

# Sezgisel Bulanık Küme Temelli Entegre AHP ve MULTIMOORA Yöntemleriyle Bilimsel Araştırma Projesi Süreç Yönetim Sistemi Seçimi

## Selection of Information Management System for Scientific Research Project using Integrated AHP and MULTIMOORA Approaches under Intuitionistic Fuzzy Sets Environment

Fethullah Göçer<sup>1</sup>

### Öz

Üniversitelerde proje başvurularının alınması, değerlendirilmesi ve kabul ya da ret edilmesi gibi aşamaları organize etmek, ayrıca proje durumunun izlenmesini sağlayıp tüm süreci koordine etmek amacıyla, Bilimsel Araştırma Projesi Süreç Yönetim Sistemi (BAPSİS) kullanılır. BAPSİS proje işlemlerindeki iş yükünü azaltır karmaşıklıkları giderir, şeffaf ve güvenli bir şekilde süreçlerin takibine imkân sunar. Bu yüzden, doğru BAPSİS seçilmesinde, uygun seçim ortamının sağlanması, operasyon maliyetlerinin en aza indirilmesi ve üniversiteler için sorun yaratan ya da zaman alan iş süreçlerinin azaltılması için BAPSİS sisteminin dışardan tedarik edilecek bir firmayla yapılmasının en iyi seçenek olduğu görülmüştür. Üniversite yönetimlerinin tüm kısıtlara uymaları ve verimliliği en üst düzeye çıkarabilecek en uygun maliyetli sistemi seçmeleri çok basit bir karar verme süreci değildir. Bu çalışmada, Türkiye'deki bir üniversite için BAPSİS seçim kararını etkileyen ölçütlerin belirlenmesi ve üniversitelerde etkin süreç yönetimi perspektifinden belirlenen ölçütlere göre olası alternatiflerin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu değerlendirmede, belirsiz ya da kesin olmayan bilgileri modellemedeki etkin faydasından dolayı Sezgisel Bulanık Kümelerin Grup Karar Verme temelli Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ve MULTIMOORA yöntemleriyle ilk kez birlikte entegre edildiği bir yaklaşım kullanılmıştır. Elde edilen sonucun değişen koşullar altında geçerliliğini doğrulamak için duyarlılık analizi ve mevcut tekniklerle karşılaştırılması da sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Sezgisel Bulanık Kümeler, Grup Karar Verme, AHP, MULTIMOORA, Bilimsel Araştırma Projeleri Süreç Yönetim Sistemi Seçimi.

### Abstract

Scientific Research Project Information Management Systems (BAPSIS) are used in order to organize the stages of receiving, evaluating, and accepting or rejecting the project applications in universities, and also to monitor the project status and to coordinate the whole process. The BAPSIS management systems reduce the workload in project operations, eliminate complexities, and allow for transparent and secure monitoring of processes. Therefore, Outsourcing the BAP management systems is the best option to select the suitable BAPSIS information management system, to provide the appropriate selection environment, to minimize the operation costs, and to reduce problematic areas or time-consuming business processes for universities. It is not a very simple decision-making process for university administrations to comply with all constraints and choose the most cost effective system that can maximize efficiency. The purpose in this study is to determine the criteria affecting the decision on BAPSIS system selection for a university in Turkey and to evaluate of possible alternatives according to determined criteria from the perspective of effective process management in universities. In this evaluation, due to effective contribution to modeling ambiguous or indefinite information, an approach in which Intuitionistic Fuzzy Sets are integrated with Group Decision Making based Analytic Hierarchy Process (AHP) and MULTIMOORA methods for the first time. Sensitivity analysis and comparison with existing techniques have also been presented to verify the validity of the result under changing conditions.

**Keywords:** Intuitionistic Fuzzy Sets, Group Decision Making, AHP, MULTIMOORA, Scientific Research Projects Information Management System Selection.

### Araştırma Makalesi [Research Paper]

**Submitted:** 06 / 08 / 2019

**Accepted:** 12 / 01 / 2020

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, gocer.fethullah@gmail.com, Orcid: 0000-0001-9381-4166.

## Giriş

Üniversitelerde eski tip, dijital olmayan, statik ve birbirini tekrar eden Bilimsel Araştırma Projesi Süreç Yönetim Sistemi (BAPSİS) kullanmak evrak teslim ve onay işlemlerini karmaşık hale getirirken, işlemlerde gecikmelerin ortaya çıkmasına, fiziki evrakların depolanmasının ve projelerin takibinin çok zor hale gelmesine yol açmaktadır. Böylece hem bu süreçler verimsizleşir hem de süreçlerin işleyişi esnasında sıklıkla kullanılan fiziki evraklardan dolayı çalışma ortamları kısır ve yetersiz hale dönüşmektedir. Süreç Yönetim Sistemleri iş süreçlerinin otomasyonunu için gereken yöntem ve araçları sağlar. Bu sistemler sayesinde süreçlerde gerçek zamanlı hızlı değişiklikler yapabilmek, süreçleri hızlandırıp standart hale getirebilmek çok daha kolay hale gelir. Çünkü iş süreçleri böylece şeffaflaşır ve izlenebilirliği artar ki bu da tedbir gerektiği hallerde önceden önlemlerin alınmasına olanak sağlayıp maliyetlerin düşmesine yardımcı olur (Eyüboğlu 2012). Üniversitelerde sunulan bilimsel araştırma projesi hizmetlerinin daha etkin, sağlıklı ve hızlı yürütülebilmesi, çıktılarının kayıt altına alınarak, süreç yönetiminin dinamik olarak değerlendirilebilmesi ve kurumların hedefleri ile uyumlu olacak şekilde dijital dönüşüme uygun yapılandırılması amacıyla, doğru BAPSİS sisteminin kullanılması gerekliliği ve en uygun olan sistemin seçilmesine ihtiyaç bulunduğu açıktır. Doğru şekilde yapılandırıldığı takdirde, BAPSİS bir üniversitenin akademisyenleri, çalışanları ve departmanları arasında gerçek zamanlı bilgi paylaşımı, standardizasyonu ve şeffaflığı için en uygun seçenektir. Bu kapsamda yapılan araştırmalar neticesinde üniversitelerin genellikle BAPSİS yazılımlarını üniversite bünyesi dışında profesyonel yazılım şirketlerinden temin ettikleri gözlenmiştir. Birçok yazılım firması BAPSİS sistemi için standartlara uygun yazılım üretmekte ve gerekli ürün desteğini sağlamaktadır. Fakat üniversitelerin uygun BAPSİS yazılımını ve buna bağlı olarak doğru yazılım firmasını seçmekte zorlandıkları görülmektedir. BAPSİS yazılım firması seçim problemi, yazılım seçimi problemlerinin ruhuna uygun olarak birbirleriyle çakışan veya çelişen nitel ve nicel değerlendirme ölçütlerini içinde barındırmaktadır. Ölçüt sayısının çok fazla olması ve/veya ölçütlerin birbirinden bağımsızlığı gibi sebepler bu tür yazılım seçim problemlerini karmaşık hale getirmektedir. Karmaşık problemlerin çözülmesinde birçok faktörü aynı anda değerlendirme imkânı sağlayan Çok Ölçütlü Karar Verme (ÇÖKV) metodları sıkça kullanılmaktadır. Bu seçim birçok alternatif arasından pek çok ölçüte bağlı olarak yapıldığı için, alternatif BAPSİS yazılımları arasından üniversiteye en uygun yazılımın seçimi ÇÖKV problemi olarak değerlendirilebilir.

Karar verme, birçok alternatif arasından en iyisini seçmeyi içeren, bireylerin hayatındaki günlük bir faaliyettir. Son 40-50 yıla baktığımızda, günlük yaşamdaki eylemlerin artan karmaşıklığından dolayı gerçek hayattaki karar verme problemlerinin giderek daha karmaşık hale geldiği görülmektedir. Bu karmaşıklıkla başa çıkabilmek için birden fazla ölçüt dikkate alınmalıdır. 1970'lerin başından itibaren, çok sayıda seçenek veya ölçütün göz önünde bulundurulması gereken karmaşık karar verme problemlerini çözmek için pek çok ÇÖKV yöntemi önerilmiştir (Büyüközkan vd. 2018a). İhtiyaçların çeşitliliği ve teknik tercihler, farklı karar verme problemleri için AHP (Analitik Hiyerarşi Süreci) (Saaty 1980), ANP (Analitik Ağ Süreci) (Saaty 1996), VIKOR (VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje) (Opricovic 1998), TOPSIS (The Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) (Hwang ve Yoon 1981), COPRAS (Complex Proportional Assessment) (Zavadskas vd. 1994) ve MULTIMOORA (Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis plus the Full Multiplicative Form) (Brauers ve Zavadskas 2010) gibi çeşitli ÇÖKV yöntemlerinin geliştirilmesine yol açmıştır. ÇÖKV yöntemlerinden AHP etkin, sistematik ve kolay uygulanabilir bir çözüm yöntemi sunmasıyla hem seçim problemlerinde hem de değerlendirme ölçütlerinin önem derecelerinin belirlenmesinde sıkça kullanılmaktadır (Saaty 1982; Nisel ve Özdemir 2016). Alternatifler arasından en iyi sonucuna ulaşmak için ise MULTIMOORA metodu etkili ve işe yarar bir metod olarak kabul edilmektedir (Brauers ve Zavadskas 2010, 2011). Ayrıca değerlendirme/seçim sürecinde önyargıları engellemek ve karar sürecindeki öznelliği en aza indirmek için Grup Karar Verme (GKV) yöntemi tek karar vericili bir modele tercih edilmektedir (Büyüközkan ve Göçer 2017a). Bu nedenle çok ölçütlü GKV yaklaşımının uygulanması öngörülmektedir. Bu doğrultuda, bu çalışmada, yazılım firması seçim sürecinde, yazılım değerlendirme ölçütleri belirlendikten sonra, ölçütlerin önem dereceleri GKV temel alınarak AHP ile, alternatiflerinin değerlendirilmesi ise yine GKV temel alınarak MULTIMOORA yöntemi ile sezgisel bulanık ortamda etkin bir şekilde gerçekleştirilmek istenmektedir.

Klasik küme, belirli özellikleri paylaşan nesnelere oluşan bir koleksiyon olarak tanımlanır. Klasik küme teorisi, bir kümedeki elemanların ikilik terimlerle üyeliğini, yani bir kümeye ait olan veya ait olmayan bir öğeyi tanımlar. Gerçek hayattaki birçok karar verme probleminde bulanıklık ve belirsizlik olduğu göz önüne alındığında, net rakamlar bu problemlerin yönetimi için yetersiz ve elverişsiz kalmaktadır. 1965 yılında Zadeh, klasik küme teorisini, elemanların üyelik dereceleriyle tanımlandığı bulanık küme teorisine genişletti. Bulanık küme teorisi, üyeliğini değerlendirmek için [0-1] aralığında değerleri olan bir üyelik fonksiyonunu tanımlar (Zadeh 1965). Bununla birlikte, bulanık küme yalnızca bazı durumlardaki gerçek karar verme problemini yönetmek için uygun olmayan bir üyelik derecesine sahiptir. Karar vermedeki problemler karmaşıklaştıkça, bireysel bir alternatifin belirlenmesi karar vericiler için daha zorlayıcı hale gelebilir. 1986 yılında, Atanassov, bulanık küme ve üyelik derecesini, üyelik dışı dereceyi ve tereddüt derecesini belirleyen Sezgisel Bulanık Küme kavramını tanıttı (Atanassov 1986). Sezgisel bulanık kümeye göre, üyeliğin ve üyelik dışı derecelerin toplamı bire eşit veya birden az olabilir. Bu da tereddüt derecesini ortaya çıkarır ki bu üyelik ve üyelik dışı derecelerin değerlerinin birden çıkarılmasıyla bulunur. Sezgisel bulanık kümeler pek çok ÇÖKV problemde başarıyla uygulanmıştır.

Çünkü elemanların bulanık karakterlerini daha kapsamlı bir şekilde tanımlayabilir ve böylece bulanıklık ve belirsizlikle daha iyi başa çıkılabilir (Büyüközkan vd. 2016).

ÇÖKV yöntemleri GKV yöntemlerini temel alarak pek çok çalışmada uygulanmaktadır. Bu araştırmanın özgünlüğü, AHP ve MULTIMOORA tekniklerinin sezgisel bulanık küme ortamına entegre edilerek GKV tabanlı bir ÇÖKV yöntemi sunma konusundaki gücünden kaynaklanmaktadır. Bu yöntemler ayrı ayrı sezgisel bulanık küme tabanlı çalışmalarda kullanılsa da, bildiğimiz kadarıyla daha önce beraber entegre edildikleri bir çalışma güncel yazında mevcut değildir. Bu önerilen yaklaşımın uygulanmasında, bir GKV'nin değerlendirme yargıları sezgisel bulanık ortamda alınmıştır. Bu yöntemin bütün bu unsurları entegre etmesi nedeniyle, diğer yöntemlerden farklı olarak çok daha fazla esneklik sağlaması ve grup kararlarını çok daha iyi belirlemesi beklenir. Aynı zamanda önerilen entegre yaklaşımın sezgisel bulanık ortamda uygulanması, karmaşık karar problemlerini çözmek için daha basit ve daha etkili bir yöntemin doğması imkanını artırır. Bu uygulama, kara vericilerin karar alma süreçlerinde daha mantıklı, daha öngörülü ve daha etkili çözümler elde etmelerini yönelik iyileştirmeleri içinde barındırır. Bu orijinal yöntem bir yazılım seçimi problemine uygulanmıştır. Bu araştırma, bu entegre yöntemi ilk kez sunarak ve bir yazılım seçimi uygulamasını gerçekleştirerek literatüre etkin bir katkıda bulunmaktadır.

Çalışmanın adımları şu şekilde sıralanmıştır: ilk bölümde, konu ile ilgili yazın taraması verilirken; ikinci bölümde çalışmada önerilen entegre yaklaşım için gereken materyaller kısaca tanıtılıp yöntem detaylıca açıklanmıştır. Üçüncü adımda uygulamanın kısa özeti, ölçütlerin belirlenme aşaması ve vaka çalışması aktarılmıştır. Yönetimsel çıkarımlar kısa tartışmalarla açıklanmış ve duyarlılık analizi ile mevcut tekniklerle önerilen yöntemin karşılaştırılması dördüncü bölümde sunulmuştur. Son bölüm olan beşinci bölümde ise çalışma kısaca özetlenmiştir.

## 1. Yazın Taraması

ÇÖKV yöntemlerinin entegre edildiği çok sayıda çalışmaya literatürde rastlamak mümkündür. Çalışmalardaki genel yapı şu şekilde ifade edilebilir: ÇÖKV tekniklerinden AHP, ANP ve Entropi gibi yöntemler ile değerlendirme ölçütlerinin önem dereceleri ortaya çıkarılmakta; VIKOR, TOPSIS, COPRAS ve MULTIMOORA gibi birçok ÇÖKV yöntemi kullanarak alternatiflerin değerlendirme ve sıralamasının yapılması yoluna gidilmektedir. Bu çalışmada da ÇÖKV yöntemlerinden AHP yöntemi ile ölçüt ağırlıkları tespit edilmiş; MULTIMOORA yöntemi kullanarak alternatifler sıralanmıştır. Bu yöntemler sezgisel bulanık ortamda GKV temelli bir yaklaşım baz alınarak entegre edilmiştir. Tablo 1'de AHP yöntemlerinin sezgisel bulanık ortamda kullanıldığı araştırmalar listelenmektedir. Tablo 2'de ise MULTIMOORA yöntemlerinin sezgisel bulanık ortamda kullanıldığı araştırmalar listelenmektedir. Görüleceği gibi önerilen yöntem daha önce hiçbir araştırmada kullanılmayan, yazına katkı sağlayacak özgün bir yaklaşımdır.

**Tablo 1. AHP Tekniğinin Sezgisel Bulanık Ortamda Kullanıldığı Çalışmalar**

Yazar	Amaç	Teknik(ler)	Tip	GKV	Alan
Büyüközkan vd. (2019)	Türkiye'de kimyasal ürün üreten bir fabrika için tehlikeli madde taşıyan firma seçiminin yeni entegre bir yaklaşımla analiz ve değerlendirmesi	AHP ve VIKOR	Vaka Çalışması	X	Tehlikeli Madde Yönetimi
Karasan (2019)	İlgili risk faktörlerine dayanan bir yatırım önceliklendirme probleminin sezgisel bulanık AHP yaklaşımı ile analiz ve değerlendirmesi.	AHP	Uygulama Çalışması	-	Yatırım Değerlendirme
Yu vd. (2018)	Kamu-özel işbirliği projelerinde risk faktörlerinin analiz ve değerlendirmesi	AHP	Vaka Çalışması	-	Risk Değerlendirme
Büyüközkan ve Göçer (2018)	Dijital Tedarik Zinciri için tedarikçi seçim faktörlerinin analiz ve değerlendirmesi	AHP ve ARAS	Vaka Çalışması	X	Tedarik Zinciri Yönetimi
Büyüközkan vd. (2018a)	Bulut teknolojisi partner seçiminde enterval değerli sezgisel bulanık küme temelli yeni bir yaklaşım ile bulut teknoloji seçim ölçüt ve alternatiflerinin analiz ve değerlendirmesi	Enterval değerli AHP	Vaka Çalışması	X	Bulut Teknolojisi Seçimi
Yazar	Amaç	Teknik(ler)	Tip	GKV	Alan
Karasan vd. (2018)	Bir fabrika için en uygun üretim stratejisi seçiminin analiz ve değerlendirmesi	AHP ve TOPSIS	Uygulama Çalışması	-	Üretim Stratejisi

Atalay ve Can (2018)	Türkiye'deki bir içecek firması için yeni ürün seçiminin yeni önerilen bir yöntemle analiz ve değerlendirmesi	AHP ve MOORA	Vaka Çalışması	X	Yeni Ürün Seçimi
Wang ve Xu (2018)	Sürdürülebilir gelişme bakış açısıyla insan yerleşimi seçiminin önerilen yöntemle analiz ve değerlendirmesi	AHP	Vaka Çalışması	-	İnsan Yerleşimi
Iranpour vd. (2018)	Tedarikçi seçiminin enterval değerli yöntemle entegre edilmiş bir yaklaşımla çözülmesi	Enterval Değerli AHP ve TOPSIS	Uygulama Çalışması	-	Tedarikçi Seçimi
Otay vd. (2017)	Türkiye'deki bir hastane örneği için performans değerlerinin entegre edilmiş bir yaklaşımla analizi	AHP ve Data Envelopment Analysis	Vaka Çalışması	X	Sağlık Hizmetleri Endüstrisi
Büyüközkan ve Göçer (2017)	Türkiye'deki bir spor ürünleri mağazası için tedarikçi seçiminin yeni önerilen entegre bir yaklaşımla analiz ve değerlendirmesi	AHP ve Aksiyomlarla Tasarım	Vaka Çalışması	X	Tedarikçi Seçimi
Efe vd. (2017)	İş güvenliği ve sağlığı politikalarının yeni bir matematiksel programlama yaklaşımı ile analizi	AHP ve VIKOR	Uygulama Çalışması	-	Risk Yönetimi
Tooranloo ve Iranpour (2017)	Tedarik zinciri yönetiminde GKV'yi temel alan bir yaklaşımla tedarikçi seçiminin analiz ve değerlendirmesi	Enterval Değerli AHP	Uygulama Çalışması	X	Tedarikçi Seçimi
Abdullah ve Najib (2016a)	Sürdürülebilir enerji planlama için enerji teknolojisi seçiminin analizi	AHP	Vaka Çalışması	-	Enerji Teknolojisi
Abdullah ve Najib (2016b)	Sezgisel Bulanık Kümelerle enterval değerli sayılar kullanarak yeni bir AHP yaklaşımı önermek	Enterval değerli AHP	Uygulama Çalışması	-	Yöntem Önerme
Liao ve Xu (2015)	Sezgisel Bulanık Kümelerle yeni bir AHP yaklaşımı önermek	AHP	Uygulama Çalışması	X	Yöntem Önerme
Abdullah ve Najib (2014)	Sezgisel Bulanık Kümelerle yeni bir AHP yaklaşımı önermek	AHP	Uygulama Çalışması	-	Yöntem Önerme
Xu ve Liao (2014)	Sezgisel Bulanık Kümelerle yeni bir AHP yaklaşımı önermek	AHP	Uygulama Çalışması	-	Yöntem Önerme
Sadiq ve Tesfamariam (2009)	Sezgisel Bulanık Kümelerle yeni bir AHP yaklaşımı önermek	AHP	Uygulama Çalışması	-	Yöntem Önerme

**Tablo 2. MULTIMOORA Tekniğinin Sezgisel Bulanık Ortamda Kullanıldığı Çalışmalar**

Yazar	Amaç	Teknik(ler)	Tip	GKV	Alan
Zhang vd. (2019)	Sezgisel bulanık kümeler için MULTIMOORA yöntemini revize ederek enerji depolama probleminin analiz ve değerlendirmesi	MULTIMOORA-IFN2	Uygulama Çalışması	-	Enerji Depolama
Li vd. (2019)	Risk yönetiminde doğru karar vermeyi hızlandırabilmek için risk faktörlerinin ağırlığının yeni bir yöntemle analizi	Enterval değerli MULTIMOORA	Uygulama Çalışması	-	Kalite Kontrol
Büyüközkan vd. (2018a)	Bulut teknolojisi partner seçiminde enterval değerli sezgisel bulanık küme temelli yeni bir yaklaşım ile bulut teknoloji seçim ölçüt ve alternatiflerinin analiz ve değerlendirmesi	Enterval değerli MULTIMOORA	Vaka Çalışması	X	Bulut Teknolojisi Seçimi
Yazar	Amaç	Teknik(ler)	Tip	GKV	Alan
Zhao vd. (2016)	Kalite kontrolünde risk önceliklerini sıralamak için risk faktörlerinin ağırlığının yeni bir yöntemle analizi	Enterval değerli MULTIMOORA	Uygulama Çalışması	-	Kalite Kontrol
Zavadskas vd. (2015)	MULTIMOORA yönteminin enterval değerli sezgisel bulanık küme ortamında geliştirilmesi	Enterval değerli MULTIMOORA	Uygulama Çalışması	X	Yöntem Önerme

## 2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada iki ÇÖKV yöntemini birlikte kullanılmaktadır. Değerlendirme ölçütlerinin ağırlıkları sezgisel bulanık AHP tekniği ile belirlenirken, yazılım firma alternatifleri arasındaki seçim sezgisel bulanık MULTIMOORA yöntemi uygulanarak gerçekleştirilmektedir. Çalışmanın bu bölümünde öncelikle sezgisel bulanık kümeler konusunda kısa açıklamalar yapılmış, daha sonra uygulamada kullanılan ÇÖKV yaklaşımı detaylıca aktarılmıştır.

### 2.1. Sezgisel Bulanık Küme

Bu alt bölümde sezgisel bulanık kümelerinin temel kavramları kısaca tanıtılmış ve bu kümelere yapılan aritmetik işlemler gösterilmiştir. Atanassov (1986) tarafından Zadeh'in (1965) bulanık küme teorisinin bir uzantısı olarak sezgisel bulanık küme geliştirildi. E sabit olsun ve  $A \subset E$  boş olmayan bir küme olsun. E'deki bir sezgisel bulanık küme,  $\tilde{A}$ , aşağıdaki şekilde ifade edilir;

$$\tilde{A} = \{ \langle x, \mu_{\tilde{A}}(x), \nu_{\tilde{A}}(x) \rangle | x \in E \}, \quad (1)$$

Burada,  $\mu_A : E \rightarrow [0, 1]$  ve  $\nu_A : E \rightarrow [0, 1]$  fonksiyonları  $x \in E$  elementinin her biri için  $\tilde{A}$  kümesinde üyelik derecesini ve üye olmama derecesini tanımlar;

$$0 \leq \mu_{\tilde{A}}(x) + \nu_{\tilde{A}}(x) \leq 1, \quad (2)$$

$$\{ \langle x, \mu_{\tilde{A}}(x), 1 - \mu_{\tilde{A}}(x) \rangle | x \in E \}, \quad (3)$$

$$\pi_{\tilde{A}}(x) = 1 - \mu_{\tilde{A}}(x) - \nu_{\tilde{A}}(x), \quad (4)$$

Sezgisel bulanık küme teorisinde üye olma derecesi ve üye olmama derecesinin toplamı 1'den küçüktür. O zaman  $x \in E$  elementinin  $\tilde{A}$  kümesinde tereddüt derecesi  $\pi_{\tilde{A}}(x)$  olarak belirlenir. Bu nedenle,  $X = \{x\}$  için bir sezgisel bulanık küme ( $\tilde{A}$ ), Denklem (1) formuyla tam olarak tanımlanmıştır. Burada,  $\mu_{\tilde{A}}(x) \rightarrow [0,1]$ ;  $\nu_{\tilde{A}}(x) \rightarrow [0,1]$ ;  $\pi_{\tilde{A}}(x) \rightarrow [0,1]$ .

$\tilde{A}$  ve  $\tilde{B}$  iki ayrı sezgisel bulanık küme olsun ve  $\lambda > 0$  bir sayısal değer olsun. Sezgisel bulanık kümelere toplama, çarpma ve sayısal değerle çarpma operatörleri aşağıdaki gösterildiği şekilde tanımlanmıştır.

$$\tilde{A} \oplus \tilde{B} = \{ \langle x, \mu_{\tilde{A}}(x) + \mu_{\tilde{B}}(x) - \mu_{\tilde{A}}(x) * \mu_{\tilde{B}}(x), \nu_{\tilde{A}}(x) * \nu_{\tilde{B}}(x) \rangle | x \in X \}, \quad (5)$$

$$\tilde{A} \otimes \tilde{B} = \{ \langle x, \mu_{\tilde{A}}(x) * \mu_{\tilde{B}}(x), \nu_{\tilde{A}}(x) + \nu_{\tilde{B}}(x) - \nu_{\tilde{A}}(x) * \nu_{\tilde{B}}(x) \rangle | x \in X \}, \quad (6)$$

$$\lambda * \tilde{A} = \{ \langle x, 1 - (1 - \mu_{\tilde{A}}(x))^\lambda, \nu_{\tilde{A}}(x)^\lambda \rangle | x \in X \}, \quad (7)$$

$$\text{Tersi } (\tilde{A}) = \{ \langle x, \nu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{A}}(x) \rangle | x \in E \} \quad (8)$$

### 2.2. Önerilen Entegre Sezgisel Yöntem

Bu bölüm, değerlendirme ve seçim için önerilen Sezgisel Bulanık AHP ve Sezgisel Bulanık MULTIMOORA yöntemlerinin entegrasyonuna dayanan yöntemin adımlarını sunar. Önerilen yöntemin iş adımları ifade edilmiş ve akış şeması Şekil 1'de gösterilmiştir.

**Tablo 3. Karar Vericilerin Önem Derecelerine İlişkin Dilsel Değişkenler**

Dilsel Değişkenler		( $\mu$ ,	$\nu$ ,	$\pi$ , )
Çok Önemsiz	ÇÖS	( 0,20,	0,70,	0,10 )
Önemsiz	ÖS	( 0,30,	0,50,	0,20 )
Orta	O	( 0,50,	0,50,	0,00 )
Önemli	ÖL	( 0,50,	0,20,	0,30 )
Çok Önemli	ÇÖL	( 0,80,	0,10,	0,10 )

**Kaynak:** Boran vd., (2009).

**Adım 1:** Karar ölçütlerini ve alternatiflerini belirleme

Alternatif setini  $A_i$  ( $i = 1, 2, \dots, m$ ) ve ölçütleri  $C_j$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ ) tanımla.

**Adım 2:** Karar vericilerin ağırlıklarını belirleme

Bir grup karar vericinin ( $k = 1, 2, \dots, K$ ) önem dereceleri ( $\lambda_k, \sum_{k=1}^K \lambda_k = 1$ ) Denklem (9) (Boran vd. 2009) kullanılarak hesaplanır.

$$\lambda_k = \frac{\left[ \mu_k + \pi_k \left[ \frac{\mu_k}{1 - \pi_k} \right] \right]}{\sum_{k=1}^K \left[ \mu_k + \pi_k \left[ \frac{\mu_k}{1 - \pi_k} \right] \right]}, \text{ where } \sum_{k=1}^K \lambda_k = 1, \quad (9)$$

**Adım 3:** Her faktöre ilişkin karar vericilerden değerlendirmelerin alınması

Karar vericilerden sorgulanan konu hakkında sektörel bilgi ve kişisel tecrübelerini kullanarak konu ile ilgili görüşlerini ifade etmeleri istenmektedir. Bu adım, her karar vericinin bütün faktörler hakkında dilsel ifadelerle görüşlerini aktardığını varsaymaktadır.

AHP'de ikili karşılaştırma matrisinin hazırlanması için uygulanan dilsel ifadeler, Tablo 4'te gösterildiği gibi, Eşit derecede Önemli ile Son Derece Önemli arasında değişmektedir. Sezgisel bulanık AHP ikili karşılaştırma matrisinin tersi Denklem (8) kullanılarak hesaplanmıştır. MULTIMOORA'da tercih matrisini oluşturmak için her bir ölçüt için uygulanan dilsel ifadeler, Tablo 5'te gösterildiği gibi, Son Derece Kötü ile Son Derece İyi arasında alternatiflerin derecelendirmesini sağlar.

**Tablo 4. Ölçütlerin Öneme İlişkin İkili Karşılaştırma Dilsel Değişkenleri**

Dilsel Değişkenler	Ölçek		Sezgisel Bulanık Değerler			Tersi	Sezgisel Bulanık Değerler		
			( $\mu$ ,	$u$ ,	$\pi$ )		( $\mu$ ,	$u$ ,	$\pi$ )
Eşit Derecede Önemli	EDÖ	1	( 0,02,	0,18,	0,80 )	1/1	( 0,18,	0,02,	0,80 )
Orta Düzey	OD	2	( 0,06,	0,23,	0,70 )	1/2	( 0,23,	0,06,	0,70 )
Orta Derecede Önemli	ODÖ	3	( 0,13,	0,27,	0,60 )	1/3	( 0,27,	0,13,	0,60 )
Orta Düzey	OD2	4	( 0,22,	0,28,	0,50 )	1/4	( 0,28,	0,22,	0,50 )
Daha Önemli	DÖ	5	( 0,33,	0,27,	0,40 )	1/5	( 0,27,	0,33,	0,40 )
Orta Düzey	OD3	6	( 0,47,	0,23,	0,30 )	1/6	( 0,23,	0,47,	0,30 )
Çok Daha Önemli	ÇDÖ	7	( 0,62,	0,18,	0,20 )	1/7	( 0,18,	0,62,	0,20 )
Orta Düzey	OD4	8	( 0,80,	0,10,	0,10 )	1/8	( 0,10,	0,80,	0,10 )
Son Derece Önemli	SDÖ	9	( 1,00,	0,00,	0,00 )	1/9	( 0,00,	1,00,	0,00 )

Kaynak: Abdullah ve Najib, (2016b).

**Tablo 5. Alternatiflerin Değerlendirilmesine İlişkin Dilsel Değişkenler**

Dilsel Değişkenler		Sezgisel Bulanık Değerler		
		( $\mu$ ,	$u$ ,	$\pi$ )
Son Derece Kötü	SDK	( 0,00,	0,95,	0,05 )
Çok Kötü	ÇK	( 0,05,	0,90,	0,05 )
Kötü	K	( 0,25,	0,70,	0,05 )
Orta Derecede Kötü	ODK	( 0,40,	0,55,	0,05 )
Eşit	E	( 0,50,	0,45,	0,05 )
Orta Derecede İyi	ODİ	( 0,60,	0,35,	0,05 )
İyi	İ	( 0,75,	0,20,	0,05 )
Çok İyi	Çİ	( 0,90,	0,05,	0,05 )
Son Derece İyi	SDİ	( 0,95,	0,00,	0,05 )

Kaynak: Büyükoçkan vd., (2019)

**Adım 4:** Bireysel sezgisel bulanık küme ikili karşılaştırma matrisi değerlerinin grup sezgisel bulanık küme değerleri olarak birleştirilmesi

Hiyerarşik yapı oluşturulduktan sonra, ikili karşılaştırma matrisi dilsel terimlere dayalı olarak kurulur. Dilsel ifadelerin matematiksel terimler olarak kullanılmayacağı göz önüne alındığında, karar vericilerin ifadeleri sezgisel bulanık değerlere dönüştürülür. Bir sonraki eylem olarak, daha önce sezgisel bulanık değerlere dönüştürülen değerlendirmeler sezgisel bulanık küme ortamında birleştirilir. Bu birleştirme işlemi için Xu (2011) tarafından önerilen sezgisel bulanık küme ağırlıklı

ortalama (IFWA) operatörü yazında yaygın olarak kullanıldığı için tercih edilmiştir. Çünkü IFWA'nın kullanımı pratiktir ve sadece sezgisel bulanık küme değişkenlerini ağırlıklandırır, sıralanmış pozisyonlarını göz önüne almaz. Bir grup karar verme yaklaşımı kullanıldığında, tüm karar vericilerin görüşleri bir grup görüşü olarak birleştirilip, ölçütler için toplu sezgisel bulanık karar matrisi oluşturulur.

$C_{jl}$ , ( $j = 1, 2, \dots, n$ ), ( $l = 1, 2, \dots, n$ ), ölçütler için grup karar verme matrisi olsun;

Burada,  $C_{jl}^k = (\mu_{jl}^k, \nu_{jl}^k, \pi_{jl}^k)$ ,  $k \in K$  için birleştirme Denklem (10) kullanılarak yapılır.

$$C_{jl} = (C_{jl}^{(1)}, C_{jl}^{(2)}, \dots, C_{jl}^{(k)}) = \lambda_1 C_{jl}^{(1)} \oplus \lambda_2 C_{jl}^{(2)} \oplus \dots \oplus \lambda_K C_{jl}^{(k)},$$

$$IFWA_\lambda = \left( 1 - \prod_{k=1}^K (1 - \mu_{jl}^{(k)})^{\lambda_K}, \prod_{k=1}^K ((\nu_{jl}^{(k)})^{\lambda_K}), \prod_{k=1}^K (1 - \mu_{jl}^{(k)})^{\lambda_K} - \prod_{k=1}^K ((\nu_{jl}^{(k)})^{\lambda_K}) \right), \quad (10)$$

$$C_{jl} = \begin{bmatrix} C_{11} & \dots & C_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ C_{n1} & \dots & C_{nn} \end{bmatrix}, \quad (11)$$

**Adım 5:** Karar matrisi tutarlılık oranının hesaplanması

Birleştirilmiş sezgisel bulanık küme karar matrisi için tutarlılık oranını (CR) Denklem (12) kullanılarak hesaplanır.

Burada n matris elemanlarının sayısını,  $\pi_{jl}(x)$  tereddüt derecesinin değerini ve (RI) rassal endeks değerini temsil eder. CR değeri, Saaty (1977) den alınmış standart RI değeri kullanılarak elde edilir. Bu RI değerlerinin bir kısmı Tablo 6'te verilmiştir.

$$CR = \frac{RI - \frac{\sum \pi_{jl}(x)}{n}}{n-1}, \quad (12)$$

Elde edilen CR değeri, 0,10'a eşit veya daha küçükse kabul edilebilir olarak düşünülür. Aksi takdirde, karar matrisinin tutarlı olmadığı kabul edilir ve karar vericilerden görüşler bir kez daha toplanır.

**Tablo 6. Rassal Endeksler**

n	1-2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,52	1,54	1,56	1,57	1,59

**Step 6:** Kademeli ağırlıkları birleştirme

IFWA operatörünü kullanarak birleştirilmiş sezgisel bulanık değerlendirme matrisini oluşturulur. Daha sonra, Hiyerarşideki en düşük seviyeden en yüksek seviyeye kadar, genel ölçüt ağırlıklarını ( $\tilde{w}_{jl}$ ) elde etmek için sezgisel bulanık AHP temel ölçüt ağırlıkları ( $\tilde{w}_j$ ) ve alt kademe ölçüt ağırlıkları ( $\tilde{w}_{jl}$ ) bir biri ile sezgisel bulanık ortamda Denklem (13) kullanılarak çarpılır.

$$\tilde{w}_{jl} = (\tilde{w}_j \otimes \tilde{w}_{jl}), \quad (j = 1, 2, \dots, N), (l = 1, 2, \dots, n), \quad (13)$$

**Adım 7:** Ölçüt ağırlıklarının hesaplanması

Denklem (14) ve Denklem (15) te gösterildiği gibi sezgisel bulanık ortamda oluşturulan genel ölçüt ağırlıkları ( $\tilde{w}_{jl}$ ) kullanılarak entropi ağırlıkları ( $\bar{w}_{jl}$ ) ve nihai ölçüt ağırlıkları ( $w_{jl}$ ) hesaplanacaktır.

$$\bar{w}_j = -\frac{1}{n \ln 2} [\mu_j \ln \mu_j + \nu_j \ln \nu_j - (1 - \pi_j) \ln(1 - \pi_j) - \pi_j \ln 2], \quad (14)$$

$$w_{jl} = \frac{\bar{w}_j}{\sum_{j=1}^n \bar{w}_j}, \quad \sum_{j=1}^n \sum_{l=1}^n w_{jl} = 1, \quad (15)$$

**Adım 8:** Alternatifler için bireysel değerlendirmelerin grup sezgisel bulanık değerler olarak birleştirilmesi

Karar vericilerin bireysel değerlendirmeleri IFWA operatörü kullanılarak grup tercih ilişkisi matrisi oluşturulur.

Burada,  $\tilde{X}_{ij}$ , Alternatifler için grup karar verme matrisi olsun;

Burada,  $\tilde{x}_{ij}^k = (\mu_{ij}^k, \nu_{ij}^k, \pi_{ij}^k)$ ,  $k \in K$  için birleştirme Denklem (16) kullanılarak yapılır.

$$\tilde{X}_{ij} = (\tilde{x}_{ij}^{(1)}, \tilde{x}_{ij}^{(2)}, \dots, \tilde{x}_{ij}^{(k)}) = \lambda_1 \tilde{x}_{ij}^{(1)} \oplus \lambda_2 \tilde{x}_{ij}^{(2)} \oplus \dots \oplus \lambda_K \tilde{x}_{ij}^{(k)},$$

$$IFWA_{\lambda} = \left( 1 - \prod_{k=1}^K (1 - \mu_{ij}^{(k)})^{\lambda_K}, \prod_{k=1}^K \left( (v_{ij}^{(k)})^{\lambda_K} \right), \prod_{k=1}^K (1 - \mu_{ij}^{(k)})^{\lambda_K} - \prod_{k=1}^K \left( (v_{ij}^{(k)})^{\lambda_K} \right) \right), \quad (16)$$

$$\tilde{X}_{ij} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \cdots & \tilde{x}_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \cdots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix}, \quad (17)$$

**Adım 9:** Ağırlıklandırılmış karar matrisi oluşturma

Ağırlıklı karar matrisi, Denklem (18) kullanılarak oluşturulur. Denklemde sezgisel bulanık küme sayısal çarpma operatörü kullanılır.

$$\tilde{R}_{ij} = \tilde{x}_{ij} * w_j, \quad (18)$$

**Adım 10:** Oran yaklaşımı derecesinin belirlenmesi

$$\tilde{y}_i^{F\ddot{O}} = \bigoplus_{j=1}^g (\tilde{r}_{ij}) \text{ and } \tilde{y}_i^{M\ddot{O}} = \bigoplus_{j=g+1}^n (\tilde{r}_{ij}), \quad (19)$$

Fayda ölçütlerinin (FÖ)  $j = 1, 2, \dots, g$  ye kadar sıralandığı yerler ve maliyet ölçütlerinin (MÖ)  $j = g + 1, g + 2, \dots, n$  e kadar sıralandığı yerler sezgisel bulanık küme toplama operatörü kullanılarak yapılır.  $\tilde{y}_i^{F\ddot{O}}$  ve  $\tilde{y}_i^{M\ddot{O}}$  değerleri için skor fonksiyonu (Xu ve Yager 2006) hesaplanır.

$$S(\tilde{y}_i^{F\ddot{O}}) = \mu_i - v_i, \quad S(\tilde{y}_i^{M\ddot{O}}) = \mu_i - v_i, \quad (20)$$

Her alternatif için oran yaklaşımı derecesi Denklem (21) kullanılarak hesaplanır.

$$Y_i = S(\tilde{y}_i^{F\ddot{O}}) - S(\tilde{y}_i^{M\ddot{O}}), \quad (21)$$

**Adım 11:** Referans noktası derecesinin belirlenmesi

Minimum ve maksimum metrik değeri Denklem (22) kullanılarak hesaplanır.

$$P_i = \min_{(i)} \left\{ \max_j |d(\tilde{r}_j \ominus \tilde{r}_{ij})| \right\}, \quad (22)$$

Burada, Hamming uzaklık ölçümü kullanılmıştır (Wang and Xin 2005).  $\tilde{r}_j$  her bir alternatif için en iyi ölçüt değerini ifade eder.  $\tilde{r}_j = (\mu_{\tilde{r}_j}, v_{\tilde{r}_j}, \pi_{\tilde{r}_j})$  and  $\tilde{r}_{ij} = (\mu_{\tilde{r}_{ij}}, v_{\tilde{r}_{ij}}, \pi_{\tilde{r}_{ij}})$ .

$$d(\tilde{r}_j \ominus \tilde{r}_{ij}) = |\mu_{\tilde{r}_j} - \mu_{\tilde{r}_{ij}}| + |v_{\tilde{r}_j} - v_{\tilde{r}_{ij}}| + |\pi_{\tilde{r}_j} - \pi_{\tilde{r}_{ij}}|, \quad (23)$$

**Adım 12:** Önem katsayısı derecesi belirleme

Her alternatifin genel faydası Denklem (24) kullanılarak hesaplanır.

$$\tilde{u}_i^{F\ddot{O}} = \bigotimes_{j=1}^g (\tilde{r}_{ij}) \text{ and } \tilde{u}_i^{M\ddot{O}} = \bigotimes_{j=g+1}^n (\tilde{r}_{ij}), \quad (24)$$

FÖ  $j = 1, 2, \dots, g$  ye kadar sıralandığı yerler ve MÖ  $j = g + 1, g + 2, \dots, n$  e kadar sıralandığı yerler sezgisel bulanık küme çarpma operatörü kullanılarak yapılır.

$\tilde{u}_i^{F\ddot{O}}$  ve  $\tilde{u}_i^{M\ddot{O}}$  değerleri için skor fonksiyonu (Xu ve Yager 2006) hesaplanır.

$$S(\tilde{u}_i^{F\ddot{O}}) = \mu_i - v_i, \quad S(\tilde{u}_i^{M\ddot{O}}) = \mu_i - v_i, \quad (25)$$

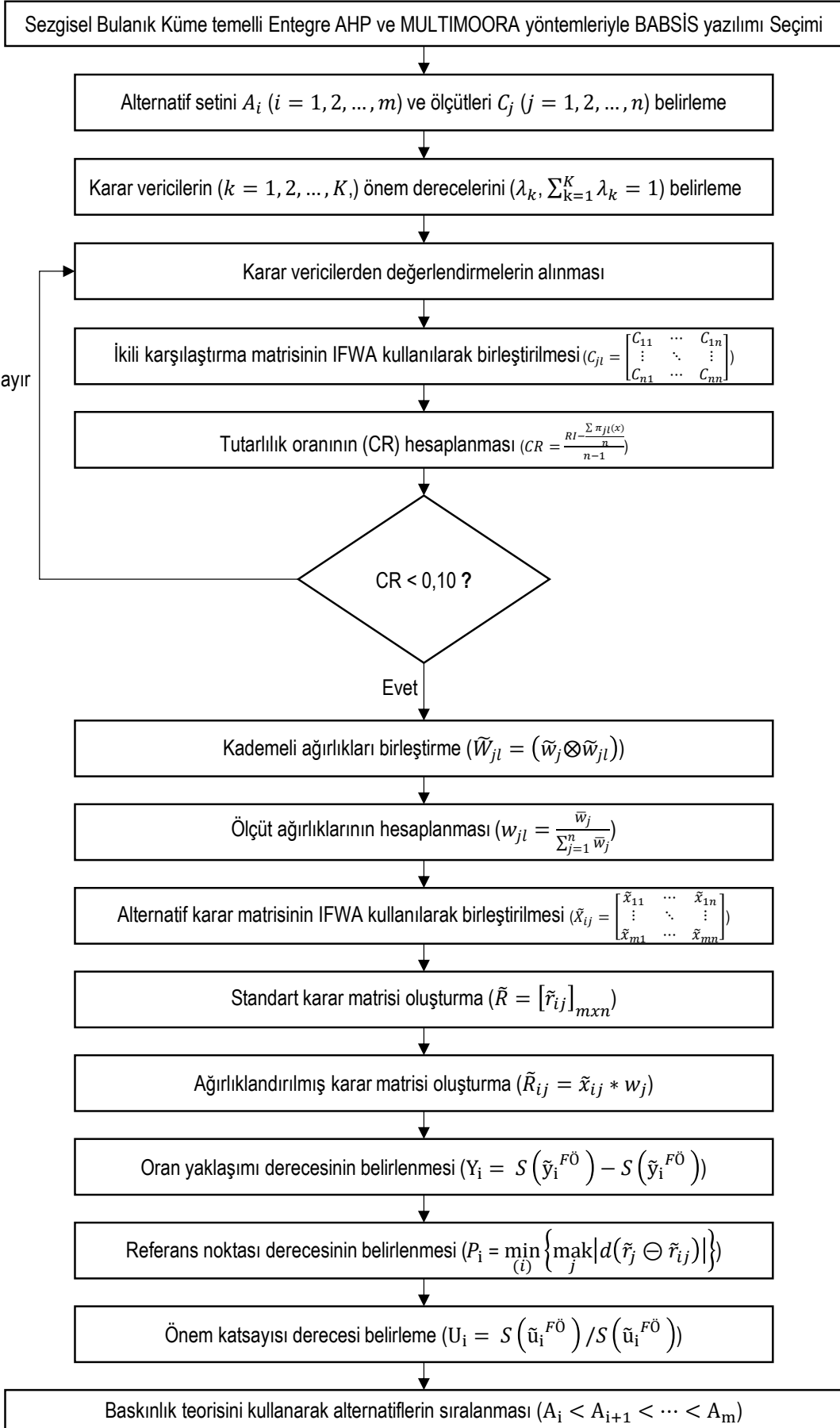
Her alternatif için oran yaklaşımı derecesi Denklem (26) kullanılarak hesaplanır.

$$U_i = S(\tilde{u}_i^{F\ddot{O}}) / S(\tilde{u}_i^{M\ddot{O}}), \quad (26)$$

**Adım 13:** Alternatiflerin sıralanması

Baskınlık teorisi (Brauers ve Zavadskas 2011) kullanılarak, üç ayrı sıralama ( $Y_i, P_i, U_i$ ) tek bir sıralama haline getirilir. Ortaya çıkan bu yeni sıralama alternatiflerin önem derecelerini veren düzeni gösterir.





Şekil 1. Önerilen Entegre Sezgisel Bulanık Küme Yöntemi Akış Şeması

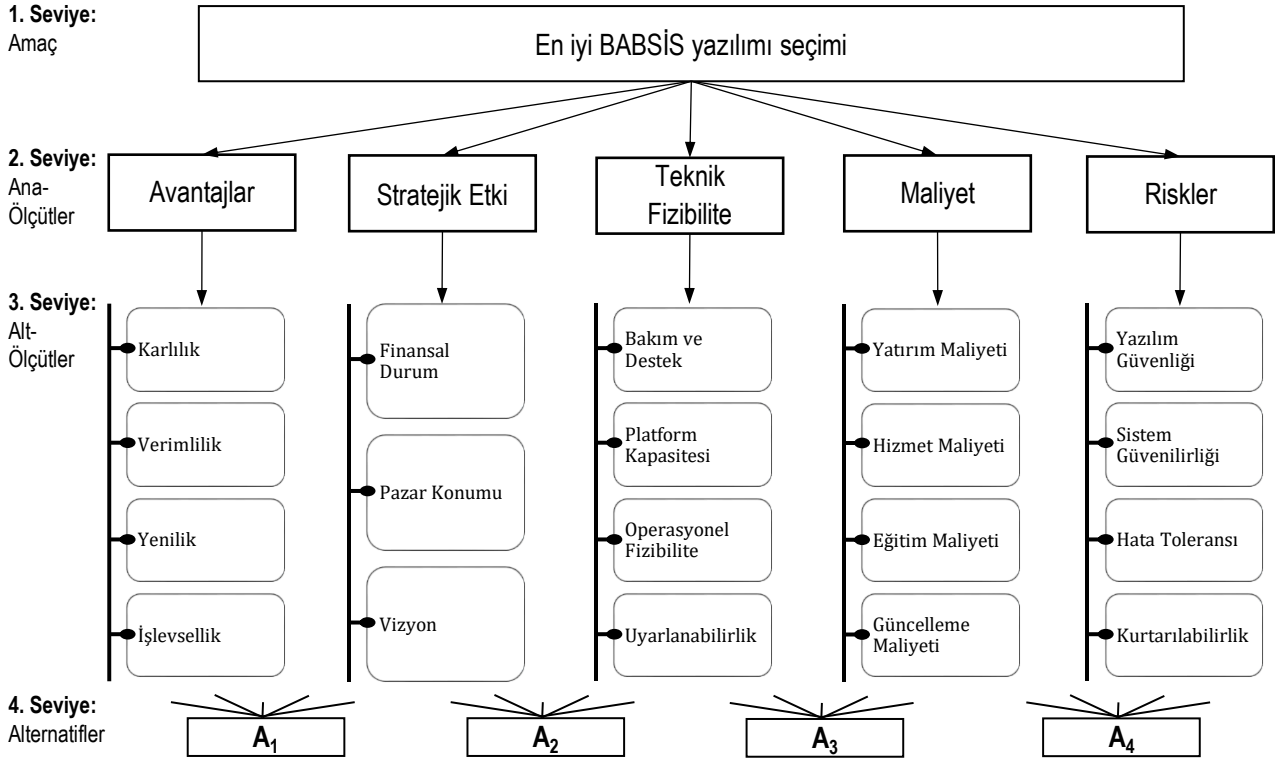
### 3. Uygulama

Uygulanan yöntem iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşama sezgisel bulanık AHP yöntemi ile BAPSİS yazılımlarını değerlendirmede kullanılacak ölçütlerin önem derecelerinin belirlenmesi, diğer aşamada BAPSİS yazılımı alternatiflerinin sezgisel bulanık MULTIMOORA yöntemi ile değerlendirilmesidir.

Çalışmanın bu bölümünde öncelikle BAPSİS yazılımı sunan 4 üst düzey şirket hakkında kısa bilgilendirmeler yapılmış, sonra uygulamada kullanılan ölçütler ile ilgili bilgiler aktarılmıştır, en sonunda da bulgular detaylı şekilde sunulmuştur. Çalışma gerçek kişilerden oluşan alanında uzman üç karar vericinin engin tecrübeleri (Bilişim personeli, Bilgisayar mühendisi ve endüstri mühendisliği öğretim üyesi profesör) ve güncel yazın taramasından yararlanarak üniversitelere BAPSİS yazılımlarını seçmede yol göstermek için hazırlanmıştır. Gizlilik ve mahremiyet kurallarını ihlal etmemek için burada sunulan gerçek veriler ölçeklendirilmiş ve gerçek şirket isimleri gizli tutulmuştur. Üniversitelerin ihtiyaç ve beklentilerini karşılayan en iyi alternatifi seçmek hedeflenmiştir. Bu durumda, üzerinde çalışmayı planladığımız dört uygulama alternatifi bundan böyle  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$  ve  $A_4$  olarak anılacaktır.

#### 3.1. Ölçütlerin Belirlenmesi

Mevcut literatürün bulgularından ve karar vericilerin görüşlerinden yola çıkılarak 5 üst ölçüt ve bunlara bağlı 19 alt ölçüt belirlenmiştir. Karar vericiler, yazılım alternatiflerini uygun bir şekilde değerlendirmek için ölçütlerin belirlenmesinde fayda ve maliyet faktörlerinin göz önüne alınmasının gerekli olduğunu belirtmişlerdir. Bu nedenle, yazar bu çalışmanın değerlendirme süreci için yeterli sayıda ölçütü uzman görüşleri ve yazındaki çalışmalardan yararlanarak belirlemiştir. Tablo 7, belirlenen ölçütleri ve bu ölçütlerin tanımlarını göstermektedir. Bir sonraki bölümde, yazılım seçim süreci sistematik olarak incelenmiş ve belirlenen ön koşullara ve beklentilere en uygun adayı seçme sürecini gösteren bulgular gösterilmiştir.



Şekil 2. Önerilen Yöntem Değerlendirme Yapısının Hiyerarşik Görünümü

#### 3.1. Bulgular

Adım 1: Dört farklı yazılım firması adayından oluşan alternatif kümesi  $A_i$  ( $i = 1, 2, \dots, 4$ ), bu alternatifleri değerlendirmek için beş ana ölçüt ve bunlara bağlı 19 alt ölçütten oluşan küme  $C_j$  ( $j = 1, 2, \dots, 19$ ) karar vericilerin görüşleri ve yazın taramasında elde edilen bulgular neticesinde tanımlandı.

Adım 2: Karar vericilerin ağırlıklarını belirlemek için Denklem (9) ve Tablo 3 deki dilsel ifadelerden yararlanıldı. İlk karar verici çok önemli (ÇÖL) olarak diğer iki karar verici de önemli (ÖL) olarak nitelendi. Aşağıda hesaplama yönteminin ilk karar verici için bir gösterimi sunulmaktadır.

Tablo 7. Çalışmada Kullanılan Değerlendirme Ölçütleri

Ölçütler	Ölçüt Açıklaması
<b>Avantajlar (C<sub>1</sub>)</b>	Bu ana ölçüt, son kullanıcıya nasıl yenilikçi yeni avantajlar sunan yeni veya farklı bir yazılımın üretilmesinin yazılım firması seçiminde nasıl ölçüldüğünü tartar (Büyükoçkan ve Ruan 2008a; Ayağ ve Yücekaya 2019).
Karlılık (C <sub>11</sub> )	Bu alt ölçüt, yazılım firması seçim sürecinde maliyet etkinliği ile mevcut rekabetçi ortamda yeni yada farklı bir ürün için pazar payını ele alır (Büyükoçkan ve Ruan 2008b; Kutlu ve Akpınar 2009).
Verimlilik (C <sub>12</sub> )	Bu alt ölçüt, maliyetleri ve pazara ulaşma süresini azaltmak için yazılım firması seçim sürecinin verimliliğindeki gelişmeleri belirlemek için stratejik yönü değerlendirir (Büyükoçkan ve Ruan 2008b; Kutlu ve Akpınar 2009).
Yenilik (C <sub>13</sub> )	Bu alt ölçüt, yeni veya farklı yazılım fikirleri yaratmayı, geliştirmeyi, uygulamayı ve böylece yazılım firması seçim sürecinin başarısına katkıda bulunmayı amaçlar (Büyükoçkan ve Ruan 2008b; Kutlu ve Akpınar 2009).
İşlevsellik (C <sub>14</sub> )	Bu alt ölçüt, bir yazılımın tanımlanmış kullanıcı için yapabileceklerinin toplamını veya herhangi bir yönünü içerir ki buda yazılım firması seçiminin stratejik yönünü değerlendirir (Büyükoçkan ve Ruan 2008b; Kilic vd. 2014; Çakır 2018).
<b>Stratejik Etki (C<sub>2</sub>)</b>	Bu ana ölçüt, yazılım firması seçim sürecinin başlangıcında yeni veya farklı bir ürün teklifinin daha geniş stratejik ve iş etkilerinin değerlendirilmesidir (Baki ve Çakar 2005; Büyükoçkan ve Ruan 2008b; Kilic vd. 2015).
Finansal Durum (C <sub>21</sub> )	Bu alt ölçüt, yazılım firmasının uzun vadeli bir ilişkide ekonomik gücünü koruması için gereklidir. Yazılım firması seçiminde yeni teknolojilerin iyileştirilmesi ve adapte edilmesi için iyi bir finansman sistemine sahip olmak çok önemlidir (Büyükoçkan ve Ruan 2008b; Kutlu ve Akpınar 2009; Çakır 2018).
Pazardaki Konum (C <sub>22</sub> )	Bu alt ölçüt, yazılım firmalarının itibarını ve hizmet altyapısını değerlendirmek için kullanılabilir (Büyükoçkan ve Ruan 2008a; Çakır 2018; Ayağ ve Yücekaya 2019).
Vizyon (C <sub>23</sub> )	Bu alt ölçüt, yazılım firmalarının güç, itibar ve / veya finansal istikrar seviyesini belirtir (Büyükoçkan ve Ruan 2008a; Ayağ ve Yücekaya 2019).
<b>Teknik Fizibilite (C<sub>3</sub>)</b>	Bu ana ölçüt, uygulamanın yazılım mimarisinde mevcut olan veri ve süreç modellerini, uygulamanın kendisini, uygulamayla ilgili yönetim ve geliştirme araçlarını ve kullanıcı arabirimi yeteneklerini içerir (Mylonas vd. 2013; Demirci ve Bogen 2017; Smith vd. 2017).
Bakım ve Destek (C <sub>31</sub> )	Bu alt ölçüt, kurulum, uygulama ve mevcut sistemler ile entegrasyon veya özelleştirme ve uygulama süresinden sonraki güvenlik sırasında teknik veya diğer sorunlarla başa çıkma kabiliyetini açıklar (Büyükoçkan ve Ruan 2008b; Kilic vd. 2014; Çakır 2018).
Platform Kapasitesi (C <sub>32</sub> )	Bu alt ölçüt, uzun vadeli işbirliğine devam etmek ve karlılığı sağlamak amacıyla yazılım firmalarının teknoloji açısından uygunluğu ile ilgilidir. (Baki ve Çakar 2005; Büyükoçkan ve Ruan 2008b; Kuo vd. 2010).
Operasyonel Fizibilitesi (C <sub>33</sub> )	Bu alt ölçüt, diğer tüm sistemlerle ve farklı gereksinimleri karşılamak için kullanılması gerekebilecek diğer özel öğelerle entegrasyon yeteneğini açıklar (Baki ve Çakar 2005; Büyükoçkan ve Ruan 2008b; Kuo vd. 2010; Kilic vd. 2014).
Uyarlanabilirlik (C <sub>34</sub> )	Bu alt ölçüt, jenerik çözümü spesifik ihtiyaçlara uyarlama ihtiyacı için bir bireyselleşme seviyesini belirtir (Büyükoçkan ve Ruan 2008a; Ayağ ve Yücekaya 2019).
Ölçütler	Ölçüt Açıklaması
<b>Maliyet (C<sub>4</sub>)</b>	Bu ana ölçüt fiyatlama stratejisinin varlığını ve toplam fiyattaki yükseltme veya bakım durumunu ölçmektedir Bu ölçüt tüm operasyonlardaki toplam giderin değerlendirilmesinde en önemlilerden biridir. (Baki ve Çakar 2005; Büyükoçkan ve Ruan 2008b; Kilic vd. 2015).

Yatırım Maliyeti ( $C_{41}$ )	Bu alt ölçüt, ilgili yazılım için ilk yatırım maliyetini ölçer (Büyüközkan ve Ruan 2008b; Kutlu ve Akpınar 2009).
Hizmet Maliyeti ( $C_{42}$ )	Bu alt ölçüt, yazılım için gereken işletme maliyetidir (Büyüközkan ve Ruan 2008b; Kutlu ve Akpınar 2009).
Eğitim Maliyeti ( $C_{43}$ )	Bu alt ölçüt, çalışanların yeteneklerini, yetenekleriyle bilgilerini geliştirme süreci ile ilgilidir (Baki ve Çakar 2005; Büyüközkan ve Ruan 2008b; Kilic vd. 2014, 2015).
Güncelleme Maliyeti ( $C_{44}$ )	Bu alt ölçüt, yazılım firması altyapısının takiplerini ölçerek seçim sürecini etkilemesiyle ilgili maliyettir (Büyüközkan ve Ruan 2008b; Kilic vd. 2014, 2015; Çakır 2018).
<b>Riskler (<math>C_5</math>)</b>	Bu ana ölçüt yazılımdaki hataların başarısızlık sıklığını taşıyan yazılımın özellikleri ile ilgilidir (Baki ve Çakar 2005; Büyüközkan ve Ruan 2008b; Kilic vd. 2014, 2015).
Yazılımın Güvenliği ( $C_{51}$ )	Bu alt ölçüt, yazılım firmasının varlıklarını, kimliğini ve teknolojisini çevrimiçi veya fiziksel dünyadaki güvenliğini sağlamak için kullandığı araçları ifade eder (Büyüközkan ve Ruan 2008a; Çakır 2018; Ayağ ve Yücekaya 2019).
Sistem Güvenilirliği ( $C_{52}$ )	Bu alt ölçüt, yeni sistem için temel çözümden gelen memnuniyeti daha geniş bir sürede ölçmektedir (Baki ve Çakar 2005; Büyüközkan ve Ruan 2008b; Kilic vd. 2014, 2015).
Hata toleransı ( $C_{53}$ )	Bu alt ölçüt, yazılım arızası veya belirtilen arayüz ihlali durumunda belirli bir performans seviyesini sürdürme kabiliyetine sahip yazılımın nitelikleri ile ilgilidir (Büyüközkan ve Ruan 2008b; Kutlu ve Akpınar 2009).
Kurtarılabirliği ( $C_{54}$ )	Bu alt ölçüt, arıza durumunda ve bunun için gerekli olan zaman ve çabadan dolayı, performans düzeyini yeniden belirleme ve doğrudan etkilenen verileri kurtarma özelliğine sahip yazılımın özellikleri ile ilgilidir (Büyüközkan ve Ruan 2008a; Ayağ ve Yücekaya 2019).

ÇÖL dilsel ifadesinin sezgisel bulanık küme karşılığı (0,80, 0,10, 0,10) ve ÖL dilsel ifadesinin sezgisel bulanık küme karşılığı (0,50, 0,20, 0,30).

$$\lambda_1 = \frac{0,80 + 0,10 \left[ \frac{0,80}{1-0,10} \right]}{0,80 + 0,10 \left[ \frac{0,80}{1-0,10} \right] + 0,50 + 0,30 \left[ \frac{0,80}{1-0,30} \right] + 0,50 + 0,30 \left[ \frac{0,80}{1-0,30} \right]} = 0,384, \lambda_2 = 0,308, \lambda_3 = 0,308$$

**Tablo 8. Karar Vericilerin Ağırlıkları**

	$\mu(x)$ ,	$\nu(x)$	$\lambda_k$	Sıra
$DM_1$	0.80	0.20	0.384	1
$DM_2$	0.50	0.20	0.308	2
$DM_3$	0.50	0.20	0.308	2

Adım 3: Her faktöre ilişkin karar vericilerden değerlendirmeler alınmıştır. Karar vericiler, AHP değerlendirmeleri için ikili matrisi ve alternatif değerlendirmeleri için tercih ilişkisi matrisini kullanarak faktörler hakkındaki görüşlerini ifade ettiler. Tablo 9, ölçütler üzerine ikili karşılaştırma matrisi için dilsel ifadeleri ve Tablo 10 ise alternatifler hakkındaki karar matrisi için dilsel ifadeleri sunmaktadır.

**Tablo 9. Ölçüt İkili Karşılaştırma Matrisi Dilsel İfadeleri**

			$DM_1$					$DM_2$					$DM_3$		
	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$
$C_1$	EDÖ		OD		ODÖ	EDÖ					EDÖ				
$C_2$	OD	EDÖ	ODÖ	EDÖ	EDÖ	OD2	EDÖ		OD	ODÖ	ODÖ	EDÖ	DÖ	ODÖ	ODÖ
$C_3$			EDÖ	ODÖ		OD2	OD	EDÖ	EDÖ	OD2	ODÖ		EDÖ	OD	DÖ

C <sub>4</sub>	OD			EDÖ	EDÖ	OD			EDÖ	EDÖ	ÇDÖ			EDÖ	ODÖ
C <sub>5</sub>			DÖ		EDÖ	OD				EDÖ	OD				EDÖ
	C <sub>11</sub>	C <sub>12</sub>	C <sub>13</sub>	C <sub>14</sub>		C <sub>11</sub>	C <sub>12</sub>	C <sub>13</sub>	C <sub>14</sub>		C <sub>11</sub>	C <sub>12</sub>	C <sub>13</sub>	C <sub>14</sub>	
C <sub>11</sub>	EDÖ					EDÖ					EDÖ				
C <sub>12</sub>	OD3	EDÖ		EDÖ		DÖ	EDÖ	EDÖ	OD		OD	EDÖ	OD		
C <sub>13</sub>	OD3	OD	EDÖ	EDÖ		DÖ		EDÖ			DÖ		EDÖ	EDÖ	
C <sub>14</sub>	OD3			EDÖ		OD2		ODÖ	EDÖ		ODÖ	OD		EDÖ	
	C <sub>21</sub>	C <sub>22</sub>	C <sub>23</sub>			C <sub>21</sub>	C <sub>22</sub>	C <sub>23</sub>			C <sub>21</sub>	C <sub>22</sub>	C <sub>23</sub>		
C <sub>21</sub>	EDÖ	OD2				EDÖ	DÖ				EDÖ	OD4			
C <sub>22</sub>		EDÖ	OD4				EDÖ	DÖ				EDÖ			
C <sub>23</sub>	OD3		EDÖ			OD4		EDÖ			ÇDÖ	OD	EDÖ		
	C <sub>31</sub>	C <sub>32</sub>	C <sub>33</sub>	C <sub>34</sub>		C <sub>31</sub>	C <sub>32</sub>	C <sub>33</sub>	C <sub>34</sub>		C <sub>31</sub>	C <sub>32</sub>	C <sub>33</sub>	C <sub>34</sub>	
C <sub>31</sub>	EDÖ		EDÖ			EDÖ					EDÖ				
C <sub>32</sub>	ÇDÖ	EDÖ		EDÖ		OD3	EDÖ	OD	OD		ÇDÖ	EDÖ	OD2	OD	
C <sub>33</sub>		OD2	EDÖ	EDÖ		ODÖ		EDÖ			ODÖ		EDÖ		
C <sub>34</sub>	OD3			EDÖ		OD2		DÖ	EDÖ		ODÖ		OD	EDÖ	
	C <sub>41</sub>	C <sub>42</sub>	C <sub>43</sub>	C <sub>44</sub>		C <sub>41</sub>	C <sub>42</sub>	C <sub>43</sub>	C <sub>44</sub>		C <sub>41</sub>	C <sub>42</sub>	C <sub>43</sub>	C <sub>44</sub>	
C <sub>41</sub>	EDÖ					EDÖ					EDÖ				
C <sub>42</sub>	OD4	EDÖ	EDÖ	OD		DÖ	EDÖ	OD	OD		DÖ	EDÖ	OD2		
C <sub>43</sub>	OD2		EDÖ	EDÖ		DÖ		EDÖ			OD3		EDÖ		
C <sub>44</sub>	OD3			EDÖ		OD2		DÖ	EDÖ		ODÖ	OD	OD	EDÖ	
	C <sub>51</sub>	C <sub>52</sub>	C <sub>53</sub>	C <sub>54</sub>		C <sub>51</sub>	C <sub>52</sub>	C <sub>53</sub>	C <sub>54</sub>		C <sub>51</sub>	C <sub>52</sub>	C <sub>53</sub>	C <sub>54</sub>	
C <sub>51</sub>	EDÖ					EDÖ					EDÖ				
C <sub>52</sub>	OD3	EDÖ		OD2		ÇDÖ	EDÖ	OD	EDÖ		DÖ	EDÖ	EDÖ	OD	
C <sub>53</sub>	DÖ	OD	EDÖ	ODÖ		DÖ		EDÖ	ODÖ		ÇDÖ		EDÖ	OD2	
C <sub>54</sub>	OD2			EDÖ		OD2			EDÖ		OD			EDÖ	

Adım 4: Bireysel sezgisel bulanık küme ikili karşılaştırma matrisi değerlerinin grup sezgisel bulanık küme değerleri olarak birleştirilebilmesi için IFWA denklemi 'Denklem (10)' kullanılır. Aşağıda IFWA denklemi kullanarak ikinci ölçütün birleştirilmesi gösterilmiştir.

$$IFWA(C_1^1, C_2^2, C_3^3)_{C_2} = C_1^{0.384} \otimes C_2^{0.308} \otimes C_3^{0.308}$$

$$= \langle 1 - (1 - 0.099)^{0.384} * (1 - 0.204)^{0.308} * (1 - 0.228)^{0.308}, 0.048^{0.384} * 0.074^{0.308} * 0.117^{0.308} \rangle$$

$$= \langle 0.173, 0.072 \rangle$$

Adım 5: Karar matrisinin tutarlılık oranı Saaty'nin RI değeri kullanılarak elde edilir. Tablo 6'da ki değerlerle Denklem (12) kullanılarak CR oranı kontrol edilmiş ve tüm matrislerin tutarlı olduğu gösterilmiştir. Tablo 11 ikili karşılaştırma matrislerinin CR oranlarını göstermektedir.

Adım 6: IFWA operatörü kullanılarak birleştirilmiş sezgisel bulanık değerlendirme matrisi oluşturulur. Daha sonra, hesaplanan kademeli ağırlıklar hiyerarşideki en düşük seviyeden en yüksek seviyeye kadar sezgisel bulanık küme çarpma operatörü kullanılarak birleştirilir. Tablo 12 de temel ölçüt ağırlıkları ve alt ölçüt ağırlıkları gösterilmiştir. Bu ağırlıkların her bir ölçüt için çarpılmasıyla toplam ağırlık elde edilir. Tablo 12'de sezgisel bulanık ortamda hesaplanan ağırlıkları gösterilmektedir.

Adım 7: Denklem (14) ve Denklem (15) kullanılarak sezgisel bulanık ortamda oluşturulan genel ölçüt ağırlıkları ( $\tilde{W}_{jl}$ ) kullanılarak entropi ağırlıkları ( $\bar{w}_{jl}$ ) ve nihai ölçüt ağırlıkları ( $w_{jl}$ ) hesaplanır. Tablo 12'de hesaplanan ağırlıkları gösterilmektedir.

**Tablo 10. Alternatif tercih ilişkisi Matrisi Dilsel İfadeleri**

	A <sub>1</sub>			A <sub>2</sub>			A <sub>3</sub>			A <sub>4</sub>		
	DM <sub>1</sub>	DM <sub>2</sub>	DM <sub>3</sub>	DM <sub>1</sub>	DM <sub>2</sub>	DM <sub>3</sub>	DM <sub>1</sub>	DM <sub>2</sub>	DM <sub>3</sub>	DM <sub>1</sub>	DM <sub>2</sub>	DM <sub>3</sub>
C <sub>11</sub>	İ	Çİ	İ	ÇK	K	ÇK	İ	Çİ	Çİ	ÇK	ODK	SDİ
C <sub>12</sub>	İ	ODİ	ODİ	ÇK	ODK	E	ODİ	ODİ	E	Çİ	E	ODK
C <sub>13</sub>	ÇK	ÇK	ODK	E	ÇK	K	Çİ	ÇK	ODK	ÇK	ODK	ÇK
C <sub>14</sub>	ODK	ODK	ÇK	İ	Çİ	ODİ	ODİ	E	ÇK	SDK	İ	K
C <sub>21</sub>	ÇK	ÇK	ODK	İ	K	İ	E	ODK	ODK	ODİ	ÇK	K
C <sub>22</sub>	K	E	K	ÇK	ODK	E	İ	ODİ	E	ÇK	K	ÇK
C <sub>23</sub>	K	ODK	ÇK	SDİ	İ	Çİ	E	İ	İ	ODİ	İ	E

$C_{31}$	ÇK	K	ODK	SDK	ÇK	ÇK	ÇK	Çi	K	ODK	ODK	Çi
$C_{32}$	ÇK	ÇK	E	ÇK	K	SDK	K	ODi	i	ÇK	SDK	E
$C_{33}$	K	ODK	ÇK	i	Çi	i	ODK	ÇK	ÇK	E	K	ÇK
$C_{34}$	ÇK	E	K	E	E	K	ÇK	K	ODK	i	ODi	ÇK
$C_{41}$	Çi	i	ODi	i	i	Çi	i	i	ODK	Çi	i	E
$C_{42}$	SDi	i	i	Çi	ODi	E	i	ODK	i	E	i	ODi
$C_{43}$	E	i	Çi	ÇK	E	ODK	i	Çi	ODi	Çi	ÇK	E
$C_{44}$	K	K	K	ODK	ÇK	ODK	i	ODi	K	K	Çi	ODi
$C_{51}$	ÇK	i	Çi	E	i	Çi	ODK	E	ÇK	Çi	i	i
$C_{52}$	E	ODi	E	ODi	i	i	i	Çi	Çi	K	E	Çi
$C_{53}$	i	ODi	ODi	E	Çi	ODi	SDi	i	i	ÇK	ODi	i
$C_{54}$	ODi	i	ODi	K	i	ÇK	i	E	E	ÇK	K	K

Tablo 11. İkili Karşılaştırma Matrisleri için CR Değerleri

	$DM_1$	$DM_2$	$DM_3$	$DM_1$	$DM_2$	$DM_3$	$DM_1$	$DM_2$	$DM_3$
N	5	5	5	4	4	4	3	3	3
RI	1.12	1.12	1.12	0.90	0.90	0.90	0.58	0.58	0.58
CR	0,098	0,099	0,094	0,094	0,080	0,056	0,056	0,066	0,046
N	4	4	4	4	4	4	4	4	4
RI	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
CR	0,081	0,089	0,085	0,097	0,093	0,088	0,097	0,091	0,083

Tablo 12. Sezgisel Bulanık Küme Ortamında Ölçüt Ağırlıkları

$C_j$	Temel Ölçüt Ağırlığı			$C_{jl}$	Alt Ölçüt Ağırlığı			Toplam Ağırlık			Sıra	
	$(\mu,$	$u,$	$\pi)$		$(\mu,$	$u,$	$\pi)$	$(\mu,$	$u,$	$\pi)$		$w_{jl}$
$C_1$	0.281	0.039	0.680	$C_{11}$	0.258	0.162	0.580	0.072	0.195	0.733	0,0529	13
				$C_{12}$	0.203	0.091	0.706	0.057	0.126	0.816	0,0542	6
				$C_{13}$	0.233	0.083	0.684	0.066	0.118	0.816	0,0546	3
				$C_{14}$	0.228	0.046	0.726	0.064	0.083	0.853	0,0551	1
$C_2$	0.173	0.072	0.754	$C_{21}$	0.260	0.276	0.463	0.045	0.329	0.626	0,0455	19
				$C_{22}$	0.326	0.193	0.481	0.056	0.252	0.692	0,0499	17
				$C_{23}$	0.328	0.234	0.438	0.057	0.289	0.654	0,0484	18
				$C_{31}$	0.215	0.157	0.628	0.056	0.215	0.729	0,0512	15
$C_3$	0.261	0.070	0.669	$C_{32}$	0.328	0.117	0.556	0.086	0.178	0.736	0,0539	8
				$C_{33}$	0.192	0.075	0.734	0.050	0.139	0.811	0,0535	12
				$C_{34}$	0.252	0.052	0.696	0.066	0.118	0.816	0,0546	2
				$C_{41}$	0.248	0.188	0.564	0.065	0.245	0.691	0,0508	16
$C_4$	0.265	0.028	0.707	$C_{42}$	0.327	0.102	0.572	0.085	0.164	0.751	0,0542	4
				$C_{43}$	0.248	0.073	0.679	0.065	0.138	0.797	0,0541	7
				$C_{44}$	0.245	0.070	0.685	0.064	0.135	0.801	0,0542	5
				$C_{51}$	0.254	0.170	0.576	0.066	0.228	0.706	0,0515	14
$C_5$	0.298	0.025	0.677	$C_{52}$	0.276	0.104	0.620	0.072	0.166	0.762	0,0537	11
				$C_{53}$	0.265	0.097	0.639	0.069	0.160	0.771	0,0538	10
				$C_{54}$	0.239	0.081	0.680	0.062	0.145	0.792	0,0539	9

Tablo 13. İlk Alternatif için Grup Tercih İlişkisi Matrisi

	$C_{11}$	$C_{12}$	$C_{13}$	$C_{14}$	$C_{21}$	$C_{22}$	$C_{23}$	$C_{31}$	$C_{32}$	$C_{33}$	$C_{34}$
$(\mu,$	0.812	0.666	0.175	0.309	0.175	0.338	0.247	0.233	0.221	0.247	0.275
$u,$	0.130	0.282	0.773	0.640	0.773	0.611	0.702	0.716	0.727	0.702	0.673
$\pi)$	0.058	0.052	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.053	0.051	0.052
	$C_{41}$	$C_{42}$	$C_{43}$	$C_{44}$	$C_{51}$	$C_{52}$	$C_{53}$	$C_{54}$			
$(\mu,$	0.797	0.855	0.754	0.250	0.685	0.533	0.666	0.654			
$u,$	0.140	0.063	0.178	0.700	0.232	0.416	0.282	0.295			

$\pi$ )	0.064	0.081	0.068	0.050	0.082	0.050	0.052	0.052
---------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

**Tablo 14. İlk Alternatif İçin Ağırlıklandırılmış Karar Matrisi**

	$C_{11}$	$C_{12}$	$C_{13}$	$C_{14}$	$C_{21}$	$C_{22}$	$C_{23}$	$C_{31}$	$C_{32}$	$C_{33}$	$C_{34}$
( $\mu$ ,	0.059	0.038	0.012	0.020	0.008	0.019	0.014	0.013	0.019	0.012	0.018
$u$ ,	0.300	0.373	0.800	0.670	0.848	0.709	0.788	0.777	0.776	0.744	0.711
$\pi$ )	0.641	0.589	0.188	0.310	0.144	0.272	0.198	0.210	0.206	0.244	0.271
	$C_{41}$	$C_{42}$	$C_{43}$	$C_{44}$	$C_{51}$	$C_{52}$	$C_{53}$	$C_{54}$			
( $\mu$ ,	0.052	0.073	0.049	0.016	0.045	0.038	0.046	0.041			
$u$ ,	0.350	0.217	0.291	0.740	0.407	0.513	0.397	0.397			
$\pi$ )	0.598	0.710	0.660	0.244	0.547	0.448	0.557	0.562			

**Tablo 15. Sezgisel Bulanık Ortamda Yaklaşım Oran Derecesi**

$A_i$	$\tilde{y}_i^{F\ddot{O}}$			$\tilde{y}_i^{M\ddot{O}}$			$S(\tilde{y}_i^{F\ddot{O}})$	$S(\tilde{y}_i^{M\ddot{O}})$
	( $\mu$ ,	$u$ ,	$\pi$ )	( $\mu$ ,	$u$ ,	$\pi$ )		
1	0.336	0.000	0.664	0.177	0.016	0.807	0.336	0.161
2	0.370	0.000	0.630	0.149	0.050	0.801	0.370	0.098
3	0.429	0.000	0.571	0.177	0.021	0.802	0.429	0.155
4	0.361	0.000	0.639	0.177	0.019	0.804	0.361	0.158

**Tablo 16. Referans Noktası Ölçüt Değeri ve Hamming Uzaklık Ölçümü Değeri**

$A_i$	$\tilde{r}_j$			$d(\tilde{r}_j \ominus \tilde{r}_{ij})$							
	( $\mu$ ,	$u$ ,	$\pi$ )	$C_{11}$	$C_{12}$	$C_{13}$	$C_{14}$	$C_{21}$	$C_{22}$	$C_{23}$	$C_{31}$
1	0.07	0.22	0.71	0.166	0.312	1.166	0.906	1.261	0.983	1.142	1.119
2	0.06	0.23	0.71	1.281	0.893	0.912	0.027	0.602	0.988	0.187	1.416
3	0.06	0.21	0.72	0.101	0.488	0.261	0.668	0.915	0.534	0.541	0.541
4	0.05	0.31	0.64	0.088	0.028	0.987	0.530	0.823	1.137	0.418	0.230
$A_i$	$C_{32}$	$C_{33}$	$C_{34}$	$C_{41}$	$C_{42}$	$C_{43}$	$C_{44}$	$C_{51}$	$C_{52}$	$C_{53}$	$C_{54}$
1	1.117	1.053	0.988	0.266	0.000	0.149	1.046	0.380	0.593	0.360	0.360
2	1.293	0.052	0.695	0.236	0.178	0.902	0.927	0.280	0.295	0.224	0.719
3	0.562	1.135	1.072	0.476	0.359	0.117	0.449	0.959	0.049	0.006	0.428
4	0.954	0.765	0.290	0.105	0.258	0.077	0.090	0.024	0.171	0.418	0.995

Adım 8: IFWA operatörü kullanılarak karar vericilerin bireysel değerlendirmeleri grup tercih ilişkisi matrisine dönüştürülür. Bir örnek oluşturması açısından ilk alternatifin grup tercih ilişkisi matrisi Tablo 13'te gösterilmektedir.

Adım 9: Denklem (18) kullanılarak sezgisel bulanık küme sayısal çarpma operatör ile ağırlıklı karar matrisi oluşturulur. Bir örnek oluşturması açısından ilk alternatifin ağırlıklı karar matrisi Tablo 14'te gösterilmektedir.

Adım 10: Sezgisel bulanık küme toplama operatörü kullanılarak fayda ve maliyet ölçütlerine göre oran yaklaşım derecesi belirlenir. Tablo 15 sezgisel ortamdaki yaklaşım oran derecesi ve Tablo 18'de de final oran yaklaşımı sonucu gösterilmektedir.

Adım 11: Referans noktası derecesi Hamming uzaklık ölçümü kullanılarak hesaplanır. Tablo 16 en iyi ölçüt değerini ve Denklem 23 den elde edilen sonuçları göstermektedir. Tablo 18’de ise final referans noktası derecesi gösterilmektedir.

Adım 12: Sezgisel bulanık küme çarpma operatörü kullanılarak fayda ve maliyet ölçütlerine göre önem katsayısı derecesi belirlenir. Tablo 17’de sezgisel ortamdaki önem katsayısı ve Tablo 18’de de final önem katsayısı derecesi değerleri gösterilmektedir.

Adım 13: Elde edilen final sonuçlar Baskınlık teorisi kullanılarak, üç ayrı sıralamadan tek bir sıralama haline getirilir. Ortaya çıkan bu yeni sıralamaya göre  $A_3$  alternatifi en yüksek önem derecesine ve  $A_1$  alternatifi en düşük önem derecesine sahip. Tablo 18 elde edilen sonuçları göstermektedir.

**Tablo 17. Sezgisel Bulanık Ortamda Yaklaşım Oran Derecesi**

$A_i$	$\tilde{u}_i^{F\ddot{O}}$			$\tilde{u}_i^{M\ddot{O}}$			$S(\tilde{u}_i^{F\ddot{O}})$	$S(\tilde{u}_i^{M\ddot{O}})$
	$(\mu,$	$u,$	$\pi)$	$(\mu,$	$u,$	$\pi)$		
1	1.96E-25	1.00E+00	1.06E-07	0.02	0.74	0.24	-1.00	-0.73
2	2.92E-25	1.00E+00	2.95E-07	0.05	0.95	0.00	-1.00	-0.90
3	5.13E-23	1.00E+00	1.60E-05	0.02	0.86	0.12	-1.00	-0.84
4	8.60E-25	1.00E+00	5.55E-07	0.02	0.85	0.13	-1.00	-0.83

**Tablo 18. Final Oran Yaklaşımı, Referans Noktası, Önem Katsayısı Ve Elde Edilen Sıralama**

$A_i$	$Y_i$	Sıra	$P_i$	Sıra	$U_i$	Sıra	Genel Sıralama
1	0.1754	4	1.2612	3	1.3731	4	4
2	0.2711	2	1.4164	4	1.1057	1	2
3	0.2731	1	1.1352	1	1.1872	2	1
4	0.2030	3	1.1372	2	1.2089	3	3

#### 4. Yönetimsel Çıkarımlar ve Tartışma

Yapılan alan araştırmaları ve bilimsel yazın taramaları neticesinde, üniversitelerin BAPSİS yazılımı ve buna bağlı olarak yazılım firmasının seçiminde büyük zorluklarla karşılaştıkları tespit edilmiştir. Bu çalışmanın amacı, BAPSİS yazılımı ve bu yazılımı sunacak firma seçiminde, sezgisel bulanık küme temelli GKV ortamında AHP yöntemi ile ölçüt ağırlıklarının belirlenmesi ve MULTIMOORA yönteminin yazılım firması alternatiflerinin sıralanması için kullanılması ve buna bağlı olarak en uygun yazılımın seçilmesidir. Yazında zorluk seviyeleri değişken ve uygulanabilirliği bulunan birçok ÇÖKV yöntemi vardır. Önerilen yöntem aşağıdaki gibi özetlenebilir: ilk adım, problemin niteliğini belirlemek ve tüm ölçütlere göre bütün alternatiflerin değerlendirme verilerini almaktır; ikinci adım, önerilen tekniklerle ölçüt ağırlıklarını bulmak ve bütün alternatiflerin genel performansını bu ölçütlere göre değerlendirmektir; ve son olarak, alternatifler performans sonuçlarına göre sıralamaya tabi tutulur ve en çok istenen sonuç en iyi alternatif olarak seçilir. Yazın incelendiğinde, çalışmada kullanılan yöntemlerinin birlikte kullanıldığı hiç bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ayrıca, bu çalışma BAPSİS yazılımının seçimi konusunu ele alan ilk çalışma olma özelliği taşımaktadır. AHP yöntemi karar vericiler tarafından belirlenen 5 temel ölçüt ve buna bağlı 19 alt ölçütün ağırlıklarının belirlenmesinde kullanılmıştır. Daha sonra, karar vericiler tarafından 4 alternatif yazılım firmasının her bir ölçüte göre değerlendirilmesi MULTIMOORA yöntemiyle yapılmıştır.

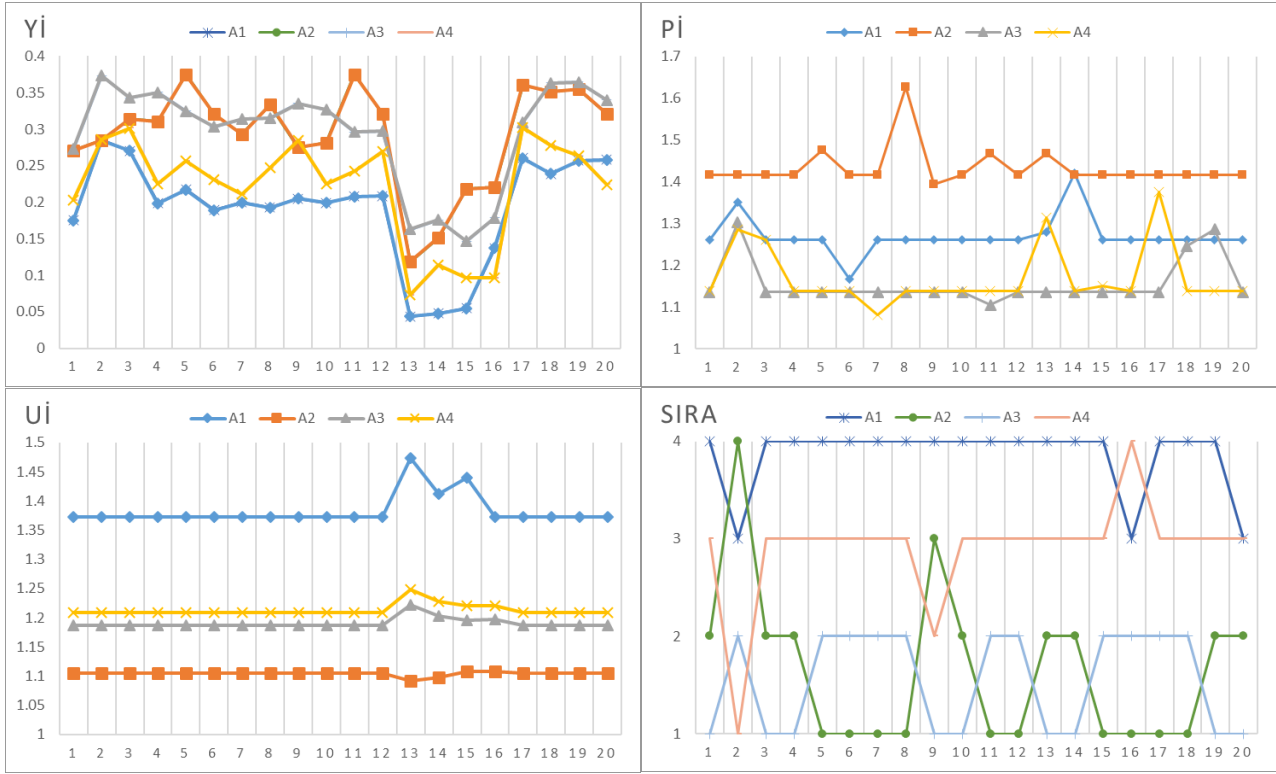
ÇÖKV yöntemleri, çoklu ölçütler dikkate alarak çoklu alternatifleri karşılaştırmak ve sıralamak için kullanılır. ÇÖKV problemlerinin özelliklerinden kaynaklanan belirsizlik veya muğlaklık nedeniyle, değerlendirme verileri, sıradan bulanık kümeler, sezgisel bulanık kümeler, aralık değerli bulanık kümeler ve benzeri gibi farklı boyutlarda incelenebilir. Tip-1 bulanık mantık, bulanık kümelerdeki üyelik derecesinin bulanık sayı olarak ölçüldüğü tip-2 bulanık mantığa genişletilebilir. Bazı uygulamalarda Tip-2 bulanık mantığın başarılı sonuçlar aldığı gözlemlenmektedir (Büyüközkan vd. 2019). Bunun yanında, Gerçek hayattaki durumlar karşısında birden fazla ölçüt kullanarak kararlar alınmalıdır. Birkaç alternatifi birden fazla ölçüte karşı değerlendirirken ödünleşme yapılmak zorunda kalınır, çünkü her bir ölçüte göre en iyi alternatifi bulmak



mümkün olmayabilir. Bir alternatifin diğerlerine göre bir veya daha fazla ölçüt temelinde tercih edilmesi sıklıkla gerçekleşir. Sıradan ÇÖKV yöntemleri temel olarak net veriler kullanır. Ancak gerçek hayatta karşılaşılan problemler, belirsizlikler ve tahmine dayalı kesin olmayan bilgilerle nitelenen ortamlarda gerçekleştiği için çok farklı seçim problemlerinin doğmasına yol açar. Bu nedenle, sıradan ÇÖKV yöntemleri bu tür meselelerle başa çıkmak için yeterli kabiliyete sahip değildir (Büyükoçkan vd. 2018a). Ayrıca, gerçek hayatta çok önemli kararlar, bireysel karar vericilerle hareket etmekten çok, bir grup seçkin ve uzman aracılığıyla alınır. Endüstri ve fabrikalarda ya da sağlık yönetimi ve sosyal hizmetler gibi pratik problemlerde, önemli kararlar genellikle birden fazla danışman ve uzmanın toplu görüşlerine dayanarak alınır. Bazen uzmanlar farklı alanlara ve uzmanlık seviyelerine sahip olabilirler; bu nedenle, bu gibi durumlarda, çeşitli görüşler arasındaki çatışmaları ele almak için toplu kararların analizi ileri yöntemler gerektirebilir (Büyükoçkan ve Göçer 2019). Diğer taraftan, bulanık kümelerin özel bir şekli olan sezgisel bulanık değerler, gerçek hayat seçim problemlerini çözmeye fırsatı sunmaktadır. GKV temelli bir sezgisel bulanık ortamda AHP ve MULTIMOORA'nın birlikte kullanımı yazında ilk kez bu çalışmada önerilmiştir. AHP tekniği, belirli veya belirsiz karar ortamlarında birden fazla ölçüte ve birden fazla KV'ye sahip alternatifleri sıralamak ve seçmek için kullanılan nicel bir yöntemdir. AHP, problemin ana hedefi, ölçütler ve KV'lerin karmaşık problemleri için alt ölçütler arasındaki ilişkiyi temsil ederek hiyerarşik yapının modellenmesine izin verir. AHP tekniği, karar problemlerinin karmaşıklığını (çoklu alternatif ve çoklu ölçütler) ikili karşılaştırmalar için giderir, karşılaştırmaların tutarlı olup olmadığını kontrol eder ve bir sonuç almaya çalışır. MULTIMOORA tekniğinin çıktısı ise, üçlü sıralama yöntemlerinin sonuçlarını toplayarak elde edilen bir sıralama olmasıdır. Bu yöntem, karşılaştırılabilir sıralamalara üretmek için vektör normalleştirme tekniğini ve Oran Yaklaşımı, Referans Noktası, Önem Katsayısı başlıklı üç alt sıralama yönteminden faydalanır (Feyzioğlu vd. 2018). Genel olarak, MULTIMOORA tekniğinin avantajları şunları içerir: matematiksel işlemler basitleştirilir, hesaplama süresi düşürülür, KV için karar almak kolaylaştırılır, üç farklı yöntem kullanarak elde edilen üç faydalı sıralama birleştirilerek bütünleştirici bir sonuç üretilir. Bu çalışmanın öne çıkan diğer bir özelliği, iki farklı ÇÖKV yöntemini bir uyum içinde kullanmasıdır. Sezgisel bulanık değerlerin GKV ile birlikte kullanılması, ÇÖKV yöntemlerinin entegre edilebilmesi açısından faydalarını daha da artırabilir. Aşağıdaki alt bölümlerde, Önerilen yöntemin geçerliliğini daha iyi göstermek için, önce ölçüt ağırlıklarının duyarlılığı test edilmiş sonra da farklı ÇÖKV yöntemleri ile önerilen yöntem karşılaştırılmıştır.

#### 4.1 Duyarlılık Analizi

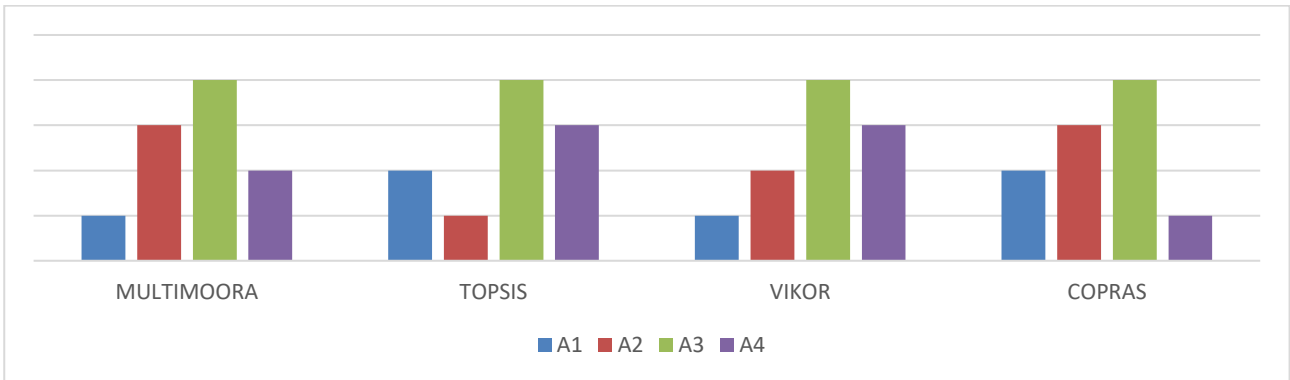
Alternatiflerin farklı ölçüt ağırlıkları altında hareketlerini gözlemlemek için duyarlılık analizi yapılmıştır. Analiz sonuçları Şekil 3'te tasvir edilmiştir. Her bir ölçütün ağırlığı sırasıyla, mümkün olan en yüksek ağırlık olan SDİ dilsel ifadesine karşılık gelen sezgisel bulanık sayı değerine sabitlenip, yeni oluşan  $Y_i$ ,  $U_i$ ,  $P_i$  ve genel sıralama değerlerinin değişimi gözlenmiştir. Toplamda 19 durum incelenmiş ve önerilen yöntemden elde edilen sonuçla karşılaştırılmıştır. Duyarlılık analizi bize  $A_1$  alternatifinin ölçüt ağırlığı değişiminden en fazla etkilenen aday olmasına rağmen genel sıralamada yerini iki durum hariç hep sabit kaldığını göstermiştir. Bunun yanı sıra  $A_3$  alternatifinin oran yaklaşımı, referans noktası ve önem katsayısı değerleri ölçüt ağırlığı değişiminden fazla etkilenmese de, genel sıralamada  $A_2$  alternatifi ile yer değişiminin yüksek olduğu görülmektedir. Bütün bu analizler bize alternatiflerin sıralamasının karar vericilerin ölçütler hakkındaki yargılarından etkilendiğini göstermektedir.



Şekil 3. Ölçüt Ağırlıkları Duyarlılık Analiz Sonuçları

#### 4.2 Karşılaştırma

Farklı ÇÖKV yöntemleri ile elde edilen sonuçlar arasında küçük sapmalar gözlemlenebilir (Büyüközkan vd. 2018a). Bu bölümde, önerilen yöntemin, TOPSIS (Büyüközkan ve Göçer 2017b), VIKOR (Büyüközkan vd. 2019) ve COPRAS (Büyüközkan vd. 2018b) yöntemleriyle karşılaştırılması yapılmıştır. Bu yöntemler farklı algoritmalara sahiptirler. Bu sebeple aynı veriler çeşitli yöntemlerle farklı şekillerde ele alınmaktadır. Örneğin, MULTIMOORA kısmen oran analizine dayanırken, TOPSIS pozitif ve negatif ideal çözümlerden sapmalara dayanmaktadır. Dolayısıyla, oran ve mesafe farklı sonuçlar vermektedir. Şekil 4'te önerilen yöntem ile karşılaştırılan diğer yöntemler arasında en iyi alternatif için anlamlı bir fark olmadığı görülmektedir. Öte yandan, diğer alternatiflerin sırası ise değişiklik göstermektedir. Analiz sonrası karar vericilerle yapılan görüşmeler, bize önerilen yöntemle elde edilen sonuçların daha mantıklı olduğu kanısının karar vericiler tarafından da paylaşıldığını göstermiştir.



Şekil 4. Farklı ÇÖKV Yöntemleri Karşılaştırma Sonuçları

#### Sonuç ve Değerlendirme

Süreç yönetim sistemi kullanmak, kurumlara iş akışlarının hızlanmasında ve iyileştirilmesinde farklı fırsatlar sunar. Süreç yönetim sisteminin temel odaklandığı nokta kurumsal iş süreçlerinin izlenmesi ve bulunan eksiklerin kapatılmasıdır. BAPSIS yazılımının üniversitelerin iş süreçlerinde kalitenin artırılması açısından çok faydaları bulunmaktadır.

BAPSİS yazılımı, süreçlerin ve süreçlerdeki verilerin gerçek zamanlı izlenmesi ve raporlanmasını kolaylaştırır. Dijital çağın sağladığı teknolojik olanaklar sayesinde fiziksel dokümana gerek kalmadan bilimsel araştırma projelerinin takibini sağlar. Bu yüzden doğru BAPSİS yazılımının seçilmesinde dışardan tedarik edilecek bir firmanın kullanılması, seçim ortamının uygunluğu, operasyon maliyetlerinin minimuma indirgenmesi ve sorun yaratan ya da zaman alan iş süreçlerinin azaltılması açısından daha iyi bir seçenek olarak görülmüştür. Bu çalışmada dört BAPSİS yazılımı için değerlendirme yapılmıştır. BAPSİS yazılım seçimi üniversite yönetimleri açısından önemli problemlerden biridir. Uygun bir BAPSİS yazılımı seçimi karmaşık yapıya sahiptir. ÇÖKV yöntemleri bu karmaşık problemleri çözmekte uygun imkânlarla sahiptir ve ayrıca sezgisel bulanık küme, gerçek yaşam problemlerini çözmek için geleneksel yöntemlere göre daha büyük fırsatlar sunar. Bu yüzden sezgisel bulanık temelli AHP ve MULTIMOORA yöntemleri BAPSİS sistemi seçimi için önerilmiştir. Bildiğimiz kadarıyla, bu yöntem sezgisel bulanık ortamda ilk kez birlikte kullanılmış ve GKV ortamında entegre bir ÇÖKV yöntemi olarak önerilmiştir. Bu araştırmanın amacı, en iyi olan alternatifi belirlemek için mevcut bir dizi BAPSİS yazılımı adaylarını değerlendirmektir. Bu değerlendirme sürecinde sezgisel bulanık küme temelli dilsel ifadeler kullanılmış, geniş bir yazın taraması yapılmış ve bir grup karar vericinin yardımı ile BAPSİS yazılımı seçiminde göz önünde bulundurulması gereken karar ölçütleri belirlenmiştir. Önerilen yöntemin uygulanabilirliği ve geçerliliği bir vaka çalışması ile gösterilmiştir. Öte yandan duyarlılık analizi ve diğer yöntemlerle karşılaştırma yapılarak yöntemin uygunluğu ortaya konmuştur. Duyarlılık analizi ile ölçüt ağırlıklarının önerilen yöntem üzerindeki etkileri analiz edilmiş, birden fazla ÇÖKV tekniği kullanılarak analiz sonuçlarını karşılaştırma imkânı bulunmuştur. Böylece önerilen seçim modelinin geçerliliği ve güvenilirliği test edilmiştir. Farklı yöntemler farklı sonuçlar verebildiğinden, bütün yöntemlerin en iyi alternatif için önerilen yöntemin belirlediği adayı işaret etmesi yöntemin tutarlı ve güvenilir bir yöntem olduğu ortaya koymuştur. Sonuç olarak, tek bir sıralama elde etmek amacıyla da önerilen yöntem kullanılmıştır. Bu entegre yaklaşım, ÇÖKV problemlerinde karşılaşılabilecek belirsiz durumları ele alma yeteneğine sahiptir. Gelecekte bu çalışmanın ardından izlenecek birkaç farklı yol bulunmaktadır. Önerilen çalışma sezgisel bulanık MULTIMOORA yaklaşımını kullanmaktadır. Umut veren diğer araştırma alanları, klasik bulanık, tip-2 bulanık veya Pisagor bulanık kümeleri kullanılarak GKV değerlendirilmeleri yapmak olabilir. Bu noktadan hareketle, diğer ÇÖKV yöntemlerinin kullanılması da probleme başka bir katkı sağlayabilir. Bu alanlarda ilerleme sağlamak, problemin yeni bir bakış açısıyla anlaşılmasına yardımcı olabilir.

## Kaynakça

- Abdullah L, Najib L (2016a) Sustainable energy planning decision using the intuitionistic fuzzy analytic hierarchy process: choosing energy technology in Malaysia. *Int J Sustain Energy* 35:360–377. doi: 10.1080/14786451.2014.907292
- Abdullah L, Najib L (2016b) A new preference scale mcdm method based on interval-valued intuitionistic fuzzy sets and the analytic hierarchy process. *Soft Comput* 20:511–523. doi: 10.1007/s00500-014-1519-y
- Abdullah L, Najib L (2014) A new preference scale of intuitionistic fuzzy analytic hierarchy process in multi-criteria decision making problems. *J Intell Fuzzy Syst* 26:1039–1049. doi: 10.1007/s00500-014-1519-y
- Atalay KD, Can GF (2018) A new hybrid intuitionistic approach for new product selection. *Soft Comput* 22:2633–2640. doi: 10.1007/s00500-017-2517-7
- Atanassov K. (1986) Intuitionistic fuzzy sets. *Fuzzy Sets Syst* 20:87–96
- Ayağ Z, Yücekaya A (2019) A Fuzzy ANP-Based GRA Approach to Evaluate ERP Packages. *Int J Enterp Inf Syst* 15:45–68. doi: 10.4018/IJEIS.2019010103
- Baki B, Çakar K (2005) Determining the ERP package-selecting criteria: The case of Turkish manufacturing companies. *Bus Process Manag J* 11:75–86. doi: 10.1108/14637150510578746
- Boran FE, Genç S, Kurt M, Akay D (2009) A multi-criteria intuitionistic fuzzy group decision making for supplier selection with TOPSIS method. *Expert Syst Appl* 36:11363–11368. doi: 10.1016/j.eswa.2009.03.039
- Brauers WKM, Zavadskas EK (2011) Multimoora Optimization Used to Decide on a Bank Loan to Buy Property. *Technol Econ Dev Econ* 17:174–188. doi: 10.3846/13928619.2011.560632
- Brauers WKM, Zavadskas EK (2010) Project management by multimoora as an instrument for transition economies. *Technol Econ Dev Econ* 16:5–24. doi: 10.3846/tede.2010.01
- Büyüközkan G, Feyzioğlu O, Göçer F (2016) Evaluation of hospital web services using intuitionistic fuzzy AHP and intuitionistic fuzzy VIKOR. In: 2016 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM). IEEE, pp 607–611

- Büyüközkan G, Göçer F (2017a) Application of a new combined intuitionistic fuzzy MCDM approach based on axiomatic design methodology for the supplier selection problem. *Appl Soft Comput* 52:1222–1238. doi: 10.1016/j.asoc.2016.08.051
- Büyüközkan G, Göçer F (2018) An extension of ARAS methodology under Interval Valued Intuitionistic Fuzzy environment for Digital Supply Chain. *Appl Soft Comput* 69:634–654. doi: 10.1016/j.asoc.2018.04.040
- Büyüközkan G, Göçer F (2019) Smart medical device selection based on intuitionistic fuzzy Choquet integral. *Soft Comput* 23:10085–10103. doi: 10.1007/s00500-018-3563-5
- Büyüközkan G, Göçer F (2017b) An Intuitionistic Fuzzy MCDM Approach for Effective Hazardous Waste Management. In: *Intelligence Systems in Environmental Management: Theory and Applications*. Springer, pp 21–40
- Büyüközkan G, Göçer F, Feyzioğlu O (2018a) Cloud computing technology selection based on interval-valued intuitionistic fuzzy MCDM methods. *Soft Comput* 22:5091–5114. doi: 10.1007/s00500-018-3317-4
- Büyüközkan G, Göçer F, Feyzioğlu O (2018b) Cloud Computing Technology Selection Based on Interval Valued Intuitionistic Fuzzy COPRAS. In: Kacprzyk J, Szmidt E, Zadrożny S, vd. (eds) *Advances in Intelligent Systems and Computing (Proceedings of: EUSFLAT- 2017)*. Springer International Publishing, pp 318–329
- Büyüközkan G, Göçer F, Karabulut Y (2019) A new group decision making approach with IF AHP and IF VIKOR for selecting hazardous waste carriers. *Measurement* 134:66–82. doi: 10.1016/j.measurement.2018.10.041
- Büyüközkan G, Ruan D (2008a) Evaluation of software development projects using a fuzzy multi-criteria decision approach. *Math Comput Simul* 77:464–475. doi: 10.1016/j.matcom.2007.11.015
- Büyüközkan G, Ruan D (2008b) Evaluation of software development projects using a fuzzy multi-criteria decision approach. *Math Comput Simul* 77:464–475. doi: 10.1016/j.matcom.2007.11.015
- Çakır E (2018) Elektronik Belge Yönetim Sistemi (EBYS) Yazılımı Seçiminde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri: Bir Belediye Örneği. *Business, Econ Manag Res J* 1:15–30
- Demirci JR, Bogen DL (2017) Feasibility and acceptability of a mobile app in an ecological momentary assessment of early breastfeeding. *Matern Child Nutr* 13:e12342. doi: 10.1111/mcn.12342
- Efe B, Kurt M, Efe ÖF (2017) An integrated intuitionistic fuzzy set and mathematical programming approach for an occupational health and safety policy. *Gazi Univ J Sci* 30:73–95
- Eyüboğlu F (2012) *Süreç Yönetimi ve Süreç İyileştirme*, 2. Baskı. Sistem Yayıncılık
- Feyzioğlu O, Göçer F, Büyüközkan G (2018) Interval-valued intuitionistic fuzzy MULTIMOORA approach for new product development. In: *Data Science and Knowledge Engineering for Sensing Decision Support*. WORLD SCIENTIFIC, pp 1066–1073
- Hwang CL, Yoon K (1981) *Multiple Attribute Decision Making-Methods and Application*. Springer, New York
- Iranpour A, Sayyadi Tooranloo H, Ayatollah AS (2018) A model for supplier evaluation and selection based on integrated interval-valued intuitionistic fuzzy AHP-TOPSIS approach. *Int J Math Oper Res* 13:401. doi: 10.1504/IJMOR.2018.10016119
- Karasan A (2019) A Novel Hesitant Intuitionistic Fuzzy Linguistic AHP Method and Its Application to Prioritization of Investment Alternatives. *Int J Anal Hierarchy Process* 11:1–11. doi: 10.13033/ijahp.v11i1.610
- Karasan A, Erdogan M, Ilbahar E (2018) Prioritization of production strategies of a manufacturing plant by using an integrated intuitionistic fuzzy AHP & TOPSIS approach. *J Enterp Inf Manag* 31:510–528. doi: 10.1108/JEIM-01-2018-0001
- Kilic HS, Zaim S, Delen D (2014) Development of a hybrid methodology for ERP system selection: The case of Turkish Airlines. *Decis Support Syst* 66:82–92. doi: 10.1016/j.dss.2014.06.011
- Kilic HS, Zaim S, Delen D (2015) Selecting “The Best” ERP system for SMEs using a combination of ANP and PROMETHEE methods. *Expert Syst Appl* 42:2343–2352. doi: 10.1016/j.eswa.2014.10.034
- Kuo RJ, Hong SY, Huang YC (2010) Integration of particle swarm optimization-based fuzzy neural network and artificial neural network for supplier selection. *Appl Math Model* 34:3976–3990. doi: 10.1016/j.apm.2010.03.033
- Kutlu B, Akpınar E (2009) ERP Software Selection using Fuzzy Methodology: A Case Study. *J Appl Sci* 9:3378–3384

- Li Y-L, Wang R, Chin K-S (2019) New failure mode and effect analysis approach considering consensus under interval-valued intuitionistic fuzzy environment. *Soft Comput*. doi: 10.1007/s00500-018-03706-5
- Liao H, Xu Z (2015) Consistency of the fused intuitionistic fuzzy preference relation in group intuitionistic fuzzy analytic hierarchy process. *Appl Soft Comput* 35:812–826. doi: 10.1016/j.asoc.2015.04.015
- Mylonas A, Kastania A, Gritzalis D (2013) Delegate the smartphone user? Security awareness in smartphone platforms. *Comput Secur* 34:47–66. doi: 10.1016/j.cose.2012.11.004
- Nisel S, Özdemir M (2016) Analytic Hierarchy Process & Analytic Network Process In Sport: A Comprehensive Literature Review. *Int J Anal Hierarchy Process* 8:405–429. doi: 10.13033/ijahp.v8i3.448
- Opricovic S (1998) *Multicriteria Optimization of Civil Engineering Systems*. Faculty of Civil Engineering, Belgrade
- Otay İ, Oztaysi B, Cevik Onar S, Kahraman C (2017) Multi-expert performance evaluation of healthcare institutions using an integrated intuitionistic fuzzy AHP&DEA methodology. *Knowledge-Based Syst* 133:90–106. doi: 10.1016/j.knsys.2017.06.028
- Saaty TL (1996) *The analytic network process*. RWS Publ Expert Choice, Inc
- Saaty TL (1982) The Analytic Hierarchy Process: A New Approach to Deal with Fuzziness in Architecture. *Archit Sci Rev* 25:64–69. doi: 10.1080/00038628.1982.9696499
- Saaty TL (1977) A scaling method for priorities in hierarchical structures. *J Math Psychol* 15:234–281
- Saaty TL (1980) *The analytic hierarchy process: planning, priority setting, resources allocation*. McGraw-Hill
- Sadiq R, Tesfamariam S (2009) Environmental decision-making under uncertainty using intuitionistic fuzzy analytic hierarchy process (IF-AHP). *Stoch Environ Res Risk Assess* 23:75–91. doi: 10.1007/s00477-007-0197-z
- Smith A, de Salas K, Lewis I, Schüz B (2017) Developing smartphone apps for behavioural studies: The AlcoRisk app case study. *J Biomed Inform* 72:108–119. doi: 10.1016/j.jbi.2017.07.007
- Tooranloo HS, Iranpour A (2017) Supplier selection and evaluation using interval-valued intuitionistic fuzzy AHP method. *Int J Procure Manag* 10:539. doi: 10.1504/IJPM.2017.086399
- Wang W, Xin X (2005) Distance measure between intuitionistic fuzzy sets. *Pattern Recognit Lett* 26:2063–2069. doi: 10.1016/j.patrec.2005.03.018
- Wang Y, Xu Z (2018) Evaluation of the Human Settlement in Lhasa with Intuitionistic Fuzzy Analytic Hierarchy Process. *Int J Fuzzy Syst* 20:29–44. doi: 10.1007/s40815-017-0422-y
- Xu Z (2011) *Intuitionistic Preference Modeling and Interactive Decision Making*. Springer
- Xu Z, Liao H (2014) Intuitionistic fuzzy analytic hierarchy process. *Fuzzy Syst IEEE Trans* 22:1. doi: 10.1109/TFUZZ.2013.2272585
- Xu Z, Yager RR (2006) Some geometric aggregation operators based on intuitionistic fuzzy sets. *Int J Gen Syst* 35:417–433. doi: 10.1080/03081070600574353
- Yu Y, Darko A, Chan APC, vd (2018) Evaluation and Ranking of Risk Factors in Transnational Public–Private Partnerships Projects: Case Study Based on the Intuitionistic Fuzzy Analytic Hierarchy Process. *J Infrastruct Syst* 24:04018028. doi: 10.1061/(ASCE)IS.1943-555X.0000448
- Zadeh LA (1965) Fuzzy sets. *Inf Control* 8:338–353. doi: 10.1016/S0019-9958(65)90241-X
- Zavadskas EK, Antucheviciene J, Hajiagha SHR, Hashemi SS (2015) The interval-valued intuitionistic fuzzy MULTIMOORA method for group decision making in engineering. *Math Probl Eng* 2015:. doi: 10.1155/2015/560690
- Zavadskas EK, Kaklauskas A, Sarka V (1994) The new method of multi-criteria complex proportional assessment of projects. *Technol Econ Dev Econ* 1:131–139
- Zhang C, Chen C, Streimikiene D, Balezentis T (2019) Intuitionistic fuzzy MULTIMOORA approach for multi-criteria assessment of the energy storage technologies. *Appl Soft Comput* 79:410–423. doi: 10.1016/j.asoc.2019.04.008
- Zhao H, You JX, Liu HC (2016) Failure mode and effect analysis using MULTIMOORA method with continuous weighted entropy under interval-valued intuitionistic fuzzy environment. *Soft Comput* 1–13. doi: 10.1007/s00500-016-2118-x

## Extended Abstract

### Aim and Scope

Scientific Research Project Information Management Systems (BAPSIS) are used in order to organize the stages of receiving, evaluating, and accepting or rejecting the project applications in universities, and also to monitor the project status and to coordinate the whole process. The BAPSIS management systems reduce the workload in project operations, eliminate complexities, and allow for transparent and secure monitoring of processes. Therefore, Outsourcing the Scientific Research Project management systems is the best option to select the suitable BAPSIS information management system, to provide the appropriate selection environment, to minimize the operation costs, and to reduce problematic areas or time-consuming business processes for universities. It is not a very simple decision-making process for university administrations to comply with all constraints and choose the most cost effective system that can maximize efficiency. The purpose in this study is to determine the criteria affecting the decision on BAPSIS system selection for a university in Turkey and to evaluate of possible alternatives according to determined criteria from the perspective of effective process management in universities.

### Methods

In this evaluation, Group Decision Making is preferred to a single decision maker model in order to prevent prejudices in the evaluation / selection process and to minimize the subjectivity in the decision process. In addition, Analytic Hierarchy Process (AHP), one of the Multi Criteria Decision Making (MCDM) methods, have been used to determine the importance of evaluation criteria since it provides an effective, systematic and easily applicable solution approach. In order to highlight the best alternative among the given candidates, the MULTIMOORA (Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis plus the Full Multiplicative Form) technique have been evaluated as an effective and useful ranking method. Intuitionistic fuzzy (IF) sets are preferred due to their ability to define the fuzzy characters of the elements more comprehensively and thus better deal with fuzziness and uncertainty. Thus, as an effective contribution have been made to model ambiguous or indefinite information: a MCDM solution methodology in which IF Sets are integrated with GDM based AHP and MULTIMOORA techniques for the first time.

### Findings

In this study, four BAPSIS software are evaluated. BAPSIS software selection is one of the significant problems of university administrations in terms of efficiency and productivity in performing scientific research projects. The selection of a suitable BAPSIS software is thus complex procedure needs to be given serious considerations. On the other hand, the MCDM methods have the means to solve these complex problems. Therefore, IF based AHP and MULTIMOORA methods have been proposed for BAPSIS information management system selection. As a result of sensitivity and comparison analysis, it has been shown that IF set values offers greater opportunities to solve real-life selection problems much better than traditional methods. Consequently, the listed alternatives of the software company has been ranked accordingly.

### Conclusion

Selecting the most cost-effective BAPSIS software system that can maximize productivity and comply with all constraints is not a simple decision-making process for university administrations. The originality of this research stems from the power of AHP and MULTIMOORA techniques to integrate the IF environment into a GDM-based MCDM method. Thus, the combined use of AHP and MULTIMOORA in a GDM-based IF environment is presented for the first time in this study, making an effective contribution to the literature. Another prominent feature of this study is that it uses two different MCDM methods in harmony. In this evaluation process, IF based linguistic expressions are used, a wide literature review is made and the decision criteria to be considered in the selection of BAPSIS software are determined with the help of a group of decision makers. The applicability and validity of the proposed method has been demonstrated in a case study. In addition, Sensitivity analysis and comparison with existing techniques have also been presented to verify the validity of the result under changing conditions.