

AKÜ FEMÜBİD 22 (2022) 015301 (142-153)

AKU J. Sci. Eng. 22 (2022) 015301 (142-153)

DOI: 10.35414/akufemubid.892962

Araştırma Makalesi / Research Article

## Çok Kriterli Grup Karar Verme Problemleri için Sezgisel Bulanık SAW Yönteminin Genişletilmesi

Hüseyin Avni ES<sup>1\*</sup>, Merve HATİPOĞLU<sup>1</sup><sup>1</sup>Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Trabzon

\*Sorumlu yazar e-posta: avnies@ktu.edu.tr  
mervehatipooglu@gmail.com

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-4987-0173>  
ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-2926-8655>

Geliş Tarihi: 08.03.2021

Kabul Tarihi: 18.01.2022

### Öz

#### Anahtar kelimeler

Grup karar verme;  
Sezgisel bulanık küme;  
SAW; Duyarlılık analizi;  
Sezgisel bulanık TOPSIS

Bu çalışmada, Çok Kriterli Grup Karar Verme ile ilgili karar vericilere bağlı olarak dilsel belirsizliği içeren problemleri ele almak için genişletilmiş sezgisel bulanık SAW (GrSB-SAW) yöntemi önerilmiştir. Önerilen yöntem farklı önem düzeylerine sahip karar vericilerin bir arada değerlendirilmesine de imkân sağlamaktadır. GrSB-SAW yönteminin geçerliliğini test etmek amacıyla sezgisel bulanık TOPSIS yöntemi ile kıyaslamalar yapılmıştır. Literatürde yer alan bir tedarikçi seçim probleminin çözümünde her iki yöntemden elde edilen sıralamaların birbirine benzer olduğu görülmüştür. Ayrıca kapsamlı duyarlılık analizleri ile iki yöntem bulguları istatistiki açıdan analiz edilmiş ve GrSB-SAW yönteminin güvenilirliği ortaya koyulmuştur. Sonuç olarak çalışma kapsamında, Çok Kriterli Karar Verme problemlerinin çözümü için farklı önem düzeylerine sahip grup karar vericilerin dilsel tanımlarına imkân sağlayan kullanışlı ve yalın bir araç sunulmuştur.

## Extension of Intuitionistic Fuzzy SAW Method for Multi-Criteria Group Decision Making Problems

### Abstract

#### Keywords

Group decision making; Intuitionistic fuzzy set; SAW; Sensitivity analysis; Intuitionistic fuzzy TOPSIS

In this study, the extended intuitionistic fuzzy SAW (GrSB-SAW) method is proposed to address problems involving linguistic ambiguity by decision-makers related to Multi-Criteria Group Decision Making. The proposed method also allows for the evaluation of decision-makers with different levels of importance. In order to test the validity of the GrSB-SAW method, comparisons were made with the intuitionistic fuzzy TOPSIS method in the literature. In the solution of a supplier selection problem in the literature, it has been observed that the rankings obtained from both methods are similar to each other. In addition, the obtained findings from two methods were analyzed statistically with comprehensive sensitivity analysis and the reliability of GrSB-SAW method was demonstrated. As a result, in the scope of the study, a useful and lean tool was presented to enable the linguistic definitions of group decision-makers with different levels of importance for the solution of Multiple Criteria Decision-Making problems.

© Afyon Kocatepe Üniversitesi.

### 1. Giriş

Bireylerin veya işletmelerin, belirli amaç ve hedefler doğrultusunda birden fazla alternatif arasından seçim yapma durumu karar verme olarak ifade edilir. Bir problemin karar problemi olabilmesinde birden fazla davranış yolunun bulunması, her bir davranış sonuçlarının birbirinden farklı olması ve gerçekleştirilmek istenen çeşitli amaçların yer alması gerekmektedir (Tekeş 2002). Karar verme

sürecinde elde edilecek sonuçlar; bireyle, gruba, organizasyonla veya kararın herhangi bir konuyla ilişkili olmasına göre farklılık gösterir. Sıradan karar verme durumundaki bireyler, bu süreç içerisinde genellikle sezgisel yaklaşımlar kullanırken, bir işletme ya da bir grubu ilgilendiren durumlarda sezgisel yaklaşımlardan ziyade bilimsel temellere dayandırılan süreçlerin dikkate alınması gerekmektedir (Uludağ ve Doğan 2016). Kriterlerin ve kriter ağırlıklarının belirlenmesi, bir veya birden

fazla uzman görüşünün alınması, uygun yöntemin seçilmesi gibi durumları kapsayan bilimsel karar verme sürecinde rasyonellik ve etkinlik için akılcı bir şekilde hareket etmek gereklidir. Bu nedenle, mantık ve karar arasındaki ilişki geçmişten bugüne güncelliğini koruyan bir alan olarak karşımıza çıkmaktadır (Nalkıran 2020).

Karar vermenin temel amacı, insanların veya işletmelerin kendi stratejilerine göre karar vermelerine destek olmaktır. Bu desteği sağlayan, karar vermenin Yöneylem Araştırması sınıfına ait olan bilimsel yöntemi Çok Kriterli Karar Verme İÇKKV yöntemleri, alternatif ve kriter sayılarının fazla olduğu durumlarda karar verme mekanizmasını kontrol ederek hızlı ve kolay bir şekilde sonuca ulaşmayı sağlamaktadır. ÇKKV, karar sürecini kriterlere göre modelleyerek karar vericinin süreç sonunda elde edeceği faydayı en büyükleyecek şekilde analiz etmeye odaklanır. Diğer bir ifade ile ÇKKV yaklaşımları, birbiri ile çelişen birden fazla kriteri karşılayan mümkün olan en iyi çözüme ulaşmaya çalışır. Mümkün olan en iyi çözüm karar süreci sonucunda alınacak karar ile faydanın en büyük ya da maliyetin en küçük olmasını ifade etmektedir. Karar vericiler, karar problemlerinin üstesinden gelmede ÇKKV yöntemlerinden faydalanarak daha etkin kararlara ulaşabilmektedir (Yıldırım ve Önder 2015).

ÇKKV yöntemleri karar vericilerin yargılarını dikkate alması bakımından sübjektif, matematiksel algoritmaya dayalı olmaları bakımından objektif analiz yöntemleri olarak değerlendirilmektedir (Çakır ve Perçin 2013). Karar vericilerin sübjektiflik ihtimalini azaltması bakımından grup kararları tercih edilmektedir (Şahin Zorluoğlu 2020, Burnaz ve Es 2021). Grup karar verme, birden fazla karar vericinin bireysel tercihlerinin birleştirilerek ortak bir kararın elde edilmesi sürecidir. Grup karar verme sürecinde, tek bir karar vericiye bağımlı olunmadığından daha doğru sonuçlar elde edilebilmektedir. Ayrıca karar verme problemlerinin karmaşık ve belirsiz olduğu durumlarda grup kararları, daha çok bilgi, durum ve alternatifin eş zamanlı olarak değerlendirilmesini sağlayarak alınan kararların benimsenmesini ve güçlendirilmesini sağlamaktadır. Hem bu sayede kararlarda ortakların da etkisinin olduğu gösterilerek sinerji faktörü

yakalanmış olur. Bununla birlikte grup karar verme süreci zaman alıcı ve maliyetli olabilmektedir (Ecer 2006). Birden fazla karar vericinin olduğu grup karar vermede, karar vericilerin değerlendirmelerini bir takım operatörlerle birleştirmek gerekir. Bununla birlikte klasik karar verme süreci, belirsiz ve kesin olmayan durumları ele almada yetersiz kaldığından bu gibi durumlarda bulanık küme teorisi önerilmektedir (Kabak ve Erdebilli 2021).

Bulanık küme teorisi 1965 yılında Lotfi A. Zadeh tarafından belirsizliği açıklayabilmek amacıyla ortaya atılmıştır (Zadeh 1965). Bulanık küme teorisi, günlük konuşma dilinde geçen sözel belirsizlikleri dikkate alma imkânı sağlamaktadır. Bir karar mekanizması içerisinde belirsiz, bulanık ve kesin olmayan durumlar var ise uygun bir karara varmak söz konusu olmayabilir. Bu tür durumların üstesinden gelmek amacıyla dilsel değişkenler kullanılabilir. Karar vermede dilsel değişkenlerin kullanımı için klasik küme teorisi yetersiz kaldığından, daha sağlıklı kararlar verebilmek için bulanık küme teorisi tercih edilir (Kabak ve Erdebilli 2021). Bulanık küme teorisinde dilsel belirsizliklerin bulunduğu, ifade edilemeyen veya idrak edilmesi zor durum ve kavramlara üyelik derecesi atanarak belirlilik kazandırılır. Böylece matematiksel olarak ifade edilebilir anlam kazanan süreç ÇKKV problemlerine uyarlanabilir (Nalkıran 2020, Es vd. 2017).

ÇKKV yöntemlerinde karmaşık ve belirsiz süreçlerle başa çıkabilmek için farklı bulanık kümeler kullanılmaktadır. Aralık tipi bulanık sayılar, LR (Left-Rigth) tipi bulanık sayılar, üçgen bulanık sayılar, yamuk bulanık sayılar, gauss ve üstel bulanık sayılar bunlara örnek verilebilir. Ayrıca son dönemlerde bazı noktalarda yetersiz olan klasik bulanık küme yerine, sezgisel bulanık küme, tereddütlü bulanık kümeler, bipolar bulanık kümeler kullanılmaktadır. Bu kapsamda son dönemlerde farklı bulanık kümeler ile gerçekleştirilen çalışmalar şu şekilde örneklendirilebilir.

Zhang vd. (2017) çalışmalarında buhar türbini arıza teşhisinde belirsiz veri analizi ve grup karar verme ile sunulan sorunları çözmek için aralık değerli tereddüt bulanık kümeleri kaba küme ile birleştiren yeni bir model kullanmışlardır. Nirmala ve Uthra (2019) tedarikçi seçiminde daha önce yapılmış bir

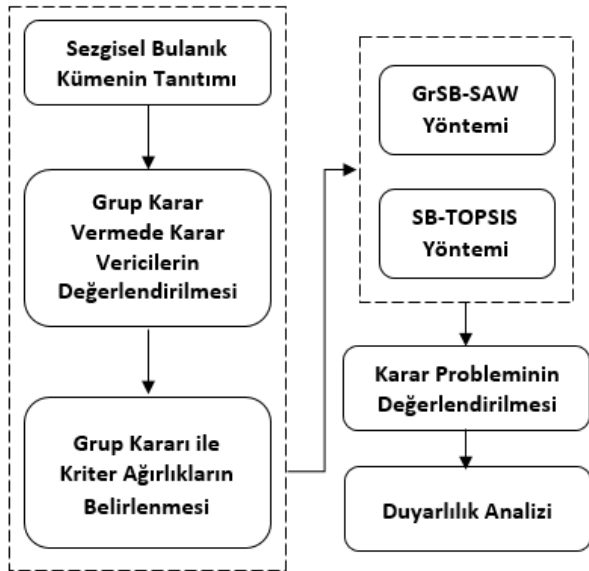
uygulamada sezgisel bulanık AHP yaklaşımını kullanılmıştır. Yapılan çalışmada üçgensel sezgisel bulanık sayılar, belirsizliği ifade etmede güçlü olduğundan yöntemin Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), Bulanık AHP ve Sezgisel Bulanık AHP'den daha fazla avantajlı olduğu savunulmuştur. Tolga vd. (2020) sonlu aralık Tip-2 (FIT2) Gauss bulanık sayıları ile genişletilmiş TODIM (TOmada de. Decisao Interativa Multicriterio) yöntemini kullanılarak tıbbi cihaz seçim sorununun gerçek bir ekonomik değerlendirmesine entegre edilmiştir. Tip-2 bulanık kümesi birçok alan için karmaşık problemlerdeki belirsizliği karakterize etmek için daha güçlü bir araç olduğundan buradaki seçim probleminde kullanılmıştır. Gao vd. (2020) askeri alanda tehdit sınıflandırma sonuçları üretebilen ve otomatik olarak savaş için öncelikli hedefler sağlayabilen bir yöntem ihtiyacı duymaktaydı. Bu nedenle, sezgisel bulanık çok özellikli karar verme ortamında yeni bir hedef tehdit değerlendirme yöntemi önermişlerdir. Her hedefin koşullu olasılığı ve karar eşikleri sezgisel bulanık TOPSIS ile değerlendirilmiştir. Önerilen yöntem dinamik belirsiz durum bilgileri ile etkili bir şekilde başa çıkabilmektedir. Zeng vd. (2020) çalışmalarında sezgisel bulanık sayılarla VIKOR (Vise Kriterijumsa Optimizacija I Kompromisno Resenje) yöntemine dayanan yeni birçok özellikli karar verme yöntemi önermektedirler. Önerilen değiştirilmiş VIKOR yöntemi, sadece her bir alternatifin en yakın ideal değerini hesaplamakla kalmaz aynı zamanda her bir alternatifin en uzak (en kötü) değerini de hesaplar. Ayrıca alternatifleri sıralamak için TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemini kullanmaktadırlar. Zhang L. vd. (2020) gerçek dünya verileri ile bir dizi kriterin ağırlığını elde etmek için örtme tabanlı değişken hassas sezgisel bulanık kaba set (CVPIFRS: covering-based variable precision intuitionistic fuzzy rough set) modeline dayanan etkili bir yöntem sunmaktadırlar. CVPIFRS modelini TOPSIS fikriyle birleştirerek karmaşık ve değiştirilebilir kemik nakli seçimlerini etkili bir şekilde çözmek için bir karar verme yöntemi önermektedirler. Önerilen yöntemin hassasiyet analizi, yaklaşımın oldukça esnek olduğunu ve farklı sezgisel bulanık mantıksal operatörlerin seçimi ile sezgisel bulanık değişken hassasiyetinin değerlerini ayarlayarak çok çeşitli

ortamlara uygulanabileceğini göstermektedirler. Ayrıca bulanık sayıların kullanıldığı grup karar verme çalışmalarından bazı örnekler de şu şekilde verilebilir: Efe vd. (2015) ergonomik ürün konsept seçimi için SB TOPSIS yöntemini kullanmışlardır. Üç kişiden oluşan farklı uzmanlık düzeyine sahip karar vericilerin ergonomik tasarım kriterlerini değerlendirerek cep telefonu için en uygun ürün konsept seçimi gerçekleştirilmiştir. Qin vd. (2017) TODIM yöntemini aralık tip-2 bulanık kümeler bağlamında çok kriterli grup karar verme problemlerini çözmek için genişletmişler ve yeşil tedarikçi seçim probleminde uygulamışlardır. Ayrıca, granüler hesaplama ve TOPSIS tekniği ile karşılaştırmalı analiz yardımıyla bir duyarlılık analizi yapmışlardır. Akram vd. (2020) bipolar bulanık PROMETHEE (The Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation) Süreci Kapsamında Yeşil Tedarikçi Seçimi için yeni bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Önerilen yaklaşımın geçerliliği için farklı tipte tercih fonksiyonları kullanılarak analizler yapılmıştır. Çok Kriterli Grup Karar Verme Özçelik ve Nalkıran (2021) EDAS (Evaluation Based on Distance from Average Solution) yöntemini Çok Kriterli Grup Karar Vermede kullanılabilecek şekilde yamuk bipolar bulanık sayılar ile genişletmişlerdir. Bu kapsamda, tıp fakültesi tıbbi biyoloji bölümünde hücre kültürü çalışmalarında kullanılması en çok arzu edilen cihaz seçiminde önerdikleri yaklaşımı kullanmışlardır. Ayrıca rassal olarak 24 farklı kriter ağırlıkları kullanarak duyarlılık analizleri gerçekleştirmişlerdir. Bununla birlikte önerdikleri yöntemi bilinen yamuk bipolar VIKOR ve TOPSIS yöntemleri ile kıyaslamışlardır. Bu çalışmalardan hareketle, ÇKKV yöntemlerinin farklı türlerdeki bulanık sayılar ile belirsizliklerin üstesinden gelmek amacıyla birlikte kullanıldığı ve grup karar verme sürecini gerçekleştirebilmek üzere genişletildiği görülmektedir.

Kaur ve Kumar (2013) çatışan kriterler için karar vericinin bilgisinin kararsız ve belirsiz olduğu durumun üstesinden gelmek amacıyla Sezgisel Bulanık SAW (Simple Additive Weighting) yöntemini önermiştir. Sezgisel bulanık kümeler (intuitionistic fuzzy set), karar vericinin kriterlerin göreceli öneminin belirlenmesinde yaşayabileceği kararsızlık

sebebiyle üyelik derecesinin belirlemedeki zorluğu ortadan kaldırmaya yardımcı olmaktadır. Ancak Sezgisel Bulanık SAW (SB-SAW) birden fazla karar vericinin olduğu durumlara cevap vermemektedir. Ayrıca Kaur ve Kumar (2013) tarafından önerilen SB-SAW yönteminde, ÇKKV problemi maliyet kriterini barındırdığında işlem adımı tanımlanmamıştır. Bu nedenle maliyet kriterinin bulunduğu problemde, yöntem sonuca ulaşmada yetersiz kalmaktadır (Kaur and Kumar 2013).

Bu çalışmada SB-SAW yöntemi, grup karar vermeye imkân sağlayacak şekilde genişletilmiş ve Grup Karar Vermede SB-SAW (GrSB-SAW) yöntemi olarak isimlendirilmiştir. Ayrıca geliştirilen GrSB-SAW yöntemi farklı uzmanlıktaki karar vericilerin farklı önem ağırlığı ile değerlendirilmesini de mümkün kılmaktadır. Geliştirilen GrSB-SAW yönteminin geçerliliğini göstermek amacıyla literatürde daha önceden bilinen grup karar vermeye imkân sağlayan Sezgisel Bulanık TOPSIS yöntemi ile kıyaslanmıştır. Ayrıca önerilen yöntemin farklı kriter ağırlıklarına göre sonuçlarının değişimi incelenerek kapsamlı bir duyarlılık analizi yapılmıştır. Çalışmada takip edilen süreç Şekil 1’de şematize edilmiştir.



Şekil 1. Uygulama akışı.

Çalışmanın geri kalan kısmı şu şekilde planlanmaktadır; ikinci bölümde GrSB-SAW yönteminin adımları, üçüncü bölümde yöntemin geçerliliğini göstermek amacıyla nümerik uygulama

ile yöntemin güvenilirliğini artırmak amacıyla duyarlılık analizi, son bölümde ise sonuç ve öneriler yer almaktadır.

## 2. Materyal ve Metot

Bu bölümde grup karar verme yönelik olarak genişletilen SB-SAW yöntemi açıklanmıştır. SB-SAW yönteminin genişletilmesi için ilk aşamada sezgisel bulanık kümeler, karar vericilerin değerlendirilmesi, grup kararı ile kriter ağırlıklarının belirlenmesi aşaması yer almaktadır. Bu süreçlerden sonra GrSB-SAW yönteminin adımları tanıtılmıştır.

### 2.1 Sezgisel Bulanık Küme

X boş olmayan bir kümeyi ifade etmektedir. X'teki sezgisel bulanık küme Denklem 1’de tanımlanmıştır.

$$A = [\{x, \mu_A(x), v_A(x)\} x \in X] \quad (1)$$

Sezgisel bulanık küme teorisine göre  $\mu_A(x)$ ; x elemanın ait olma derecesini,  $v_A(x)$ ; ait olmama derecesini ve  $\pi_A(x)$ ; kararsızlık indeksini belirtmektedir. Bulanık küme teorisine göre ait olma ve olmama derecelerinin toplamı Denklem 2’de ifade edildiği üzere [0,1] aralığındadır (Atanassov 1986).

$$0 \leq \mu_A(x) + v_A(x) \leq 1 \quad (2)$$

Denklem 3’teki kararsızlık indeksi x elemanın A kümesine ait olup olmadığını belirleyen kararsızlık derecesidir.

$$\pi_A(x) = 1 - \mu_A(x) - v_A(x) \quad (3)$$

Kararsızlık indeksi ne kadar küçükse x elemanına ait kesinlik o kadar nettir. Eğer kararsızlık indeksi büyükse x elemanına ait bilgi kesin değildir (Atanassov 1986).

### 2.2 Grup Karar Vermede Karar Vericilerin Değerlendirilmesi

Karar verme grupları l adet karar vericiden oluşmuş olsun. Her biri farklı olan karar verme grupları için karar vericinin nisbi önemi farklıdır. Bazı karar vericilerin deneyim, tecrübe ve uzmanlıkları farklı olabildiğinden önemleri daha az veya daha fazla olabilir.  $\lambda = \{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_l\}$  karar vericilerin ağırlık vektörünü ifade eder.

Karar vericilerin önemi, sezgisel bulanık sayılarda ifade edilen dilsel terimler ile belirlenmiştir.  $D_k =$

$(\mu_k, \nu_k, \pi_k)$ , k. karar vericinin derecelendirilmesindeki sezgisel sayıyı ifade etmektedir. Karar vericilerin ağırlıkları, belirlenen dilsel ağırlık değerleri kullanılarak Denklem 4 yardımı ile hesaplanır (Boran vd. 2009);

$$\lambda_k = \frac{\left(\mu_k + \pi_k \left(\frac{\mu_k}{\mu_k + \nu_k}\right)\right)}{\sum_{k=1}^l \left(\mu_k + \pi_k \left(\frac{\mu_k}{\mu_k + \nu_k}\right)\right)} \lambda_k \geq 0, k = 1, 2, \dots, l \quad \sum_{k=1}^l \lambda_k = 1 \quad (4)$$

### 2.3 Grup Kararı ile Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi

Karar problemlerinde kriter ağırlıkları eşit olmayabilir. Her karar verici için kriterlerin önem dereceleri farklı olabilir. Karar vericilerin kriter önemini ifade etmesi için sezgisel bulanık değerler kullanılır.

$w_j^{(k)} = (\mu_j^{(k)}, \nu_j^{(k)}, \pi_j^{(k)})$  sezgisel bulanık sayısı k. karar vericinin j. kriteri için belirlediği değeri ifade eder. Karar vericilerin önceki aşamada belirlenen ağırlıkları dikkate alınarak kriter ağırlıkları Xu (2007) tarafından önerilen IFWA (Intuitionistic Fuzzy Weight Average), yani Sezgisel Bulanık Ağırlık Ortalaması operatörü Denklem 5 aracılığıyla hesaplanır.

$$w_j = IFWA_{\lambda} (w_j^{(1)}, w_j^{(2)}, \dots, w_j^{(l)}) = \lambda_1 w_j^{(1)} \oplus \lambda_2 w_j^{(2)} \oplus \dots \oplus \lambda_l w_j^{(l)} = \left[ 1 - \prod_{k=1}^l (1 - \mu_j^{(k)})^{\lambda_k}, \prod_{k=1}^l (\nu_j^{(k)})^{\lambda_k}, \prod_{k=1}^l (1 - \mu_j^{(k)})^{\lambda_k} - \prod_{k=1}^l (\nu_j^{(k)})^{\lambda_k} \right] \quad (5)$$

Karar vericilerin kriterlere vermiş olduğu dilsel değerler ve her bir karar vericinin belirlenen ağırlığı dikkate alınarak bütünleştirilmiş kriter ağırlıkları hesaplanarak, kriter bazında ağırlık değerleri  $w_j = (\mu_j, \nu_j, \pi_j)$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ ) şeklinde elde edilir. Böylece karar vericilerin önem dereceleri ve değerlendirmelerine göre kriter ağırlıklarına Denklem 6'daki şekliyle ulaşılır.

$$W = \{w_1, w_2, w_3, \dots, w_n\}, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

### 2.4 GrSB-SAW

SAW (Simple Additive Weighting) yöntemi 1954 yılında Churchman ve Ackoff tarafından literatüre kazandırılmıştır. Literatürde Ağırlıklı Toplam Model (Weighted Sum Model) olarak da bilinmektedir

(Ömürbek vd. 2016). SAW yöntemine ağırlıklı doğrusal kombinasyon veya puanlama yöntemi veya ağırlıklı toplam yöntemi de denir. Uygulanması basit bir yöntemdir ve çoğunlukla çoklu özellik karar tekniği ile birlikte kullanılır. SAW yönteminin temel mantığı, tüm özelliklerde her alternatifin performans derecelendirmelerinin ağırlıklı toplamını elde etmektir (Tapre et al. 2016).

$A_1, A_2, A_3, \dots, A_m$  olmak üzere m adet alternatif olduğunu varsayalım.  $K_1, K_2, K_3, \dots, K_n$  şeklinde n adet kriter belirleyelim.

GrSB-SAW için işlem adımları aşağıdaki gibidir:

**Adım 1:** Sezgisel bulanık karar matrisinin oluşturulması

$R^{(k)} = (r_{ij}^{(k)})_{m \times n}$  k. karar verici için karar matrisini ifade ederken,  $r_{ij}^{(k)} = (\mu_{ij}^{(k)}, \nu_{ij}^{(k)}, \pi_{ij}^{(k)})$  ise k. karar vericinin i. alternatifi j. kriterine göre ifade ettiği sezgisel bulanık değerdir.  $\mu_{ij}^{(k)}$  k. karar vericiye göre i. alternatifi j. kriterine ait olma derecesini,  $\nu_{ij}^{(k)}$  k. karar vericiye göre i. alternatifi j. kriterine ait olmama derecesini,  $\pi_{ij}^{(k)}$  ise k. karar vericiye göre i. alternatifi j. kriterine ait kararsızlık indeksini belirtmektedir. Eğer problemde maliyet kriteri var ise kriterin aitlik değeri ait olmama değerine, ait olmama değeri ise aitlik değerine dönüştürülür. Bu dönüştürme işlemi ile maliyet kriteri fayda kriterine dönüşmüş olmaktadır. Böylece SB-SAW yönteminde ifade edilmeyen işlem adımı için bir çözüm önerilmiştir. Bu işlem için Atanassov (1986)'un önerdiği bulanık küme işlemlerinde tümleyen işlemi kullanılmıştır. Sezgisel bulanık kümenin tümleyeni Denklem 7'de tanımlanmıştır (Atanassov 1986).

$$\bar{A} = [\{x, \nu_A(x), \mu_A(x)\} \mid x \in X] \quad (7)$$

Denklem 7'den hareketle maliyet kriterinin fayda kriterine dönüşümü sağlanmış olur. Bu nedenle maliyet kriteri olması durumunda  $r_{ij}^{(k)} = (\nu_{ij}^{(k)}, \mu_{ij}^{(k)}, \pi_{ij}^{(k)})$  dönüşümü yapılarak k. Karar verici için Denklem 8'deki gibi karar matrisi oluşturulmalıdır.

$$R^{(k)} = \begin{pmatrix} r_{11}^{(k)} & \dots & r_{1n}^{(k)} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1}^{(k)} & \dots & r_{mn}^{(k)} \end{pmatrix} \quad (8)$$

**Adım 2:** Karar vericiler tarafından alternatifler için yapılan değerlendirmeleri birleştirerek birleştirilmiş karar matrisinin oluşturulması

Grup karar alma sürecinde tüm karar vericilerin kararı grup düşüncesini yansıtmak üzere herhangi bir bilgi kaybına fırsat vermeden birleştirilir. Birleştirme işlemi için Denklem 9'daki IFWA operatörü kullanılır.

$$r_{ij} = IFWA_{\lambda} (r_{ij}^{(1)}, r_{ij}^{(2)}, \dots, r_{ij}^{(l)}) = r_{ij}^{(1)} \lambda_1 \oplus r_{ij}^{(2)} \lambda_2 \oplus \dots \oplus r_{ij}^{(l)} \lambda_l = \left[ 1 - \prod_{k=1}^l (1 - \mu_{ij}^{(k)})^{\lambda_k}, \prod_{k=1}^l (v_{ij}^{(k)})^{\lambda_k}, \prod_{k=1}^l (1 - \mu_{ij}^{(k)})^{\lambda_k} - \prod_{k=1}^l (v_{ij}^{(k)})^{\lambda_k} \right] \quad (9)$$

$r_{ij} = (\mu_{ij}, v_{ij}, \pi_{ij})$  ( $i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$ ), birleştirilmiş R karar matrisinin elemanını ifade eder. Birleştirilmiş karar matrisi R Denklem 10'daki gibi elde edilmiş olur:

$$R = \begin{bmatrix} (\mu_{11}, v_{11}, \pi_{11}) & (\mu_{12}, v_{12}, \pi_{12}) & \dots & (\mu_{1n}, v_{1n}, \pi_{1n}) \\ (\mu_{21}, v_{21}, \pi_{21}) & (\mu_{22}, v_{22}, \pi_{22}) & \dots & (\mu_{2n}, v_{2n}, \pi_{2n}) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ (\mu_{m1}, v_{m1}, \pi_{m1}) & (\mu_{m2}, v_{m2}, \pi_{m2}) & \dots & (\mu_{mn}, v_{mn}, \pi_{mn}) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (10)$$

**Adım 3:** Ağırlıklı birleştirilmiş karar matrisinin elde edilmesi

Denklem 11 kullanılarak, grup kararı ile belirlenen kriter ağırlıkları ( $W$ ), birleştirilmiş karar matrisi (R) ile çarpılarak ağırlıklı birleştirilmiş karar matrisi  $R'$  elde edilir. Ağırlıklı birleştirilmiş karar matrisini elde ederken kararsızlık indeksi Denklem 12'deki işlemler ile elde edilir.

$$R' = R \otimes W = (\mu'_{ij}, v'_{ij}) = \{x, \mu_{ij} \cdot \mu_j, v_{ij} + v_j - v_{ij} \cdot v_j \mid x \in X\} \quad (11)$$

$$\pi'_{ij} = 1 - v_{ij} - v_j - \mu_{ij} \cdot \mu_j + v_{ij} \cdot v_j \quad (12)$$

$r'_{ij} = (\mu'_{ij}, v'_{ij}, \pi'_{ij})$  ( $i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$ ), Denklem 13'te ifade edilen ağırlıklı birleştirilmiş karar matrisinin elemanı  $r'_{ij}$  ile temsil edilir.

$$R' = \begin{bmatrix} (\mu'_{11}, v'_{11}, \pi'_{11}) & (\mu'_{12}, v'_{12}, \pi'_{12}) & \dots & (\mu'_{1n}, v'_{1n}, \pi'_{1n}) \\ (\mu'_{21}, v'_{21}, \pi'_{21}) & (\mu'_{22}, v'_{22}, \pi'_{22}) & \dots & (\mu'_{2n}, v'_{2n}, \pi'_{2n}) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ (\mu'_{m1}, v'_{m1}, \pi'_{m1}) & (\mu'_{m2}, v'_{m2}, \pi'_{m2}) & \dots & (\mu'_{mn}, v'_{mn}, \pi'_{mn}) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r'_{11} & r'_{12} & \dots & r'_{1n} \\ r'_{21} & r'_{22} & \dots & r'_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r'_{m1} & r'_{m2} & \dots & r'_{mn} \end{bmatrix} \quad (13)$$

**Adım 4:** Alternatiflerin skorlarının hesaplanması ve sıralanması

Elde edilen ağırlıklı birleştirilmiş karar matrisi ile alternatiflerin skorları Denklem 14-16 kullanılarak hesaplanır (Kaur and Kumar 2013). Denklem 14 ile hesaplanan skora göre sıralama yapılır. Sıralamada en yüksek skor en iyi alternatif olarak tercih edilir.

$$S(A_i) = \mu_{A_i} - v_{A_i} \quad (14)$$

$$\mu_{A_i} = [(\mu'_{i1} + \mu'_{i2} - (\mu'_{i1} \cdot \mu'_{i2})) \oplus [(\mu'_{i3} + \mu'_{i4} - (\mu'_{i3} \cdot \mu'_{i4})) \oplus \dots \oplus [(\mu'_{i(j-1)} + \mu'_{ij} - (\mu'_{i(j-1)} \cdot \mu'_{ij}))]] \quad (15)$$

$$v_{A_i} = \prod_{j=1}^n v'_{ij} \quad (16)$$

### 3. Bulgular

Bu çalışmada GrSB-SAW yönteminin uygulanabilirliğini göstermek amacıyla literatürde yer alan bir tedarikçi seçim problemi ele alınmıştır (Boran *et al.* 2009). Bu problem GrSB-SAW yöntemi ile benzer amaçlar için kullanıldığından tercih edilmiş olup önerilen yöntem adımları uygulandıktan sonra yöntem geçerliliği mevcut çalışmada sunulan SB-TOPSIS yöntemi ile kıyaslanmıştır. Gr-SB SAW yöntemine nazaran daha fazla işlem adımı barındıran SB-TOPSIS yönteminde ağırlıklı birleştirilmiş karar matrisine ulaşıldıktan sonra pozitif ve negatif ideal çözümler elde edilir. Daha sonra ayırma ölçümleri ve göreceli yakınlık katsayıları hesaplanarak sıralama sonuçlarına ulaşılır (Boran *et al.* 2009). Önerilen GrSB-SAW yöntemi ile SB-TOPSIS yöntemi için 30 farklı kriter ağırlıkları kullanarak duyarlılık analizleri gerçekleştirilmiş ve önerilen yöntem geçerliliği sınanmıştır. Ele alınan problemde bir otomotiv şirketi için ön değerlendirme sonrasında beş tedarikçi, alternatif olarak saptanmıştır. Alternatif tedarikçileri

değerlendirmek için üç karar vericiden oluşan bir komite oluşturulmuştur. Değerlendirme kriterleri ise Çizelge 1’de sunulmuştur:

**Çizelge 1.** Tedarikçi seçimi için değerlendirme kriterleri.

Kriter (K)	Açıklama	Kriter Türü
K1	Ürün kalitesi	Fayda
K2	Yakınlık ilişkisi	Fayda
K3	Teslim Performansı	Fayda
K4	Fiyat	Maliyet

### 3.1. Sezgisel Bulanık Küme (Intuitionistic Fuzzy Set) ile Dilsel İfadelerin Tanımlanması

Karar vericilerin ağırlığını belirlemek amacıyla dilsel terimler kullanılmıştır. Bu dilsel terimler de sezgisel bulanık sayılar ile ifade edilmiştir. Bu sayılar aşağıdaki Çizelge 2’de verilmiştir (Boran vd. 2009).

**Çizelge 2.** Karar vericilerin önemini ve kriterlerin önem derecelerini belirlemede kullanılan dilsel terimler.

Dilsel Terimler	Sezgisel Bulanık Sayılar
Oldukça Önemli (OÖn)	(0.90 ; 0.10)
Önemli (Ö)	(0.75 ; 0.20)
Orta (O)	(0.50 ; 0.45)
Önemsiz (Ös)	(0.35 ; 0.60)
Oldukça Önemsiz (OÖs)	(0.10 ; 0.90)

Alternatifleri değerlendirmek için karar vericiler tarafından en iyiden en kötüye olmak üzere 10 tane dilsel ifade kullanılmış ve bu terim değerleri SBS ile ifade edilmiştir. Bu sayılar Çizelge 3’te verilmiştir (Boran vd. 2009).

**Çizelge 3.** Alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan dilsel terimler.

Dilsel Terimler	Sezgisel Bulanık Sayılar
Aşırı İyi (Aİ)	(1.00 ; 0.00)
Çok çok İyi (ÇÇİ)	(0.90 ; 0.10)
Çok İyi (Çİ)	(0.80 ; 0.10)
İyi (İ)	(0.70 ; 0.20)
Orta İyi (Oİ)	(0.60 ; 0.30)
Orta (O)	(0.50 ; 0.40)
Orta Kötü (OK)	(0.40 ; 0.50)
Kötü (K)	(0.25 ; 0.60)
Çok Kötü (ÇK)	(0.10 ; 0.75)
Çok çok kötü (ÇÇK)	(0.10 ; 0.90)

### 3.2 Karar Vericilerin Önem Ağırlıklarının Belirlenmesi

Karar vericilerin önem düzeyleri Çizelge 2’de verilen dilsel terimlerle ifade edilmiştir. Nümerik çözüm için dikkate alınan karar vericilerin önem düzeyleri literatürdeki örnekten farklı olarak alınmış ve Çizelge 4’te ifade edilmiştir. Karar vericilerin belirlenen önem düzeylerine karşılık gelen sezgisel

bulanık sayılar kullanılarak Denklem 4’teki denklem yardımıyla karar vericilerin ağırlıkları hesaplanmış ve Çizelge 4’te sunulmuştur.

$$\lambda_{KV1} = \frac{(0.75+0.05\frac{0.75}{0.95})}{(0.75+0.05\frac{0.75}{0.95})+0.90+(0.35+0.60\frac{0.35}{0.95})} = 0.384$$

$$\lambda_{KV2} = \frac{0.90}{(0.75+0.05\frac{0.75}{0.95})+0.90+(0.35+0.60\frac{0.35}{0.95})} = 0.437$$

$$\lambda_{KV3} = \frac{(0.35+0.60\frac{0.35}{0.95})}{(0.75+0.05\frac{0.75}{0.95})+0.90+(0.35+0.60\frac{0.35}{0.95})} = 0.179$$

**Çizelge 4.** Karar vericilerin değerlendirilmesi.

KV1	KV2	KV3
Önemli	Oldukça Önemli	Önemsiz
0.384	0.437	0.179

### 3.3 Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi

Alternatiflere yönelik yapılan değerlendirmede üç karar verici ile kriter ağırlıkları belirlenmiştir. Grup karar vermede kriterlerin önem dereceleri karar vericiye göre farklılık gösterebilmektedir. Bu sebeple her bir karar vericinin değerlendirilmesinin birleştirilmesi gerekir.

Problem çözümünde yer alan üç karar vericinin kriterlere vermiş olduğu önem dereceleri Çizelge 2’de tanımlanan dilsel terimler ile ifade edilmiş ve değerlendirmeler Çizelge 5’te sunulmuştur.

**Çizelge 5.** Kriterlerin karar vericiler tarafından değerlendirilmesi.

	KV1	KV2	KV3
K1	OÖn	OÖn	Ö
K2	Ö	Ö	Ö
K3	Ö	Ö	O
K4	O	Ö	O

Karar vericilerin önem ağırlıkları ve değerlendirmeleri Denklem 5’te verilen IFWA operatörü ile hesaplanarak bütünleştirilmiş kriter ağırlıkları elde edilmiştir. Bu değerler Çizelge 6’da verilmiştir.

**Çizelge 6.** Karar vericiler tarafından belirlenen kriter ağırlıkları.

W	$(\mu_j, \nu_j, \pi_j)$
$w_1$	(0.882;0.113)
$w_2$	(0.750;0.200)
$w_3$	(0.717;0.231)
$w_4$	(0.631;0.316)

### 3.4 GrSB-SAW

Üç karar verici alternatifleri kriterlere göre değerlendirmek amacıyla Çizelge 3'te tanımlanan dilsel terimleri kullanmıştır.

**Adım 1:** Sezgisel bulanık karar matrisinin oluşturulması

Karar vericilerin her kriter için alternatifleri değerlendirme durumu Çizelge 7'de verilmiştir.

**Çizelge 7.** Alternatiflerin karar vericiler tarafından kriter bazında değerlendirilmesi.

Karar Vericiler	Alternatifler	Kriterler			
		K1	K2	K3	K4
KV1	A1	İ	Oİ	Çİ	İ
	A2	Oİ	O	İ	Oİ
	A3	ÇÇİ	Çİ	Çİ	Çİ
	A4	Oİ	O	Çİ	İ
	A5	O	OK	İ	O
KV2	A1	Çİ	İ	İ	İ
	A2	İ	Oİ	Oİ	O
	A3	Çİ	İ	Çİ	Çİ
	A4	İ	O	İ	Oİ
	A5	Oİ	O	İ	Oİ
KV3	A1	İ	Oİ	Çİ	İ
	A2	O	İ	Oİ	Oİ
	A3	Çİ	Çİ	İ	İ
	A4	İ	Oİ	İ	Oİ
	A5	Oİ	O	Oİ	O

**Adım 2:** Karar vericiler tarafından alternatifler için yapılan değerlendirmeleri birleştirerek birleştirilmiş karar matrisinin oluşturulması

Denklem 9'daki IFWA operatörü kullanılarak karar vericilerin ağırlıkları ile alternatif değerlendirme durumları birleştirilerek birleştirilmiş karar matrisi Çizelge 8'deki gibi elde edilmiştir.

**Çizelge 8.** Birleştirilmiş Karar Matrisi.

	K1	K2	K3	K4
A1	(0.749;0.148)	(0.647;0.251)	(0.761;0.135)	(0.200;0.700)
A2	(0.633;0.265)	(0.586;0.312)	(0.642;0.257)	(0.340;0.559)
A3	(0.847;0.100)	(0.761;0.135)	(0.785;0.113)	(0.113;0.785)
A4	(0.665;0.234)	(0.520;0.380)	(0.743;0.153)	(0.257;0.642)
A5	(0.564;0.335)	(0.464;0.436)	(0.684;0.215)	(0.353;0.546)

**Adım 3:** Ağırlıklı birleştirilmiş karar matrisinin elde edilmesi

Ağırlıklı birleştirilmiş karar matrisinin oluşturulması için Denklem 11'de ifade edilen çarpım operatörü kullanılmıştır. Kriterlerin ağırlıkları ile birleştirilmiş karar matrisi bu operatör aracılığıyla işleme alınmış ve ağırlıklı birleştirilmiş karar matrisi Çizelge 9'daki

gibi elde edilmiştir. Kararsızlık değerleri bu adımdan sonra kullanılmadığından ağırlıklı karar matrisi aşağıdaki gibidir.

**Çizelge 9.** Ağırlıklı birleştirilmiş karar matrisi  $(\mu'_{ij}, v'_{ij})$ .

	K1	K2	K3	K4
A1	(0.661;0.244)	(0.485;0.401)	(0.546;0.335)	(0.126;0.795)
A2	(0.558;0.348)	(0.440;0.449)	(0.460;0.429)	(0.215;0.698)
A3	(0.747;0.202)	(0.571;0.308)	(0.563;0.318)	(0.071;0.853)
A4	(0.587;0.320)	(0.390;0.504)	(0.533;0.349)	(0.162;0.755)
A5	(0.498;0.410)	(0.348;0.549)	(0.491;0.397)	(0.222;0.690)

**Adım 4:** Alternatiflerin skorlarının hesaplanması ve sıralanması

Elde edilen ağırlıklı karar matrisi ile alternatiflerin skorları Denklem 14-16 ile hesaplanır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 10'da verilmiştir.

**Çizelge 10.** Ağırlıklı değer skorları.

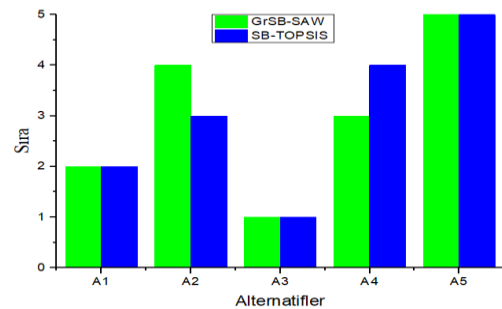
	$\mu_{A_i}$	$v_{A_i}$	$S(A_i)$
A1	0.931	0.026	0.905
A2	0.895	0.047	0.848
A3	0.956	0.017	0.939
A4	0.901	0.043	0.859
A5	0.870	0.062	0.809

Uygulama sonucunda  $A_3$  alternatifi en büyük değere sahiptir. Tercih sırası en büyükten en küçüğe sıralandığında sıralama  $A_3 > A_1 > A_4 > A_2 > A_5$  şeklindedir.

Önerilen yöntemin geçerliliğini test etmek amacıyla GrSB-SAW yöntemiyle elde edilen sonuçlar SB-TOPSIS yönteminden elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Her iki yöntemden elde edilen sıralama Çizelge 11'de ve grafik gösterimi ise Şekil 2'de sunulmuştur. Tedarikçi seçim probleminin GrSB-SAW ve SB-TOPSIS yöntemi ile elde edilen sonuçların oldukça benzer olduğu görülmektedir.

**Çizelge 11.** Yöntem karşılaştırma çizelgesi.

Yöntem	Sıralama
SB-TOPSIS	$A_3 > A_1 > A_2 > A_4 > A_5$
GrSB-SAW	$A_3 > A_1 > A_4 > A_2 > A_5$



**Şekil 2.** Yöntemlerin karşılaştırması.



### 3.5 Duyarlılık Analizi

GrSB-SAW ve SB-TOPSIS yöntemlerinden elde edilen sıralamalar karşılaştırıldığında A1, A3 ve A5 alternatiflerinin aynı sırada A2 ve A4 alternatiflerinin sırasının birbiri ile yer değiştirdiği görülmektedir. Bu nedenle geliştirilen yöntemin farklı ağırlıklardaki hassasiyetini ve doğruluğunu test edebilmek ve yöntemin güvenilirliği artırmak amacıyla 30 farklı deneme için her iki yöntemin sonuçları analiz edilmek istenmiştir. Ayrıca duyarlılık analizinde farklı kriter ağırlıkları dikkate alındığında elde edilen alternatif sıralamalarının seyri gözlemlenmiş ve iki yöntemin sonuçlarının ilişki seviyesi Spearman sıra korelasyon katsayısı ile analiz edilmiştir. Bu sayede yöntemlerin farklı kriter ağırlıklarına verdiği tepkiler incelenmiş, hem de geliştirilen GrSB-SAW yönteminin güvenilirliği Spearman sıra korelasyon katsayısı ile istatistiki açıdan test edilmiştir.

Spearman sıra korelasyon katsayısı ( $r_s$ ), belirli bir ölçeğe göre sıralanmış olan iki değişkeninin ilişki seviyesini belirlemek için kullanılan bir yöntemdir

(Spearman 1987). Spearman sıra korelasyon katsayısının hesabı aşağıda verilmiştir.

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2-1)} \quad (17)$$

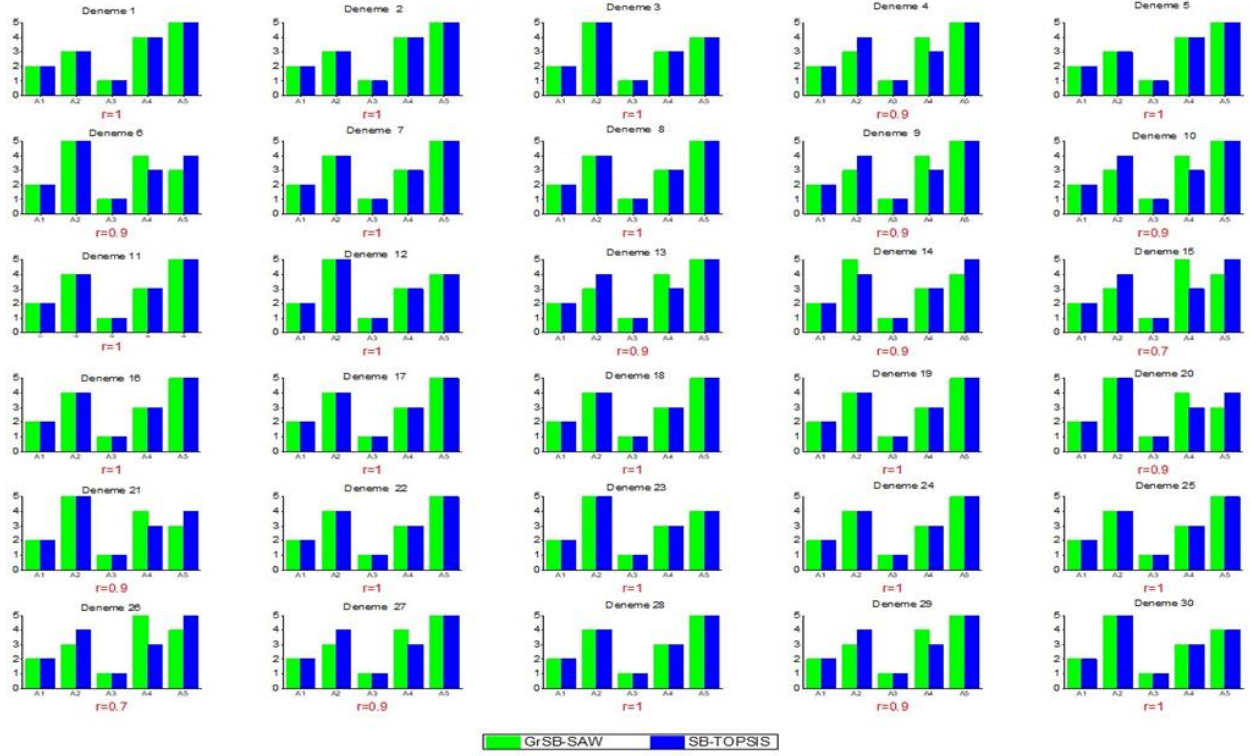
$$d_i = u_i - p_i \quad (18)$$

$u_i$  birinci örneklemdeki  $i$ . ölçümün sıra numarasını,  $p_i$  ikinci örneklemdeki  $i$ . ölçümün sıra numarası ve  $n$  ise gözlem sayısını ifade etmektedir. Denklem 17’de, Denklem 18 ile elde edilen sıra uzaklıkları yardımıyla Spearman sıra korelasyon katsayı değeri elde edilir.

Her bir karar verici için rassal bir şekilde ürettirilen 30 farklı dilsel değerlendirme sonuçları Çizelge 12’de verilmiştir. Bu değerlendirmeler neticesinde elde edilen kriter ağırlıkları kullanılarak GrSB-SAW ve SB-TOPSIS yöntemlerinin sıralamaları elde edilmiştir. Ayrıca her bir deneme için spearman sıra korelasyon katsayı değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen tüm sıralamalar ve korelasyon katsayı değerleri Şekil 3’te gösterilmiştir.

**Çizelge 12.** Karar vericilere göre rassal olarak belirlenen dilsel kriter değerlendirme

	KV1				KV2				KV3			
	K1	K2	K3	K4	K1	K2	K3	K4	K1	K2	K3	K4
Deneme 1	Ös	OÖn	0	0	Ös	OÖn	0	OÖs	Ö	Ös	OÖs	Ö
Deneme 2	0	Ös	Ös	0	OÖs	OÖn	OÖs	Ö	OÖn	OÖn	Ös	Ö
Deneme 3	Ös	0	OÖn	OÖn	0	0	Ö	OÖn	Ö	OÖs	OÖn	OÖs
Deneme 4	OÖn	Ös	Ös	OÖs	OÖs	OÖn	Ö	Ös	Ös	OÖs	Ö	OÖn
Deneme 5	OÖs	OÖn	OÖs	OÖs	OÖn	0	OÖn	OÖn	0	OÖn	0	Ös
Deneme 6	0	Ös	Ö	OÖn	0	0	0	OÖn	Ö	OÖs	OÖn	Ös
Deneme 7	Ö	OÖs	Ös	0	Ö	Ö	Ös	Ös	OÖs	0	OÖn	OÖs
Deneme 8	OÖn	0	Ö	Ös	OÖn	OÖn	OÖn	Ös	0	Ös	Ös	OÖn
Deneme 9	Ö	OÖn	OÖn	0	OÖs	OÖn	Ö	Ös	0	OÖn	OÖs	0
Deneme 10	OÖs	Ö	Ös	OÖn	OÖn	OÖn	Ö	Ös	0	OÖs	OÖn	Ös
Deneme 11	Ös	OÖs	0	0	OÖn	0	OÖn	OÖs	Ö	Ös	Ös	OÖs
Deneme 12	Ö	0	Ö	Ö	Ös	OÖs	Ös	OÖn	Ö	OÖs	OÖn	0
Deneme 13	OÖn	Ö	OÖn	Ö	OÖn	Ö	0	0	0	OÖn	Ö	0
Deneme 14	OÖn	Ös	Ö	0	OÖn	0	OÖn	Ös	0	OÖs	Ö	Ö
Deneme 15	OÖs	Ös	0	Ö	Ös	OÖn	Ös	Ö	OÖn	OÖs	Ös	Ö
Deneme 16	OÖn	OÖs	OÖn	OÖs	Ö	OÖn	0	Ö	OÖs	OÖs	Ö	OÖs
Deneme 17	OÖn	0	OÖs	OÖs	Ös	Ös	Ö	OÖs	Ös	OÖs	OÖn	OÖn
Deneme 18	Ö	Ö	0	OÖs	0	Ös	OÖn	OÖs	OÖn	0	OÖn	OÖn
Deneme 19	OÖn	Ö	OÖn	OÖn	Ö	Ös	OÖs	Ös	OÖs	OÖs	Ö	Ös
Deneme 20	OÖs	Ös	0	Ö	0	Ös	0	OÖn	Ö	OÖs	OÖn	Ös
Deneme 21	OÖs	OÖs	Ös	OÖs	OÖn	Ö	Ö	Ö	OÖs	OÖs	OÖn	OÖn
Deneme 22	0	Ö	0	0	Ö	OÖs	Ö	0	Ö	0	OÖn	Ö
Deneme 23	OÖs	OÖs	OÖn	0	OÖn	Ös	OÖn	Ös	0	Ös	OÖs	OÖn
Deneme 24	Ö	0	Ös	Ös	OÖs	Ös	Ö	OÖn	OÖn	OÖs	0	0
Deneme 25	OÖn	Ös	OÖn	0	OÖn	OÖn	OÖn	OÖs	OÖn	Ö	OÖs	OÖs
Deneme 26	OÖn	OÖn	Ös	OÖn	OÖs	Ö	Ös	OÖn	0	0	Ö	Ös
Deneme 27	OÖn	OÖs	0	Ös	Ös	0	Ös	OÖs	0	OÖn	OÖs	0
Deneme 28	0	0	OÖs	0	OÖn	Ös	Ö	Ös	0	Ös	OÖs	Ös
Deneme 29	OÖs	Ö	Ö	Ös	0	OÖn	Ös	OÖs	Ös	Ö	OÖn	0
Deneme 30	OÖs	Ös	Ö	OÖn	0	0	OÖn	OÖn	OÖn	OÖs	OÖn	OÖs



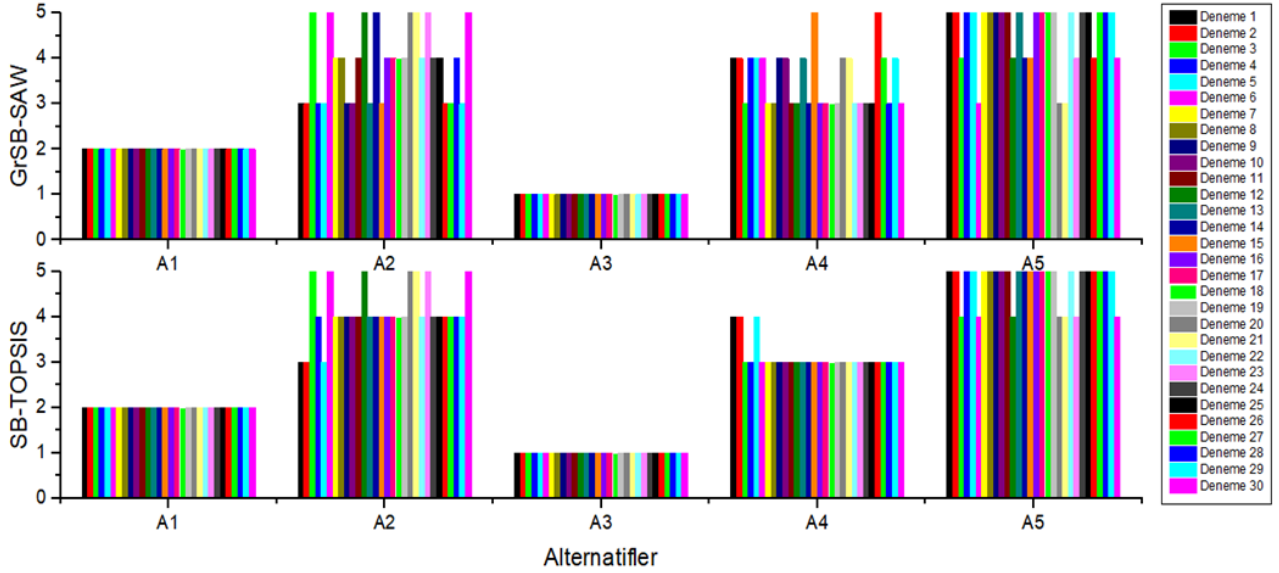
Şekil 3. Yöntemlerin 30 farklı denemede ki sıralama ve katsayı değerler.

### 3.6 Tartışma

Gerçekleştirilen kapsamlı duyarlılık analizinde 30 denemenin 18 tanesinde SB-TOPSIS yöntemi ile aynı sıralamaların elde edildiği görülmüştür. Dolayısıyla bu 18 deneme için Spearman sıra korelasyon katsayısı 1 olarak hesaplanmıştır. Geri kalan 12 denemenin 10 tanesinin Spearman sıra korelasyon katsayısı 0.90, sadece 2 tanesinin katsayı değeri 0.70 olarak hesaplanmıştır. Genel olarak tüm denemeler için elde edilen Spearman sıra korelasyon katsayı değerlerinin toplamı deneme sayısına oranlandığında elde edilen ortalama Spearman sıra korelasyon katsayı değeri 0.95 olarak elde edilmektedir.  $0.99 \geq r_s \geq 0.71$  aralığındaki doğrusal ilişkinin yüksek düzeyde geçerli olduğu kabul edilir (Spearman 1987). En küçük değerinin 0.70 olduğu ve 18 tane denemeden elde edilen sıralamaların aynı olduğu düşünüldüğünde GrSB-

SAW yönteminin güvenilirliğinin yüksek düzeyde olduğu söylenebilir.

Her bir denemenin her iki yöntem açısından alternatif sıralamasındaki değişimi göstermesi açısından Şekil 4'te çizdirilmiştir. Şekil 4 incelendiğinde her bir denemede A3'ün ilk sırada A2'nin ise ikinci sırada yer aldığı görülmektedir. Bu bakımdan iki yöntem için en uygun seçim A3 olmaktadır. Genel itibarı ile değişimlerin A2 ve A4 üzerinde gerçekleştiği görülmektedir. Her iki yöntem aynı denemeler için incelendiğinde genellikle A2 ve A4 alternatiflerinin kendi aralarındaki sıralamalarının değiştiği görülmektedir. Bu durum Şekil 3'ten de tespit edilebilir. Dolayısıyla geliştirilen GrSB-SAW yönteminin önemli ölçüde SB-TOPSIS yöntemi ile benzer sıralamalar vermesi nedeniyle güvenilir ve sağlam bir yöntem olduğu sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 4. Yöntemlerin 30 farklı denemede alternatif sıralamalarının değişim grafiği.

#### 4. Sonuç

Bu çalışmada ÇKKV’de sıklıkla tercih edilen, kullanımın basit ve kolay olması nedeniyle ön plana çıkan SAW yöntemi grup karar vermede karar vericilerin farklı derecede ağırlığa sahip olmasına imkân sağlayacak şekilde sezgisel bulanık sayı tabanlı olarak genişletilmiştir. Önerilen GrSB-SAW yöntemi literatürde yer alan tedarikçi seçim probleminin çözümünde SB-TOPSIS yöntemi ile kıyaslanmıştır. Yöntemin güvenilirliğini test etmek amacıyla rassal olarak türetilen 30 farklı deneme ile kapsamlı duyarlılık analizleri gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçları değerlendirildiğinde geliştirilen GrSB-SAW yönteminin geçerli ve sağlam bir yöntem olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Grup karar vermede insan düşüncesinden kaynaklanan belirsizliği ele almada etkin bir araç olan sezgisel bulanık küme tabanlı, SB-TOPSIS yöntemine nazaran daha az çaba gerektiren ve kullanışlı bir yöntem literatüre kazandırılmıştır.

Gelecek çalışmalarda aralık, bipolar, tereddütlü bulanık sayılar kullanılarak grup karar vermeye dayalı yeni melez yöntemler geliştirilebilir. Önerilen GrSB-SAW yöntemi aracılığıyla enerji, sağlık, eğitim, insan kaynakları, ekonomi vb. birçok alanda ÇKKV uygulamaları gerçekleştirilebilir.

#### 5. Kaynaklar

- Akram, M., Al-Kenani, A. N. 2020. Multi-criteria group decision-making for selection of green suppliers under bipolar fuzzy PROMETHEE process. *Symmetry*, **12(1)**, 77.
- Atanassov, K.T., 1986. Intuitionistic Fuzzy Sets. *Fuzzy Sets and Systems*, **20 (1)**, 87-96.
- Boran, F.E., Genç, S., Kurt, M., Akay, D., 2009. A Multi-criteria Intuitionistic Fuzzy Group Decision Making for Supplier Selection with TOPSIS Method. *Expert Systems with Applications*, **36**, 11363-11368.
- Burak, E., Boran, F., Kurt M. 2015. Sezgisel Bulanık Topsis Yöntemi Kullanılarak Ergonomik Ürün Konsept Seçimi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, **3(3)**, 433-440.
- Burnaz, E., Es, H. A., 2021 Trabzon İlçelerinin Cittaslow Kriterleri Açısından Sezgisel Bulanık Topsis Yöntemi İle Değerlendirilmesi. *Adıyaman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, **(39)**, 330-363.
- Çakır, S., Perçin, S., 2013. Çok Kriterli Karar Verme Teknikleriyle Lojistik Firmalarında Performans Ölçümü. *Ege Akademik Bakış*, **13 (4)**, 449-459.
- Ecer, F., 2006. Bulanık Ortamlarda Grup Kararı Vermeye Yardımcı Bir Yöntem: Fuzzy TOPSIS ve Bir Uygulama. *Dokuz Eylül Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, **7 (2)**, 77-96.

- Es, H. A., Hamzaçebi, C., Fırat, S. Ü. O., 2017. Bulanık Flowsort Yöntemiyle Türkiye’de İllerin Eğitim Hizmetlerine Göre Sınıflandırılması. *Kent Akademisi*, **10(31)**, 323-337.
- Gao, T., Li, D.S., Zhong, H., 2020. A novel target threat assessment method based on three-way decisions under intuitionistic fuzzy multi-attribute decision making environment. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, **87**,1-8.
- Kabak, M., Erdebili, B., 2021. Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri. Nobel Akademik Yayıncılık, 1-13.
- Kaur, P., Kumar, S., 2013. An Intuitionistic Fuzzy Simple Additive Weighting (IFSAW) Method for Selection of Vendor. *IOSR Journal of Business and Management (IOSR-JBM)*, **15(2)**, 78-81.
- Nalkıran, M., 2020. Çok Kriterli Grup Karar Verme Problemleri için Yamuk Bipolar Bulanık EDAS Yöntemi ve Gerçek Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, 81.
- Nirmala, G., Uthra, G., 2019. AHP based on Triangular Intuitionistic Fuzzy Number and its Application to Supplier Selection Problem. *Materials Today: Proceedings*, **16 (2)**, 987-993.
- Ömürbek, N., Karaatlı, M., Balcı, H.F., 2016. Entropi Temelli MAUT ve SAW ile Otomotiv Firmalarının Performans Değerlendirilmesi. *İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, **31 (1)**, 227-255.
- Özçelik, G., Nalkıran, M. 2021. An Extension of EDAS Method Equipped with Trapezoidal Bipolar Fuzzy Information: An Application from Healthcare System. *International Journal of Fuzzy Systems*, **23**, 2348-2366.
- Qin, J., Liu, X., Pedrycz, W. 2017. An extended TODIM multi-criteria group decision making method for green supplier selection in interval type-2 fuzzy environment. *European Journal of Operational Research*, **258(2)**, 626-638.
- Sahin Zorluoğlu, Ö., 2020. Hiyerarşik grup karar vermeye dayanan proje portföy seçimi ve çizelgelemesi. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 248.
- Spearman, C., 1987. The proof and measurement of association between two things. *The American Journal of Psychology*, **100 (3/4)**, 441-471.
- Tapre, S.M., Rukhande, S., Raut, C.M., 2016. Network Selection in Heterogeneous Wireless Environment Using SAW Method. *International Research Journal of Engineering and Technology*, **3 (10)**, 587-590.
- Tekeş, M., 2002. Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri ve Türk Silahlı Kuvvetleri’nde Kullanılan Tabancaların Bulanık Uygunluk İndeksli Analitik Hiyerarşi Prosesi ile Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 173.
- Tolga, A.C., Parlak, I.B., Castillo, O., 2020. Finite-interval-valued Type-2 Gaussian fuzzy numbers applied to fuzzy TODIM in a healthcare problem. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, **87**, 1-13.
- Uludağ, A. S., Doğan, H., 2016. Çok kriterli karar verme yöntemlerinin karşılaştırılmasına odaklı bir hizmet kalitesi uygulaması. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, **6(2)**, 17-48.
- Xu, Z., 2007. Intuitionistic Fuzzy Aggregation Operators. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, **15 (6)**, 1179-1187.
- Yıldırım, B.F., Önder, E., 2015. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri. Üçüncü Baskı, Dora Basım-Yayın Dağıtım, 1-20.
- Zadeh, L.A., 1965. Fuzzy sets". *Information and Control*, **8 (3)**, 338-353.
- Zeng, S., Chen, S.M., Kuo, L., 2019. Multiattribute decision making based on novel score function of intuitionistic fuzzy values and modified VIKOR method. *Information Sciences*, **488**, 76-92.
- Zhang, C., Li D., Mu, Y., Song, D., 2017. An interval-valued hesitant fuzzy multigranulation rough set over two universes model for steam turbine fault diagnosis. *Applied Mathematical Modelling*, **42**, 693-704.
- Zhang, L., Zhan, J., Yao, Y., 2020. Intuitionistic fuzzy TOPSIS method based on CVPIFRS models: An application to biomedical problems. *Information Sciences*, **517**, 315-339.