Bulanık AHP, Bulanık TOPSIS, Öğretim Yönetim Sistemi, Uzaktan Eğitim.

# **SELECTION OF DISTANCE EDUCATION LEARNING MANAGEMENT SYSTEM WITH FUZZY MULTI-CRITERIA DECISION MAKING METHODS**

## **ABSTRACT**

In today's world information and technology is advancing rapidly day by day. Due to this advancement, the universities start to change the understanding of education. The web based learning becomes more popular and it enables everyone to access information at anytime and at anywhere. The evaluation and selection process of Distance Education Learning Management Systems (LMS) is not easy for universities. In order to help to the universities in this process, this study aims to define the evaluation criteria of LMS and select the most suitable alternatives in accordance with the criteria. In the literature, there are many study used Multi Criteria Decision Making Techniques in different areas such as supplier, personel or credit selection. However, a limited number of study to evaluate e-learning LMS exists in literature and few of these studies use decision-making techniques. So it is decided to using Multi Criteria Decision Making Techniques for this study. Fuzzy AHP, Fuzzy TOPSIS and an integrated method is used for evaluating criteria and ranking alternatives in this study.

**Keywords:** Fuzzy AHP, Fuzzy TOPSIS, Learning Management System, Distance Education.

## **GİRİŞ**

Bilgi çağı olarak adlandırılan günümüz dünyasında bilgisayar ve bilişim teknolojileri her geçen gün hızlı bir şekilde gelişmeye ve geliştikçe beraberinde yenilikler getirmeye devam etmektedir. Gelişen bu teknolojiler sayesinde insan yaşamı daha kolay hale gelmektedir. Teknolojik yeniliklerle beraber internetin hızlı ve yaygın kullanımı eğitim anlayışının değişmesine neden olmuştur. Son yıllarda dünyada ve Türkiye’de web tabanlı uzaktan eğitim giderek yaygınlaşmaya başlamıştır.

Uzaktan eğitim (e-learning), mekândan ve zamandan bağımsız olarak öğrenci, öğretmen ve öğretim materyallerinin iletişim teknolojileri aracılığıyla bir araya getirildiği yeni bir eğitim modelidir. Uzaktan eğitimdeki amaç, geleneksel eğitimin gerçekleştiremediği bilgiye hızlı ve her yerden erişimi sağlayarak, kişilerin bilgiye ulaşmasındaki engelleri kaldırmaktır.

Uzaktan eğitim hizmetini gerçekleştirebilmek için Öğretim Yönetim Sistemleri (ÖYS) adı verilen özel yazılımlara gereksinim vardır. Bu yazılımlar sayesinde bilgi internet ortamında eş zamanlı veya eş zamansız olarak sunulabilmekte, uzaktan eğitimdeki tüm işlemlerin, ders materyalinin ve kullanıcıların yönetiminden öğrencilerin derslere erişimine kadar olan tüm fonksiyonların yönetilmesi, değerlendirilmesi ve dağıtılması imkânı sunulmaktadır.

Kurumlar genelde maliyet avantajından dolayı Açık Kaynak Kodlu ÖYS’leri tercih etmektedir. Fakat birçok kurum özellikle üniversiteler kendi isteklerine en uygun, standartlarını karşılayabilecek bir ÖYS’nin seçimi noktasında zorlanmaktadır. ÖYS’lerin birbirinden farklı özellikte olması ve hepsinin ayrı ayrı işlevlerinin olması değerlendirme ve karar verme işlemini zorlaştırmaktadır. Bu önemli süreçte ÖYS’lerin değerlendirilmesiyle ilgili yapılan çalışmalarda karar vermeyi kolaylaştırmak hedeflenmiştir. Özellikle çok kriterli karar verme yöntemleriyle yapılacak bir çalışmanın, ÖYS’lerin değerlendirilmesinde kurumlara yardımcı olması ümit edilmektedir.

Çok kriterli karar verme yöntemleri, ölçülebilen ve ölçülemeyen her düzeyde birçok faktörü aynı anda değerlendirme imkânı sağlayan, aynı zamanda karar verme sürecine çok sayıda kişiyi dâhil edebilen, analitik yöntemlerdir. Bu yöntemlerden bilginin yanı sıra kişilerin tecrübelerini ve tercihlerini de kullanarak karar verme imkânı sunan Analitik Hiyerarşi Proses (AHP) yöntemi ve çözüm alternatifinin pozitif-ideal çözüme en kısa mesafe ve negatif-ideal çözüme en uzak mesafe düşüncesine göre oluşturulduğu TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemi bu çalışma kapsamında incelenmiştir. Karar verme sürecinde ortaya çıkan belirsizliklerin giderilmesi için bu yöntemlerin bulanıklaştırılmış halleri ile değerlendirme yapılmıştır.

Bu çalışmanın amacı çok kriterli karar verme teknikleri olan Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS ve ikisinin entegre edildiği bir metotla ÖYS seçiminde ve değerlendirilmesinde dikkate alınacak kriterlerin sıralanması ve bu kriterler doğrultusunda alternatiflerin seçilmesidir.

Çalışmada ilgilenilen problem bir karar verme problemi olduğundan ilk bölümde karar verme kavramından bahsedilmiştir. İkinci bölümde çok kriterli karar verme yaklaşımlarına değinilmiştir. Üçüncü bölümde karar süreçlerinde, belirsizliğin daha iyi öngörülebilmesine olanak sağlayan ve bulanık mantığın karar süreçlerinin bir parçası haline getirilmiş hali olan bulanık karar verme konusu anlatılmıştır. Dördüncü bölümde günümüz eğitim teknolojilerini yoğun bir şekilde kullanmaya imkân veren uzaktan eğitim ve öğretim yönetim sistemlerine değinilmiştir. Beşinci bölümde öğretim yönetim sistemleri üzerine bir seçim uygulaması yapılmış olup, elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Son bölümde ise sonuçlar ve önerilerden bahsedilmiştir.

## **1. KARAR VERME**

### **1.1. Giriş**

İnsanoğlu yaradılışından bu yana hayatta var olma gayesi ve telaşı içerisinde, yaşamda karşılaştığı birçok olay ve sorun gereği karar vermek durumundadır. Karar verme eylemi bebeklikten başlayıp ölüme son bulacak sürekli bir süreçtir. Bu süreci iyi yönetmek için öncelikle karar ve karar verme ifadelerinin anlamı iyice kavranmalıdır.

Karar ve karar verme ifadesini kısaca şöyle tanımlayabiliriz: Karar, bireyin bir şeyden yana olduğunu davranışsal olarak göstermesi veya bir şeyi yapmayı kafasına koymasdır [1]. Karar verme ise tüm olası alternatifler arasından en iyi olanı bulma sürecidir [2].

Karar verme için literatürde farklı yönler vurgu yapılarak çeşitli tanımlamalar verilmiştir. Birçok değerlendirme kriteri altında ve değişik alternatifler arasında karar vericinin seçim yapmasıdır [3]. Birbirleriyle çatışan çeşitli kriterler arasında en uygun olanının seçilmesidir [4]. Karar verme, her yönetim düzeyinde sonuçlandırılması zorunlu olan bir veya bir dizi sorunun tüm boyutlarıyla değerlendirilerek en uygun sonucu verebileceği saptanan seçenek veya seçeneklerin belirlenmesidir [5]. Alternatif hareket tarzlarının çevresel faktörlerle birlikte geliştirilip değerlendirilmesi sonunda, birinin rasyonel bir davranış olarak seçilmesidir [6].

Kısacası, bir problemin karar verme problemi olarak tanımlanabilmesi için bir amaç olması ve bu amaç için hizmet eden alternatiflerin bulunması ve bu alternatiflerin etkinliklerini ölçecek karar kriterlerinin olması gerekmektedir.

## **1.2. Karar Verme Süreci**

Karar verme aslında bir olaylar dizisidir. Yani bir seçim aşamasına gelmeden önce bu seçimin arkasında gelişen olayları değerlendirerek karar verilmektedir. Bu açıdan ele alındığında, karar verme işini bir süreç olarak görmek mümkündür. Dolayısıyla karar verme, belirli bir başlangıç noktası olan ve buradan itibaren değişik iş, faaliyet veya düşüncelerin birbirini izlediği ve sonunda bir tercihin yapılması ile sonuçlanan bir işler topluluğu, yani bir süreçtir.

Karar verme eyleminin gerçekleşebilmesi için karar verici veya karar vericilerden oluşan bir karar grubu, karar vermeye uygun bir karar ortamı, değerlendirme kriterleri, alternatifler ve bir karar verme metodu olmalıdır.

Karar verici, alternatifler arasından amaca göre en uygun seçim yapan kişidir. Hedeflenen amaç doğrultusunda çözüme ulaşmak için karar vericiler birden fazla kriteri göz önünde bulundurmak zorundadır. Karar verici sayısı arttıkça alternatiflerden birini seçmek güçleşebilir. Ayrıca karar ortamının özellikleri de karar vericiyi etkiler.

Kriter, etkinliğin bir ölçüsüdür, değerlendirmeye temel teşkil eder ve problemler kümesinde amaçların farklı bir biçimidir. Kriterler nitel ve nicel olarak sınıflandırılabilir. Örneğin “çalışma süresi” nicel bir kriter iken “kendine güven” nitel bir kriterdir. Amaç, ulaşılmak istenilen düzey veya yerdir. Jüri (komite), üyelerinin kararları kendi isteklerine göre değil belirli kurallara göre verdiği bireylerden oluşan topluluktur [7]. Alternatif, karar vericinin önündeki farklı seçenekler ya da aralarından seçim yapılabilecek yollardan her biridir.

### **1.2.1. Karar verme sürecinin aşamaları**

Karar problemlerini incelerken izlenecek yolun tam anlamıyla anlaşılabilmesi için karar verme süreci aşamalarının incelenmesi gerekmektedir. Karar türü ne olursa olsun, takip edilmesi gereken adımlar genellikle aynıdır. Bununla birlikte her adımda izlenecek teknikler, başvurulacak teknik ve ayrıntılar kararın niteliğine bağlı olarak değişebilmektedir.



En temel karar süreci 3 aşamada incelenebilir. Bunlar haber alma, planlama ve seçimdir. Haber alma, ortaya çıkan bir problemin gerçekte bir karar gerektirip gerektirmediğini bazı bilgi toplama faaliyetleri ile belirlemeyi içermektedir. Bir karar tanımlandığında alternatiflerin, kriterlerin ve niteliklerin tanımlandığı ve düşünüldüğü planlama süreci başlar ki buna karar problemi yapılandırması denir. Son aşama ise seçimdir. Burada belirlenmiş olan kriterlere göre en uygun alternatifin seçilmesi faaliyetleri tanımlıdır [8].

Genel olarak karar verme süreci aşamaları şu şekildedir:

1. Problemin Tanımlanması
2. Amacın Belirlenmesi
3. Karar Verme Sürecine Katılanların Belirlenmesi
4. Çözüm Alternatiflerinin Belirlenmesi
5. Karar Kriterlerinin Belirlenmesi
6. Karar Verme

#### **1.2.1.1. Problemin tanımlanması**

Karar verme sürecinin ilk aşaması, problemin belirlenmesi ve tanımlanmasıdır. Karar vermeye başlamadan önce sorunun ne olduğuna dair bilgiler toplanmalı ve bu bilgiler ışığında çözülmesi gereken problemin tanımı yapılmalıdır. Tanımlama aşamasında problem açık bir şekilde ifade edilmeli, kişi ve grupların sorumluluğu açıkça belirtilmeli ve problemle ilişkili konuların ortaya çıkarılması için uygun bir zemin oluşturulmalıdır.

Problem tanımlama, karar verme süreci için oldukça önemlidir. Yapılan mükemmel bir çözüm eğer doğru bir probleme uygulanmazsa bir şey ifade etmez. Gerçek problemi tanımlayıp çözmek yerine, problemin belirtisi mahiyetindeki sorunları giderecek çözümlere yönelmek karar verme sürecini daha en baştan olumsuz sonuçlanmaya mahkûm edecektir.

#### **1.2.1.2. Amacın belirlenmesi**

Bir karar probleminde amaçlar, kriterlerin karar vericinin arzuları doğrultusunda yönlendirilmiş şekli olarak tanımlanabilir. Amaç belirleme bir tündengelim

işlemdir. Genel amaçtan alt amaçlara inmek suretiyle, niteliksel tanımlamalardan sayısal sonuçlara geçiş sağlanmış olur. Amaçlar alternatiflerin değerlendirilmesi için temel oluşturur [9]. Amaçların doğru bir şekilde belirtilmesi karar verme sürecinde yanlış bir karar alınması ihtimalini ortadan kaldırır.

#### **1.2.1.3. Karar verme sürecine katılanların belirlenmesi**

Karar verme problemlerinde konu hakkında geniş bilgiye sahip, mevcut karar seçeneklerinden birini tercih eden kişi veya grup, karar veren veya karar verici olarak tanımlanır. Karar vericiler karar üzerinde herhangi bir değişiklik yetkisi olmayan kişi/kişilerdir. Karar vermede en önemli etken karar verenin özellikleridir. Kararı veren kişi çok sayıda çevresel faktörün yanı sıra psikolojik ve biyolojik özelliklerin etkisi altındadır.

#### **1.2.1.4. Çözüm alternatiflerinin belirlenmesi**

Problemin tanımı yapıp uygun amaçlar belirlendikten sonraki aşama alternatiflerin belirlenmesidir. İlk etapta belirlenemeyen alternatifler amaçların dikkatli ve özenli bir şekilde irdelenmesiyle karşımıza çıkabilirler.

Her alternatif aslında çözüm olarak düşünülebilir. Bu yüzden belirlenen alternatiflerin uygulanabilir olmasına ve uygulandıklarında sorunu ortadan kaldırabilir nitelikte olmasına dikkat etmek gerekir. Alternatiflerin belirlenmesi yaratıcılık gerektiren bir işlemdir. Seçim her zaman belirlenen alternatifler arasından yapılacaktır. Belirlenmeyen bir alternatifin seçilme şansı yoktur. Dolayısıyla ne kadar iyi alternatifler belirlenirse çözüm de o oranda iyi olacaktır.

#### **1.2.1.5. Karar kriterlerinin belirlenmesi**

Detaylı bir şekilde yapılan araştırmalar sonucu sıralanan alternatifler arasından en iyisini seçmek için nasıl bir değerlendirme yapmak gerekir? İşte bu noktada devreye seçim kriterleri girer.

Seçim kriteri, alternatiflerin veya seçeneklerin özelliklerinden hangilerinin, bunları karar olarak seçerken kullanılacağını ifade etmektedir. Mesela kalite bir seçim kriteri

ise alternatifler arasından en kaliteli olan seçilecektir. Aynı şekilde maliyet bir seçim kriteri ise en düşük maliyete sahip alternatif seçilecektir.

Kriter hem karar vericinin nereye ulaşmak istediğini hem de alternatiflerin hangi özelliklerinin karar vericinin tercihini daha çok etkilediğini gösterir. Genellikle problem çözümlerinde kriterlerin belirlenmesi için literatür araştırması yapılması ve/veya uzmanlardan seçilecek kişilerle bir görüşme yapılması gerekmektedir.

#### **1.2.1.6. Karar verme**

Problem tanımlı amaçlar ve karar kriterleri belirlendikten sonra geriye kalan aşama değerlendirilecek alternatiflerin arasından birisini veya bir kaçını seçmektir.

Bütün bu süreçte sistematik bir yaklaşım kullanmak aşağıdaki konularda fayda sağlar.

- Karar probleminin doğru tespit edilmesi,
- Amaçların netleştirilmesi,
- Yeni alternatiflerin ortaya çıkması ve geliştirilmesi,
- Karar verme eyleminde risk alabilmeyi kolaylaştırması,
- Karar vermenin gerçekleşmesi,

Verilen kararı uygulama aşamasında, seçilen alternatif probleme çözüm sağlamak amacıyla kullanılır. Seçilen alternatifin probleme çözüm getirip getirmediği gözlemlenir.

### **1.3. Karar Türleri**

Karar vermenin sınıflandırılması açısından karar türleri değişik kategorilere ayrılabilirdiğinden dolayı, karar türleri değişik başlıklar altında incelenebilir.

Literatür incelendiğinde karar türleri genellikle üç başlık altında incelenmiştir [10]: Kriter sayısı açısından, mevcut bilgi açısından, karar verici/vericiler açısından. Bunlar izleyen alt bölümlerde açıklanmaktadır.

### **1.3.1. Kriter sayısı açısından**

Karar verme süreci içinde problemlerin tanımı yapılırken dört farklı karakterle karşılaşılır [10]:

- Açıkça tanımlanmış ve belirlenmiş alternatiflerin tek kritere göre değerlendirilmesi,
- Tanımı açıkça yapılmamış ve belirsiz alternatiflerin tek kritere göre değerlendirilmesi,
- Açıkça tanımlanmış ve belirlenmiş alternatiflerin çoklu kritere göre değerlendirilmesi,
- Tanımı açıkça yapılmamış ve belirsiz alternatiflerin çoklu kritere göre değerlendirilmesi.

#### **1.3.1.1. Tek kriterli karar verme**

Karar vericiler sadece bir kriteri göz önüne alarak karar veriyorsa bu tek kriterli karar vermedir. Çözüm alternatifleri değerlendirilirken tek bir kriter düşünülür. Tek kriterli karar vermeye örnek olarak doğrusal programlama verilebilir. Doğrusal programlama yardımıyla karar vermede öncelikle giderleri en aza indirmek ya da faydayı en yükseğe çıkarmak istenir. Giderleri en aza indirmeye maliyetlerin minimizasyonu, faydayı en yükseğe çıkarmaya ise kar maksimizasyonu örnek olarak verilebilir [11].

#### **1.3.1.2. Çok kriterli karar verme**

Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV), birden fazla birbiriyle çatışan amaçlar olduğu durumda karar vericilerin kullandığı bir disiplindir [12]. ÇKKV sonlu sayıda seçeneğin seçilmesi, sıralanması, sınıflandırması veya önceliklendirilmesi için nitel veya nicel değerler alan aynı zamanda birbirleriyle çelişebilen ölçütler kullanılarak değerlendirme işlemi yapılmasıdır. Bu konu daha sonraki bölümde detaylı bir şekilde anlatılacaktır.

### **1.3.2. Mevcut bilgi açısından**

Karar verme sürecinde eldeki mevcut bilgi düzeyi karar vermeyi etkiler. Bilgi fazlalaştıkça belirlilik, azaldıkça belirsizlik artar. Karar verme, bilgi derecesi açısından şöyle sıralanabilir [13]:

- Belirlilik Altındaki Kararlar: Gerçekleşecek olay üzerindeki bilginin tam ve kesin olarak var olduğu varsayımına dayanan kararlardır.
- Risk Altındaki Kararlar: Olaylar üzerindeki bilgi derecesinin eksik olması durumunda verilen kararlardır. Bu tip kararlarda, gerçekleşmesi mümkün olayların en azından olasılık dağılımları bilinmektedir.
- Belirsizlik Altındaki Kararlar: Olaylar üzerindeki bilgi derecesinin subjektif olasılıklar biçiminde belirlenmesine imkân tanıdığı ortamda verilen kararlardır.
- Tam Belirsizlik Altındaki Kararlar: Olayların gerçekleşmeleri üzerinde bilginin olmadığı, hatta gerçekleşmesi muhtemel olayların bilinmediği durumlarda verilen kararlardır. Bu sınıflandırma aynı zamanda karar ortamlarını da nitelemektedir.

### **1.3.3. Karar verici/vericiler açısından**

Karar veren organ açısından ikiye ayrılabilir:

- Bireysel Kararlar: Kararlar bir kişi tarafından veriliyorsa bu tip kararlara bireysel kararlar denir. Zaman kısıtının olduğu durumlarda bu tip kararlar ön plana çıkmaktadır. Bir başka deyişle, kısa süre içerisinde alınması gereken kararlarda bireysel kararlar etkin olmaktadır.
- Grup Kararları: Birden çok kişi tarafından grup halinde verilen kararlardır. Bu kararlar, bireysel kararlara oranla daha uzun sürede alınırlar. Böyle olması bu tip kararların dezavantajı olarak düşünülmektedir.

## 2. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME

### 2.1. Giriş

ÇKVV probleminin oluşabilmesi için birden fazla kriter olması ve bu kriterlerin çelişiyor olması gerekmektedir. Yani karar verme problemi en az iki çelişen kritere sahipse ve karar yönelik en az iki alternatif çözüm mevcut ise karar problemi ÇKKV problemidir. Bazı problemlerde birden fazla kriter olabilir fakat alternatiflerden birisi bütün kriterlerde en iyi olabilir. Bu durumda ortada ÇKVV problemi söz konusu değildir. Kriterlerden birinde meydana gelen artışlar diğerlerinde azalma meydana getiriyorsa bu kriterler çelişiyor demektir. Bütün kriterlerde en iyi olan tek bir alternatif yoksa birden fazla alternatif çözüm var demektir [14].

ÇKKV yöntemlerinin temel kavramları şöyle tanımlanabilmektedir:

- Seçenekler: Sonlu sayıda olan ve karar vericinin içlerinden seçim yapabileceği durumlardır.
- Kriterler: Ölçütler veya hedefler olarak da bilinir. Probleme bağlı olarak sayıları değişebilir. Birden fazla kriterin olduğu durumlarda kriterle genellikle hiyerarşik yapıdadır. Ana kriterler, alt kriterler ve hatta daha da alt kriterler olmak üzere hiyerarşik şekilde sıralanmaktadır.
- Kriterler Arası Çelişki: Bazı problemlerde bir kriter için önemli ve gerekli olan bir durum diğer bir kriter için önemsiz ve gereksiz olabilir. Bu gibi durumlarda kriterler arasında çelişki meydana gelmektedir.
- Karar Ağırlıkları: Neredeyse tüm çok kriterli karar verme problemlerinde bir kriterin diğerine göre üstün mü yahut zayıf mı olduğunu bildiren bir bilgiye gerek duyulur. Ağırlıklar doğrudan karar verici tarafından belirlenebilir yahut İkili Kıyaslama, Sıralama, Öz Değerleme, Delphi gibi bazı teknikler kullanılarak da bulunabilir.

- Karar Matrisi: Bir ÇKKV problemi basit olarak matris formatında ifade edilebilir. Matrisin sütunları verilen problemdeki kriterleri, satırları ise alternatifleri belirtir. m kriter ve n alternatife sahip bir  $m \times n$  boyutunda bir karar matrisinde  $X_{ij}$ 'ler  $A_i$  ile gösterilen, i seçeneğinin,  $X_{ij}$  ile gösterilen j ölçütüne göre performans değerlendirmesini göstermektedir.

## 2.2. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri

ÇKVV yöntemleri 1970'li yıllarda geliştirilen karar analiz metotlarıdır. Literatürde pek çok yöntem bulunmaktadır ve her birinin kendi karakteristik özellikleri vardır. Bu yöntemler birbirinden farklı problemlerin çözümü için kullanılan tekniklerdir [15]. Aşağıda bu yöntemlerden bazıları sıralanmaktadır:

- Baskınlık Yöntemi
- İkiye Bölme Yöntemleri (Birleştiren Yöntem, Ayıran Yöntem)
- Ardışık Eleme Yöntemleri (Ardışık Sırasal Yöntem, Özelliklerine Göre Eleme Yöntemi)
- Davranışa Yönelik Yöntemler (Maksimin Yöntemi, Maksimaks Yöntemi)
- Skor Yöntemleri (Basit Toplam Ağırlıklı Yöntem, Ağırlıklı Çarpım Yöntemi)
- TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)
- ELECTRE (Elimination et Choix Traduisant la Realite)
- Nitel Veriler için Yöntemler (Medyan Sıralama Yöntemi, Analitik Hiyerarşi Prosesi)

Bu çalışmada Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS yöntemleri kullanıldığı için sadece bu iki yöntem detaylı bir şekilde anlatılacaktır.

### 2.2.1. Analitik hiyerarşi prosesi (AHP)

#### 2.2.1.1. Tanımı ve özellikleri

Saaty tarafından 1970'lerde geliştirilen Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), ÇKVV problemlerinde seçim ve önceliklendirme yapmak için kullanılan önemli bir metottur [16]. AHP yöntemi son yıllarda önemi gittikçe artan, karar vericiler ve araştırmacılar tarafından sıklıkla kullanılan bir yöntemdir.

Birden fazla alternatifin olduğu durumlarda belirlilik veya belirsizlik altında karar verirken kullanılan AHP’de, problemler hiyerarşik bir şekilde modellenir. Problemin hedefi, ana ve alt kriterleri, alternatifleri arasındaki ilişkiyi gösteren bir yapı oluşturularak çözüme gidilir.

AHP’nin temelinde kriterlerin birbirlerine göre göreceli ağırlıkların elde edilmesi ve alternatiflerin bu ağırlıklar doğrultusunda değerlendirilmesi vardır [17]. Karar vericiler hem objektif hem de subjektif düşüncelerini karar verme sürecine yansıtır. Bu yöntem bilginin yanında karar vericinin tecrübelerinin, düşüncelerinin de karar sürecine dahil edilerek gerçekleştirilen bir yöntemdir.

Problemlerin çözümünde AHP’nin temel aldığı üç prensipten bahsedilir [18]:

- **Hiyerarşinin Oluşturulması Prensibi:** Bu prensibe göre insanlar düşünceleri ve nesnelerin farkına varma, tanımlama ve gözlemleri ile ilişki kurma yeteneklerine sahiptir. İnsan zihni bu yetenekler ile ayrıntılı bilgiler için karışık olguları kendi içinde tutarlı parçalara ayırma ve bu parçaları da hiyerarşik olarak küçük parçacıklara bölmeyi yapabilmektedir. Bu parçacıkların sınırı yedi ile dokuz arasında değişebilmektedir.
- **Önceliklerin Tespit Edilmesi Prensibi:** İnsanlar ayrıca gözlemedikleri nesnelere arasındaki ilişkileri de fark edebilme, belirli kriterlere göre benzer nesne çiftlerini karşılaştırabilme ve nesne çiftleri arasında karşılaştırma yaparak birinin diğerine göre öncelik durumunun göre eleyebilme yeteneklerine sahiptir. Bir sonraki durumda ise yargılarını sentez etme -hayal gücüyle, AHP veya yeni bir mantıksal yöntem ile- bütün sistemi daha iyi anlamayı gerçekleştirmektedir.
- **Mantıksal Tutarlılık Prensibi:** İnsanlar nesnelere ve düşünceler arasında tutarlı olan bir tutumla ilişki kurma, dolayısıyla nesnelerin birbirleriyle ve ilişkileriyle arasında tutarlılık göstermeyi becerebilme yeteneklerine sahiptirler. Buradaki tutarlılık iki anlama gelmektedir. Birincisi benzer düşünce ve nesnelerin ilgi ve homojenliklerine göre gruplanmasıdır. Örneğin, bir üzüm ve bir misket eğer yuvarlaklık anlamlı bir kriter ise aynı grupta yer alabilir, ancak tat bir kriter ise aynı gruba konamaz. Tutarlılığın ikinci anlamında ise, düşünceler ve nesnelere arasındaki ilişkilerin belirli bir kriter üzerindeki yoğunluğu birbirlerini mantıklı bir şekilde doğrulamak üzerine kurulmuştur. Buna göre; eğer tatlılık kriter ise bal



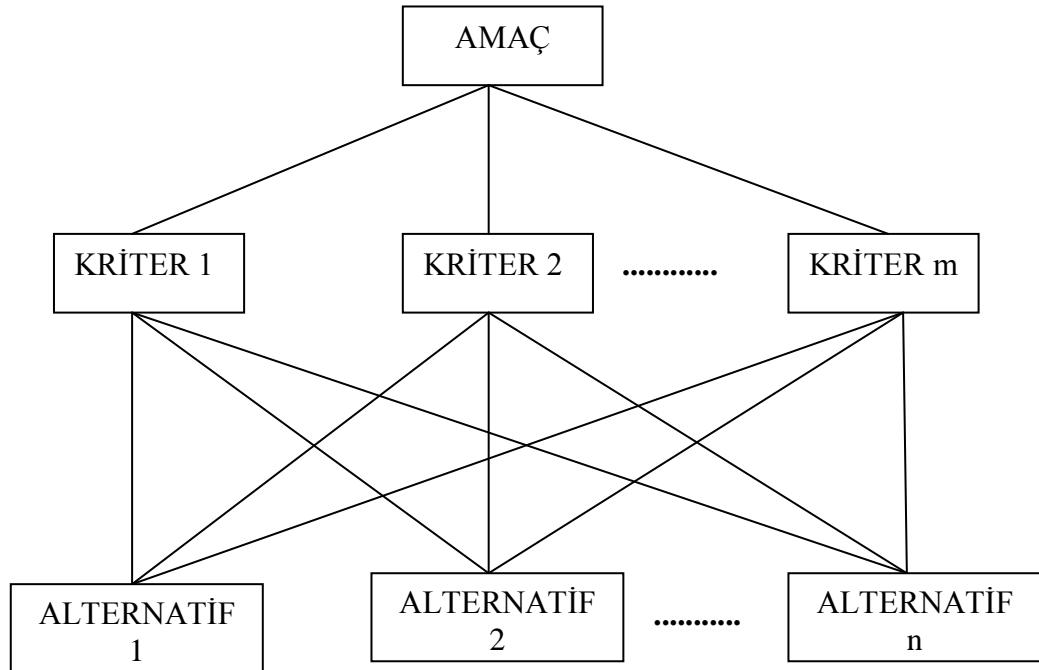
şekerden beş kat daha fazla tatlı ise, şeker de pekmezden iki kat daha fazla tatlı ise bu durumda bal pekmezden on kat daha tatlı olmak durumundadır. Burada bal pekmezden 4 kat tatlı ölçülürse bir tutarsızlık var demektir ve süreç yenilenerek daha kesin ölçümler yapılmaya çalışılması zorunludur.

### 2.2.1.2. Analitik hiyerarşi prosesi aşamaları

Hiyerarşik yapının oluşturulması:

AHP'nin ilk adımı, ulaşılmak istenen hedef doğrultusunda, problemin hiyerarşik yapısının oluşturulmasıdır. Bu hiyerarşik yapının en üst seviyesinde ulaşılmak istenen hedef vardır. Bir alt seviyede ise kararda etkili olacak ana kriterler yer alır. Şayet ana kriterlerin belirlenmesinde kullanılacak alt kriterler varsa bir sonraki seviyede yer alır.

Bu yapının en son seviyesini ise karar alternatifleri oluşturur. Bu şekilde kararı etkileyecek tüm faktörleri içeren ve genel hedeften kriterlere daha sonra alt kriterlere ve en sonunda alternatiflere kadar yukarıdan aşağıya uzanan bir hiyerarşik yapı geliştirilir. Şekil 2.1 hiyerarşik yapı örneğini göstermektedir.



Şekil 2.1. Hiyerarşik yapı

Kriterler ve alternatifler arasında ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması:

AHP yönteminde hiyerarşinin oluşturulmasından sonra ikinci adım, her seviyedeki öğelerin göreceli üstünlüklerinin elde edilmesi için ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulmasıdır.

Uzman kişi veya kişiler hiyerarşik yapıdaki her seviye için değerlendirme kriterlerini Saaty'nin önerdiği 1-9 karşılaştırma skalası ile ikili olarak karşılaştırır. Bu karşılaştırma sonucu elde edilen değerler AHP analizinde girdi olarak kullanılır. İkili karşılaştırmalar için sayısal bir ölçek bulunamıyorsa, sözel olarak ifade edilen tercih yargıları, bu tercihlerin ağırlığını belirleyen bir ölçekte sayısal değerlere çevrilirler. Saaty tarafından önerilen bu ölçek Tablo 2.1'de gösterilmektedir.

Tablo 2.1. Temel karşılaştırma skalası [18]

Değer	Tanım	Açıklama
1	Eşit önemli	İki seçenek eşit derecede öneme sahip
3	Biraz önemli	Tecrübe ve yargı bir kriteri diğerine karşı biraz üstün kılmakta
5	Fazla önemli	Tecrübe ve yargı bir kriteri diğerine karşı oldukça üstün kılmakta
7	Çok fazla önemli	Bir kriter diğerine göre üstün sayılmıştır
9	Aşırı derece önemli	Bir kriterin diğerine üstün olduğunu gösteren kanıt çok büyük güvenilirliğe sahiptir
2, 4, 6, 8	Ara değerler	Uzlaşma gerektiğinde kullanılmak üzere iki ardışık yargı arasındaki değerler

AHP'de kullanılan nominal ölçek, karar vericinin tecrübe ve bilgisini de sezgisel olarak karara katmasını sağlamaktadır. Karar vericinin iki kriterler ya da alternatifler arasında tercihini belirtirken kullandığı "Eşit Önem", "Biraz Önemli", "Fazla Önemli", "Çok Fazla Önemli" ve "Aşırı Derece Önemli" ifadelerinin sayısal olarak gösterimi 1, 3, 5, 7 ve 9 rakamlarına karşılık gelmektedir. Eğer karar verici bu değerler arasında bir değerlendirme yapmak isterse 2, 4, 6 ve 8 gibi ara değerleri kullanır.

İkili karşılaştırma sırasında sütunun satıra üstünlüğü söz konusu ise matrise yazılacak değerler 1/1, 1/3, 1/5, 1/7 ve 1/9 şeklinde olmalıdır.

Genel olarak ikili karşılaştırmalar matrisi Denklem (2.1) deki gibi gösterilir:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \cdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \cdots & 1 \end{pmatrix} \quad (2.1)$$

Karşılaştırma matrislerinin analizi:

Karşılaştırma matrisi, kriterlerin birbirlerine göre önem seviyelerini belirli bir mantık içerisinde gösterir. Ancak bu kriterlerin bütün içerisindeki ağırlıklarını, diğer bir deyişle yüzde önem dağılımlarını belirlemek için, karşılaştırma matrisini oluşturan sütun vektörlerinden yararlanılır ve n adet ve n bileşenli B sütun vektörü oluşturulur. Denklem (2.2) ile bu vektör gösterilmiştir.

$$B_i = \begin{bmatrix} b_{11} \\ b_{21} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ b_{n1} \end{bmatrix} \quad (2.2)$$

Sütun vektörlerinin hesaplanmasında da Denklem (2.3) ten yararlanılır.

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (2.3)$$

Yukarıda anlatılan adımlar diğer değerlendirme kriterleri içinde tekrarlandığında kriter sayısı kadar B sütun vektörü elde edilecektir. n adet B sütun vektörü, bir matris formatında bir araya getirildiğinde ise Denklem (2.4) te gösterilen C matrisi oluşturulacaktır.

$$C = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ c_{n1} & c_{n2} & \dots & c_{nn} \end{bmatrix} \quad (2.4)$$

C matrisinden yararlanarak, kriterlerin birbirlerine göre önem değerlerini gösteren yüzde önem dağılımları elde edilebilir. Bunun için Denklem (2.5) te gösterildiği gibi C matrisini oluşturan satır bileşenlerinin aritmetik ortalaması alınır ve Öncelik Vektörü olarak adlandırılan W sütun vektörü elde edilir.

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n c_{ij}}{n} \quad (2.5)$$

W vektörü Denklem (2.6) da gösterilmiştir:

$$W = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{bmatrix} \quad (2.6)$$

Tutarlılık analizinin yapılması:

Karar vericilerin tutarsızlığının veya tutarlılığının ölçebilmek adına Saaty tutarlılık indeksi (CI) ve tutarlılık oranı (CR) kullanmıştır [20]. Tutarlılık, kriterlerin ya da alternatiflerin ikili karşılaştırmasının belirlenmesinde kararın uyumluluk göstermesidir.

AHP, CR hesaplamasının özünü, kriter sayısı ile Temel Değer adı verilen ( $\lambda$ ) bir katsayının karşılaştırılmasına dayandırmaktadır.  $\lambda$ 'nın hesaplanması için öncelikle A karşılaştırma matrisi ile W öncelik vektörünün matris çarpımından D sütun vektörü elde edilir.

$$D = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} x \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{bmatrix} \quad (2.7)$$

Denklem (2.8) de tanımlandığı gibi, bulunan D sütun vektörü ile W sütun vektörünün karşılıklı elemanlarının bölümünden her bir değerlendirme kriterine ilişkin temel değer (E) elde edilir. Bu değerlerin aritmetik ortalaması Denklem (2.9) teki gibi karşılaştırmaya ilişkin temel değeri ( $\lambda$ ) verir.

$$E_i = \frac{d_i}{w_i} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2.8)$$

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad (2.9)$$

$\lambda$  hesaplandıktan sonra Tutarlılık Göstergesi (CI), Denklem (2.10) dan yararlanarak hesaplanabilir.

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} \quad (2.10)$$

Son aşamada ise CI, Random Gösterge (RI) olarak adlandırılan ve Tablo 2.2’de gösterilen standart düzeltme değerine bölünerek Denklem (2.11) deki gibi CR elde edilir. Tablo 2.2’den kriter sayısına karşılık gelen değer seçilir. Örneğin 3 kriterli bir karşılaştırmada kullanılacak RI değeri Tablo 2.2’den 0,58 olacaktır.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2.11)$$

Hesaplanan CR değerinin 0,10’dan küçük olması karar vericinin yaptığı karşılaştırmaların tutarlı olduğunu gösterir. CR değerinin 0,10’dan büyük olması ya AHP’deki bir hesaplama hatasını ya da karar vericinin karşılaştırmalarındaki tutarsızlığını gösterir.

Tablo 2.2. RI değerleri

N	RI	N	RI
1	0,00	8	1,41
2	0,00	9	1,45
3	0,58	10	1,49
4	0,90	11	1,51
5	1,12	12	1,48
6	1,24	13	1,56

Daha sonra her bir kriterin açısından karar noktalarının yzde önem dağılımları belirlenir. Diğer bir deyişle birebir karşılaştırmalar ve matris işlemleri kriter sayısı kadar (n kez) tekrarlanır. Ancak bu kez her bir kriterin için karar noktalarında kullanılacak G karşılaştırma matrislerinin boyutu mxm olacaktır. Her bir karşılaştırma işleminde sonra mx1 boyutlu ve değerlendirilen kriterin karar noktalarına göre yzde dağılımlarını gösteren S sütun vektörleri elde edilir. Bu sütun vektörleri aşağıda tanımlanmıştır:

$$S_i = \begin{bmatrix} s_{11} \\ s_{21} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ s_{m1} \end{bmatrix} \quad (2.12)$$

S vektörü elde edildikten sonra karar noktalarındaki sonuç dağılımlarının bulunması için yukarıda anlatılan n tane mx1 boyutlu S sütun vektöründen meydana gelen ve mxn boyutlu K karar matrisi oluşturulur. Karar matrisi aşağıda tanımlanmıştır:

$$K = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & \dots & s_{1n} \\ s_{21} & s_{22} & \dots & s_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ s_{m1} & s_{m2} & \dots & s_{mn} \end{bmatrix} \quad (2.13)$$

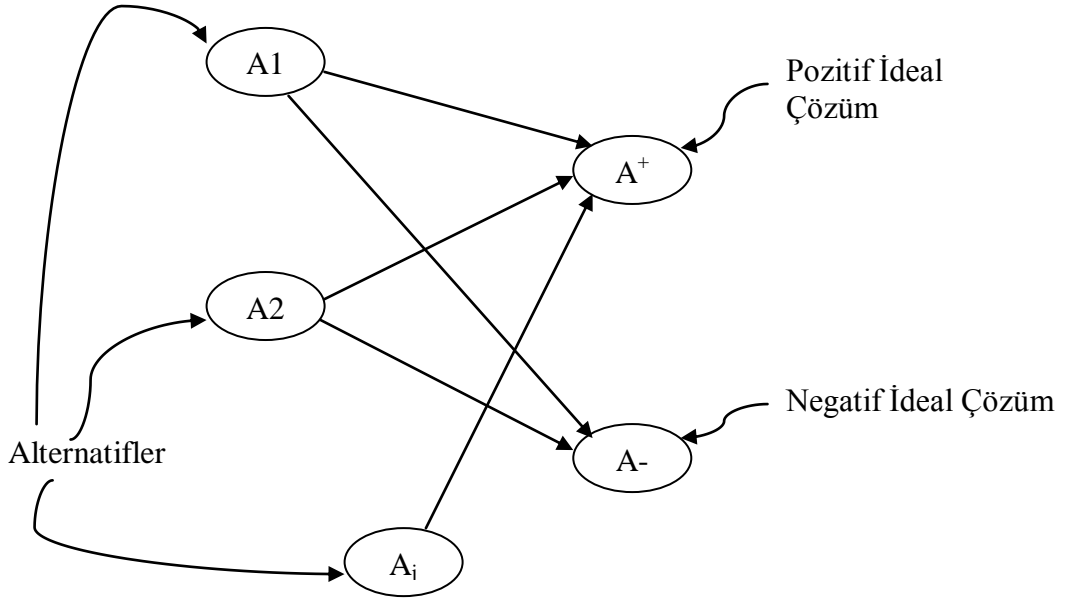
Sonuçta karar matrisi W sütun vektörü (ncelik vektörü) ile aşağıdaki gibi çarpıldığında ise m elemanlı L sütun vektörü elde edilir. L sütun vektörü karar

noktalarının yüzde dağılımını verir. Diğer bir deyişle vektörün elemanlarının toplamı 1'dir. Bu dağılım aynı zamanda karar noktalarının önem sırasını da gösterir.

$$L = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & \dots & s_{1n} \\ s_{21} & s_{22} & \dots & s_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ s_{m1} & s_{m2} & \dots & s_{mn} \end{bmatrix} x = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l_{11} \\ l_{21} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ l_{m1} \end{bmatrix} \quad (2.14)$$

### 2.2.2. TOPSIS

Hwang ve Yoon (1981) tarafından çok kriterli karar verme tekniği olarak geliştirilen TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemi çözüm alternatifinin pozitif-ideal çözüme en kısa mesafe ve negatif-ideal çözüme en uzak mesafe düşüncesine göre oluşmuştur. Şekil 2.2'de alternatiflerin pozitif ideal ve negatif ideal çözümlere olan mesafeleri gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Pozitif ideal ve negatif ideale olan mesafeler [21]

TOPSIS yöntemi, pozitif ideal çözüme en yakın olan alternatif en iyi alternatif olarak kabul eder [22]. TOPSIS sürecinde kriter değerleri ve kriter önem ağırlıkları sayısal değerlerdir. İdeal ya da pozitif ideal çözüm olarak ifade edilen çözüm, fayda kriterini maksimize eden, maliyet kriterini ise minimize eden çözümdür. Diğer

tarafından, negatif ya da anti ideal çözüm ise maliyet kriterini maksimize eden, fayda kriterini minimize eden çözümdür.

Karar problemlerinde sıklıkla kullanılan ve problemlere sezgi yardımıyla yaklaşan TOPSIS yönteminin bazı önemli özellikleri şunlardır [11]:

- İçeriği yalın ve anlaşılabilir.
- Hesaplama yeteneği güçlüdür.
- Karar alternatiflerinin ilişkisini belirlerken bunu basit bir matematiksel formda sunabilir.
- Alternatiflerin belirli kriterler doğrultusunda ve kriterlerin alabileceği maksimum ve minimum değerler arasında ideal duruma göre karşılaştırılmasına olanak tanır.

TOPSIS, sağlam temelli mantık yapısı, ideal ve ideal karşıtı çözümleri aynı zamanda dikkate alması ve kolaylıkla yapılabilen hesaplama süreci ile yaygın kullanım gören bir yöntemdir. Bundan dolayı bu çalışmada bu yöntemin kullanılması tercih edilmiştir.

#### **2.2.2.1. TOPSIS yönteminin adımları**

TOPSIS yöntemi sekiz adımdan oluşan bir çözüm sürecini içerir. Aşağıda TOPSIS yönteminin adımları tanımlanmıştır.

- Adım 1: Amaçların belirlenmesi ve değerlendirme kriterlerinin tanımlanması
- Adım 2: Karar Matrisinin (A) Oluşturulması

Karar matrisinin satırlarında üstünlükleri sıralanmak istenen karar noktaları, sütunlarında ise karar vermede kullanılacak değerlendirme kriterleri yer alır. A matrisi karar verici tarafından oluşturulan başlangıç matrisidir. Karar matrisi Denklem (2.15) deki gibi gösterilir [23].

$A_{ij}$  matrisinde m karar noktası sayısını, n değerlendirme kriteri sayısını verir.



$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (2.15)$$

- Adım 3: Normalize Karar Matrisinin (R) Oluşturulması

Karar matrisindeki kriterlere ait puan veya özelliklerin kareleri toplamının karekökü alınarak matris normalize edilir. Normalize karar matrisi aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanır.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}} \quad (2.16)$$

R matrisi aşağıdaki gibi elde edilir:

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (2.17)$$

- Adım 4: Ağırlıklı Normalize Karar Matrisinin (V) Oluşturulması

Öncelikle değerlendirme kriterlerine ilişkin ağırlık değerleri ( $w_i$ ) belirlenir.

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (2.18)$$

Daha sonra R matrisinin her bir sütunundaki elemanlar ilgili  $w_i$  değeri ile çarpılarak V matrisi oluşturulur. V matrisi aşağıda gösterilmiştir [24].

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \dots & w_n r_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \dots & w_n r_{mn} \end{bmatrix} \quad (2.19)$$

- Adım 5: İdeal ( $A^*$ ) ve Negatif İdeal ( $A^-$ ) Çözümlerin Oluşturulması

Pozitif ideal çözüm ağırlıklı normalize karar matrisinin en iyi performans değerlerinden oluşurken negatif ideal çözüm en kötü değerlerinden oluşur. Pozitif ideal çözüm setinin bulunması aşağıdaki formülde gösterilmiştir.

$$A^* = \left\{ \left( \max_i v_{ij} \mid j \in J \right), \left( \min_i v_{ij} \mid j \in J' \right) \right\} \quad (2.20)$$

Denklem (2.20) den hesaplanacak set  $A^* = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*\}$  şeklinde gösterilebilir. Negatif ideal çözüm setinin bulunması aşağıdaki formülde gösterilmiştir.

$$A^- = \left\{ \left( \min_i v_{ij} \mid j \in J \right), \left( \max_i v_{ij} \mid j \in J' \right) \right\} \quad (2.21)$$

Denklem (2.21) den hesaplanacak set  $A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\}$  şeklinde gösterilebilir.

Her iki formülde de  $J$  fayda (maksimizasyon),  $J'$  ise kayıp (minimizasyon) değerini göstermektedir. Gerek ideal gerekse negatif ideal çözüm seti, değerlendirme faktörü sayısı yani  $m$  elemandan oluşmaktadır.

- Adım 6: Ayırım Ölçülerinin Hesaplanması

TOPSIS yönteminde her bir karar noktasına ilişkin kriter değerinin İdeal ve negatif ideal çözüm setinden sapmalarının bulunabilmesi için Öklid Uzaklık Yaklaşımından yararlanılmaktadır. Buradan elde edilen karar noktalarına ilişkin sapma değerleri ise İdeal Ayırım ( $S_i^*$ ) ve Negatif İdeal Ayırım ( $S_i^-$ ) Ölçüsü olarak adlandırılmaktadır. İdeal ayırım ( $S_i^*$ ) ölçüsünün hesaplanması Denklem

(2.22) de, negatif ideal ayırım ( $S_i^-$ ) ölçüsünün hesaplanması ise Denklem (2.23) de gösterilmiştir [23].

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad (2.22)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (2.23)$$

Burada hesaplanacak  $S_i^*$  ve  $S_i^-$  sayısı doğal olarak karar noktası sayısı kadar olacaktır.

- Adım 7: İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması

Her bir karar noktasının ideal çözüme göreli yakınlığının ( $C_i^*$ ) hesaplanmasında ideal ve negatif ideal ayırım ölçülerinden yararlanılır. Burada kullanılan ölçüt, negatif ideal ayırım ölçüsünün toplam ayırım ölçüsü içindeki payıdır. İdeal çözüme göreli yakınlık değerinin hesaplanması Denklem (2.24) de gösterilmiştir [25].

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*} \quad (2.24)$$

Burada  $C_i^*$  değeri  $0 \leq C_i^* \leq 1$  aralığında değer alır ve  $C_i^* = 1$  ilgili karar noktasının ideal çözüme,  $C_i^* = 0$  ilgili karar noktasının negatif ideal çözüme mutlak yakınlığını gösterir.

- Adım 8: Alternatifler ideal çözüme göreli yakınlık ( $C_i^*$ ) değerlerine göre sıralanırlar. Maksimum  $C_i^*$  değeri seçilir.

### 2.2.3. AHP-TOPSIS yöntemlerinin beraber kullanıldığı çalışmalar

Literatürde AHP ve TOPSIS yöntemlerinin birlikte kullanıldığı çalışmalara rastlamak mümkündür. Tsaur, Chang ve Yen (2002) havaalanlarında hizmet kalitesini değerlendirilmesi için; Madumjar, Sarkar ve Madumjar (2005) pamuk

lifinin kalite değerlerinin belirlenmesi için; Yurdakul ve İç (2005) üretim Őirketleri için bir performans ölçüm modeli geliştirilmesi için; Shyjith, Ilangkumaran ve Kumanan (2008) tekstil endüstrisinde en iyi bakım teknolojisinin seçilmesi için; Lin, Wang, Chen ve Chang (2008) müşteri odaklı ürün tasarım sürecinde; Ustasüleyman (2009) bankacılık sektöründe hizmet kalitesinin değerlendirilmesi için; çapraz ve Supçiller (2011) tedarikçi seçimi için bu iki yöntemi birlikte kullanmışlardır.

Wang, Cheng ve Cheng (2009), tedarikçi seçimi probleminde bulanık AHP ve bulanık TOPSIS yöntemlerini birlikte kullanmıştır. Burada bulanık AHP uzmanların dilsel ağırlıklandırmasıyla bulanık ağırlıkları hesaplamak için, bulanık TOPSIS ise bulanık ağırlıkları ve bulanık dilsel puanları birleştirmek ve alternatifleri sıralamak için kullanılmıştır.

Fazlollahtabar, Mahdavi, Ashoori, Kaviani ve Amiri (2011), tedarikçi seçiminde AHP, TOPSIS ve çok amaçlı lineer olmayan programlamayı kullanmışlardır. Araştırmacılar bu çalışmada, AHP ile tedarikçi seçim kriterlerinin ağırlıkları elde edilirken, TOPSIS metodu ile tedarikçiler sıralanmıştır. Seçilen tedarikçilerden optimum sipariş miktarının belirlenmesi için çok amaçlı lineer olmayan programlama kullanılmıştır [24].

### **3. BULANIK ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME**

#### **3.1. Giriş**

İnsanoğlu hayatı boyunca içinde bulunduğu kesin ve net olmayan durumlarda belirsizlik altında karar vermek zorundadır. Belirsizlik ise, karar verme sürecini karmaşıklaştıran nedenlerin başında gelmektedir. Karar durumlarının belirsiz ve karmaşık olduğu bu zamanlarda karar vericiler için bu süreç daha bulanık hale gelir. Belirsizlik hakkında kullanılabilecek pek çok yöntem bulunmaktadır. Bulanık mantık da belirsizliği ifade etmenin matematiksel yollarından biridir.

Karar verme problemlerinde belirsizliklerden dolayı ortaya çıkan problemleri çözebilmek amacıyla çeşitli Bulanık Çok Kriterli Karar Verme (BÇKKV) yöntemleri geliştirilmiştir. Bu çalışmada yukarıda bahsedilen ÇKKV yöntemlerinin bulanıklaştırılmış halleri ile uygulama yapıldığından bu iki yöntemden bahsedilmiştir. Bu iki yöntem anlatılmadan önce kısaca bulanık mantık ve bulanık küme teorisine değinilecektir.

#### **3.2. Bulanık Mantık ve Bulanık Kümeler**

Bulanıklık, genellikle bir konu üzerinde kişilerin tam ve kesin bir bilgiye sahip olamadığı durumlarda düşüncelerini açıklayabildiği ifadeler bütünüdür. Bir kelimenin ya da kavramın anlamında, tanımlanmasında bulunan belirsizlik olarak da ifade edilebilir. Aynı şekilde incelenmek istenen sistemler içinde kesin ve net olmayan bilgilerin olduğu durumlarda ya da daha karmaşık yapılarda da bulanıklık kavramı ortaya çıkar.

Bilindiği gibi istatistikte ve olasılık kuramında, belirsizliklerle değil kesin ve net değerlerle çalışılır ama insan bulunduğu çevreden dolayı hep bir karmaşa ve belirsizlik içindedir. Bu yüzden insanoğlunun sonuç çıkarabilme yeteneğini anlayabilmek için belirsizliklerle çalışmak gereklidir.

Bulanıklık bilimsel olarak belirsizlik olarak tanımlanmış ve bu belirsizlikleri ifade edebilmek amacıyla bulanık mantık geliştirilmiştir. Klasik mantıkta bir şey ya doğrudur ya da yanlıştır. Yani ikili bir mantık vardır. Bulanık mantıkta ise doğru ile yanlışın arasında birçok durum bulunmaktadır [26].

Bulanık Mantık (Fuzzy Logic) kavramı ilk kez 1965 yılında California Berkeley Üniversitesinden Prof. Lotfi A.Zadeh'in bu konu üzerinde ilk makalelerini yayınlamasıyla duyulmuştur. O tarihten sonra özellikle karmaşık problemlerin çözümünde bulanık mantığın önemi ve yeri gittikçe artmıştır.

Bulanık mantıkta artık sadece siyah ve beyaz renkler değil bu iki renk arasında bulunan gri tonlarda dikkate alınmaktadır. Bu ise insan düşünme sistemine uygunluk açısından çok yakınlık göstermektedir [26].

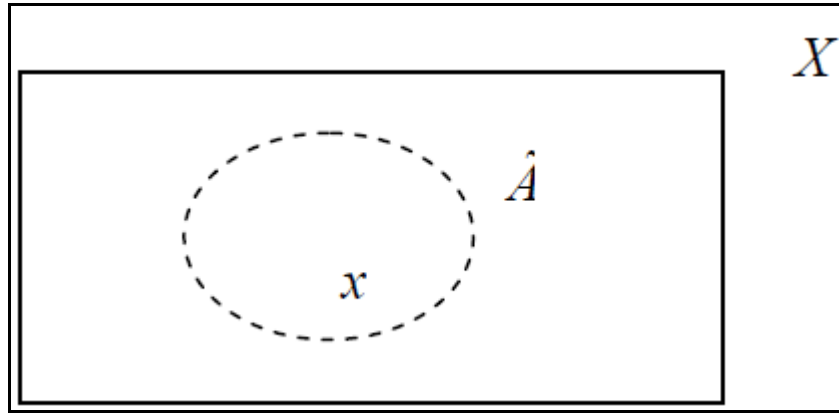
Bulanık mantık ile klasik mantık arasındaki temel farklılıklar aşağıda Tablo 3.1'de verilmiştir [26]:

Tablo 3.1. Bulanık mantık ve klasik mantık arasındaki temel farklılıklar

Klasik Mantık	Bulanık Mantık
Kesin	Belirsiz (Kısmi)
Hepsi veya Hiçbiri	Belirli Derecelerde
0 ya da 1	0 ile 1 Arasında
İkili Birimler	Bulanık Birimler
A veya A Değil	A ve A Değil

İnsanın kesin olmayan bilgiyi anlama ve analiz etme yeteneğinden yola çıkan Zadeh, kesinlik içermeyen problemleri çözmek için bulanık küme teorisini geliştirmiştir. Bulanık küme teorisi, karar vermek için dilsel belirsizliği ve nitel bilgiyi kullanan insan mantığına benzer ve dilsel belirsizlik matematiksel olarak ifade edilebilir. Böylece bulanık küme teorisi, karar vermeyi kolaylaştırır. Bulanık küme, tüm elemanların üyelik dereceleriyle temsil edildiği kümedir ve bu kümeler kesin sınırları olmayan, kademeli geçişleri öngören ve üyelik derecelerine sahip olan nesnelerin bir sınıfıdır.

Şekil 3.1’de  $X$  kümesinin bulanık alt kümesi  $\tilde{A}$  gösterilmiştir. Bulanık kümeler, standart kümelerin uzantıları olmaları nedeniyle, bir bulanık kümeyi temsil eden karakterin üstü “ $\sim$ ” sembolüyle ifade edilmektedir. Tanımlanan bütün bulanık kümelerin kümesi  $X$  ile gösterilmektedir. Kesikli çizgilere sahip daire, bulanık alt küme  $\tilde{A}$ ’nın içinde veya dışındakileri ayıran belirsiz sınırı göstermektedir. Bulanık küme teorisi,  $X$  kümesinin  $x$  elemanının  $\tilde{A}$  alt kümesine ait olma derecesini üyelik fonksiyonu ile tanımlamaktadır. Ait olma derecesi bazen mertebe olarak ifade edilmektedir [27].



Şekil 3.1. Bulanık alt küme [27]

Bulanık küme teorisi, karar vermek için dilsel belirsizliği ve nitel bilgiyi kullanır. Bu yüzde insan mantığına benzer. Bulanık küme teorisinde, dilsel belirsizlik matematiksel olarak ifade edilebilir. Böylece bulanık küme teorisi, karar vermeyi kolaylaştırır.

### 3.2.1. Üyelik fonksiyonu

Dilsel ifadeler, sözel değerlendirmeler kesin ve net olmayan durumları içerdiğinden yaklaşıklık ve bulanıklık anlamları söz konusudur. Bu yüzden bu ifadeler üzerinde matematiksel işlemler yapabilmek için bir küme ve bu kümeye ait olma üyelik fonksiyonu ile tanımlanmalıdırlar.

Bir bulanık küme, her bir elemanı 0 ile 1 arasında değişen üyelik derecesine sahip bir fonksiyon ile tanımlanır. Burada bir üyelik fonksiyonu yargı aralığındaki elemanların tercih kümesine ait olma derecesini ifade etmektedir.

$x \in X$  ve  $\tilde{A} \subseteq X$  için, üyelik derecesi Denklem (3.1) deki gibi ifade edilir:

$$\mu_{\tilde{A}}(x): X \longrightarrow [0,1] \quad (3.1)$$

$\mu_{\tilde{A}}(x)$  üyelik fonksiyonu 0 ile 1 arasında değer almaktadır. Kümeye dâhil olmayan elemanların üyelik değerleri 0, kümeye tam dâhil olanların üyelik değerleri de 1 olarak tanımlanmaktadır. Kümeye dâhil olup olmadıkları belirsiz olan elemanlara ise belirsizlik durumuna göre 0 ile 1 arasında değerler tanımlanmaktadır. Dolayısıyla her elemanın bir üyelik derecesi vardır.

### 3.2.2. Bulanık sayılar

Bulanık sayılar üyelik fonksiyonları kullanılarak tanımlanır.  $\mu_{\tilde{A}}(x)$  ile gösterilen üyelik fonksiyonu  $[0,1]$  aralığında değer alır.  $\mu_{\tilde{A}}(x) = 0$  ise  $x$  sayısı kümenin elemanı değildir.  $\mu_{\tilde{A}}(x) = 1$  ise  $x$  sayısı kesinlikle kümenin elemanıdır. Bulanık sayılar, reel sayıların bulanık bir alt kümesidir. Diğer durumlarda  $x$ 'in kümede olması bulanık olarak tanımlanmıştır.  $\mu_{\tilde{A}}(x)$  değeri 1'e yaklaştıkça  $x$  elemanının kümedeki üyeliği artar.

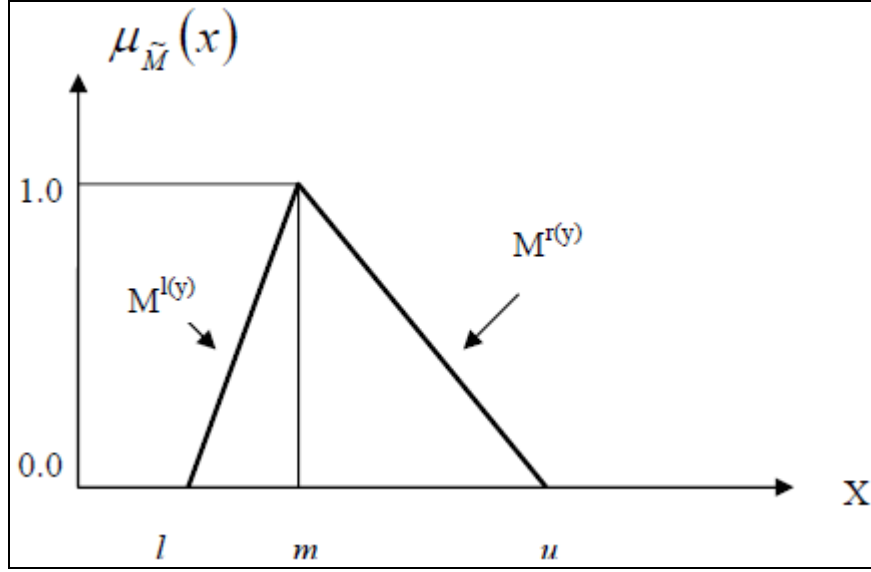
Bulanık sayılar esasında bir aralık olarak tanımlanır ancak bu aralıkta alınan değerlere göre çeşitli isimler alırlar. Örneğin; (6, 11) bulanık sayısı, (6, 9, 11) üçgensel bulanık sayı şeklinde, (6, 9, 10, 11) yamuk bulanık sayı şeklinde ya da daha farklı şekillerde tanımlanabilir.

Bulanık sayılar, üçgensel bulanık sayılar, yamuk bulanık sayılar, çan sekili bulanık sayılar vb. olarak tanımlanmıştır. Bu çalışmada üçgensel bulanık sayılarla işlem yapıldığından sadece üçgensel bulanık sayılar ve bu sayılarda işlemlere yer verilmiştir.

#### 3.2.2.1. Üçgensel bulanık sayılar

Üçgensel bir bulanık sayı  $\tilde{M}$ , Şekil 3.2'de gösterilmektedir. Bir bulanık üçgensel sayı,  $(l, m, u)$  şeklinde gösterilir.  $l, m, u$  ifadeleri sırasıyla bulanık bir olayda en düşük olasılığı, net değeri ve en yüksek olasılığı ifade etmektedir.





Şekil 3.2. Üçgensel bulanık sayı [27]

Bir üçgensel bulanık sayının sağ ve sol üyelik derecesi değerlerine göre doğrusal gösterimi Denklem (3.2) deki gibidir [28].

$$\mu(x|\tilde{M}) = \left\{ \begin{array}{ll} 0 & x < l, \\ (x-l)/(m-l) & l \leq x \leq m, \\ (u-x)/(u-m) & m \leq x \leq u, \\ 0 & x > u, \end{array} \right\} \quad (3.2)$$

Üçgensel bulanık sayılarla farklı işlemler gerçekleştirilebilmektedir. İki üçgensel bulanık sayı olarak  $\tilde{M}_1 = (l_1, m_1, u_1)$  ve  $\tilde{M}_2 = (l_2, m_2, u_2)$  şeklinde tanımlanmış olsun. Üçgensel sayılarla gerçekleştirilen işlemlere Denklem (3.3) ile Denklem (3.7) arasında yer verilmiştir [29].

Toplama

$$\tilde{M}_1 (+) \tilde{M}_2 = (l_1, m_1, u_1) (+) (l_2, m_2, u_2) = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2) \quad (3.3)$$

Çıkarma

$$\tilde{M}_1 (-) \tilde{M}_2 = (l_1, m_1, u_1) (-) (l_2, m_2, u_2) = (l_1 - l_2, m_1 - m_2, u_1 - u_2) \quad (3.4)$$

Çarpma

$$\tilde{M}_1(.)\tilde{M}_2 = (l_1, m_1, u_1)(.) (l_2, m_2, u_2) = (l_1l_2, m_1m_2, u_1u_2) \quad (3.5)$$

Bir reel sayı K ile çarpılırsa

$$K(.)\tilde{M}_1 = (K, K, K)(.) (l_1, m_1, u_1) = (Kl_1, Km_1, Ku_1) \quad (3.6)$$

Tersi

$$(\tilde{M}_1)^{-1} = (l_1, m_1, u_1)^{-1} \approx (1/u_1, 1/m_1, 1/l_1) \quad (3.7)$$

### 3.2.3. Bulanık sayılarda durulaştırma

Karar vericinin son kararı verebilmesi için çoğu zaman kesin değerlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaçla bulanık sayılarda durulaştırma işlemleri (defuzzification) gerçekleştirilmektedir. Literatür taraması sonucu birçok durulaştırma metodu ortaya konulduğu görülmüştür [26]. Bu metotlardan bazıları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Üyelik Fonksiyonunun En Yüksek Noktası Yöntemi
- Ağırlık Merkezi Yöntemi
- Ağırlıklı Ortalama Yöntemi
- Üyelik Fonksiyonunun En Yüksek Noktalarının Ortalaması (Aritmetik Ortalama) Yöntemi
- Toplamların Merkezi Yöntemi
- En Büyük Alan Merkezi Yöntemi
- İlk (ya da Son) Yükselti Yöntemi

### 3.3. Bulanık Analitik Hiyerarşi Proses

Bulanık küme teorisi temeline dayanan bulanık AHP ilk olarak Van Laarhoven ve Pedrycz tarafından 1983 yılında ortaya atılmıştır [30]. Belirsizlik durumlarında geleneksel AHP yöntemiyle karar vermek zor olduğundan, bulanık mantıkla AHP birleştirilerek bulanık AHP (BAHP) ortaya konmuştur. BAHP metodu belirsizlik içindeki yargıların modellenmesinde bulanık sayıları kullanır [31].

Karar vericiler için kesin değerler ile değil aralıklı değerlerde değerlendirme yapmak daha güvenilir olacaktır. Ayrıca BAHP’de karar vermek için kriterlerin ağırlıkları bulanık sayılar olarak belli bir aralıkta alındığından kararlarda daha rahat hareket edebilme imkânı olmaktadır. Bu da karar vericilere ana amaca ulaşmada değerlendirme yaparken kolaylık sağlamaktadır.

Bu durumda bulanık yaklaşım daha doğru bir karar verme süreci tanımlayabilmektedir.

### **3.3.1. Literatürde karşılaşılan bazı BAHP yöntemleri**

BAHP’nin klasik AHP’den farkı, ikili karşılaştırmalarda gerçek sayılar yerine dilsel değişkenler ve bulanık sayıların kullanılmasıdır. Bulanık sayılar kullanıldığı için çözüm yöntemleri de farklılık göstermektedir. İkili karşılaştırmalarda genellikle üçgensel ve yamuk bulanık sayılar tercih edilmektedir. Literatürdeki yöntemler şunlardır [32]:

- Van Laarhoven ve Pedrycz’nin Bulanık Yaklaşımı
- Buckley’nin BAHP Yaklaşımı
- Chang’ın Genişletilmiş Analiz Yöntemi
- Entropi Ağırlığına Dayanan Shannon Entropisi Yöntemi
- Üyelik Fonksiyonun Derecelendirme Değerine Dayanan Yöntem
- Dilsel Ağırlıklandırmaya Dayanan Yöntem

Bu çalışmada Von Laarhoven ve Pedrycz Yaklaşımı ile Buckley Yaklaşımından kısaca bahsedilip, Chang’ın Genişletilmiş Analiz Yöntemi ayrıntılı olarak incelenmiştir.

#### **3.3.1.1. Von Laarhoven ve Pedrycz yaklaşımı**

Von Laarhoven ve Pedrycz klasik AHP yönteminde sözel ifadelerin bulanık sayılarla doğrudan temsil edilmesini sağlayan bir algoritma önermiştir. Klasik AHP’de bulanıklık, doğrudan temsil edilmek yerine eşlenik matris kullanılarak dolaylı yol ile modellenir. Von Laarhoven ve Pedrycz’in önerdiği yöntemde AHP’de kullanılan eşlenik matrisin elemanları üçgen bulanık sayılarla gösterilir. Hesaplama adımları

AHP'dekilerle aynıdır. Bulanık ağırlıkları ve performans puanlarını elde etmek için Lootsma logaritmik en küçük kare yöntemi kullanılmıştır. Bulanık faydaları hesaplamada üçgen bulanık sayılar için geliştirilen aritmetik işlemler uygulanır. Ayrıca eşlenik matriste birden çok karar vericinin fikirleri modellenebilir [32].

### 3.3.1.2. Buckley yaklaşımı

Buckley 1985'de, Saaty'nin AHP yöntemini, bulanık karşılaştırma oranlarını dahil ederek genişletmiştir. Buckley, Laarhoven ve Pedrycz'in metodunun iki probleme bağımlı olduğuna dikkat çekmiştir. Bunlardan ilki, Laarhoven ve Pedrycz'in yönteminde yer alan lineer denklemlerin her zaman tek çözümünün olmamasıdır. Bir diğeri ise, ağırlıkların bulunmasında üçgensel bulanık sayıların kullanılması konusunda ısrar etmeleridir. Üçgensel bulanık sayılar üzerindeki cebirsel işlemlerin sonucu her zaman bir üçgensel bulanık sayı olmadığı için, Laarhoven ve Pedrycz bulanık sayının şeklini korumak için yaklaşık yöntemleri kullanmak zorunda kalmışlardır.

Buckley, bu zorlukların üstesinden gelebilmek için, bulanık ağırlıkları ve performans puanlarını elde etmek için geometrik ortalama metodunu kullanmıştır. Bu metodun kullanılmasının sebebi bulanık durumlara kolaylıkla genişletilebilmesi ve karşılıklı matrislerden tek çözüm elde edilmesini garantilemesidir. Buckley, karar vericiler tarafından ifade edilen bulanık oranları tanımlamak için üçgensel bulanık sayılar yerine yamuksal bulanık sayıları kullanmıştır [33].

### 3.3.1.3. Chang'in genişletilmiş analiz yöntemi

$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  bir ölçüt kümesi ve  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$  bir amaç kümesi olsun. Chang'in yöntemine göre, her bir ölçüt alınır ve her bir hedef için  $g_i$  değerleri oluşturulur. Böylece her bir ölçüt için  $m$  tane genişletilmiş analiz değerleri elde edilir. Bu değerler şu şekilde gösterilir:

$$M_{g_i}^1, M_{g_i}^2, \dots, M_{g_i}^m \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3.8)$$

Burada tüm  $M_{g_i}^j (j = 1, 2, \dots, m)$ 'ler üçgensel bulanık sayılardır.

Chang'in Genişletilmiş Analiz Yöntemi'nin adımları şu şekilde özetlenebilir:

- Adım 1: nesne için bulanık büyüklük değeri şu şekilde tanımlanır [31]:

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \otimes \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} \quad (3.9)$$

Buradaki  $\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j$  değerini elde etmek için m mertebe analiz değerine aşağıda görüldüğü gibi bulanık toplama işlemi uygulanır.

$$\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left( \sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j \right) \quad (3.10)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left( \sum_{i=1}^n l_i, \sum_{i=1}^n m_i, \sum_{i=1}^n u_i \right) \quad (3.11)$$

Daha sonra yukarıdaki vektörün tersi şu şekilde hesaplanır:

$$\left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} = \left( \frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right) \quad (3.12)$$

- Adım 2:  $M_2 = \{l_2, m_2, u_2\} \geq M_1 = \{l_1, m_1, u_1\}$  'nin olabilirlik derecesi şu şekilde tanımlanmaktadır [32]:

$$V(M_2 \geq M_1) = \sup_{y \geq x} \left[ \min \mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y) \right] \quad (3.13)$$

Şu şekilde ifade etmekte mümkündür:

$$V(M_2 \geq M_1) = \text{yükseklik}(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_1}(d) \left\{ \begin{array}{l} 1, \quad \text{eğer } m_2 \geq m_1 \\ 0, \quad \text{eğer } l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, \quad \text{diğer} \end{array} \right\} \quad (3.14)$$

$M_1$  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 3: Bir konveks bulanık sayının k tane konveks bulanık sayıdan  $M_i$  ( $i = 1, 2, \dots, k$ ) büyük olmasının olabilirlik derecesi şu şekilde tanımlanır [80]:

$$\begin{aligned} V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) &= V[(M \geq M_1) \text{ve} (M \geq M_2) \text{ve} \dots \text{ve} (M \geq M_k)] \\ &= \min V(M \geq M_i), \quad i = 1, 2, \dots, k \\ d'(A_i) &= \min V(S_i \geq S_k) \end{aligned} \quad (3.15)$$

olduğunu varsayalım,  $k = 1, 2, \dots, n; k \neq 1$  için ağırlık vektörü aşağıdaki gibidir.

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T \quad (3.16)$$

Burada  $A_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) n sayısı kadardır.

- Adım 4: Normalize edilmiş ağırlık vektörleri aşağıdaki gibidir. Burada W, bulanık olmayan bir sayıdır.

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T \quad (3.17)$$

### 3.4. Bulanık TOPSIS

Bulanık TOPSIS yöntemi, bulanık ortamlarda grup kararı vermeye yardımcı olan bir yöntemdir. Yöntemin uygulanabilmesi için karar vericilere, karar kriterlerine ve alternatiflere ihtiyaç duyulur. Karar vericiler, karar kriterleri ve alternatiflerle ilgili düşüncelerini sözel olarak ifade ederler.

Bulanık TOPSIS yönteminin temelinde karar vericilerin alternatifleri değerlendirirken kullandıkları karar kriterlerinin farklı ağırlıklara sahip olabilmesi yatar. Bulanık TOPSIS yöntemi yardımıyla karar vericilerin karar kriterleri ve alternatifler hakkındaki değerlendirmeleri üçgen veya yamuk bulanık sayılara dönüştürülerek her bir alternatifin yakınlık katsayısı hesaplanır. Hesaplanan yakınlık katsayıları yardımıyla alternatifler sıralanır. Yöntem, alternatiflerin değerlendirilmesinde ortaya çıkan subjektifliğin grup kararı vermede ortaya çıkardığı sorunları ortadan

kaldırmakta ve daha doğru kararlar verme imkânı sağlamaktadır. Çalışmada Chen tarafından geliştirilen Bulanık TOPSIS yöntemi üzerinde durulacaktır [11].

Bulanık TOPSIS yöntemi, dilsel belirsizliğin olduğu ve grup kararı vermeyi gerektiren problemlerin çözümünde oldukça kullanışlıdır. Karar vericiler, karar kriterlerinin önem düzeyini ve bu karar kriterlerine göre her bir alternatifi değerlendirirler.

Kullanılan dilsel değerler ve bu dilsel değerlerin üçgen bulanık sayılar olarak karşılıkları Tablo 3.2 ve Tablo 3.3'deki gibidir.

Tablo 3.2. Kriter değerlendirilmesinde kullanılan dilsel değerler ve üçgen bulanık sayılar olarak karşılıkları

Çok Yüksek	ÇY	(0,9,1,1)
Yüksek	Y	(0,7,0,9,1)
Orta Yükseklikte	OY	(0,5,0,7,0,9)
Orta	O	(0,3,0,5,0,7)
Orta Düşüklükte	OD	(0,1,0,3,0,5)
Düşük	D	(0,0,1,0,3)
Çok Düşük	ÇD	(0,0,0,1)

Tablo 3.3. Alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan dilsel değerler ve üçgen bulanık sayılar olarak karşılıkları

Çok İyi	Çİ	(9,10,10)
İyi	İ	(7,9,10)
Orta İyilikte	Oİ	(5,7,9)
Makul	M	(3,5,7)
Orta Zayıflıkta	OZ	(1,3,5)
Zayıf	Z	(0,1,3)
Çok Zayıf	ÇZ	(0,0,1)

Her bir kriterin önem ağırlığı direk atama yoluyla elde edilebilir. Bu çalışmada karar vericilerin kriterlerin önemini ve çeşitli kriterlere göre alternatifleri değerlendirmede dilsel değişkenleri kullanmaları önerilmiştir.

Bulanık TOPSIS adımları aşağıdaki gibidir [34]:

Bir karar grubunda  $K$  tane kişinin olduğunu kabul edelim. Bu durumda, her bir kritere göre alternatifleri değerlendirilme Denklem (3.18) ile kriterlerin öneminin hesaplaması ise Denklem (3.19) ile yapılır.

$$x_{ij} = \frac{1}{K} \left[ x_{ij}^1(+)x_{ij}^2(+) \dots (+)x_{ij}^K \right] \quad (3.18)$$

$$w_{ij} = \frac{1}{K} \left[ w_j^1(+)w_j^2(+) \dots (+)w_j^K \right] \quad (3.19)$$

Burada,  $x_{ij}^K$  ve  $w_j^K$ ,  $K$ . karar vericinin değerlendirmesi ve önem ağırlığıdır.

Daha önce belirtildiği gibi, bir bulanık ÇKVV problemi matris formatında Denklem (3.20) ve Denklem (3.21) de gösterildiği gibi ifade edilir.

$$D = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mm} \end{bmatrix} \quad (3.20)$$

$$W = [w_1, w_2, \dots, w_n] \quad (3.21)$$

Burada,  $\forall i, j$  için  $x_{ij}$  ve  $j=1,2,\dots,n$  için  $w_j$  dilsel değişkenlerdir. Bu dilsel değişkenler  $x_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$  ve  $w_j = (w_{j1}, w_{j2}, w_{j3})$  gibi üçgensel bulanık sayılar ile tanımlanabilir. Çeşitli kriter ölçeklerini bir karşılaştırılabilir ölçege dönüştürebilmek için, lineer ölçek dönüşümü kullanılır. Böylece  $R$  ile ifade edilen normalize bulanık karar matrisi elde edilir.

$$R = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n} \quad (3.22)$$

$B$  ve  $C$  sırasıyla fayda kriterlerinin ve maliyet kriterlerinin bir kümesidir ve aşağıdaki gibi gösterilir.



$$\tilde{r}_{ij} = \left( \frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*} \right), \quad j \in B \quad (3.23)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left( \frac{a_j^-}{a_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{c_{ij}} \right), \quad j \in C \quad (3.24)$$

$$c_j^* = \max_i c_{ij} \quad j \in B \quad (3.25)$$

$$a_i^- = \min_j a_{ij} \quad j \in C \quad (3.26)$$

Yukarıda bahsedilen normalleştirme yöntemi, normalleştirilmiş üçgensel bulanık sayıların değerleri  $[0,1]$  aralığına aittir özelliğini korur. Her bir kriterin farklı önemlerini dikkate alarak, ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi Denklem (3.27) deki gibi oluşturulur. Denklemde  $\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij}(\cdot)w_j$  'dir.

$$V = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (3.27)$$

Ağırlıklı normalize bulanık karar matrisine  $\tilde{v}_{ij}$ ,  $\forall i, j$  elemanları normalleştirilmiş pozitif üçgensel bulanık sayılardır ve değerleri de  $[0,1]$  kapalı aralığına aittir.

Bulanık pozitif ideal çözüm ( $A^*$ ) ve bulanık negatif ideal çözüm ( $A^-$ ) Denklem (3.28) ve Denklem (3.29) daki gibi tanımlanır.

$$A^* = (\tilde{v}_1^*, \tilde{v}_2^*, \dots, \tilde{v}_n^*) \quad (3.28)$$

$$A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^-) \quad (3.29)$$

Burada  $\tilde{v}_j^* = (1,1,1)$  ve  $\tilde{v}_j^- = (0,0,0)$   $j = 1, 2, \dots, n$  'dir.

Karar kriteri sayısı kadar  $\tilde{v}_j^* = (1,1,1)$  ve  $\tilde{v}_j^- = (0,0,0)$  vardır.

Her bir alternatifin  $A^*$  ve  $A^-$  'den uzaklığı Denklem (3.30) ve Denklem (3.31) ile hesaplanır.

$$d_i^* = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^*), \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (3.30)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-), \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (3.31)$$

Burada,  $d(.,.)$  iki bulanık sayı arasındaki uzaklık ölçümüdür ve Vertex Metodu yardımıyla hesaplanır. Örneğin  $\tilde{m}$  ve  $\tilde{n}$  gibi iki bulanık sayı arasındaki uzaklığın hesaplanması Denklem (3.32) de gösterilmiştir:

$$d(m, n) = \sqrt{\left(\frac{1}{3}(m_1 - n_1)^2 + (m_2 - n_2)^2 + (m_3 - n_3)^2\right)} \quad (3.32)$$

Yakınlık katsayısı, bütün alternatiflerin sıralama derecesini belirlemek için tanımlanır. Her bir alternatifin yakınlık katsayısı Denklem (3.33) ile hesaplanır.

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-}, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (3.33)$$

$CC_i$ , 1'e yaklaştıkça  $A_i$  alternatifi bulanık pozitif ideal çözüme ( $A^*$ ) yaklaşır, bulanık negatif ideal çözümden ( $A^-$ ) uzaklaşır. Dolayısıyla, yakınlık katsayısına göre bütün alternatiflerin sıralama derecesi belirlenir ve bir uygun alternatifler kümesi arasından en iyisi seçilir.

Bulanık TOPSIS yönteminin algoritması aşağıda verilmektedir [34]:

- Adım 1: Karar vericilerden oluşan bir jüri oluşturulur ve karar kriterleri belirlenir.
- Adım 2: Karar vericiler karar kriter ağırlıklarını değerlendirirler, değerlendirmeler üçgen bulanık sayılara dönüştürülür.
- Adım 3: Karar vericiler, alternatifleri karar kriterlerine göre değerlendirirler, değerlendirmeler üçgen bulanık sayılara dönüştürülür.
- Adım 4: Bulanık ağırlıklar matrisi elde edilir.
- Adım 5: Bulanık karar matrisi oluşturulur.
- Adım 6: Normalize bulanık karar matrisi elde edilir.
- Adım 7: Ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi elde edilir.

- Adım 8: Her bir alternatifin Fuzzy Pozitif İdeal Çözüm (FPIÇ) ve Fuzzy Negatif İdeal Çözüm (FNIÇ)'den olan uzaklıkları hesaplanır.
- Adım 9: Alternatiflerin yakınlık katsayıları bulunur ve alternatifler sıralanır.

Karar verici de bu sıralamaya dayanarak en uygun kararı verir ve gerekli planlamayı gerçekleştirir.

## 4. UZAKTAN EĞİTİM

### 4.1. Giriş

Bilgisayar ağları, uydu iletişimi gibi bilgi teknolojilerinin hızlı bir şekilde yayılması ile insan yaşamında birçok şey değişmiştir. Bilgisayar ve internet teknolojileri sayesinde her alanda olduğu gibi eğitim alanında da değişiklik olmaya başlamıştır. Bu süreçte en önemli değişim klasik yüz-yüze eğitime alternatif olarak geliştirilen uzaktan eğitimidir. Uzaktan eğitim yüz-yüze eğitime destek amaçlı geliştirilmesine rağmen çok fazla uygulama alanına sahip olmuş hatta gelecekte klasik yüz-yüze eğitimin yerini alacağı düşünülmektedir [35].

Uzaktan eğitim kavramı için birbirine benzer çok sayıda tanım yapılmıştır. Bunlardan en kapsamlı olanı, United States Distance Learning Association (USDLA)'ın tanımı da şu şekildedir:

“Uzaktan eğitim uydu, video, ses, grafik, bilgisayar, çoklu ortam teknolojisi gibi araçların yardımıyla, eğitimin uzaktaki öğrencilere ulaştırılmasıdır. USDLA, öğretmen ve öğrencinin birbirlerinden coğrafi olarak uzak olduğunu belirterek bu eğitim programında elektronik araçların ya da yazılı materyal ve matbu malzemelerinin kullanılması gerektiğinin altını çizer. Uzaktan eğitim; öğretmenleri içine alan öğretim ile öğrencileri içine alan öğrenim olmak üzere iki temel bölümden oluşmaktadır”.

Uzaktan eğitimin temel amaçları aşağıdaki gibi sıralanabilir [35]:

- Eğitimi Kolaylaştırmak: Zaman ve mekân sınırlaması olan öğrencilere öğrenim imkânı sağlamak.
- Öğrenim Maliyetlerini Azaltmak: Daha fazla öğrenciye hitap ederek, eğitim öğretim maliyetlerinin azaltmak, yol maliyetlerini azaltmak.
- Yetişmiş Eleman Sıkıntısını Azaltmak: Alanında ün yapmış araştırmacı ve eğitimcilerin daha büyük kitlelere ders vermelerini sağlamak.
- Özel Eğitim İmkânı Sunmak: Klasik eğitimi almaya engelleri olanlara imkân sunmak.

## **4.2. Uzaktan Eğitimin Özellikleri**

Uzaktan eğitimde öğrenenlerin, öğreticilerin ve öğrenme kaynaklarının zaman ve/veya mekân açısından bir arada olmamaları nedeniyle aralarındaki iletişimin etkileşimli telekomünikasyon teknolojileri ile gerçekleştirilmesi, yüz yüze eğitime göre farklı öğrenme-öğretme strateji, yöntem ve tekniklerinin kullanılmasını gerektirmektedir.

Uzaktan eğitim; derslerin yönetimi, öğretici rolleri, öğretim tasarımı, etkileşim stratejileri, öğrenenlere verilen destek sistemleri, değerlendirme süreçleri ve genel idari hizmetler açısından yüz yüze eğitime göre farklılık göstermektedir.

Uzaktan eğitim maliyetleri azaltarak, öğrenci erişimini artırarak ve aynı zamanda rekabetçiliği koruyarak öğrencilere yeni fırsatlar sunmaktadır [36]. Bu özellik de farklı coğrafyada, ekonomik sınıfta ve kültür düzeyinde bulunan öğrenciler için fırsat eşitliği sağlamaktadır.

Uzaktan eğitimde ders tasarımında içerik, çalışma rehberleri, öğretim izlemeleri ve diğer materyaller öğrencilerin kendi kendilerine öğrenmelerini kolaylaştıracak şekilde özel olarak tasarlanmakta; bu amaçla materyallerde birtakım etkileşimli etkinliklere yer verilmektedir.

Derslerin tasarımı genellikle takımlar veya ekipler tarafından yapılmakta; bu ekipler içerik uzmanları, öğretim tasarımcıları, teknoloji ve ortam uzmanları, grafik tasarımcıları, değerlendirme uzmanları gibi birçok uzmandan oluşmaktadır [37].

## **4.3. Uzaktan Eğitimin Tarihsel Gelişimi**

Tarih içerisinde yazının bulunmasıyla başlayan eğitim süreci, teknolojinin ve internetin gelişmesiyle başlayan uzaktan eğitim serüveni mektup, radyo, TV, kaset, CD, web sayfalarıyla beraber günümüzde gelişmiş veya gelişmekte olan hemen hemen her ülkede aktif olarak kullanılmaktadır [38].

Aşağıda uzaktan eğitimin tarihsel gelişimi sıralanmıştır [35]:

- 1728-İlk uzaktan eğitim çalışması Boston gazetesinde Steno dersleri ile başlamıştır.
- 1833-İsveç Üniversitesinde hanımlara mektupla Kompozisyon dersleri verilmiştir.
- 1856-Fransız Charles Toussaint ve Alman Gustav Langenscheidt Berlin’de mektup ile eğitim okulu kurmuştur.
- 1892-Chicago Üniversitesi’nde ilk Mektupla Eğitim bölümü açılmıştır.
- 1898-İsveç’te kurulan ve uzaktan eğitimde dünyanın önde gelen kurumlarından olan Hermands kurulmuştur. Bu kurumda dil eğitimi yapılmıştır.
- 1906-Yazışmalı İlköğretim ABD’de başlamıştır.
- 1919-ABD’de ilk eğitim ile ilgili radyo istasyonu kurulmuştur.
- 1920-ABD’de 176 tane eğitim amaçlı radyo istasyonu kurulmuştur.
- 1923-ABD’de mektupla lise eğitimi başlamıştır.
- 1930’larda uzaktan eğitimde en ileride olan ülkelere Avustralya ve Yeni Zelanda’da eğitim programları radyo üzerinden yayınlanmaya başlanmıştır.
- 1932-1937’lerde ABD’de eğitim televizyonu yayınları Iowa Üniversitesinde başlamıştır.
- 1935’te Avustralya’daki tüm okulların %21’i radyo kanalıyla uzaktan eğitimi uygulamışlardır. Bu oran 1950’lerde %90’lara yükselmiştir. 1939 Fransa’da savaş yıllarında uzaktan eğitim ile öğrencilerin eğitimini sağlamıştır.
- 1956 yılında eğitim programlarının okullara sunulması için Sydney ve Melbourne kentlerinde televizyon kullanılmaya başlandı.
- 1960-İngiltere’de British Open University açılmıştır.
- 1972 yılında İspanya’da radyo yayınları kullanan Universidad de Educación’a Distancia kuruldu.
- 1977-Norveç vatandaşlıkla ilgili konular üzerine dersler hazırlayan Uzaktan Eğitim Enstitüsü’nü kurdu.
- 1984-ABD’de NTU (National Technological University) 1984 yılında sekiz üniversite işbirliği ile yüksek lisans programı açarak öğrenime başlamıştır.
- 1985 ve 1986’da yerel haberleşme uyduları fırlatılarak Avustralya’da uydu tabanlı yüksek öğrenim dersleri verilmeye başlandı.

#### **4.4. Uzaktan Eğitim ile Yüz Yüze Öğrenme Arasındaki Farklar**

Uzaktan eğitimin yüz yüze öğrenmeden temel farklılığı, teknoloji kullanımı olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu farklılıklar olarak şunlar söylenebilir [35]:

- Zaman veya yer sıkıntısı olmadan eğitimin devam etmesi,
- Eğitimci ile eğitim alan kişilerin aynı ortamda bulunmamaları,
- Ders materyallerinin farklı olması,
- Uzaktan eğitimin daha geniş kitlelere hitap etmesi,
- Uzaktan eğitimin teknoloji ile daha fazla ilişkili olması,
- Değerlendirme sistemlerinin farklı olması.

#### **4.5. Uzaktan Eğitimin Avantajları**

Uzaktan eğitimin sağladığı avantajlar aşağıdaki gibi sıralanabilir [39]:

- Birey öğrenme kapasitesine göre konuyu istediği yerde, istediği hızda ve derinlikte öğrenebilir.
- Birey bir seferde ne kadar çalışmak istediğine karar verebilir, dinlenme aralarını belirleyebilir ve önceden öğrendiklerini gözden geçirebilir.
- İnteraktif bir ortam sayesinde öğrenime katılanlar arasındaki etkileşimi artırarak bilgi ve birikimlerin paylaşılmasına olanak verir.
- İstenilen yer ve zamanda birey tarafından eğitimin alınmasına olanak verir.
- Öğrenim giderlerinde önemli bir yer tutan ulaşım ve diğer harcamaları önemli derecede azaltır.
- Bireyin belli bir zaman biriminde ihtiyaç duyduğu bilgiye anında erişmesine olanak verir.
- Edinilen bilgilerin hızlı bir şekilde hayata geçirilmesine yardımcı olur.
- Teori, araştırma ve vaka analizleri ile pratik hayat arasında ilişki kurulmasını sağlar ve edinilen bilgilerin hızlı bir şekilde uygulanmasına imkân verir.
- Sunduğu seçenekler yardımıyla bireye özgü öğrenme imkânı sağlayarak öğrenme kapasitesini artırır.
- Klasik sınıf öğrenimine göre daha az rahatsız edici bir ortam sunar.

- Öğrenim materyallerinin uygunluğu ve doğruluğunun sürekli olarak gözden geçirilip gerekli değişikliklerin daha hızlı yapılmasına imkân verir.
- Web üzerindeki zengin işitsel ve görsel tasarımlar yoluyla öğrenimi çekici hale getirir ve öğrenmeyi artırır.
- Bilgi ve birikimlerin hızlı bir şekilde elde edilmesi ile çalışanların hızla değişen iş dünyasına uyumunu artırır.

#### **4.6. Uzaktan Eğitimin Dezavantajları**

Uzaktan eğitimin başarısı, kullanılan araçlarda çıkabilecek muhtemel problemler ile yakından ilgilidir. Milyarlarca dolar harcanarak kurulan sistemlerin dahi kesintisiz hizmet vermekten uzak olması, uzaktan eğitimin dezavantajları konusunda temel bir fikir sağlayabilir. Bu dezavantajlardan aşağıda bahsedilmiştir [39]:

- Öğrencilerin, okul ve sınıf atmosferinden yararlanamamaları,
- Öğrencilerin esastan çok teknoloji üzerinde yoğunlaşması,
- Sürekli olan teknolojik gelişmelerden dolayı teknik altyapının son seviyesinde güncellenmesinin zor olması,
- Öğrencilerin uzaktan eğitim ortamında başarılı olabilmeleri için bilgisayar ve internet kullanımı yeterliliğinin (bilgisayar okur-yazarlık, e-okur-yazarlık) gerekli olması,
- Beceri tutuma yönelik davranışların gerçekleşmesinde etkili olmaması,
- Uzaktan eğitimde, eğitim ortamlarında önemli görülen yüz yüze etkileşim ortam ve olanakları yoktur. Bu sebeple öğrencilerin sosyalleşmesi için yeterli ortamın olmaması,
- Uzaktan eğitimde eğitim esnasında öğrenmede karşılaşılan sıkıntıların anında çözümlenememesi,
- Uzaktan eğitim esnasında fazla kullanıcının bağlanmasında veya yaşanan teknik sorunlarda anında çözüm üretilmemesi,
- Öğrencilerin (özellikle de küçük yaştaki öğrencilerin) canlı ve cansız arasındaki farkı ayırt etmelerini zorlaştırılabilmesi, duygusal alanda körleşmesine neden olabilmesi ve onları yalnızlığa itebilmesidir.



#### **4.7. Web Tabanlı Uzaktan Eğitim**

Web Tabanlı Uzaktan Eğitim (WTUE) sistemi internet veya intranete dayalı teknolojiler kullanılarak yönetilen, web tarayıcısında görüntülenebilen eğitim faaliyetleri olarak tanımlanabilir.

WTUE sistemi, içerisinde kullanıcıların tanımlanması ve yönetilmesi, ders içeriklerinin yönetilmesi, ödev sistemi, sınav uygulama sistemi, öğrenci davranışlarının izlenmesi, öğrenci başarı durumlarının değerlendirilmesi ve iletişim araçlarının yönetilmesi gibi işlevleri barındıran bir yazılım sistemidir [40]. WTUE, Öğrenim Yönetim Sistemi (ÖYS) adı verilen özel yazılımlarla sağlanmaktadır.

##### **4.7.1. Dünya’da web tabanlı uzaktan eğitim**

Günümüzde dünyanın birçok bölgesinde WTUE yaygın bir şekilde hizmet vermektedir. Aşağıda dünyada web tabanlı eğitim veren üniversitelere örnekler verilmiştir.

Amerika’da Massachusetts Institute of Technology (MIT) üniversitesi herkese açık uzaktan eğitim sistemi ile birçok programda öğrencilere hizmet vermektedir. Her türlü internet kullanıcılarına açık olan bu eğitim hizmetinde katılımcı herhangi bir kayıt işlemi yapmadan tamamen serbest bir şekilde kurslara katılıp, sınavlara girebilir.

Dünyanın sayısı üniversiteleri arasında bulunan Harvard Üniversitesi uzaktan eğitim programına bakıldığında açılmış olan 100’den fazla kurs ile birçok öğrenciye hizmet vermektedir.

Berkeley Üniversitesi (Amerika), Hollanda Açık Üniversitesi, CNED Ulusal Eğitim Merkezi (Fransa), Unisa Güney Afrika Üniversitesi, Sukhothai Thammathirat Açık Üniversitesi (Tayland), Tsinghua Üniversitesi (Çin) uzaktan eğitim veren diğer üniversitelerdir.

#### **4.7.2. Türkiye’de web tabanlı uzaktan eğitim**

Teknolojinin hızla gelişmesi, eğitimi yeni boyutlara taşımış ve e-eğitim dediğimiz uzaktan eğitim veren kurumların da yaygınlaşmasını sağlamıştır. E-eğitim ülkemizde okuyamayan birçok öğrenciye de eğitim alanında yeni bir kapı açmıştır. Özellikle üniversiteler uzaktan eğitim yolu ile daha çok öğrenciye ulaşmıştır.

Ülkemizde web tabanlı uzaktan eğitim ilk olarak 1998 yılında ODTÜ’nün IDEA’yı (İnternete Dayalı Asenkron Eğitim) hayata geçirmesiyle başlamıştır. 2000 yılında ise Sakarya Üniversitesi’nde Bilgisayar Teknolojisi ve Programlama ile Bilgi Yönetimi Önlisans Programları açılmıştır. 2001 yılında Bahçeşehir Üniversitesi ile Türkiye’de IP Multicast tabanlı uzaktan eğitim sistemi ilk kez kullanılmaya başlanmıştır, 2003-2004 öğretim yılında ise Mekatronik ve Endüstriyel Elektronik bölümleri açılmıştır.

Türkiye’de lisansa seviyesinde uzaktan eğitime ilk kez 2008-2009 akademik yılında Sakarya Üniversitesi tarafından başlanmıştır. Endüstri Mühendisliği, İnsan Kaynakları ve Bilgisayar Mühendisliği bölümlerinde, %70 internet üzerinden, %30 örgün olacak şekilde uzaktan eğitime başlanmıştır.

Web Tabanlı Uzaktan Eğitim Türkiye’de birçok üniversite tarafından kullanılmaktadır. Türkiye’de ön lisans uzaktan eğitim programına sahip bazı üniversiteler ve program örnekleri Tablo 4.1’de, lisans uzaktan eğitim programına sahip bazı üniversiteler ve program örnekleri Tablo 4.2’de ve yüksek lisans uzaktan eğitim programına sahip bazı üniversiteler ve program örnekleri Tablo 4.3’de listelenmiştir.

Tablo 4.1. Türkiye’de ön lisans uzaktan eğitim programı örnekleri

Üniversite	Program Adı
Afyon Kocatepe Üniversitesi	Bilgisayar Programcılığı Bilgi Yönetimi Bilgisayar Operatörlüğü Coğrafi Bilgi Sistemleri
Anadolu Üniversitesi	Bilgi Yönetimi Coğrafi Bilgi Sistemleri Eczane Hizmetleri Gıda Kalite Kontrolü ve Analizi Kimya Teknolojisi Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Tıbbi Laboratuar Teknikleri
Ankara Üniversitesi	Adalet Bankacılık ve Sigortacılık Bilgisayar Programcılığı Tıbbi Dokümantasyon ve Sekreterlik Turizm ve Otel İşletmeciliği
Gazi Üniversitesi	Bilgi Yönetimi Bilgisayar Programcılığı İşletme Yönetimi Lojistik Muhasebe ve Vergi Uygulamaları Otomasyon ve Kontrol Teknolojileri
İstanbul Üniversitesi	Adalet Bankacılık ve Sigortacılık Dış Ticaret
İstanbul Arel Üniversitesi	Bilgisayar Programcılığı
İstanbul Aydın Üniversitesi	Bilgisayar Programcılığı Turizm ve Otel İşletmeciliği
Karabük Üniversitesi	Bilgisayar Programcılığı Elektronik Teknolojisi İşletme Yönetimi Muhasebe ve Vergi Uygulamaları İş Sağlığı ve Güvenliği Çocuk Gelişimi Uygulamalı İngilizce ve Çevirmenlik
Kocaeli Üniversitesi	Halkla İlişkiler İşletme Yönetimi
Sakarya Üniversitesi	Bilgisayar Programcılığı İnternet ve Ağ Teknolojileri Mekatronik Elektronik Teknolojisi Bilgi Yönetimi İşletme Yönetimi

Tablo 4.2. Türkiye’de lisans uzaktan eğitim programı örnekleri

Üniversite	Program Adı
Ankara Üniversitesi	İlahiyat (Tamamlama)
İstanbul Üniversitesi	Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi
	Çalışma Ekonomisi ve Endüstri İlişkileri
	Ekonometri
	Halkla İlişkiler ve Tanıtım
Karabük Üniversitesi	İşletme
	Radyo, Televizyon ve Sinema
	Bilgisayar Mühendisliği
	Coğrafya
	Endüstri Mühendisliği
	İngiliz Dili ve Edebiyatı
	Matematik
Karadeniz Teknik Üniversitesi	Sosyoloji
	Tarih
Ondokuz Mayıs Üniversitesi	Türk Dili ve Edebiyatı
	Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi
Sakarya Üniversitesi	Ebelik (Tamamlama)
	İlahiyat (Tamamlama)
	Bilgisayar Mühendisliği
	Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri
	Çalışma Ekonomisi ve Endüstri İlişkileri
Karadeniz Teknik Üniversitesi	Endüstri Mühendisliği
	İnsan Kaynakları Yönetimi
	Uluslararası İlişkiler

Tablo 4.3. Türkiye’de yüksek lisans uzaktan eğitim programı örnekleri

Üniversite	Program Adı
Ankara Üniversitesi	Gazetecilik
	İnsan İlişkileri
	Sosyal Hizmet
Çukurova Üniversitesi	E-İşletme (MBA)
Gazi Üniversitesi	Bilişim Sistemleri
	Sağlık Bilişimi
	Yönetim Bilişim Sistemleri
İstanbul Üniversitesi	Enformatik
	Finansal Ekonometri
	Sermaye Piyasası Uzmanlığı
İstanbul Bilgi Üniversitesi	Müze Yönetimi
	E-İşletme (MBA)
Karabük Üniversitesi	Bilgisayar Mühendisliği (Tezsiz)
Karadeniz Teknik Üniversitesi	İşletme
	Eğitim Yönt. Teft. Plan. ve Ekonomisi
Kocaeli Üniversitesi	Tıbbi Acil Durum Yönetimi ve Afet Tıbbı
	E-İşletme (MBA)

#### 4.8. Öğretim Yönetim Sistemleri

E-öğrenme faaliyetlerinin daha sistemli ve planlı olarak gerçekleştirilebilmesi için özel yazılımlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu özel yazılımlara Öğretim Yönetim Sistemleri (ÖYS) adı verilmektedir. ÖYS, öğretim etkinliklerinin yönetimi, izlenmesi ve raporlaştırılması gibi işlemlere sahiptir.

ÖYS'lerde, öğrencilerin içeriğe erişmesi veya dersin öğrencilere ulaştırılması, öğrenci ve öğretmen arasındaki etkileşimlerin yönetilmesi, izlenmesi, raporlandırılması sağlayan yazılım bileşenleri bulunmaktadır. ÖYS'ler uzaktan eğitim teknolojilerinin gelişmesine paralel olarak bu yazılım bileşenleri güncelleyerek yeni modüller ve yeni eklentiler sağlayabilmektedir [41].

İnternet üzerinden zamana bağlı olmadan ders materyali oluşturma, bu materyallerin öğrenciler tarafından izlenip paylaşılabilmesi, tartışılabilmesi, ders materyallerinin düzenlenip güncellenmesi, derslere kayıt olma, sınavlara girme, ödevleri paylaşabilme, öğrenci, öğretmen ve her türlü sistem kaydının tutulması ve raporlanması, devamsızlıkların takip edilmesi gibi olanakların ağ üzerinden otomatik olarak gerçekleştirmek ÖYS yazılımlarının fonksiyonları arasındadır.

ÖYS kullanan kurumlardan biri de üniversiteler olup; ÖYS'ler daha çok uzaktan eğitim yapan birimlerde tercih edilmektedir. Kurumlarda uzaktan eğitimin yaygınlaşmasında ÖYS'nin kullanılması ve yaygınlaşması önemli bir etken olmaktadır.

ÖYS'nin eğitim ve öğretim faaliyetlerine yüksek düzeyde fayda sağlayabilmesi için aşağıdaki özelliklere sahip olması gerekmektedir [42]:

- Birlikte Çalışabilirlik (Interoperability): Farklı kaynaklardan alınan içeriklerin birleştirilmesi; farklı sistemlerde çalıştırılabilmesi; farklı sistemlerin birbirleri ile iletişim kurması ve etkileşimidir.
- Yeniden kullanılabilirlik (Re-usability): E-Öğrenme içeriğini oluşturan bilgi nesnelerinin (metin, grafik, ses, animasyon, video, kod, ...) yeniden kullanılabilir olması, bu nesnelerin bir araya getirilerek farklı bir öğrenme nesnesine dönüşebilmesidir.

- Yönetilebilirlik (Manageability): Kullanıcıya ya da içeriğe ait bir bilginin eğitim yönetim sistemi tarafından izlenmesidir.
- Ulaşılabilirlik (Accessibility): Kullanıcının bir öğrenme nesnesine ne zaman isterse ulaşabilmesidir.
- Devamlılık (Durability): Teknolojik bir gelişmenin; örneğin içerik üretilirken kullanılan bir aracın yeni bir sürümünün çıkmasının, yeniden tasarım ya da kodlama gerektirmemesidir.
- Ölçeklenebilirlik (Scalability): Teknolojinin kullanıcı sayısında, ders sayısında ya da içerikte muhtemel bir artışı kaldırabilecek nitelikte olmasıdır.

#### **4.8.1. Açık kaynak kodlu ÖYS'ler**

Günümüzde e-öğrenme yazılımları üreten şirketlerin geliştirdikleri öğretim yönetim sistemlerinin yanı sıra açık kaynak kodlu pek çok öğretim yönetim sistemi de bulunmaktadır. Ticari ÖYS'ler belli bir bedel karşılığında genel olarak kapalı kaynak kodları ile satılırken açık kaynak kodlu ÖYS'ler ise genelde ücretsiz ve açık kaynak kodları ile birlikte dağıtılmaktadır. Ticari ÖYS'lerin arkasında belli bir ticari kurum bulunmakta, tüm destek ve kurulum hizmetlerini verebilmektedir. Açık kaynak kodlu sistemlerde ise belli bir topluluk tarafından paketler halinde hazırlanmakta ve dağıtımı gerçekleştirilmektedir. Bu sistemler açık kaynak kodlu sistemler olduğu için geliştirmesi daha kolay ve hızlı olabilmekte ve ihtiyaca göre daha uygun şartlarda özelleştirilebilmektedir [43].

Açık kaynaklı yazılımlar sayesinde e-öğrenmenin geleneksel öğrenme ortamlarına göre en büyük dezavantajı olan maliyet unsuru büyük ölçüde ortadan kalkmaktadır.

Açık kaynak kodlu ÖYS'lerin avantajlarını 4 başlık altında toplanabilir [44]:

- Üretici Firmadan Bağımsızlık: Kaynak kodunun açık olması yazılım üzerinde istenmeyen değişiklikler gerçekleştirebilen, kullanılan bir uygulama için desteğini kaldırabilen, fiyatları yükseltebilen ve işi geliştirmeyi bırakabilen bir yazılım firmasına bağımlılık riskini ortadan kaldırır.
- Kullanıcı Gereksinimine Duyarlılık ve Esneklik: Açık kaynak kodlu ÖYS'ler kapalı kaynak kodlu yazılımlardan çok daha sık surelerde yenilenirler. Bu

değişiklikler çoğunlukla ve kapalı kaynak kodlu yazılımlardan çoklukla yazılımı kullanan ve geliştiren topluluğun isteklerini yansıtır.

- Yenilikçiliğin Desteklenmesi: Açık kaynak kodlu ÖYS'lerin üretim süreçleri bütün yaratıcı düşüncelere açık olarak geliştirilir, böylece her katkı verici eşit söz hakkıyla öneri getirip yenilikçi fikirlerini ürüne yansıtabilir.
- Kullanıcı Bilgi Güvenliği: Açık kaynak kodlu ÖYS'ler kullanıcılarına gereksinimleri düzeyinde bilgi güvenliği sağlarlar. Kullanıcıların kapalı kaynak kodlu yazılımları kullanırken hiçbir zaman kodun tam olarak ne yaptığını bilemeyeceklerinden dolayı güvenlikleri konusunda kesin bir bilgileri yoktur.

Açık kaynak kodlu yazılımlara ATutor, ADA, Claroline, Dokeos, Ilias, Moodle, Olat, Quasar, Sakai, TinyLMS, Jones e-education, Kewl-Nextgen, Fle3, Openelms gibi yazılımlar örnek olarak gösterilebilir.

## 5. UZAKTAN EĞİTİM ÖĞRETİM YÖNETİM SİSTEMİ SEÇİMİ ÜZERİNE BİR UYGULAMA

### 5.1. Giriş

Teknolojinin hızlı bir şekilde ilerlemesi değişen klasik eğitimin yanında web tabanlı eğitime olan ilgiyi artırmıştır. Artan bu ilgi araştırmacıları bu konu üzerinde çalışmaya ve yeni ufuklar açmaya itmiştir. ÖYS değerlendirmeleri üzerine yapılmış bazı çalışmalar şöyledir:

Ozan [42] tarafından Öğrenme Yönetim Sistemlerinin değerlendirilmesi üzerine bir çalışma yapılmıştır. Reis ve diğ. [43] açık kaynak kodlu öğrenme yönetim sistemleri üzerine bir karşılaştırma çalışması yapmışlardır. Aydın ve Biroğul [44] ÖYS'lerin içermesi gereken özellikleri tespit edip bazı ÖYS'leri bu özellikler bakımından değerlendirmişlerdir.

Kaya [45] tarafından yapılan bir çalışmada Türkiye ve Kuzey Kıbrıs'taki üniversitelerde kullanılan ÖYS'ler araştırılmıştır. Shee, ve Wang [46] AHP kullanarak web tabanlı e-öğrenim değerlendirilmesi için önemli olan faktörleri bulmuşlardır. Colace ve De Santo [47] AHP ile E-öğrenim platformlarını değerlendirmişlerdir. Alshomrani [48] tarafından yapılan çalışmada bazı ÖYS'ler teknik özellikleri açısından değerlendirilmiştir.

Chao ve Chen [49] ÖYS değerlendirme kriterlerini ve ÖYS etkinliklerini bulanık çok kriterli karar verme ile analiz etmişlerdir. Chen ve Li [50] uzaktan eğitim sistemi alternatiflerini BAHF ile değerlendirmişlerdir. Yapılan bir başka çalışmada ise Çavuş [51] bulanık mantık algoritmasıyla Öğretim Yönetim Sistemleri değerlendirilmiştir.

Bu çalışmada ÖYS seçimi için önce BAHF uygulaması daha sonra Bulanık TOPSIS uygulaması ve son olarak ikisinin entegre edildiği bir yöntemle uygulama yapılmıştır.



## **5.2. Bulanık AHP Uygulaması**

Bu çalışmada Chang'ın Derece Analiz Yöntemiyle ÖYS'ler değerlendirilmiştir. BAHP uygulaması MS Excel programında yapılmıştır.

### **5.2.1. Karar grubu oluşturma**

Bu çalışmada 5 kişiden oluşan karar grubundan yararlanılmıştır. Karar grubu oluşturulurken farklı üniversitelerin uzaktan eğitim biriminde çalışan uzmanlar tercih edilmiştir.

### **5.2.2. Değerlendirme kriterlerinin belirlenmesi**

Her ne kadar iyi bir ÖYS yazılımının sahip olması gereken özellikler konusunda araştırmalar yapılmış, kriterler belirlenmeye çalışılmış ise de, çok hızlı gelişen teknolojiyle birlikte öğrencilerin beklentilerinin ve ihtiyaçlarının artması, eğitimlerin yönetilmesinde, sunulmasında, değerlendirilmesinde yeni teknolojilerin ortaya çıkması bu kriter ve özelliklerin tekrar gözden geçirilmesini, yeni ihtiyaçların belirlenmesini vazgeçilmez kılmıştır.

Bu çalışmada, ÖYS'lerin değerlendirilmesi konusunda daha önce yapılan çalışmalar incelenerek ideal bir ÖYS'nin sahip olması gereken kriterler ortaya konulmuştur. Geliştirilen bu kriterler listesinin ÖYS seçimlerinde kurumlara yararlı olacağı düşünülmektedir.

Çalışmanın bu aşamasında çeşitli ÖYS'ler incelenmiş, kullanıcılarla görüşülmüş, uzman görüşlerinden ve literatürdeki diğer çalışmalardan yararlanılarak ÖYS değerlendirme kriterleri oluşturulmuş ve bunlar aşağıda listelenmiştir:

1. Kullanım Kolaylığı: Kullanıcı ile dost arayüz, sistem kurulum kolaylığı, ÖYS içinde rahat hareket edebilme ve yön bulabilme, anlaşılması kolay ve tasarımı esnek sistemler içersinde metinlerin ve görsellerin kolaylıkla algılanabilmesi, kurulum ve diğer aktivitelerden kaynaklanan sorunların hızlı bir şekilde çözülmesine olanak sağlayan donanım ve yazılım sistemleri bu kategoriyi oluşturmaktadır. Bu çalışma için bu kategori kapsamında değerlendirilmeye alınacak alt kriterler; Dost Arayüz, Esnek Sistemler.

2. İletişim, Etkileşim ve İşbirliği: Öğrencilerin, eş zamanlı olarak kendi aralarında tartışabilecekleri, ödevlerini, projelerini değerlendirebilecekleri bir iletişim ortamı, beyaz tahta, video konferans veya telekonferans kullanabilme imkânı sunma, güvenilir e-posta iletişimi hizmeti verme gibi hizmetler bu kategori içersindedir. Bu çalışma için bu kategori kapsamında değerlendirilmeye alınacak alt kriterler; Tartışma/Forum, Beyaz Tahta Uygulamaları, Video Konferans Desteği, Sosyal Ağ kurma.
3. İçerik Yönetimi ve Geliştirme: Eğitim içerikleri oluşturmak için kullanılan yazılımlardır. Hızlı içerik yaratabilme, ekleyebilme ve yetkilendirme araçları, içerik paylaşımı/yeniden kullanım, standartlar ile uyumları, web tabanlı içerik geliştirme imkânı, arşivleme ve dosya yönetimi gibi içerik yönetim yetenekleri, gibi çeşitli ölçütler bu kategori içerisine girmektedir. Bu çalışma için bu kategori kapsamında değerlendirilmeye alınacak alt kriterler; Öğretim Standartlarına Uygunluk, İçerik Paylaşım Araçları, Ders Şablonları.
4. Destek: Daha iyi hizmet verebilmek için döküman desteği, veritabanı desteği, çevrimiçi yardım desteği ve kurulumdan itibaren yazılımı geliştirenler tarafından kullanıcılara verilen her türlü eğitim desteği olarak düşünülebilir. Bu çalışma için bu kategori kapsamında değerlendirilmeye alınacak alt kriterler; Çevrimiçi Yardım Desteği, Eğitim Desteği.
5. Verimlilik Araçları: öğretim amaçlarının gerçekleştirilmesine yardımcı olmak için kullanılan takvim ve süreç takibi, çevrimdışı çalışma imkânı, arama motoru vb. gibi hizmetlerden oluşmaktadır. Bu çalışma için bu kategori kapsamında değerlendirilmeye alınacak alt kriterler; Takvim, Arama Motoru, Yardım Aracı.
6. Ölçme Araçları: Eğitim süresi sonunda öğrencilerin durumlarının belirlenmesi ve eksikliklerin anlaşılması için öğrencilerin çevrimiçi sınav olmalarına olanak sağlayan, öğrenme çıktılarının ölçülmesi ve yönetimi için gerekli olan test ve sınav araçları, otomatik test yönetimi modülü ve soru bankası yönetim araçları gibi araçlar bu kategoridedir. Bu çalışma için bu kategori kapsamında değerlendirilmeye alınacak alt kriterler; Test/Sınav Araçları, Soru Bankası Yönetimi, Otomatik Test Yönetimi.

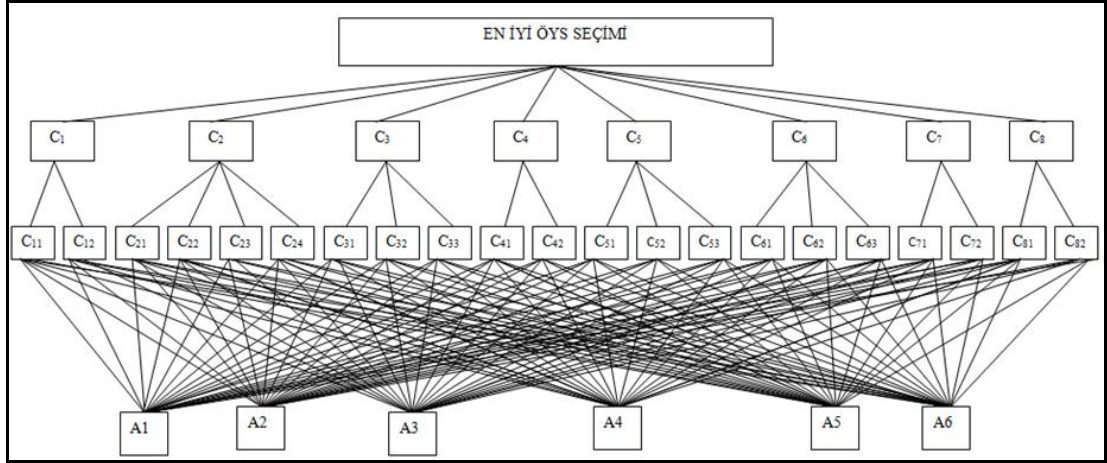
7. Değerlendirme Araçları: Eğitim işleyişinin düzenli bir şekilde kontrol edilebilmesine, öğrencilerinin eğitim içeriğini nasıl ve ne zaman kullandıkları kayıt edilerek öğretim elemanları tarafından izlenmesine ve değerlendirilmesine imkân veren öğrenci raporları, öğretmen raporları, yönetici raporları, sistem raporları gibi değişik raporlamaların olduğu, değerlendirme sorusu oluşturma, değerlendirmeleri otomatik yapabilme, öz değerlendirme imkânı sunan ve kurs/eğitim yönetimi araçları ve öğrenci takip araçları modüllerinden oluşmaktadır. Bu çalışma için bu kategori kapsamında değerlendirilmeye alınacak alt kriterler; Öğrenci Takibi, Kurs/Eğitim Yönetimi.
8. Güvenlik: Kullanıcıların istekleri doğrultusunda güvenlik hizmetleri sunan ÖYS'ler için bu kategoride kimlik doğrulama, kullanıcı giriş/çıkış tarihçesi tutma, sınav güvenliği, şifre sorgulama, güvenlik yama yayınlama sıklığı gibi hizmetleri düşünebiliriz. Bu çalışma için bu kategori kapsamında değerlendirilmeye alınacak alt kriterler; Kimlik Doğrulama, Güvenlik Yama Yayınlama Sıklığı.

### **5.2.3. Alternatiflerin belirlenmesi**

Bu çalışma kapsamında değerlendirilecek ÖYS'ler için popülerlik dereceleri ve yaygın kullanım özellikleri de göz önünde bulundurularak 6 farklı alternatif belirlenmiştir. Bu alternatifler ATutor (A1), Claroline (A2), Sakai (A3), Moodle (A4), Olat (A5), Dokeos (A6)'dir.

### **5.2.4. Hiyerarşik yapının oluşturulması**

Değerlendirmelerde yararlanılan karar kriterleri Tablo 5.1'deki gibi olup ÖYS seçiminin hiyerarşik yapısı Şekil 5.1'de gösterilmiştir.



Şekil 5.1. ÖYS seçimi için hiyerarşik yapı

Tablo 5.1. Uygulamada kullanılan ana ve alt kriterler

Ana Kriterler	Alt Kriterler
C <sub>1</sub> : Kullanım Kolaylığı	C <sub>11</sub> : Dost arayüz C <sub>12</sub> : Esnek sistemler
C <sub>2</sub> : İletişim, Etkileşim ve İş birliği	C <sub>21</sub> : Tartışma /forum C <sub>22</sub> : Beyaz tahta uygulamaları C <sub>23</sub> : Video konferans desteği C <sub>24</sub> : Sosyal ağ kurma
C <sub>3</sub> : İçerik Yönetimi ve Geliştirme	C <sub>31</sub> : Öğretim standartlarına uygunluk C <sub>32</sub> : İçerik paylaşım araçları C <sub>33</sub> : Ders şablonları
C <sub>4</sub> : Destek	C <sub>41</sub> : Çevrimiçi yardım desteği C <sub>42</sub> : Eğitim desteği
C <sub>5</sub> : Verimlilik Araçları	C <sub>51</sub> : Takvim C <sub>52</sub> : Arama motoru C <sub>53</sub> : Yardım aracı
C <sub>6</sub> : Ölçme Araçları	C <sub>61</sub> : Test/sınav araçları C <sub>62</sub> : Soru bankası yönetimi C <sub>63</sub> : Otomatik test yönetimi
C <sub>7</sub> : Değerlendirme Araçları	C <sub>71</sub> : Öğrenci takibi C <sub>72</sub> : Kurs/eğitim yönetimi
C <sub>8</sub> : Güvenlik	C <sub>81</sub> : Kimlik doğrulama C <sub>82</sub> : Güvenlik yama yayınlama sıklığı

Bu çalışmada kullanılan dilsel değişkenler ve bulanık karşılıkları Tablo 5.2’de verilmiştir.

İkili karşılaştırma matrislerinde, karşılaştırma oranları geometrik ortalamaları alınarak tek bir karşılaştırma oranı şekline dönüştürülmüştür. Bu değer, 5 tane karar verici için ortak karar olarak alınmıştır.

Tablo 5.2. Dilsel değişkenler ve bulanık karşılıkları

Sözel Önem	Bulanık Ölçek	Karşılık Ölçek
Eşit Derecede Önemli	(1,1,1)	(1,1,1)
Biraz Daha Fazla Önemli	(1,3,5)	(1/5, 1/3, 1/1)
Kuvvetli Derecede Önemli	(3,5,7)	(1/7, 1/5, 1/3)
Çok Kuvvetli Derecede Önemli	(5,7,9)	(1/9, 1/7, 1/5)
Tamamıyla Önemli	(7,9,9)	(1/9, 1/9, 1/7)

Karar grubu oluşturulup, kriterler ve alternatifler belirlendikten sonra uygulamaya geçilmiştir. Uygulama adımları aşağıdaki gibidir:

1. Ana kriterlerin değerlendirilmesi
2. Bulanık sentetik derece değerlerinin hesaplanması
3. Kriter önem ağırlıklarının hesaplanması
4. Alt kriter ağırlıklarının hesaplanması
5. Alternatif ağırlıklarının hesaplanması

### 5.2.5. Ana kriterlerin değerlendirilmesi

Karar grubu kriterleri Tablo 5.2’de gösterilen dilsel değişkenler yardımıyla ikili karşılaştırma yoluyla değerlendirmişlerdir. Karar vericilere sunulan kriter değerlendirme formu Ek-A ve Ek-B’de gösterilmiştir.

Karar grubunun ikili karşılaştırmalarının geometrik ortalaması Denklem (5.1) ile hesaplanmıştır. Elde edilen bulanık değerler Tablo 5.3’de gösterilmiştir.

$$(l, m, u) = \left( \sqrt[k]{l_1 \otimes l_2 \otimes l_3 \cdots l_k}, \sqrt[k]{m_1 \otimes m_2 \otimes m_3 \cdots m_k}, \sqrt[k]{u_1 \otimes u_2 \otimes u_3 \cdots u_k} \right) \quad (5.1)$$

### 5.2.6. Bulanık sentetik derece değerlerinin hesaplanması

Kriterlerin satır toplamları ve genel toplamlar hesaplanarak bulanık sentetik derece değerleri yani bulanık büyüklük değerleri elde edilmiştir. Kriterlerin satır toplamları ve genel toplamlar Tablo 5.4’teki gibidir.

Örnek olarak C<sub>1</sub> kriterinin bulanık sentetik derece değeri hesaplanmıştır. Diğer değerler Tablo 5.5’te gösterilmiştir.

$$SC_1 = (6.565, 9.346, 12.821) \otimes (69.219, 111.685, 155.881)^{-1}$$

$$= (6.565, 9.346, 12,821) \otimes (1/155.881, 1/111.685, 1/69.219)$$

$$= (0.042, 0.084, 0.185)$$

Tablo 5.3. Karar vericiye ait ana kriterleri ikili karşılaştırma matrisi

	C <sub>1</sub>			C <sub>2</sub>			C <sub>3</sub>			C <sub>4</sub>		
C <sub>1</sub>	1,000	1,000	1,000	0,491	0,714	1,185	0,148	0,204	0,394	0,204	0,301	0,509
C <sub>2</sub>	0,844	1,401	2,036	1,000	1,000	1,000	0,158	0,238	0,525	1,380	2,853	4,076
C <sub>3</sub>	2,537	4,904	6,766	1,904	4,210	6,325	1,000	1,000	1,000	4,146	6,534	8,002
C <sub>4</sub>	1,966	3,323	4,904	0,245	0,351	0,725	0,117	0,125	0,169	1,000	1,000	1,000
C <sub>5</sub>	1,070	1,552	2,141	0,200	0,333	1,000	0,138	0,184	0,316	1,403	1,933	2,709
C <sub>6</sub>	0,644	1,632	2,627	0,356	0,467	0,803	0,415	0,509	0,678	2,809	4,004	5,800
C <sub>7</sub>	2,627	4,988	7,114	0,258	0,375	0,803	0,415	0,536	0,725	1,807	2,809	4,004
C <sub>8</sub>	0,129	0,166	0,254	0,158	0,226	0,491	0,158	0,226	0,491	1,838	2,627	3,380
	C <sub>5</sub>			C <sub>6</sub>			C <sub>7</sub>			C <sub>8</sub>		
C <sub>1</sub>	0,467	0,644	0,935	0,178	0,268	0,678	0,141	0,200	0,381	3,936	6,015	7,740
C <sub>2</sub>	1,380	3,554	5,624	1,246	2,141	2,809	1,246	2,667	3,876	1,476	3,737	5,624
C <sub>3</sub>	3,160	5,431	7,237	1,476	1,963	2,408	1,380	1,867	2,408	2,809	5,245	7,114
C <sub>4</sub>	0,369	0,517	0,713	0,172	0,250	0,356	0,250	0,356	0,553	0,296	0,381	0,544
C <sub>5</sub>	1,000	1,000	1,000	0,725	1,125	1,719	0,296	0,422	0,725	0,422	0,602	1,070
C <sub>6</sub>	0,582	0,889	1,380	1,000	1,000	1,000	1,810	2,290	2,709	1,719	3,936	6,015
C <sub>7</sub>	1,719	2,627	3,615	0,369	0,437	0,552	1,000	1,000	1,000	3,680	5,720	7,740
C <sub>8</sub>	0,935	2,068	3,272	0,166	0,254	0,582	0,250	0,356	0,553	1,000	1,000	1,000

Tablo 5.4. Ana kriterlere ait satır toplamları

	L	M	U
C <sub>1</sub>	6,565	9,346	12,821
C <sub>2</sub>	8,729	17,591	25,570
C <sub>3</sub>	18,411	31,154	41,260
C <sub>4</sub>	4,416	6,302	8,963
C <sub>5</sub>	5,254	7,151	10,679
C <sub>6</sub>	9,336	14,728	21,010
C <sub>7</sub>	11,875	18,491	25,553
C <sub>8</sub>	4,635	6,922	10,023
Toplam	69,219	111,685	155,881

Tablo 5.5. Bulanık sentetik derece değerleri

	L	M	U
SC <sub>1</sub>	0,042	0,084	0,185
SC <sub>2</sub>	0,056	0,158	0,369
SC <sub>3</sub>	0,118	0,279	0,596
SC <sub>4</sub>	0,028	0,056	0,129
SC <sub>5</sub>	0,034	0,064	0,154
SC <sub>6</sub>	0,060	0,132	0,304
SC <sub>7</sub>	0,076	0,166	0,369
SC <sub>8</sub>	0,030	0,062	0,145

### 5.2.7. Kriter önem ağırlıklarının hesaplanması

Kriterler arası ikili karşılaştırma matrisinden elde edilen bulanık sentetik derece değerlerini kullanarak, kriterlerin önem ağırlıkları hesaplanmıştır.

Örneğin C<sub>1</sub> Kriteri için değerler şu şekilde hesaplanmıştır.

$$V(C_1 \geq C_2) = \frac{(0,056 - 0,185)}{(0,084 - 0,185) - (0,158 - 0,056)} = 0,636$$

$$V(C_1 \geq C_3) = \frac{(0,118 - 0,185)}{(0,084 - 0,185) - (0,279 - 0,118)} = 0,256$$

$$V(C_1 \geq C_4) = 0,084 \geq 0,02 \Rightarrow 1$$

$$V(C_1 \geq C_5) = 0,084 \geq 0,034 \Rightarrow 1$$

$$V(C_1 \geq C_6) = \frac{(0,060 - 0,185)}{(0,084 - 0,185) - (0,132 - 0,060)} = 0,722$$

$$V(C_1 \geq C_7) = \frac{(0,076 - 0,185)}{(0,084 - 0,185) - (0,166 - 0,076)} = 0,571$$

$$V(C_1 \geq C_8) = 0,084 \geq 0,030 \Rightarrow 1$$

Daha sonra bir kriterin diğerlerine göre tercih derecesini gösteren ağırlıklar hesaplanmıştır.

Örneğin  $d(C_1) = \min(0.636, 0.256, 1.000, 1.000, 0.722, 0.571, 1.000)$  için  $VSC_1 = 0,256$ 'dır.

Hesaplanan değerler Tablo 5.6'daki gibidir.

Tablo 5.6. Ana kriter tercih dereceleri

$d(C_1) = 0,256$	$d(C_5) = 0,144$
$d(C_2) = 0,674$	$d(C_6) = 0,558$
$d(C_3) = 1,000$	$d(C_7) = 0,689$
$d(C_4) = 0,049$	$d(C_8) = 0,110$

Buradan  $W' = (0.256, 0.674, 1.000, 0.049, 0.144, 0.558, 0.689, 0.110)^T$  ağırlıklar vektörü hesaplanmıştır. Normalleştirildiğinde yeni vektör şu şekildedir:

$$0,256 \oplus 0,674 \oplus 1,000 \oplus 0,049 \oplus 0,144 \oplus 0,558 \oplus 0,689 \oplus 0,110 = 3,479$$

$$W = \left( \frac{0,256}{3,479}, \frac{0,674}{3,479}, \frac{1,000}{3,479}, \frac{0,049}{3,479}, \frac{0,144}{3,479}, \frac{0,558}{3,479}, \frac{0,689}{3,479}, \frac{0,110}{3,479} \right)^T$$

$$W = (0,074, 0,194, 0,287, 0,014, 0,041, 0,0161, 0,198, 0,031)^T$$

### 5.2.8. Alt kriter ağırlıklarının hesaplanması

Yukarıda yapılan hesaplamaların aynısı alt kriterler içinde yapılmıştır. Tablo 5.7 ile Tablo 5.14 arasında kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi ve ağırlıklar gösterilmiştir.

Tablo 5.7. Kullanım kolaylığı kriterine göre alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi ve ağırlıklar

	C <sub>11</sub>			C <sub>12</sub>		
C <sub>11</sub>	1,000	1,000	1,000	0,333	0,654	1,528
C <sub>12</sub>	0,654	1,528	3,005	1,000	1,000	1,000
Ağırlık	0,425			0,575		



Tablo 5.8. İletişim, etkileşim ve iş birliği kriterine göre alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi ve ağırlıklar

	C <sub>21</sub>			C <sub>22</sub>			C <sub>23</sub>			C <sub>24</sub>		
C <sub>21</sub>	1,000	1,000	1,000	3,624	4,743	5,800	0,200	0,333	1,000	3,380	5,711	7,237
C <sub>22</sub>	0,172	0,211	0,276	1,000	1,000	1,000	0,158	0,226	0,491	0,951	1,933	2,762
C <sub>23</sub>	1,000	3,000	5,000	2,036	4,427	6,325	1,000	1,000	1,000	0,296	0,552	0,889
C <sub>24</sub>	0,123	0,141	0,200	0,362	0,517	1,052	1,552	2,809	4,663	1,000	1,000	1,000
Ağ.	0,417			0,057			0,352			0,174		

Tablo 5.9. İçerik yönetimi ve geliştirme kriterine göre alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi ve ağırlıklar

	C <sub>31</sub>			C <sub>32</sub>			C <sub>33</sub>		
C <sub>31</sub>	1,000	1,000	1,000	0,750	1,185	1,719	0,525	0,803	1,380
C <sub>32</sub>	0,553	0,789	1,203	1,000	1,000	1,000	0,339	0,517	1,125
C <sub>33</sub>	0,725	1,246	1,904	0,889	1,933	2,954	1,000	1,000	1,000
Ağ.	0,324			0,253			0,423		

Tablo 5.10. Destek kriterine göre alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi ve ağırlıkları

	C <sub>41</sub>			C <sub>42</sub>		
C <sub>41</sub>	1,000	1,000	1,000	0,725	1,246	1,904
C <sub>42</sub>	0,525	0,803	1,380	1,000	1,000	1,000
Ağırlık	0,559			0,441		

Tablo 5.11. Verimlilik araçları kriterine göre alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi ve ağırlıklar

	C <sub>51</sub>			C <sub>52</sub>			C <sub>53</sub>		
C <sub>51</sub>	1,000	1,000	1,000	0,381	0,517	1,000	0,525	0,644	1,000
C <sub>52</sub>	1,000	1,933	2,627	1,000	1,000	1,000	0,582	0,935	1,476
C <sub>53</sub>	1,000	1,552	1,904	0,678	1,070	1,719	1,000	1,000	1,000
Ağ.	0,220			0,401			0,379		

Tablo 5.12. Ölçme araçları kriterine göre alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi ve ağırlıklar

	C <sub>61</sub>			C <sub>62</sub>			C <sub>63</sub>		
C <sub>61</sub>	1,000	1,000	1,000	1,035	1,403	1,933	0,276	0,415	1,000
C <sub>62</sub>	0,517	0,713	0,966	1,000	1,000	1,000	0,381	0,517	1,000
C <sub>63</sub>	1,000	2,408	3,624	0,725	1,246	1,904	1,000	1,000	1,000
Ağ.	0,309			0,222			0,469		

Tablo 5.13. Değerlendirme araçları kriterine göre alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi ve ağırlıklar

	C <sub>71</sub>			C <sub>72</sub>		
C <sub>71</sub>	1,000	1,000	1,000	0,525	0,803	1,380
C <sub>72</sub>	0,725	1,246	1,904	1,000	1,000	1,000
Ağırlık	0,441			0,559		

Tablo 5.14. Güvenlik kriterine göre alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi ve ağırlıklar

	C <sub>81</sub>			C <sub>82</sub>		
C <sub>81</sub>	1,000	1,000	1,000	0,525	0,803	1,380
C <sub>82</sub>	0,725	1,246	1,904	1,000	1,000	1,000
Ağırlık	0,441			0,559		

### 5.2.9. Alternatif ağırlıklarının hesaplanması

Alternatiflerimiz Tablo 5.15’de gösterilmiştir:

Tablo 5.15. Alternatifler ve gösterimleri

Gösterim	Alternatif
A1	ATutor
A2	Claronine
A3	Sakai
A4	Moodle
A5	Olat
A6	Dokeos

Ana kriter ve alt kriter ağırlıkları hesaplandıktan sonra alternatiflerin alt kriterlere göre ikili karşılaştırmaları yapılmıştır. Örnek olarak C<sub>11</sub> kriteri için alternatiflerin ikili karşılaştırmaları Tablo 5.16’da gösterilmiştir.

Daha sonra alt kriter ağırlıkları ile Tablo 5.17’deki ağırlıklar çarpılarak alternatiflerin ana kriterlere göre ağırlıkları elde edilmiş ve Tablo 5.18’de gösterilmiştir.

Örneğin Tablo 5.18’de C<sub>1</sub> kriteri için A1’in değeri aşağıdaki gibi bulunmuştur:

$$(0,225 \otimes 0,425) \oplus (0,216 \otimes 0,575) = 0,220$$

Tablo 5.16. Alternatiflerin  $C_{11}$  'e göre ikili karşılaştırma matrisi

$C_{11}$	A1			A2			A3		
A1	1,000	1,000	1,000	1,933	4,076	6,119	1,000	3,000	5,000
A2	0,163	0,245	0,517	1,000	1,000	1,000	7,000	9,000	9,000
A3	0,200	0,333	1,000	0,111	0,111	0,143	1,000	1,000	1,000
A4	3,000	5,000	7,000	3,323	5,348	7,361	7,000	9,000	9,000
A5	0,803	0,889	1,000	0,381	0,517	1,000	0,111	0,111	0,143
A6	0,131	0,181	0,306	0,143	0,200	0,333	1,000	1,000	1,000
$C_{11}$	A4			A5			A6		
A1	0,143	0,200	0,333	1,000	1,125	1,246	3,272	5,524	7,610
A2	0,136	0,187	0,301	1,000	1,933	2,627	3,000	5,000	7,000
A3	0,111	0,111	0,143	7,000	9,000	9,000	1,000	1,000	1,000
A4	1,000	1,000	1,000	5,000	7,000	9,000	1,000	3,000	5,000
A5	0,111	0,143	0,200	1,000	1,000	1,000	0,111	0,143	0,200
A6	0,200	0,333	1,000	5,000	7,000	9,000	1,000	1,000	1,000

Tablo 5.17. Alternatiflerin alt kriterlere göre ağırlıkları

	$C_{11}$	$C_{12}$	$C_{21}$	$C_{22}$	$C_{23}$	$C_{24}$	$C_{31}$
A1	0,225	0,216	0,293	0,268	0,241	0,217	0,212
A2	0,235	0,223	0,227	0,208	0,226	0,257	0,276
A3	0,033	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
A4	0,467	0,445	0,429	0,300	0,418	0,266	0,325
A5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,099	0,000
A6	0,040	0,116	0,052	0,224	0,116	0,166	0,159
	$C_{32}$	$C_{33}$	$C_{41}$	$C_{42}$	$C_{51}$	$C_{52}$	$C_{53}$
A1	0,239	0,235	0,225	0,256	0,256	0,288	0,202
A2	0,276	0,242	0,243	0,266	0,201	0,227	0,233
A3	0,000	0,000	0,000	0,069	0,000	0,000	0,000
A4	0,325	0,329	0,352	0,364	0,325	0,338	0,352
A5	0,000	0,013	0,087	0,000	0,048	0,000	0,018
A6	0,159	0,181	0,093	0,045	0,170	0,146	0,195
	$C_{61}$	$C_{62}$	$C_{63}$	$C_{71}$	$C_{72}$	$C_{81}$	$C_{82}$
A1	0,242	0,248	0,221	0,221	0,213	0,223	0,202
A2	0,217	0,220	0,229	0,229	0,228	0,189	0,241
A3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,050	0,035
A4	0,337	0,387	0,357	0,357	0,345	0,392	0,391
A5	0,018	0,000	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000
A6	0,187	0,144	0,192	0,192	0,193	0,145	0,131

$W$  ağırlık vektörü ile Tablo 5.18'deki değerler çarpılarak alternatiflerin öncelik ağırlıkları bulunmuş ve Tablo 5.19'da gösterilmiştir.

Tablo 5.18. Ana kriterlere göre alternatif ağırlıkları

	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>	C <sub>7</sub>	C <sub>8</sub>
A1	0,220	0,260	0,229	0,239	0,248	0,234	0,217	0,211
A2	0,228	0,231	0,262	0,253	0,223	0,223	0,228	0,219
A3	0,014	0,000	0,000	0,030	0,000	0,000	0,000	0,042
A4	0,455	0,389	0,327	0,357	0,341	0,358	0,351	0,391
A5	0,000	0,017	0,005	0,049	0,017	0,005	0,012	0,000
A6	0,084	0,104	0,168	0,072	0,170	0,180	0,193	0,137

Tablo 5.19. Alternatiflerin öncelik ağırlıkları

Alternatif	Ağırlık
A1 Atutor	0,233
A2 Claroline	0,237
A3 Sakai	0,004
A4 Moodle	0,363
A5 Olat	0,009
A6 Dokeos	0,154

En iyi ÖYS seçimi için BAHP ile yapılan çözümde 4 numaralı alternatif olan Moodle Öğretim Yönetim Sisteminin seçilmesinin daha uygun olacağı, Claroline ve Atutor alternatiflerinin birbirlerine yakın değerde öneme sahip oldukları, Sakai ve Olat alternatiflerinin ağırlıklarının neredeyse sıfıra yakın olduğu görülmüştür.

### 5.3. Bulanık TOPSIS Uygulaması

Bulanık TOPSIS uygulamasında kriterler ve alternatifler için kullanılacak dilsel değerlendirme değişkenleri daha önce Tablo 3.2 ve Tablo 3.3'te gösterilmiştir. Karar vericilere sunulan kriter değerlendirme formları da Ek-C ve Ek-D'de gösterilmiştir.

Bulanık TOPSIS ile ilgili bütün hesaplamalar MS Excel programında yapılmıştır. Uygulama adımları aşağıdaki gibidir:

1. Ana kriter ve alt kriter bulanık ağırlıklarının hesaplanması
2. Alternatiflerin değerlendirilmesi
3. Normalize bulanık karar matrisinin oluşturulması
4. Ağırlıklı normalize bulanık karar matrisinin oluşturulması
5. Bulanık pozitif ideal çözüm ve bulanık negatif ideal çözümün belirlenmesi

6. FPİC ve FNİC'ten olan uzaklıkların hesaplanması
7. Yakınlık katsayılarının hesaplanarak sıralamanın belirlenmesi

### 5.3.1. Ana kriter ve alt kriter bulanık ağırlıklarının hesaplanması

Karar vericiler kriterlerin önemini belirlemek için dilsel ağırlıklandırma değişkenlerini kullanmışlardır. Ana kriterlere karar vericiler tarafından verilen önem dereceleri Tablo 5.20'de sunulmaktadır. Tablolardaki (i=1, 2, 3, 4, 5 olmak üzere) i. karar vericiyi göstermektedir.

Tablo 5.20. Ana kriterlerin dilsel ağırlıklandırma dereceleri

	K1	K2	K3	K4	K5
C <sub>1</sub>	O	OD	O	OY	OD
C <sub>2</sub>	Y	Y	Y	ÇY	Y
C <sub>3</sub>	ÇY	ÇY	Y	ÇY	ÇY
C <sub>4</sub>	OD	OD	OD	O	OD
C <sub>5</sub>	OY	OY	OY	OY	OY
C <sub>6</sub>	Y	Y	Y	Y	Y
C <sub>7</sub>	ÇY	Y	Y	Y	Y
C <sub>8</sub>	D	D	OD	OD	OD

Ana kriterler için karar vericilerin değerlendirmeleri sonucu oluşan bulanık kriter önem ağırlıkları Tablo 5.21'de gösterilmiştir.

Tablo 5.21. Ana kriter bulanık önem ağırlıkları

	L	M	U
C <sub>1</sub>	0,260	0,460	0,660
C <sub>2</sub>	0,740	0,920	1,000
C <sub>3</sub>	0,860	0,980	1,000
C <sub>4</sub>	0,140	0,340	0,540
C <sub>5</sub>	0,500	0,700	0,900
C <sub>6</sub>	0,700	0,900	1,000
C <sub>7</sub>	0,740	0,920	1,000
C <sub>8</sub>	0,060	0,220	0,420

Karar vericilerin alt kriterlerin önem derecelerini gösteren ifadeler Tablo 5.22'de verilmiştir.

Tablo 5.22. Alt kriterlerin dilsel ağırlıklandırma dereceleri

Alt Krt.	K1	K2	K3	K4	K5
C <sub>11</sub>	OY	OD	OD	OY	OD
C <sub>12</sub>	OY	OY	OD	OY	OY
C <sub>21</sub>	ÇY	Y	Y	Y	ÇY
C <sub>22</sub>	OY	OY	Y	Y	Y
C <sub>23</sub>	Y	ÇY	Y	Y	Y
C <sub>24</sub>	Y	Y	Y	Y	Y
C <sub>31</sub>	Y	Y	Y	Y	ÇY
C <sub>32</sub>	Y	OY	Y	Y	Y
C <sub>33</sub>	ÇY	ÇY	Y	ÇY	ÇY
C <sub>41</sub>	OD	OD	O	O	OD
C <sub>42</sub>	OD	OD	O	O	O
C <sub>51</sub>	OY	O	OY	OY	OY
C <sub>52</sub>	Y	Y	OY	OY	Y
C <sub>53</sub>	Y	Y	Y	Y	OY
C <sub>61</sub>	Y	Y	Y	Y	Y
C <sub>62</sub>	Y	Y	Y	Y	Y
C <sub>63</sub>	ÇY	ÇY	Y	Y	Y
C <sub>71</sub>	Y	Y	ÇY	Y	Y
C <sub>72</sub>	ÇY	ÇY	Y	Y	Y
C <sub>81</sub>	O	O	O	O	OD
C <sub>82</sub>	OD	O	O	O	O

Ana kriterler için karar vericilerin değerlendirmeleri sonucu oluşan bulanık kriter önem ağırlıkları Tablo 5.23’de gösterilmiştir.

Tablo 5.23. Alt kriter bulanık önem ağırlıkları

C <sub>11</sub>	0,260	0,460	0,660	C <sub>51</sub>	0,460	0,660	0,860
C <sub>12</sub>	0,420	0,620	0,820	C <sub>52</sub>	0,620	0,820	0,960
C <sub>21</sub>	0,780	0,940	1,000	C <sub>53</sub>	0,660	0,860	0,980
C <sub>22</sub>	0,620	0,820	0,960	C <sub>61</sub>	0,700	0,900	1,000
C <sub>23</sub>	0,740	0,920	1,000	C <sub>62</sub>	0,700	0,900	1,000
C <sub>24</sub>	0,700	0,900	1,000	C <sub>63</sub>	0,780	0,940	1,000
C <sub>31</sub>	0,740	0,920	1,000	C <sub>71</sub>	0,780	0,940	1,000
C <sub>32</sub>	0,660	0,860	0,980	C <sub>72</sub>	0,740	0,920	1,000
C <sub>33</sub>	0,860	0,980	1,000	C <sub>81</sub>	0,780	0,940	1,000
C <sub>41</sub>	0,180	0,380	0,580	C <sub>82</sub>	0,260	0,460	0,660
C <sub>42</sub>	0,220	0,420	0,620				

### 5.3.2. Alternatiflerin değerlendirilmesi

21 alt kriter için karar vericiler 8 alternatifini değerlendirmişlerdir. Örnek olarak C<sub>11</sub> kriteri için alternatiflerin değerlendirilmesi Tablo 5.24'de verilmiştir.

Tablo 5.24. C<sub>11</sub> kriterine göre karar vericilerin değerlendirmeleri

C <sub>11</sub>	K1	K2	K3	K4	K5
A1	Oİ	İ	İ	Oİ	Oİ
A2	Oİ	Oİ	Oİ	İ	M
A3	Z	ÇZ	Z	Z	OZ
A4	Çİ	İ	Çİ	İ	Çİ
A5	OZ	OZ	OZ	Z	Z
A6	OZ	M	OZ	OZ	OZ

Karar vericilerin ortalaması alınarak alternatiflerin değerlendirme değerleri hesaplanmıştır. Bu değerler Tablo 5.25'de gösterilmiştir.

Örneğin C<sub>11</sub> kriterine göre A1'in değerlendirme değeri şu şekilde hesaplanmıştır:

$$\left( \frac{5+7+7+5+5}{5}, \frac{7+9+9+7+7}{5}, \frac{9+10+10+9+9}{5} \right) = (5,80 \quad 7,80 \quad 9,40)$$

### 5.3.3. Normalize bulanık karar matrisinin oluşturulması

Denklem (3.23) kullanılarak normalize bulanık karar matrisi elde edilir. Ayrıca bu çalışmada kriterlerimiz fayda kriteri olduğu için sadece Denklem (3.25) kullanılmıştır.

Örneğin C<sub>11</sub> için değerler aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$r_{c11} = \left( \frac{5,800}{10,000}, \frac{7,800}{10,000}, \frac{0,940}{10,000} \right)$$

$$= (0,580), (0,780), (0,940)$$

Normalize bulanık karar matrisi Tablo 5.26'da gösterilmiştir.

Tablo 5.25. Alternatiflerin değerlendirme değerleri

	C <sub>11</sub>			C <sub>12</sub>			C <sub>21</sub>			C <sub>22</sub>			C <sub>23</sub>			C <sub>24</sub>			C <sub>31</sub>		
A1	5,800	7,800	9,400	6,200	8,200	9,600	6,600	8,600	9,800	6,600	8,600	9,800	6,200	8,200	9,600	6,200	8,200	9,600	6,600	8,600	9,800
A2	5,000	7,000	8,800	5,800	7,800	9,400	6,200	8,200	9,600	4,200	6,200	8,200	6,200	8,200	9,600	6,200	8,200	9,600	7,800	9,400	10,000
A3	0,200	1,200	1,800	0,200	1,200	1,800	0,200	1,000	1,800	0,200	1,400	1,800	0,200	1,400	1,800	0,800	2,600	4,200	0,800	2,600	4,200
A4	8,200	9,600	10,000	8,200	9,600	10,000	9,000	10,000	10,000	8,600	9,800	10,000	8,600	9,800	10,000	8,200	9,600	10,000	8,200	9,600	10,000
A5	0,600	2,200	3,400	0,600	2,200	3,400	0,200	1,200	1,800	0,600	2,200	3,400	0,200	1,200	1,800	0,600	2,200	3,400	1,800	3,800	5,800
A6	1,400	3,400	5,400	1,800	3,800	5,800	0,400	1,800	2,600	5,000	7,000	8,800	2,200	4,200	6,200	2,200	4,200	6,200	3,000	5,000	7,000
	C <sub>32</sub>			C <sub>33</sub>			C <sub>41</sub>			C <sub>42</sub>			C <sub>51</sub>			C <sub>52</sub>			C <sub>53</sub>		
A1	5,200	6,800	7,800	6,200	8,200	9,600	6,200	8,200	9,400	6,600	8,400	9,400	6,600	8,400	9,400	7,800	9,400	10,000	6,600	8,600	9,800
A2	6,600	8,600	9,800	6,600	8,600	9,800	6,200	8,200	9,400	6,600	8,400	9,400	5,400	7,400	8,800	6,200	8,200	9,400	6,200	8,200	9,600
A3	0,400	1,800	2,600	0,200	1,400	1,800	0,400	1,800	2,600	0,000	0,800	1,000	0,000	0,400	1,000	0,000	0,600	1,000	0,000	0,600	1,000
A4	8,600	9,800	10,000	7,800	9,400	10,000	8,200	9,600	10,000	8,600	9,800	10,000	7,800	9,400	10,000	8,200	9,600	10,000	8,600	9,800	10,000
A5	0,000	0,800	1,000	0,600	2,200	3,400	1,400	3,400	5,400	0,000	0,600	1,000	0,800	2,600	4,200	0,400	1,800	2,600	0,600	2,200	3,400
A6	2,200	4,200	6,200	1,800	3,800	5,800	1,800	3,800	5,800	0,200	1,400	1,800	2,200	4,200	6,200	1,400	3,400	5,400	2,200	4,200	6,200
	C <sub>61</sub>			C <sub>62</sub>			C <sub>63</sub>			C <sub>71</sub>			C <sub>72</sub>			C <sub>81</sub>			C <sub>82</sub>		
A1	7,000	9,000	10,000	7,400	9,200	10,000	7,400	9,200	10,000	7,000	9,000	10,000	6,600	8,600	9,800	7,000	9,000	10,000	6,600	8,600	9,800
A2	5,800	7,800	9,400	6,600	8,600	9,800	6,600	8,600	9,800	7,400	9,200	10,000	7,000	9,000	10,000	5,800	7,800	9,400	6,600	8,600	9,800
A3	0,000	0,800	1,000	0,000	0,600	1,000	0,000	0,600	1,000	0,000	0,600	1,000	0,000	0,600	1,000	0,200	1,400	1,800	0,000	1,000	1,000
A4	7,800	9,400	10,000	8,200	9,600	10,000	7,800	9,400	10,000	7,800	9,400	10,000	8,600	9,800	10,000	8,600	9,800	10,000	8,600	9,800	10,000
A5	0,600	2,200	3,400	0,200	1,400	1,800	0,600	2,200	3,400	0,000	0,600	1,000	0,600	2,200	3,400	0,400	1,800	2,600	0,400	1,600	2,600
A6	1,800	3,800	5,800	0,600	2,200	3,400	1,600	3,400	5,000	1,600	3,400	5,000	1,200	3,000	4,600	0,600	2,200	3,400	0,400	1,800	2,600



Tablo 5.26. Normalize bulanik karar matrisi

	C <sub>11</sub>			C <sub>12</sub>			C <sub>21</sub>			C <sub>22</sub>			C <sub>23</sub>			C <sub>24</sub>			C <sub>31</sub>		
A1	0,580	0,780	0,940	0,620	0,820	0,960	0,660	0,860	0,980	0,660	0,860	0,980	0,620	0,820	0,960	0,620	0,820	0,960	0,660	0,860	0,980
A2	0,500	0,700	0,880	0,580	0,780	0,940	0,620	0,820	0,960	0,420	0,620	0,820	0,620	0,820	0,960	0,620	0,820	0,960	0,780	0,940	1,000
A3	0,020	0,120	0,180	0,020	0,120	0,180	0,020	0,100	0,180	0,020	0,140	0,180	0,020	0,140	0,180	0,080	0,260	0,420	0,080	0,260	0,420
A4	0,820	0,960	1,000	0,820	0,960	1,000	0,900	1,000	1,000	0,860	0,980	1,000	0,860	0,980	1,000	0,820	0,960	1,000	0,820	0,960	1,000
A5	0,060	0,220	0,340	0,060	0,220	0,340	0,020	0,120	0,180	0,060	0,220	0,340	0,020	0,120	0,180	0,060	0,220	0,340	0,180	0,380	0,580
A6	0,140	0,340	0,540	0,180	0,380	0,580	0,040	0,180	0,260	0,500	0,700	0,880	0,220	0,420	0,620	0,220	0,420	0,620	0,300	0,500	0,700
	C <sub>32</sub>			C <sub>33</sub>			C <sub>41</sub>			C <sub>42</sub>			C <sub>51</sub>			C <sub>52</sub>			C <sub>53</sub>		
A1	0,520	0,680	0,780	0,620	0,820	0,960	0,620	0,820	0,940	0,660	0,840	0,940	0,660	0,840	0,940	0,780	0,940	1,000	0,660	0,860	0,980
A2	0,660	0,860	0,980	0,660	0,860	0,980	0,620	0,820	0,940	0,660	0,840	0,940	0,540	0,740	0,880	0,620	0,820	0,940	0,620	0,820	0,960
A3	0,040	0,180	0,260	0,020	0,140	0,180	0,040	0,180	0,260	0,000	0,080	0,100	0,000	0,040	0,100	0,000	0,060	0,100	0,000	0,060	0,100
A4	0,860	0,980	1,000	0,780	0,940	1,000	0,820	0,960	1,000	0,860	0,980	1,000	0,780	0,940	1,000	0,820	0,960	1,000	0,860	0,980	1,000
A5	0,000	0,080	0,100	0,060	0,220	0,340	0,140	0,340	0,540	0,000	0,060	0,100	0,080	0,260	0,420	0,040	0,180	0,260	0,060	0,220	0,340
A6	0,220	0,420	0,620	0,180	0,380	0,580	0,180	0,380	0,580	0,020	0,140	0,180	0,220	0,420	0,620	0,140	0,340	0,540	0,220	0,420	0,620
	C <sub>61</sub>			C <sub>62</sub>			C <sub>63</sub>			C <sub>71</sub>			C <sub>72</sub>			C <sub>81</sub>			C <sub>82</sub>		
A1	0,700	0,900	1,000	0,740	0,920	1,000	0,740	0,920	1,000	0,700	0,900	1,000	0,660	0,860	0,980	0,700	0,900	1,000	0,660	0,860	0,980
A2	0,580	0,780	0,940	0,660	0,860	0,980	0,660	0,860	0,980	0,740	0,920	1,000	0,700	0,900	1,000	0,580	0,780	0,940	0,660	0,860	0,980
A3	0,000	0,080	0,100	0,000	0,060	0,100	0,000	0,060	0,100	0,000	0,060	0,100	0,000	0,060	0,100	0,020	0,140	0,180	0,000	0,100	0,100
A4	0,780	0,940	1,000	0,820	0,960	1,000	0,780	0,940	1,000	0,780	0,940	1,000	0,860	0,980	1,000	0,860	0,980	1,000	0,860	0,980	1,000
A5	0,060	0,220	0,340	0,020	0,140	0,180	0,060	0,220	0,340	0,000	0,060	0,100	0,060	0,220	0,340	0,040	0,180	0,260	0,040	0,160	0,260
A6	0,180	0,380	0,580	0,060	0,220	0,340	0,160	0,340	0,500	0,160	0,340	0,500	0,120	0,300	0,460	0,060	0,220	0,340	0,040	0,180	0,260

#### 5.3.4. Ağırlıklı normalize bulanık karar matrisinin oluşturulması

Her bir kriterin farklı önemlerini dikkate alarak, ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi oluşturulmuştur.

Normalize bulanık karar matrisi ile bulanık ağırlıklar matrisinin çarpımı sonucu ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi (Tablo 5.27) elde edilmiştir. Örnek olarak  $C_{11}$ 'in A1 alternatifi için değerlerinin hesaplanması aşağıda gösterilmiştir:

$$(0,580 \otimes 0,260) = 0,151$$

$$(0,780 \otimes 0,460) = 0,359$$

$$(0,940 \otimes 0,660) = 0,620$$

#### 5.3.5. Bulanık pozitif ve negatif ideal çözümün belirlenmesi

Karar kriteri sayısı kadar FPİC ve FNİC değeri vardır. ÖYS seçimi 21 karar kriterine göre değerlendirildiği için FPİC ve FNİC sırasıyla;

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

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

şeklinde oluşmuştur.

#### 5.3.6. FPİC ve FNİC'ten olan uzaklıkların hesaplanması

Her bir alternatifi sırasıyla bulanık pozitif ideal çözüm ve bulanık negatif ideal çözümden uzaklığı hesaplanmıştır. FPİC'ten olan uzaklığı hesaplamak için ağırlıklı normalize bulanık karar matrisindeki elemanlar (1,1,1)'den çıkartılmıştır. FNİC'ten olan uzaklığı belirlemek için ise ağırlıklı normalize bulanık karar matrisindeki elemanlar (0,0,0)'dan çıkartılmıştır.

Tablo 5.27. Ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi

	C <sub>11</sub>			C <sub>12</sub>			C <sub>21</sub>			C <sub>22</sub>			C <sub>23</sub>			C <sub>24</sub>			C <sub>31</sub>		
A1	0,151	0,359	0,620	0,260	0,508	0,787	0,515	0,808	0,980	0,409	0,705	0,941	0,459	0,754	0,960	0,434	0,738	0,960	0,488	0,791	0,980
A2	0,130	0,322	0,581	0,244	0,484	0,771	0,484	0,771	0,960	0,260	0,508	0,787	0,459	0,754	0,960	0,434	0,738	0,960	0,577	0,865	1,000
A3	0,005	0,055	0,119	0,008	0,074	0,148	0,016	0,094	0,180	0,012	0,115	0,173	0,015	0,129	0,180	0,056	0,234	0,420	0,059	0,239	0,420
A4	0,213	0,442	0,660	0,344	0,595	0,820	0,702	0,940	1,000	0,533	0,804	0,960	0,636	0,902	1,000	0,574	0,864	1,000	0,607	0,883	1,000
A5	0,016	0,101	0,224	0,025	0,136	0,279	0,016	0,113	0,180	0,037	0,180	0,326	0,015	0,110	0,180	0,042	0,198	0,340	0,133	0,350	0,580
A6	0,036	0,156	0,356	0,076	0,236	0,476	0,031	0,169	0,260	0,310	0,574	0,845	0,163	0,386	0,620	0,154	0,378	0,620	0,222	0,460	0,700
	C <sub>32</sub>			C <sub>33</sub>			C <sub>41</sub>			C <sub>42</sub>			C <sub>51</sub>			C <sub>52</sub>			C <sub>53</sub>		
A1	0,343	0,585	0,764	0,533	0,804	0,960	0,112	0,312	0,545	0,145	0,353	0,583	0,304	0,554	0,808	0,484	0,771	0,960	0,436	0,740	0,960
A2	0,436	0,740	0,960	0,568	0,843	0,980	0,112	0,312	0,545	0,145	0,353	0,583	0,248	0,488	0,757	0,384	0,672	0,902	0,409	0,705	0,941
A3	0,026	0,155	0,255	0,017	0,137	0,180	0,007	0,068	0,151	0,000	0,034	0,062	0,000	0,026	0,086	0,000	0,049	0,096	0,000	0,052	0,098
A4	0,568	0,843	0,980	0,671	0,921	1,000	0,148	0,365	0,580	0,189	0,412	0,620	0,359	0,620	0,860	0,508	0,787	0,960	0,568	0,843	0,980
A5	0,000	0,069	0,098	0,052	0,216	0,340	0,025	0,129	0,313	0,000	0,025	0,062	0,037	0,172	0,361	0,025	0,148	0,250	0,040	0,189	0,333
A6	0,145	0,361	0,608	0,155	0,372	0,580	0,032	0,144	0,336	0,004	0,059	0,112	0,101	0,277	0,533	0,087	0,279	0,518	0,145	0,361	0,608
	C <sub>61</sub>			C <sub>62</sub>			C <sub>63</sub>			C <sub>71</sub>			C <sub>72</sub>			C <sub>81</sub>			C <sub>82</sub>		
A1	0,490	0,810	1,000	0,518	0,828	1,000	0,577	0,865	1,000	0,518	0,828	1,000	0,515	0,808	0,980	0,182	0,414	0,660	0,172	0,396	0,647
A2	0,406	0,702	0,940	0,462	0,774	0,980	0,515	0,808	0,980	0,548	0,846	1,000	0,546	0,846	1,000	0,151	0,359	0,620	0,172	0,396	0,647
A3	0,000	0,072	0,100	0,000	0,054	0,100	0,000	0,056	0,100	0,000	0,055	0,100	0,000	0,056	0,100	0,005	0,064	0,119	0,000	0,046	0,066
A4	0,546	0,846	1,000	0,574	0,864	1,000	0,608	0,884	1,000	0,577	0,865	1,000	0,671	0,921	1,000	0,224	0,451	0,660	0,224	0,451	0,660
A5	0,042	0,198	0,340	0,014	0,126	0,180	0,047	0,207	0,340	0,000	0,055	0,100	0,047	0,207	0,340	0,010	0,083	0,172	0,010	0,074	0,172
A6	0,126	0,342	0,580	0,042	0,198	0,340	0,125	0,320	0,500	0,118	0,313	0,500	0,094	0,282	0,460	0,016	0,101	0,224	0,010	0,083	0,172

Örneğin 1.alternatifin bulanık pozitif ideal çözüm ve bulanık negatif ideal çözüme olan uzaklıkları aşağıdaki gibi hesaplanmıştır. Tablo 5.28, alternatiflerin uzaklık ölçümlerini göstermektedir.

$$\left. \begin{array}{l} \sqrt{\frac{1}{3}[(1-0,15)^2 + (1-0,36)^2 + (1-0,62)^2]} = 0,652 \\ \vdots \\ \sqrt{\frac{1}{3}[(1-0,17)^2 + (1-0,40)^2 + (1-0,65)^2]} = 0,625 \end{array} \right\} d_1^* = 8,893$$

ve

$$\left. \begin{array}{l} \sqrt{\frac{1}{3}[(0-0,15)^2 + (0-0,36)^2 + (0-0,62)^2]} = 0,423 \\ \vdots \\ \sqrt{\frac{1}{3}[(0-0,17)^2 + (0-0,40)^2 + (0-0,65)^2]} = 0,449 \end{array} \right\} d_1^- = 13,960$$

Tablo 5.28. Uzaklık ölçüm değerleri

	A <sup>-</sup>	A <sup>*</sup>
A1	13,960	8,893
A2	13,650	9,219
A3	2,176	19,276
A4	15,245	7,371
A5	3,674	18,061
A6	6,804	15,405

### 5.3.7. Yakınlık katsayılarının hesaplanarak sıralamanın belirlenmesi

Yakınlık katsayısına göre bütün alternatiflerin sıralama derecesi belirlenmiştir. Örneğin birinci ve ikinci alternatifin yakınlık katsayıları sırasıyla;

$$CC_1 = \frac{13,960}{13,960 + 8,893} = 0,611$$

$$CC_2 = \frac{13,650}{13,650 + 9,219} = 0,597 \text{ şeklinde hesaplanmıştır.}$$

Alternatiflerin yakınlık katsayıları Tablo 5.29'daki gibidir.

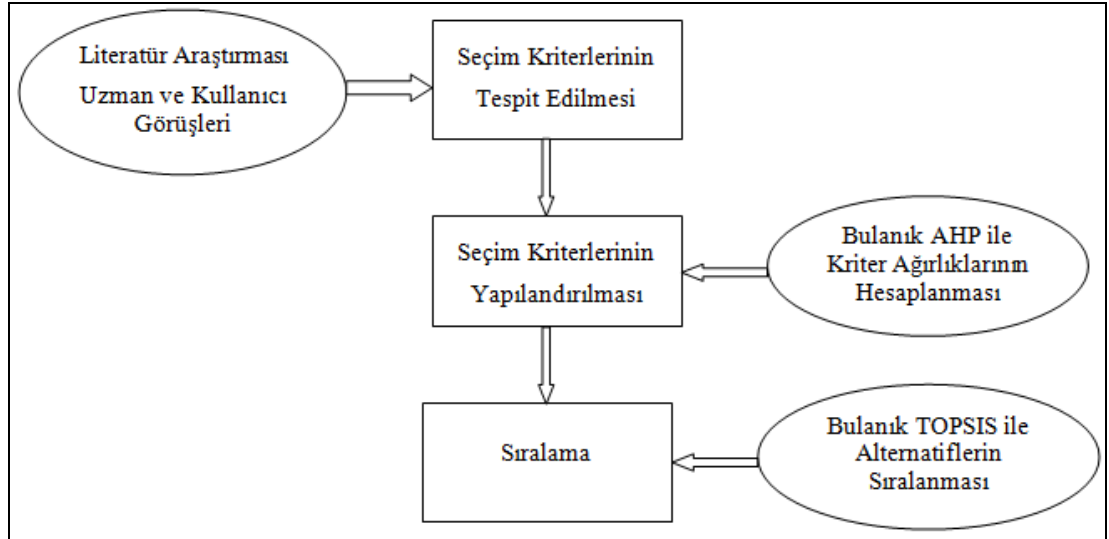
Tablo 5.29. Alternatiflerin yakınlık katsayıları

A1	0,611
A2	0,597
A3	0,101
A4	0,674
A5	0,169
A6	0,306

Yakınlık katsayılarına göre sıralama A4, A1, A2, A6, A5, A3 şeklindedir. A4 yani Moodle BAHF çözümünde de olduğu gibi alternatifler arasında en yüksek değere sahip olarak bulunmuştur. Moodle en iyi ÖYS olarak seçilmelidir. Sakai ve Olat ÖYS'leri pozitif ideal çözümden en uzak kalan iki ÖYS olarak hesaplanmıştır.

#### 5.4. Entegre Bulanık AHP-TOPSIS Uygulaması

Bu uygulamada BAHF ve Bulanık TOPSIS bir arada kullanılmıştır. BAHF ile elde edilen kriter ağırlıkları Bulanık TOPSIS ile alternatifleri sıralarken kullanılmıştır. Şekil 5.2, entegre Bulanık AHP-TOPSIS yöntemi aşamalarını göstermektedir.



Şekil 5.2. Entegre Bulanık AHP-TOPSIS yöntemi genel aşamaları

#### 5.4.1. Kriter bulanık ağırlıklarının hesaplanması

Bulanık TOPSIS kriter ağırlıklarını değerlendirirken yeterli olmamaktadır. Bu yüzden bu kısımda BAHF'den elde edilen kriter ağırlıkları kullanılmıştır. Bu değerler Tablo 5.30'da gösterilmiştir.

Tablo 5.30. Alt kriter ağırlıkları

C <sub>11</sub>	0,425	C <sub>32</sub>	0,253	C <sub>61</sub>	0,309
C <sub>12</sub>	0,575	C <sub>33</sub>	0,423	C <sub>62</sub>	0,222
C <sub>21</sub>	0,417	C <sub>41</sub>	0,559	C <sub>63</sub>	0,469
C <sub>22</sub>	0,057	C <sub>42</sub>	0,441	C <sub>71</sub>	0,441
C <sub>23</sub>	0,352	C <sub>51</sub>	0,22	C <sub>72</sub>	0,559
C <sub>24</sub>	0,173	C <sub>52</sub>	0,401	C <sub>81</sub>	0,441
C <sub>31</sub>	0,324	C <sub>53</sub>	0,379	C <sub>82</sub>	0,559

#### 5.4.2. Normalize bulanık karar matrisinin oluşturulması

Bulanık TOPSIS uygulamasında elde edilen bulanık normalize karar matrisi (Tablo 5.26) kullanılmıştır.

#### 5.4.3. Ağırlıklı normalize bulanık karar matrisinin oluşturulması

Tablo 5.30'daki kriter ağırlıkları ile bulanık normalize karar matrisi (Tablo 5.26) çarpılarak ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi oluşturulmuştur. Tablo 5.31, bu matrisi göstermektedir.

Örneğin; C11 kriteri için A1 değeri şöyle hesaplanmıştır:

$$(0,580 \otimes 0,425) = 0,247$$

$$(0,780 \otimes 0,425) = 0,332$$

$$(0,940 \otimes 0,425) = 0,400$$

Tablo 5.31. Ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi

	C <sub>11</sub>			C <sub>12</sub>			C <sub>21</sub>			C <sub>22</sub>			C <sub>23</sub>			C <sub>24</sub>			C <sub>31</sub>		
A1	0,247	0,332	0,400	0,357	0,472	0,552	0,275	0,359	0,409	0,038	0,049	0,056	0,218	0,289	0,338	0,107	0,142	0,166	0,214	0,279	0,318
A2	0,213	0,298	0,374	0,334	0,449	0,541	0,259	0,342	0,400	0,024	0,035	0,047	0,218	0,289	0,338	0,107	0,142	0,166	0,253	0,305	0,324
A3	0,009	0,051	0,077	0,012	0,069	0,104	0,008	0,042	0,075	0,001	0,008	0,010	0,007	0,049	0,063	0,014	0,045	0,073	0,026	0,084	0,136
A4	0,349	0,408	0,425	0,472	0,552	0,575	0,375	0,417	0,417	0,049	0,056	0,057	0,303	0,345	0,352	0,142	0,166	0,173	0,266	0,311	0,324
A5	0,026	0,094	0,145	0,035	0,127	0,196	0,008	0,050	0,075	0,003	0,013	0,019	0,007	0,042	0,063	0,010	0,038	0,059	0,058	0,123	0,188
A6	0,060	0,145	0,230	0,104	0,219	0,334	0,017	0,075	0,108	0,029	0,040	0,050	0,077	0,148	0,218	0,038	0,073	0,107	0,097	0,162	0,227
	C <sub>32</sub>			C <sub>33</sub>			C <sub>41</sub>			C <sub>42</sub>			C <sub>51</sub>			C <sub>52</sub>			C <sub>53</sub>		
A1	0,132	0,172	0,197	0,262	0,347	0,406	0,347	0,458	0,525	0,291	0,370	0,415	0,145	0,185	0,207	0,313	0,377	0,401	0,250	0,326	0,371
A2	0,167	0,218	0,248	0,279	0,364	0,415	0,347	0,458	0,525	0,291	0,370	0,415	0,119	0,163	0,194	0,249	0,329	0,377	0,235	0,311	0,364
A3	0,010	0,046	0,066	0,008	0,059	0,076	0,022	0,101	0,145	0,000	0,035	0,044	0,000	0,009	0,022	0,000	0,024	0,040	0,000	0,023	0,038
A4	0,218	0,248	0,253	0,330	0,398	0,423	0,458	0,537	0,559	0,379	0,432	0,441	0,172	0,207	0,220	0,329	0,385	0,401	0,326	0,371	0,379
A5	0,000	0,020	0,025	0,025	0,093	0,144	0,078	0,190	0,302	0,000	0,026	0,044	0,018	0,057	0,092	0,016	0,072	0,104	0,023	0,083	0,129
A6	0,056	0,106	0,157	0,076	0,161	0,245	0,101	0,212	0,324	0,009	0,062	0,079	0,048	0,092	0,136	0,056	0,136	0,217	0,083	0,159	0,235
	C <sub>61</sub>			C <sub>62</sub>			C <sub>63</sub>			C <sub>71</sub>			C <sub>72</sub>			C <sub>81</sub>			C <sub>82</sub>		
A1	0,216	0,278	0,309	0,164	0,204	0,222	0,347	0,431	0,469	0,309	0,397	0,441	0,369	0,481	0,548	0,309	0,397	0,441	0,369	0,481	0,548
A2	0,179	0,241	0,290	0,147	0,191	0,218	0,310	0,403	0,460	0,326	0,406	0,441	0,391	0,503	0,559	0,256	0,344	0,415	0,369	0,481	0,548
A3	0,000	0,025	0,031	0,000	0,013	0,022	0,000	0,028	0,047	0,000	0,026	0,044	0,000	0,034	0,056	0,009	0,062	0,079	0,000	0,056	0,056
A4	0,241	0,290	0,309	0,182	0,213	0,222	0,366	0,441	0,469	0,344	0,415	0,441	0,481	0,548	0,559	0,379	0,432	0,441	0,481	0,548	0,559
A5	0,019	0,068	0,105	0,004	0,031	0,040	0,028	0,103	0,159	0,000	0,026	0,044	0,034	0,123	0,190	0,018	0,079	0,115	0,022	0,089	0,145
A6	0,056	0,117	0,179	0,013	0,049	0,075	0,075	0,159	0,235	0,071	0,150	0,221	0,067	0,168	0,257	0,026	0,097	0,150	0,022	0,101	0,145

#### 5.4.4. Bulanık pozitif ve negatif ideal çözümün belirlenmesi

Bulanık TOPSIS uygulamasında olduğu gibi karar kriteri sayısı kadar FPİC ve FNİC değeri vardır. ÖYS seçimi yirmi bir karar kriterine göre değerlendirildiği için FPİC ve FNİC sırasıyla;

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

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

şeklinde oluşmuştur.

#### 5.4.5. FPİC ve FNİC'ten olan uzaklıkların hesaplanması

Her bir alternatifin sırasıyla bulanık pozitif ideal çözüm ve bulanık negatif ideal çözümden uzaklığı hesaplanmıştır. Örneğin 1. alternatifin bulanık pozitif ideal çözüm ve bulanık negatif ideal çözüme olan uzaklıkları aşağıdaki gibi hesaplanmıştır. Tablo 5.32, alternatiflerin uzaklık ölçümlerini göstermektedir.

$$\left. \begin{array}{l} \sqrt{\frac{1}{3}[(1-0,247)^2 + (1-0,332)^2 + (1-0,400)^2]} = 0,667 \\ \vdots \\ \sqrt{\frac{1}{3}[(1-0,369)^2 + (1-0,481)^2 + (1-0,548)^2]} = 0,539 \end{array} \right\} d_1^* = 14,433$$

ve

$$\left. \begin{array}{l} \sqrt{\frac{1}{3}[(0-0,247)^2 + (0-0,332)^2 + (0-0,400)^2]} = 0,332 \\ \vdots \\ \sqrt{\frac{1}{3}[(0-0,369)^2 + (0-0,481)^2 + (0-0,548)^2]} = 0,472 \end{array} \right\} d_1^- = 6,692$$



Tablo 5.32. Uzaklık ölçümü

	A <sup>-</sup>	A <sup>*</sup>
A1	6,692	14,433
A2	6,545	14,594
A3	0,918	20,235
A4	7,477	13,564
A5	1,663	19,567
A6	2,819	18,461

#### 5.4.6. Yakınlık katsayılarının hesaplanarak sıralamanın belirlenmesi

Yakınlık katsayısına göre bütün alternatiflerin sıralama derecesi belirlenmiştir. Örneğin birinci ve ikinci alternatifin yakınlık katsayıları sırasıyla;

$$CC_1 = \frac{6,692}{6,692+14,433} = 0,317$$

$$CC_2 = \frac{6,545}{6,545+14,594} = 0,310 \quad \text{şeklinde hesaplanmıştır.}$$

Alternatiflerin yakınlık katsayıları Tablo 5.33'deki gibidir.

Tablo 5.33. Alternatiflerin yakınlık katsayıları

A1	0,317
A2	0,310
A3	0,043
A4	0,355
A5	0,078
A6	0,132

Bu uygulamada yakınlık katsayılarına göre sıralama A4, A1, A2, A6, A5, A3 şeklinde olmuştur.

#### 5.5. Yöntemlerin Karşılaştırılması

Uygulanan BAHF ve Bulanık TOPSIS yöntemlerine göre elde edilen kriter ağırlıkları Tablo 5.34 ve Tablo 5.35'te gösterilmiştir. Bulanık TOPSIS

uygulamasında üçlü kriter ağırlıkları  $\frac{l+4m+u}{6}$  formülüyle durulaştırılarak

kriterlerin önem ağırlığı tek bir sayıya indirgenmiştir. Böylece daha kolay değerlendirme yapılmıştır.

Tablo 5.34. BAHP’de hesaplanan kriter ağırlıkları

Ana kriterler	Ağırlık	Alt kriterler	Ağırlık
Kullanım Kolaylığı	0,074	Dost Arayüz	0,425
		Esnek Sistemler	0,575
İletişim, Etkileşim& İşbirliği	0,194	Tartışma/Forum	0,417
		Beyaz Tahta Uygulamaları	0,057
		Video Konferans Desteği	0,352
		Sosyal Ağ kurma	0,174
İçerik Yönetimi ve Geliştirme	0,287	Öğretim Standartlarına Uygunluk	0,324
		İçerik Paylaşım Araçları	0,253
		Ders Şablonları	0,423
Destek	0,014	Çevrimiçi Yardım Desteği	0,559
		Eğitim Desteği	0,441
Verimlilik Araçları	0,041	Takvim	0,220
		Arama Motoru	0,401
		Yardım Aracı	0,379
Ölçme Araçları	0,161	Test/Sınav Araçları	0,309
		Soru Bankası Yönetimi	0,222
		Otomatik Test Yönetimi	0,469
Değerlendirme Araçları	0,198	Öğrenci Takibi	0,441
		Kurs/Eğitim Yönetimi	0,559
Güvenlik	0,031	Kimlik Doğrulama	0,441
		Güvenlik Yama Yayınlama Sıklığı	0,559

Tablo 5.35. Bulanık TOPSIS’te hesaplanan kriter ağırlıkları

Ana kriterler	Ağırlık	Alt kriterler	Ağırlık
Kullanım Kolaylığı	0,460	Dost Arayüz	0,460
		Esnek Sistemler	0,620
İletişim, Etkileşim& İşbirliği	0,903	Tartışma/Forum	0,923
		Beyaz Tahta Uygulamaları	0,810
		Video Konferans Desteği	0,903
		Sosyal Ağ kurma	0,883
İçerik Yönetimi ve Geliştirme	0,963	Öğretim Standartlarına Uygunluk	0,903
		İçerik Paylaşım Araçları	0,847
		Ders Şablonları	0,963
Destek	0,340	Çevrimiçi Yardım Desteği	0,380
		Eğitim Desteği	0,420
Verimlilik Araçları	0,700	Takvim	0,660
		Arama Motoru	0,810
		Yardım Aracı	0,847
Ölçme Araçları	0,883	Test/Sınav Araçları	0,883
		Soru Bankası Yönetimi	0,883
		Otomatik Test Yönetimi	0,923
Değerlendirme Araçları	0,903	Öğrenci Takibi	0,903
		Kurs/Eğitim Yönetimi	0,923
Güvenlik	0,227	Kimlik Doğrulama	0,460
		Güvenlik Yama Yayınlama Sıklığı	0,460

BAHP yönteminin sonuçları incelenecek olursa;

İçerik Yönetimi ve Geliştirme ana kriterinin % 28,7 ile karar sürecini etkileyen en önemli ana kriter, Değerlendirme Araçları kriterinin ve İletişim, Etkileşim&İş birliği kriterinin ise sırasıyla % 19,8 ve % 19,4'lük bir payla neredeyse birbirlerine eşit önemde olduğu gözlenmiştir. Ölçme Araçları kriteri ise %16,0 ile, Kullanım Kolaylığı %7,4 ile, Verimlilik Araçları %4,1 ile, Güvenlik %3,1 ile, Destek ise %1,6 ile onları takip etmiştir.

İçerik Yönetimi ve Geliştirme kriterinin alt kriterleri arasında ders şablonları en önemli kriter olarak karşımıza çıkmıştır. İletişim, Etkileşim, İş birliği kriterinin alt kriterleri arasında Tartışma/Forum alt kriterinin önemli olduğu görülmüştür. Değerlendirme araçları kriterinde ise kurs eğitim yönetiminin önemli olduğu fakat öğrenci takibi kriteriyle arasında çok fazla önem farkı bulunmadığı ortaya çıkmıştır. Ölçme araçları kriterinde otomatik test yönetimi kriterinin diğer iki kriterine göre önemli olduğu gözlemlenmiştir. Kullanım kolaylığı ve güvenlik kriterlerindeki alt kriterlerin birbirlerine yakın düzeyde öneme sahip oldukları, verimlilik araçları kriterinin alt kriterleri arasında ise arama motorunun diğerlerine göre önemli olduğu, destek kriterinde ise çevrimiçi yardım desteğinin eğitim desteğine göre önemli olduğu fakat önem farkının çok olmadığı gözlenmiştir.

Tablo 5.36. Hesaplanan alternatif önem ağırlıkları ve sıraları

Alternatif	BAHP		Bulanık TOPSIS		Entegre Yöntem	
	Ağırlık	Sırası	Yakınlık Katsayısı	Sırası	Yakınlık Katsayısı	Sırası
A1 Atutor	0,233	3	0,611	2	0,317	2
A2 Claroline	0,237	2	0,597	3	0,310	3
A3 Sakai	0,004	6	0,101	6	0,043	6
A4 Moodle	0,363	1	0,674	1	0,355	1
A5 Olat	0,009	5	0,169	5	0,078	5
A6 Dokeos	0,154	4	0,306	4	0,132	4

Tablo 5.36 incelendiğinde; alternatifler arasında ise Moodle %36,3 ile birinci ÖYS olarak karşımıza çıkmıştır. %23,3 ve %23,7 ile Claroline ve Atutor ikinci ve üçüncü ÖYS olarak hesaplanmıştır. Bu iki ÖYS'nin neredeyse eşit önemde oldukları gözlenmiştir. Dokeos ise %15,4 ile dördüncü sıradadır. Olat ve Sakai'nin ağırlıkları

ise %0,09 ve %0,04 ile neredeyse sifıra yakın çıkmıştır. Yani bu iki alternatif kriterleri karşılama bakımından oldukça yetersiz kalmıştır.

Bulanık TOPSIS uygulamasının sonuçları incelenecek olursa; ÖYS seçimi için kriterlerin önem sırası şöyledir: İçerik Yönetimi ve Geliştirme kriteri %96,3 ile ilk sırada, Değerlendirme Araçları ve İletişim, Etkileşim, İş birliği kriteri %90,3 ikinci ve üçüncü sırada, Ölçme Araçları kriteri %88,3 ile dördüncü sırada, Verimlilik Araçları kriteri %70 ile beşinci sırada, Kullanım Kolaylığı kriteri %46,6 ile son sırada, Destek kriteri %34 ile 7. sırada, Güvenlik kriteri ise %22,7 ile son sırada yer almaktadır. BAHP'den elde edilen kriter önem sırasıyla burada bulunan kriter önem sırası biraz farklılık göstermiştir. Alt kriter ağırlıkları içinde BAHP'de elde edilen sonuçlara yakın sonuçlar çıkmıştır. Fakat yine bazı kriterlerin önem sırası değişmiştir. BAHP'de kriterler ikili karşılaştırıldıktan sonra önem düzeyleri belirlenmiştir. Fakat bu yöntemde herhangi bir ikili karşılaştırma yapmadan bir kriterin seçim kararını etkilemesi bakımından önemi belirtilmiştir. Kriterler arası etkileşim düşünülmediği için bazı farklılık olduğu düşünülmektedir.

Alternatiflerin önem sırasında ise önemli bir değişiklik olmamıştır. Tablo 5.36 incelendiğinde Moodle %67,4 ile ilk sıradadır. %61,1 ile Atutor ikinci sıradadır. %59,7 ile Claroline üçüncü sırada onu takip etmektedir. Dokeos'un % 30,6 ile dördüncü sırada olduğu, Olat'ın %16,9 ile beşinci ve Sakai'nin %10,1 ile son sırada olduğu görülmüştür.

Entegre yöntem sonuçları incelenecek olursa; Tablo 5.36'da alternatiflerin sırasının değişmediği görülebilir. Sadece yakınlık katsayı değerleri değişmiştir. Bu farklılık BAHP'de kullanılan dilsel değişken değerinin Bulanık TOPSIS'de kullanılan değerlere göre daha düşük olmasından kaynaklanmıştır.

Tablo 5.36 incelendiğinde Moodle %35,5 ile ilk, Atutor %31,7 ile ikinci, %31,0 ile Claroline üçüncü, Dokeos % 13,2 ile dördüncü, Olat %7,8 ile beşinci ve Sakai % 4,3 ile son sıradadır. Uygulanan üç yöntemde de Moodle alternatifi seçilebilecek en iyi alternatif olarak karşımıza çıkmıştır. Ayrıca 2012 yılında yapılan bir çalışmada Türkiye'de ve Kuzey Kıbrıs'ta incelenen üniversitelerden yaklaşık %60'ında Moodle'in kullanıldığı görülmüştür [45].

## 6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bilginin ve teknolojinin hızlı bir şekilde ilerlediği bu çağda eğitim alanında da bu teknolojik gelişmelerden faydalanılmaktadır. Klasik eğitim anlayışının yanında uzaktan eğitim modeli her geçen gün önem kazanmakta ve yaygınlaşarak kullanılmaktadır. Uzaktan eğitim veren kurumların daha iyi hizmet verebilmeleri için bu hizmeti verecek uygun bir ÖYS seçmeleri gerekmektedir. Uygun bir ÖYS seçimi karşımıza karar verme problemi olarak çıkmaktadır.

Yapılan bu çalışmada ÖYS seçimi probleminin çözümüne yönelik bir uygulama yapılmıştır. ÖYS seçiminde önemli olan kriterlerin bulunması ve alternatifler arasında en iyisini belirlemek amacıyla çok kriterli karar verme tekniklerinden yararlanılmıştır.

AHP uzman görüşünü yansıtır. Fakat klasik AHP insana ait düşünme tarzını net bir şekilde ortaya koyamaz. Karar vericiler hiçbir zaman belirgin ve net ifadelerle değerlendirme yapmak istemezler. Düşüncelerini yansıtırken kesin değerleri değil de aralıklı değerleri kullanmayı daha çok tercih ederler. Bu yüzden hiyerarşik bulanık problemleri çözmek için geliştirilen BAHP modeli ve ideal çözümden en yakın uzaklığa dayanan TOPSIS yönteminin belirsizlik durumlarında tercih edilen Bulanık TOPSIS modeli bu çalışma kapsamında kullanılmıştır.

Genel anlamda Bulanık TOPSIS yönteminin karar verme kriterlerini değerlendirirken yetersiz kaldığı görüşü vardır. Bu nedenle yukarıda bahsedilen bu iki yöntemin yanı sıra bu iki yöntemin birleştirilmiş uygulaması da yapılmıştır. Seçim kriterlerinin ağırlıklarının belirlenmesi için BAHP yönteminden elde edilen değerler, Bulanık TOPSIS ile alternatifleri sıralarken kullanılmıştır.

Kriterler değerlendirildiğinde İçerik Yönetimi ve Geliştirme kriteri üç yöntemde de en önemli kriter olarak ortaya çıkmıştır. Aynı şekilde Moodle da tüm yöntemlerde seçilebilecek en iyi alternatif olarak karşımıza çıkmıştır. Üniversitelerin kullanmış oldukları ÖYS'ler incelendiğinde Moodle'nın birçok üniversite tarafından tercih

edildiği görölmüştür. Bu da yapılan bu çalışmanın mantıklı ve tutarlı olduğu görölmektedir.

Bu sonuçlara göre bu yöntemlerin birbirlerine göre üstünlükleri veya birbirlerine göre zayıf olduğu noktaları eleştirmek mümkün olmamıştır. Bu çalışma ÖYS seçim sürecinde bu üç yöntemin rahatlıkla uygulanabilir olduğunu göstermiştir.

Bu çalışma ÖYS seçim probleminde çok kriterli karar verme tekniklerinden BAHP ve Bulanık TOPSIS yöntemlerinin aynı anda ve bir arada kullanan bir çalışmadır. Bu yönüyle diğer çalışmalardan ayrılmaktadır. Bu çalışma kapsamında kullanılan kriterler yapılan araştırmalar ve uzman görüşlerinden faydalanılarak belirlenmiştir. Aslında kriter sayısı oldukça çoktur. Bundan sonraki süreçte seçim kriterleri belirlenirken ANP (Analytic Network Process), DEMATEL (The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory Method) gibi bağımlı ve bağımsız değişkenleri tanımlayabilen teknikler kullanılarak yapılacak bir çalışma daha başarılı sonuçlar verebilir.

## KAYNAKLAR

- [1] Harrison E. F., *The managerial decision making process*, 5th ed., Houghton Mifflin Company, USA, 1999.
- [2] Stanujkic D., Magdalinovic N., Jovanovic R., Stojanovic S., An objective multi-criteria approach to optimization using moora method and interval grey numbers, *Technological and Economic Development of Economy*, 2012, **18**, 331-363.
- [3] Zolfani S. H., Chen S., Rezaeiniya N., Tamošaitienė T., A hybrid MCDM model encompassing AHP and COPRAS-G methods for selecting company supplier in Iran, *Technological and Economic Development of Economy*, 2012, **18**, 529-543.
- [4] Tali M., Sadough S. H., Nezammahalleh M. A., Nezammahalleh S. K., Multi-criteria evaluation to select sites for ecotourism facilities: a case study Miankaleh Peninsula, *Anatolia: An International Journal of Tourism and Hospitality Research*, 2012, **23**, 373-394.
- [5] Harcar T., *Silahlı kuvvetlerde karar verme*, 1.Baskı, K.H.O Yayınları, Ankara, 1992.
- [6] Himmetoğlu B. A., *Karar verme yeteneğini geliştirme*, 3.Baskı, Karınca Yayınları, İzmir, 1971.
- [7] Hwang C. L., Lin M. J., *Group decision making under multiple criteria*, 1st ed., Springer-Verlag, Berlin, 1987.
- [8] Corner J., Buchanan J., Henig M., Dynamic model for structuring decision problems, *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 2001, **10**, 129-141.
- [9] Çelikyay S., Çok amaçlı savaş uçağı seçiminde çok ölçütlü karar verme yöntemlerinin uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2002, 127075.
- [10] Ravindran A., Phillips D., Solberg J., *Operation research principles and practice*, 2nd ed., Wiley, USA, 1987.
- [11] Ecer F., Fuzzy TOPSIS yöntemiyle insan kaynağı seçiminde adayların değerlendirilmesi ve bir uygulama, Doktora Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Afyonkarahisar, 2007, 191172.
- [12] Ishizaka A., Pearman C., AHPSort: AHP-based method for sorting problems, *International Journal of Production Research*, 2012, **50**, 4767-4784.

- [13] Koçel T., *İşletme yöneticiliği*, 9. Basım, Beta Basım, İstanbul, 2003.
- [14] Tabucanon M. T., *Multiple criteria decision making in industry*, 2nd ed., Elsevier, New York, 1988.
- [15] Daim T. U., Bhatla A., Mansour M., Site selection for a data centre - a multi-criteria decision-making model, *International Journal of Sustainable Engineering*, DOI:10.1080/19397038.2012.719554.
- [16] Wu W., Kou G., Peng Y., Ergu D., Improved AHP-group decision making for investment strategy selection, *Technological and Economic Development of Economy*, 2012, **18**, 299-316.
- [17] Büyüközkan G., An integrated fuzzy multi-criteria group decision-making approach for green supplier evaluation, *International Journal of Production Research*, 2012, **50**, 2892-2909.
- [18] Saaty T. L., *Decision Making For Leaders*, 3rd ed., RWS Publications, Pittsburgh, 2001.
- [19] Erdin C., Bulanık hedef programlama ve işletme yönetiminde bir uygulama, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2007, 214102.
- [20] Srdjevic Z., Samardzic M., Srdjevic B., Robustness of AHP in selecting wastewater treatment method for the coloured metal industry: Serbian case study, *Civil Engineering and Environmental Systems*, 2012, **29**, 147-161.
- [21] Kasirian M. N., Yusuff R. M., An integration of a hybrid modified TOPSIS with a PGP model for the supplier selection with interdependent criteria, *International Journal of Production Research*, DOI:10.1080/00207543.2012.663107.
- [22] Vinodh S., Mulanjur G., Thiagarajan A., Sustainable concept selection using modified fuzzy TOPSIS: a case study, *International Journal of Sustainable Engineering*, DOI:10.1080/19397038.2012.682100.
- [23] Monjezi M., Dehghani H., Singh T. N., Sayadi A. R., Gholinejad A., Application of TOPSIS method for selecting the most appropriate blast design, *Arabian Journal of Geosciences*, 2012, **5**, 95-101.
- [24] Supçiller A. A., Çapraz O., Ahp-Topsis yöntemine dayalı tedarikçi seçimi uygulaması, *İstanbul Üniveristesi İktisat Fakültesi Ekonometri ve İstatistik Dergisi*, 2011, **13**, 1-22.
- [25] Zolfani S. H., Sedaghat M., Zavadskas E. K., Performance evaluating of rural ICT centers (telecenters), applying fuzzy AHP, SAW-G and TOPSIS Grey-a case study in Iran, *Technological and Economic Development of Economy*, 2012, **18**, 364-387.



- [26] Göksu A., Bulanık analitik hiyerarşik proses ve üniversite tercih sıralamasında uygulanması, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta, 2008, 215700.
- [27] Kaplan S., Hava savunma sektörü tezgah yatırım projelerinin bulanık AHP ile değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2007, 201133.
- [28] Chan F., Prakash A., Maintenance policy selection in manufacturing firms using the fuzzy MCDM approach, *International Journal of Production Research*, 2012, **50**, 7044-7056.
- [29] Chou Y. C., Sun C. C., Yen H. Y., Evaluating the criteria for human resource for science and technology (HRST) based on an integrated fuzzy AHP and fuzzy DEMATEL approach, *Applied Soft Computing*, 2012, **12**, 64-71.
- [30] Zheng G., Zhu N., Tian Z., Chen Y., Sun B., Application of a trapezoidal fuzzy AHP method for work safety evaluation and early warning rating of hot and humid environments, *Safety Science*, 2012, **50**, 228-239.
- [31] Demirel N. Ç., Yücenur G. N., Demirel T., Muşdal H., Risk-based evaluation of turkish agricultural strategies using fuzzy AHP and fuzzy ANP, *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 2012, **18**, 685-702.
- [32] Gültaş İ., Endüstri mühendisliği eğitiminde matematik ders içeriklerinin belirlenmesine bulanık AHP yöntemi ile çözüm önerisi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2007, 222542.
- [33] Çitli N., Bulanık çok kriterli karar verme, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2006, 182651.
- [34] Chen C. T., Extensions of the TOPSIS for Group Decision-Making under Fuzzy Environment, *Fuzzy Sets and Systems*, 2000, **114**, 1-9.
- [35] Çekinmez M., Web 2.0 teknolojileri ve açık kaynak kodlu öğretim yönetim kullanılarak uzaktan eğitim sistemi uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 2009, 245256.
- [36] Wang J., Doll W. J., Deng X., Park K., Yang M. G., The impact of faculty perceived reconfigurability of learning management systems on effective teaching practices, *Computers&Education*, 2013, **61**, 146-157.
- [37] Moore M. G., Kearsley G., *Distance education: a systems view*, 2nd ed., Wadsworth Publishing, Canada, 2004.
- [38] Chen S., Li Y., A research of fuzzy AHP approach in evaluating distance education system alternatives, *First International Workshop on Education Technology and Computer Science*, Wuhan, China, 7-8 March 2009.

- [39] Sakarya A., Zihinsel engelli çocuklar için Moodle ortamında bir uzaktan eğitim sisteminin geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne, 2011, 300166.
- [40] Al U., Mardan O., Web Tabanlı Uzaktan Eğitim Sistemleri: Sahip Olması Gereken Özellikler ve Standartlar, *Bilgi Dünyası*, 2004, **5**, 259-271.
- [41] Karal H, Cebi A, Views on modular assessment and evaluation process in distance education, *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2012, **46**, 2073-2077.
- [42] Ozan Ö., Öğrenme yönetim sistemlerinin değerlendirilmesi, *XIII. Türkiye’de İnternet Konferansı*, Ankara, Türkiye, 22-23 Aralık 2008.
- [43] Reis Z. A., Baktır H. Ö., Çelik B., Erkoç M. F., Özçakır F. C., Özdemir Ş., Şahin K., Açık kaynak kodlu öğrenme yönetim sistemleri üzerine bir karşılaştırma çalışması, *Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi*, 2012, **1**, 42-58.
- [44] Aydın C. Ç., Biroğul S., E- Öğrenmede açık kaynak kodlu öğretim yönetim sistemleri ve Moodle, *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 2008, **1**, 31-36.
- [45] Kaya M., Distance education systems used in universities of Turkey and Northern Cyprus, *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2012, **31**, 676-680.
- [46] Shee D. Y., Wang Y. S., Multi-criteria evaluation of the web based e-learning system: A methodology based on learner satisfaction and its applications, *Computers & Education*, 2008, **50**, 894-905.
- [47] Colace F., De Santos M., Evaluation models for e-learning platforms and the AHP approach: A case study, <http://www.internetjournals.net/journals/tir/2011/January/Paper%2004.pdf>, (Ziyaret tarihi: 9 Eylül 2012).
- [48] Alshomrani S., Evaluation of technical factors in distance learning with respect to open source LMS, *Asian Transactions on Computers*, 2012, **2**, 11-17.
- [49] Chao R. J., Chen Y. H., Evaluation of the criteria and effectiveness of distance e-learning with consistent fuzzy preference relations, *Expert Systems with Applications*, 2009, **36**, 10657-10662.
- [50] Chen S., Li Y., A research of fuzzy AHP approach in evaluating distance education system alternatives, *1st International Workshop on Education Technology and Computer Science*, Wuhan, Hubei, 7-8 March 2009.
- [51] Cavus N., The evaluation of learning management systems using an artificial intelligence fuzzy logic algorithm, *Advances in Engineering Software*, 2010, **41**, 248-254.

## **EKLER**

Tablo A. Bulanık AHP’de ana kriter değerlendirme formu

Ana Kriterler	Kullanım Kolaylığı	İletişim, Etkileşim& İş Bir.	İçerik Yönt. ve Geliştirme	Destek	Verimlilik Araçları	Ölçme Araçları	Değerlendirme Araçları	Güvenlik
Kullanım Kolaylığı	■							
İletişim, Etkileşim ve İş birliği		■						
İçerik Yönetimi ve Geliştirme			■					
Destek				■				
Verimlilik Araçları					■			
Ölçme Araçları						■		
Değerlendirme Araçları							■	
Güvenlik								■

Tablo B. Bulanık AHP’de alt kriter değerlendirme formu

Alt Kriterler	Dost Arayüz	Esnek Sistemler	Tartışma /Forum	Beyaz Tahta Uygulamaları	Video Konferans Desteği	Sosyal Ağ kurma	Öğretim Standartlarına Uyg.	İçerik Paylaşım Araçları	Ders Şablonları	Çevrimiçi yardım Desteği	Eğitim Desteği	Takvim	Arama Motoru	Yardım Aracı	Test/Sınav Araçları	Soru Bankası Yönetimi	Otomatik Test Yönetimi	Öğrenci Takibi	Kurs/Eğitim Yönetimi	Kimlik Doğrulama	Güvenlik Yama Yayınlama Sıklığı	
Dost Arayüz	■																					
Esnek Sistemler		■																				
Tartışma /Forum			■																			
Beyaz Tahta Uygulamaları				■																		
Video Konferans Desteği					■																	
Sosyal Ağ kurma						■																
Öğretim Standartlarına Uygunluk							■															
İçerik Paylaşım Araçları								■														
Ders Şablonları									■													
Çevrimiçi Yardım Desteği										■												
Eğitim Desteği											■											
Takvim												■										
Arama Motoru													■									
Yardım Aracı														■								
Test/Sınav Araçları															■							
Soru Bankası Yönetimi																■						
Otomatik Test Yönetimi																	■					
Öğrenci Takibi																		■				
Kurs/Eğitim Yönetimi																			■			
Kimlik Doğrulama																				■		
Güvenlik Yama Yayınlama Sıklığı																					■	

Tablo C. Bulanık TOPSIS’te ana kriter değerlendirme formu

Ana Kriterler	Çok Yüksek	Yüksek	Orta Yükseklikte	Orta	Orta Düşüklükte	Düşük	Çok Düşük
Kullanım Kolaylığı							
İletişim, Etkileşim ve İş birliği							
İçerik Yönetimi ve Geliştirme							
Destek							
Verimlilik Araçları							
Ölçme Araçları							
Değerlendirme Araçları							
Güvenlik							

Tablo D. Bulanık TOPSIS’te alt kriter değerlendirme formu

Alt Kriterler	Çok Yüksek	Yüksek	Orta Yükseklikte	Orta	Orta Düşüklükte	Düşük	Çok Düşük
Dost Arayüz							
Esnek Sistemler							
Tartışma /Forum							
Beyaz Tahta Uygulamaları							
Video Konferans Desteği							
Sosyal Ağ kurma							
Öğretim Standartlarına Uygunluk							
İçerik Paylaşım Araçları							
Ders Şablonları							
Çevrimiçi Yardım Desteği							
Eğitim Desteği							
Takvim							
Arama Motoru							
Yardım Aracı							
Test/Sınav Araçları							
Soru Bankası Yönetimi							
Otomatik Test Yönetimi							
Öğrenci Takibi							
Kurs/Eğitim Yönetimi							
Kimlik Doğrulama							
Güvenlik Yama Yayınlama Sıklığı							

## **ÖZGEÇMİŞ**

1984 yılında Avanos/NEVŞEHİR’de doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Bafra/SAMSUN’da tamamladı. 2003 yılında girdiği Gaziantep Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü’nden 2008 yılında mezun oldu. 2010 yılında Karabük Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü’nde Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı ve halen aynı yerde görev yapmaya devam etmektedir.