

BELİRSİZLİK ETMENLİ DİNAMİK BİR ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME MODELİ

Özkan BALI

Savunma Bilimleri Enstitüsü, Kara Harp Okulu, 06654 Bakanlıklar Ankara
obali@kho.edu.tr

(Geliş/Received: 05.07.2013; Kabul/Accepted: 19.12.2013)

ÖZET

Genellikle, çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri alternatiflerin değerlendirmesini belirli bir zaman periyodunda veya şimdiki zaman periyodunda ele almaktadır. Ancak bazı ÇKKV problemlerinde alternatiflerin mevcut durumdaki performansı kadar geçmişe yönelik performanslarının da dikkate alınması gerekmektedir. Diğer yandan ÇKKV'nin doğasında kriterlerin yapısından veya karar vericilerin değerlendirmesinden kaynaklanan belirsizlik vardır. Bu sebeple, bu çalışmanın amacı alternatiflerin farklı zaman periyotlarında değerlendirmesine imkân sağlayan belirsizlik etmenli dinamik bir ÇKKV modeli geliştirmektir. Modelde alternatiflerin değerlendirilmesindeki belirsizliği ifade etmek için insan düşünme sistemine daha yakın olarak tanımlanan sezgisel bulanık küme (SBK) teorisi kullanılmaktadır. Önerilen modelde sezgisel bulanık sayılarla gösterilen dilsel değişkenler karar vericilere değerlendirme kolaylığı sağlamaktadır. Alternatiflerin değerlendirilmesi sonucunda ortaya çıkan sezgisel bulanıklığın durulaştırılması maksadıyla gri ilişki analizinden (GİA) yararlanılmaktadır. GİA, alternatiflerin sıralanmasında ve seçiminde kullanılan etkili bir değerlendirme yöntemidir. Çalışmada, önerilen dinamik ÇKKV modelinin uygulanabilirliğini ve etkinliğini göstermek maksadıyla bir örnek uygulama sunulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Sezgisel bulanık küme teorisi, gri ilişki analizi, dinamik karar verme, çok kriterli karar verme

A DYNAMIC MULTI CRITERIA DECISION MAKING MODEL UNDER UNCERTAINTIES

ABSTRACT

Generally, evaluation of alternatives in many multi criteria decision making (MCDM) methods is considered in a specific time period or current time period. However, not only current performances but also past performances of alternatives should be taken into account in some MCDM problems. In addition to this, the nature of MCDM consists of uncertainties due to structure of criteria or evaluation of decision makers. Therefore, the aim of this study is to develop a dynamic MCDM model based on uncertainties which enables to evaluate the alternatives in different periods. In this model, intuitionistic fuzzy set (IFS) theory, which is closer way for human thinking, is used to represent uncertainties in evaluation of alternatives. Linguistic variables shown with intuitionistic fuzzy numbers in the proposed model provide easiness for decision makers. To make defuzzification intuitionistic fuzziness obtaining after evaluation of alternatives is utilized grey relational analysis (GRA). GRA is an effective method used in the ranking and selection of the alternatives. In the study, a numerical example is presented to show the applicability and efficiency of the proposed dynamic MCDM model.

Keywords: Intuitionistic fuzzy set theory, grey relational analysis, dynamic decision making, multi criteria decision making

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Sezgisel Bulanık Küme (SBK) teorisi, 1986'da Atanassov [1] tarafından Zadeh'in [2] sunduğu bulanık küme teorisinin genişletilmesi ile önerilen ve

belirsizliği ifade etmek için kullanılan güçlü bir yoldur. Bulanık küme teorisi, üye olma derecesi içerirken, SBK teorisinde buna ilaveten üye olmama derecesi ve tereddüt derecesi de vardır. Karar verme sürecinde, karar vericiler zaman baskısı, bilgi

eksikliği, dikkatsizlik ve bilgiyi işleme kapasiteleri nedeniyle problemin çözümünde kesin olmayan ve belirsiz bilgi sağlarlar. Bu açıdan bakıldığında SBK, belirsiz ve kesin olmayan bilgiyi tanımlamada ve insan düşünce yapısını açıklamada daha etkili bir araçtır. SBK'nin belirsizlik ve kesin olmamayı ifade etmek için son derece uygun bir yol olduğu kanıtlanmış ve birçok çalışmada SBK'nin geliştirilmesine yer verilmiştir [3,4]. Liu ve Wang değerlendirme fonksiyonu ve sezgisel bulanık nokta operatörü ile ÇKKV problemlerinin çözümü için çeşitli yöntemler geliştirmiştir [5]. Xu sezgisel tercih ilişkisi, tutarlı sezgisel tercih ilişkisi, tamamlanmamış sezgisel tercih ilişkisi ve kabul edilebilir sezgisel tercih ilişkisi kavramlarını tanımlayarak bunları temel alan grup karar verme yaklaşımları sunmuştur [6]. Tan ve Chen karar verme kriterleri arasında etkileşim olan ÇKKV problemleri için sezgisel bulanık Choquet integral geliştirmiştir [7]. Wei uzman ağırlıklarının gerçel sayılar ve kriter ağırlıklarının sezgisel bulanık sayılar (SBS) ile ifade edilen çok kriterli grup karar verme yöntemleri sunmuş ve bu yöntemlerde kullanılmak üzere bazı operatörler geliştirmiştir [8]. Wei sezgisel bulanık bilgi kullanarak bir ÇKKV yaklaşımı sunmuş ve bu yaklaşımda gri ilişki analizinden de yararlanmıştır [9]. Chen ve Li sezgisel bulanık bilgi ile ifade edilen ÇKKV problemlerini çözmek için sezgisel bulanık entropi ölçüsü kullanan bir objektif ağırlıklandırma yöntemi önermiştir [10]. Li genelleştirilmiş sıralı ağırlıklı ortalama operatörü (the generalized ordered weighted averaging (GOWA) operator) geliştirmiş ve bu operatörü kullandığı kriter ağırlıklarının gerçel sayılarla ifade edildiği ve alternatiflerin değerlendirilmesinin SBS'la yapıldığı bir ÇKKV yöntemi sunmuştur [11]. Chen çok kriterli karar analizi yapabilmek için sezgisel bulanık iyimser ve kötümser operatörler geliştirmiş ve bu operatörleri temel aldığı iyimser ve kötümser skor fonksiyonlarıyla alternatiflerin değerlendirmesini ölçmeye çalışmıştır [12]. Tan aralıklı SBS'ları kullanan ve Choquet integral temelli TOPSIS yöntemini temel alan bir ÇKKV yaklaşımı önermiştir [13]. Park vd. benzer şekilde aralıklı sezgisel bulanık ortamda TOPSIS tekniğini geliştirerek bir çok kriterli grup karar verme yöntemi sunmuştur [14]. Xu SBS'ları birleştirmek için kuvvet ortalama ve kuvvet geometrik operatörlerini geliştirerek çeşitli ÇKKV yaklaşımları sunmuştur [15]. Ye alternatiflerin öncelik değerlerinin belirlenmesi için yamuk SBS'lar yardımıyla bir beklenen değer yöntemi önermiştir [16]. Chen ve Yang karmaşık karar verme problemleri için karar verici ağırlıkları dikkate alan, sezgisel bulanık ve aralıklı SBS'ları kullanan çok kriterli grup karar verme yaklaşımları geliştirmiştir [17]. Wu ve Chen karar verme problemleri için SBK temelinde ELECTRE yöntemini geliştirmiş ve sezgisel bulanık ELECTRE yöntemini önermiştir [18]. Xia ve Xu SBS'larla ifade edilen belirsizlik ortamlarında entropi ve çapraz entropiyi baz alan grup karar verme üzerine çalışmıştır [19]. Liu ürettiği sezgisel dilsel operatörler

yardımıyla uzmanların ağırlıklarını gerçel sayılarla ve kriter değerlerini SBS'larla ifade ettiği ÇKKV yöntemi geliştirmiştir [20]. Vahdani vd. ELECTRE yöntemini SBK temelinde geliştirerek karar verici öncelikleri ve çelişen kriterlere göre alternatiflerin değerlendirildiği bir çok kriterli grup karar verme metodu sunmuştur [21]. Wang kriter değerlerini üçgen SBS'lar ve kriter ağırlıklarını aralık sayılarla ifade ettikleri aralık inanç dereceleri ve bulanık kanıtsal muhakeme analitik algoritması geliştirmiştir [22].

Literatürde SBK teorisinin belirgin ÇKKV problemlerine yönelik olarak kullanıldığı çalışmalara da rastlanmaktadır. Örneğin; depo değerlendirmesi [23], tedarikçi seçimi [24,25], personel seçimi [26], tıbbi tanı koyma [27,28], üretim sistemleri [29], robot seçimi [30], web servis seçimi [31] problemlerinin çözümünde SBK teorisinden yararlanılmıştır.

Birçok ÇKKV probleminin karar verme sürecinde kullanılan bilgi genellikle aynı zaman periyoduna aittir. Alternatifler ve kriterlerin değerlendirilmesi yapılırken aynı zaman periyodu yani değerlendirmenin yapıldığı zaman periyodu dikkate alınmaktadır. Oysaki bazı durumlarda özellikle alternatiflerin şimdiki performanslarının yanı sıra önceki zaman periyotlarındaki performanslarının da değerlendirilmeye alınması gerekmektedir. Örneğin; yatırım kararlarının alınması, tıbbi tanı konması, personel değerlendirmesi ve askeri sistemlerin etkinliklerinin değerlendirilmesinde karar verme için gerekli bilginin farklı zaman periyotlarında toplanması gerekmektedir. Bu amaçla Xu ve Yager [32] SBK'leri temel alan dinamik ÇKKV prosedürleri ve farklı zaman periyotlarında toplanan bilgilerin birleştirilmesi için dinamik sezgisel bulanık ağırlıklı ortama (DIFWA) operatörü geliştirmişlerdir. Xu ve Yager [32] tüm kriterlerin farklı periyotlarda toplanan SBS ile açıklandığı dinamik sezgisel bulanık çok nitelikli karar verme (DIF-MADM) prosesi önermişlerdir. Yazarlar, SB ve kesin olmayan SB değişkenler tanımlamışlar ve farklı periyotlardaki nitelikler hakkında tüm karar bilgisi SBS ile gösterildiğinde DIFWA operatörünü; aynı şekilde farklı periyotlardaki nitelikler hakkında tüm karar bilgisinin aralık değerli SBS ile gösterildiğinde UDIFWA operatörünü yeni birleştirme operatörleri olarak ilk kez sunmuşlardır. Literatürde SBK temelli dinamik ÇKKV problemlerinin çözümünde kullanılmak üzere sunulan çalışmalar oldukça az sayıdadır. Su vd. [33] dinamik sezgisel bulanık çok nitelikli grup karar verme (DIFMAGDM) problemini araştırmışlardır. Bu çalışmada, farklı periyotlarda bir grup karar verici tarafından SBS kullanılarak değerlendirmeler yapılmaktadır. Yazarlar, DIFMAGDM problemlerini çözmek için interaktif bir metod sunmaktadır. Bu yöntemde ilk olarak karar vericiler SBS kullanılarak farklı periyotlarda alternatifleri değerlendirmektedir. Önerilen interaktif

metot DIFWA ve dinamik ağırlıklı ortalama (DWA) operatörünü kullanan yedi adımdan oluşmaktadır. Chen ve Li üçgensel SBS kullanarak dinamik çok nitelikli karar verme (DMADM) modeli sunmuşlardır. Yazarlar, üçgensel SBS'lerin üçgensel bulanık sayılardan daha esnek bilgi sağladığını iddia etmektedir [34].

Bu çalışmada, farklı zaman periyotlarında değerlendirilmesi gereken ve belirsizlik içeren karar verme problemlerinin çözümüne yönelik bir dinamik ÇKKV modeli önerilmektedir. Belirsizliğin ifade edilmesinde SBK'ler kullanılmaktadır. Önerilen modelde alternatiflerin karar verme grubu tarafından farklı zaman periyotlarında değerlendirmeler yapılması istenir ve bu farklı periyotlar için yapılan değerlendirmeler birleştirilir. Bu birleştirilen SB bilgilerin durulaştırılmasında (defuzification) ve en iyi alternatifin seçiminde, Xu ve Yager [32] ve Su vd. [33] tarafından geliştirilen dinamik ÇKKV yaklaşımlarının çözümünde TOPSIS yönteminden yararlanıldığı görülmektedir. TOPSIS yönteminde alternatiflere ait değerlerin pozitif ve negatif ideal çözümlere olan mesafeleri dikkate alınmaktadır. Bu çalışmada ise farklı zaman periyotlarındaki SB bilgileri birleştirildikten sonra çözüm sürecinde Deng [35,36] tarafından sunulan gri ilişki analizinden (GİA) yararlanılmaktadır. GİA'nın az sayıda ve belirsiz verilerle kullanılabilmesi bu yöntemi belirsizlik içeren ÇKKV problemleri için elverişli hale getirmektedir. Ayrıca, GİA az ve belirsiz verilere rağmen basit hesaplamalar ile net sonuçlar verebilen kolay uygulanabilir bir tekniktir. Önerilen modelde GİA, birleştirilen sezgisel bulanık bilgilerin durulaştırılarak en iyi alternatifin belirlenmesinde kullanılmaktadır. GİA, ilişkiyi temel alan iki seri arasındaki benzerlik veya farkların derecesini ölçebilen etkili bir değerlendirme yöntemidir. Sonuç olarak, bu çalışmanın amacı, SBK ve GİA temel alınarak farklı zaman periyotlarında değerlendirilen karar verme problemleri için dinamik bir ÇKKV modeli geliştirmektir.

Çalışmanın geri kalanı şöyle organize edilmektedir: İkinci bölümde SBK teorisi ile ilgili bazı tanımlara yer verilmektedir. Üçüncü bölümde GİA'ndan bahsedilmekte ve GİA'nın algoritması özetlenmektedir. Çalışmada önerilen dinamik ÇKKV modeli dördüncü bölümde geliştirilmektedir. Beşinci bölümde önerilen model için bir gerçek hayat uygulaması ve duyarlılık analizi yapılmaktadır. Sonuçlar ve gelecekte yapılabilecek çalışmalar son bölümde sunulmaktadır.

2. SEZGİSEL BULANIK KÜME İLE İLGİLİ TANIMLAR (DEFINITIONS RELATED TO INTUITIONISTIC FUZZY SET)

Burada, SBK teorisinin bazı temel tanımları verilecektir:

Tanım 1: Diyelim ki X boş olmayan bir küme ve $I=[0,1]$ kapalı birim aralık olsun. Bir SBK A is aşağıdaki gibi yazılır:

$$A = \{(x, \mu_A(x), \nu_A(x)) | x \in X\} \quad (1)$$

Burada $\mu_A : X \rightarrow I$ ve $\nu_A : X \rightarrow I$ öyle ki $0 \leq \mu_A(x) + \nu_A(x) \leq 1$ her bir $x \in X$ için. $\mu_A(x)$ ve $\nu_A(x)$ sayıları A 'da $x \in X$ her bir elemanı için sırasıyla üye olma derecesini ve üye olmama derecesini belirtir [1,3].

Buradan anlaşıldığı üzere bir boş olmayan bir X kümesinde her bulanık küme A bir SBK formunu alır.

$$A = \{(x, \mu_A(x), 1 - \mu_A(x)) | x \in X\}.$$

Tanım 2: Diyelim ki X boş olmayan bir küme ve A, X 'de SBK'dır.

$$\pi_A(x) = 1 - \mu_A(x) - \nu_A(x) \quad (2)$$

π, x 'in A 'ya ait olup olmamasının sezgisel bulanık tereddüt derecesi olarak bilinir. Bu derece bilgi eksikliği veya kişisel hatadan meydana gelir [1,24,33]. Özellikle, eğer her $x \in X$ için,

$$\pi_A(x) = 1 - \mu_A(x) - \nu_A(x) = 0$$

ise o zaman SBK A bir bulanık küme olur. Burada $0 \leq \pi_A(x) \leq 1$.

Tanım 3: $\alpha = (\mu_A(x), \nu_A(x), \pi_A(x))$ bir sezgisel bulanık sayı (SBS) olarak tanımlansın, burada $\mu_A(x) \in [0,1], \nu_A(x) \in [0,1], 0 \leq \mu_A(x) + \nu_A(x) \leq 1$ ve $\pi_A(x) = 1 - \mu_A(x) - \nu_A(x)$.

Tanım 4: $\alpha = (\mu_A(x), \nu_A(x), \pi_A(x))$ ve $\beta = (\mu_B(x), \nu_B(x), \pi_B(x))$ X 'de iki SBS ve $\lambda \in [0,1]$ olsun. Buna göre aşağıdaki işlemler tanımlanabilir [1,3,24,33]:

- (i) $\alpha \oplus \beta = (\mu_A(x) + \mu_B(x) - \mu_A(x) \cdot \mu_B(x), \nu_A(x) \cdot \nu_B(x))$
- (ii) $\alpha \otimes \beta = (\mu_A(x) \cdot \mu_B(x), \nu_A(x) + \nu_B(x) - \nu_A(x) \cdot \nu_B(x))$
- (iii) $\lambda \alpha = (1 - (1 - (\mu_A(x))^\lambda), (\nu_A(x))^\lambda)$
- (iv) $\alpha^\lambda = ((\mu_A(x))^\lambda, 1 - (1 - (\nu_A(x))^\lambda))$

3. GRİ İLİŞKİ ANALİZİ (GREY RELATIONAL ANALYSIS)

GİA yöntemi ilk kez Deng [35,36] tarafından geliştirilmiştir. GİA sınırlı miktarda veriyi kullanarak seriler arasındaki ilişkiyi belirlemek için kullanılan bir ölçme yöntemidir. Bir ilişkinin yakınlığı olan GİA'nın ana fikri seri eğrilerinin geometrik desenlerinin benzerlik seviyesine göre değerlendirilmesidir. Daha benzer eğriler, seriler arasında daha yüksek ilişki derecesini gösterirler [37]. GİA birçok ÇKKV problemine uygulanmıştır. Örneğin; personel seçimi [26,38], tesis yerleşimi ve sevkiyat [39], işe alma kararı [40], tedarikçi seçimi [41,42], depo yeri seçimi [43] problemlerinde kullanılmıştır.

GİA'nın ilk adımı, alternatiflerin performanslarının normalize edilmesidir. Bu adımda orijinal seri karşılaştırılabilir bir seriye dönüştürülür. Sonra, ideal değerleri gösteren referans seri tanımlanır ve gri ilişki katsayıları ideal ve normalize edilen seri arasındaki korelasyonu temsil etmek için hesaplanır. Son adımda, gri ilişki derecesi hesaplanır. Burada gri ilişki derecesi referans ve karşılaştırılabilir seriler arasındaki korelasyon seviyesini gösterir. Bu derecenin daha büyük olması referans seri ile daha güçlü bir korelasyon gösteren karşılaştırılabilir seri anlamına gelir. Eğer iki seri özdeş ise gri ilişki derecesinin değeri 1'e eşit olur. Böylece en yüksek gri ilişki derecesine sahip alternatif en iyi olarak seçilir [38,39,40].

GİA'nın algoritması aşağıda verilmektedir [26,35,36,38,39]:

Diyelim ki orijinal referans serisi $x_0(j)$ ve karşılaştırılabilir seri $x_i(j)$ $i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n$ olarak gösterilsin. Burada m alternatif sayısını n ise kriter sayısını ifade eder. j 'inci kriter için x_i ve x_0 arasındaki gri ilişki katsayısı Eşitlik 3 ile hesaplanır:

$$\xi_{0i}(j) = \frac{\Delta \min + p \Delta \max}{\Delta_{0i}(j) + p \Delta \max}, \quad i \in m; j \in n \quad (3)$$

burada $\Delta_{0i}(j)$ j 'inci kriter için x_i ve x_0 arasındaki sapmadır. Eş. 3'te yer alan $\Delta_{0i}(j)$, $\Delta \max$ ve $\Delta \min$ Eş. 4-6'daki gibi hesaplanmaktadır.

$$\Delta_{0i}(j) = |x_0(j) - x_i(j)| \quad (4)$$

$$\Delta \max = \max_i \max_j \Delta_{0i}(j) \quad (5)$$

$$\Delta \min = \min_i \min_j \Delta_{0i}(j) \quad (6)$$

$p \in [0,1]$ $\Delta \max$ ve $\Delta \min$ arasındaki çözünürlüğü kontrol eden ayırdedici faktördür ve genelde 0,5

olarak alınır. Eşitlik 7 ile x_i 'nin serisi için gri ilişki derecesi bulunur. Gri ilişki derecesi γ_i x_i ve x_0 arasındaki benzerlik derecesini belirtmektedir.

$$\gamma_i = \sum_{j=1}^n \omega_j \xi_{0i}(j), \quad i \in m \quad (7)$$

burada ω_j j 'inci kriter ağırlığını ifade etmektedir.

Sonuçta, her bir karşılaştırılabilir seri için gri ilişki katsayılarının ortalaması alındıktan sonra ilişki dereceleri azalan şekilde sıralanır.

4. DİNAMİK ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME MODELİ (DYNAMIC MULTI CRITERIA DECISION MAKING MODEL)

Bu bölümde çoklu periyotta ele alınan karar verme problemlerinin çözümünde kullanılmak üzere bir dinamik ÇKKV modeli önerilmektedir. Bu modelde, karar verme grubu alternatiflerin değerlendirilmesi için SBS'larla ifade edilen dilsel değişkenlerden yararlanmaktadır. Ayrıca, karar verme grubu değerlendirmelerini yaparken alternatiflerin belirlenen zaman periyotlarındaki performanslarını dikkate almaktadır. Dinamik ÇKKV probleminin tanımlanmasında ihtiyaç duyulacak bazı notasyonlar aşağıdaki gibidir:

– $X = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$: Belirlenen m olası alternatifini gösteren kesikli bir küme, $i=1, 2, \dots, m$.

– $C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$: Belirlenen n kriteri gösteren sonlu bir küme. Kriter ağırlıkları vektörü $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)^T$ ile temsil edilir ve $\omega_j \geq 0$, $j=1, 2, \dots, n$, $\sum_{j=1}^n \omega_j = 1$.

– Karar verme sürecinde p periyot t_k ($k=1, 2, \dots, p$) belirlenir ve periyotların ağırlık vektörü $\delta(t) = (\delta(t_1), \delta(t_2), \dots, \delta(t_p))^T$, $\delta(t_k) \geq 0$, $\sum_{k=1}^p \delta(t_k) = 1$.

Dinamik ÇKKV problemi tanımlandıktan sonra en iyi alternatifin seçimi için aşağıdaki adımlar izlenmektedir.

Adım 1: Karar verici grubun alternatifleri farklı periyotlar için değerlendirmesi ve periyotlara ait sezgisel bulanık karar matrislerinin oluşturulması.

Karar verme grubu SBS'larla gösterilen dilsel değişkenleri kullanarak m alternatifini n kriter için p periyotta değerlendirirler. Daha sonra bu dilsel değişkenlere karşılık gelen SBS'lar yardımıyla değerlendirmeler SB karar matrislerine

$R(t) = (r_{ij}(t))_{m \times n}$ ($t=1,2,\dots,p$) dönüştürülür. Burada $r_{ij} = (\mu_{ij}, v_{ij}, \pi_{ij})$ karar verici grubun i 'nci alternatifi j 'nci kriter için değerlendirmesini gösteren bir SBS olarak tanımlanır.

Adım 2: Birleşik sezgisel bulanık karar matrisinin oluşturulması.

Bu adımda periyotların ağırlıkları $\delta(t) = (\delta(t_1), \delta(t_2), \dots, \delta(t_p))^T$ dikkate alınarak Adım 1'de elde edilen SB karar matrisleri DIFWA operatörü ile birleştirilir. DIFWA operatörü çoklu periyotta karar vericilerin farklı periyotlarda SBS'larla ifade edilen değerlendirmelerini birleştirmeyi sağlar.

Tanım 5: Farz edelim ki $\alpha(t_1), \alpha(t_2), \dots, \alpha(t_p)$ p farklı periyot için değerleri göstermek maksadıyla kullanılan SBS'lar olsun. t_k ($k=1,2,\dots,p$).

$\delta(t) = (\delta(t_1), \delta(t_2), \dots, \delta(t_p))^T$ periyotların ağırlıklarını ifade etmektedir. Burada $\sum_{k=1}^p \delta_k = 1$.

Xu ve Yager [32] periyotların ağırlık vektörlerini hesaplamak için bazı yöntemler önermiştir. Bunlar; ortalama çağ metodu, üssel dağılım temelli metot, ana birim-aralık monotonik (BUM) fonksiyon temelli metot ve normal dağılım temelli metottur. DIFWA operatörü Eşitlik 8 ile pratik bir şekilde hesaplanabilir:

$$DIFWA_{\delta(t)}(\alpha(t_1), \alpha(t_2), \dots, \alpha(t_p)) = \left[\begin{array}{c} 1 - \prod_{k=1}^p (1 - \mu_{\alpha(t_k)})^{\delta(t_k)}, \prod_{k=1}^p v_{\alpha(t_k)}^{\delta(t_k)} \\ \prod_{k=1}^p (1 - \mu_{\alpha(t_k)})^{\delta(t_k)} - \prod_{k=1}^p v_{\alpha(t_k)}^{\delta(t_k)} \end{array} \right] \quad (8)$$

burada $\delta(t_k) \geq 0, k=1, \dots, p$

DIFWA operatörünün kullanımıyla farklı periyotlardaki karar verici değerlendirmeleri birleştirilerek birleşik SB karar matrisi $R = (r_{ij})_{m \times n}$ elde edilir.

Adım 3: Referans serisi belirleme.

Referans serisi, kriter yapısını dikkate alarak en uygun değerlerden oluşmalıdır. Eğer kriterin maksimum değere sahip olması bekleniyorsa sezgisel bulanık karar matrisinde maksimum değer $\alpha^+ = (1, 0, 0)$ referans değeri olarak kullanılabilir. Buna göre referans serisi x_0 aşağıdaki gibi yazılır:

$$x_0 = (r_{0j})_{1 \times n} = [\alpha^+ \ \alpha^+ \ \alpha^+ \ \dots \ \alpha^+] \quad (9)$$

Adım 4: Gri ilişki katsayısının hesaplanması.

Gri ilişki katsayısı Eşitlik 3 yardımıyla hesaplanmaktadır. x_0 ve x_i arasındaki farkın mutlak değerini hesaplamak için Eşitlik 4 ile tanımlanan metrik mesafeden yararlanılır. Ayırdedici katsayı 0,5 olarak uygulanır ve Eşitlik 5 ve 6'da Δ_{\max} ve Δ_{\min} bulunduktan sonra gri ilişki katsayıları Eşitlik 3'teki gibi hesaplanır.

Adım 5: Gri ilişki katsayılarının gri ilişki derecelerine dönüştürülmesi.

Gri ilişki katsayıları Eşitlik 7 ile gri ilişki derecelerine dönüştürülür.

Adım 6: Alternatiflerin sıralanması ve en iyi alternatifin seçimi.

Alternatifler x_i ($i \in m$) gri ilişki derecelerine γ_i ($i \in m$) göre azalan sırada sıralanır. Böylece en yüksek gri ilişki derecesine sahip alternatif en uygun alternatif olarak seçilir.

5. GERÇEK HAYAT UYGULAMASI (REAL CASE STUDY)

Bu bölümde, önerilen dinamik ÇKKV modelinin etkinliğini ve uygulanabilirliğini göstermek için bir gerçek hayat uygulamasına yer verilmektedir [44]. Akü üreten bir firma son yıllarda elektrikli araçlara olan talebin artması nedeniyle, tekrar şarj edilebilen lityum iyon akü üretimine yönelmek istemektedir. Firma sektöründe önemli bir pazar payına sahip olabilmek için lityum iyon akü üretecektir. Bu maksatla, firma üretimini sürdürülebilir yapmak için en iyi tedarikçi seçim problemiyle karşı karşıyadır.

Bir karar verme grubu en iyi tedarikçinin seçimi için görevlidir. Karar verici grup beş alternatif tedarikçi (x_1, x_2, \dots, x_5) belirlemiştir. Yine problemin çözümü için beş kriter (c_1, c_2, \dots, c_5) tespit etmiştir. Bunlar sırasıyla; kalite, teslim süresi, maliyet, dağıtım yeteneği ve çevreye duyarlılıktır. Bu kriterlere ait ağırlıklar ise $\omega = (\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4, \omega_5) = (0,29; 0,24; 0,20; 0,16; 0,11)$ olarak belirlenmiştir.

Adım 1: Karar verici grubun alternatifleri farklı periyotlar için değerlendirmesi ve periyotlara ait sezgisel bulanık karar matrislerinin oluşturulması.

Karar verici grup Tablo 1'de sunulan SBS'lar ile gösterilen dilsel değişkenler yardımıyla alternatifleri son üç yıl (2010, 2011, 2012) için değerlendirirler. Karar verici grup alternatifleri Tablo 2-4'deki gibi değerlendirmiştir.

Tablo 1. Dilsel değişkenler ve SBS'lar (Linguistic Variables and IFNs)

Dilsel Değişken	SBS
Aşırı İyi (AŞİ)	(1,00; 0,00; 0,00)
Çok Çok İyi (ÇÇİ)	(0,90; 0,10; 0,00)
Çok İyi (Çİ)	(0,80; 0,10; 0,10)
İyi (İ)	(0,70; 0,20; 0,10)
Az İyi (Aİ)	(0,60; 0,30; 0,10)
Orta (O)	(0,50; 0,40; 0,10)
Az kötü (AK)	(0,40; 0,50; 0,10)
Kötü (K)	(0,25; 0,60; 0,15)
Çok Kötü (ÇK)	(0,10; 0,75; 0,15)
Çok Çok Kötü (ÇÇK)	(0,10; 0,90; 0,10)

Tablo 2. Birinci periyot değerlendirme $R(1)$
(Evaluation for the first period)

Alternatifler / Kriterler	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5
x_1	İ	K	AK	Aİ	Çİ
x_2	İ	İ	K	Çİ	İ
x_3	Aİ	İ	Aİ	O	Aİ
x_4	ÇÇİ	İ	O	İ	İ
x_5	Aİ	O	İ	Aİ	Aİ

Tablo 3. İkinci periyot değerlendirme $R(2)$
(Evaluation for the second period)

Alternatifler / Kriterler	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5
x_1	İ	AK	O	Aİ	İ
x_2	Çİ	Çİ	AK	ÇÇİ	Çİ
x_3	Aİ	İ	Aİ	Aİ	Çİ
x_4	Çİ	Çİ	Aİ	İ	İ
x_5	İ	Aİ	Aİ	Aİ	İ

Tablo 4. Üçüncü periyot değerlendirme $R(3)$
(Evaluation for the third period)

Alternatifler / Kriterler	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5
x_1	Aİ	O	O	İ	İ
x_2	ÇÇİ	Çİ	AK	ÇÇİ	Çİ
x_3	Aİ	İ	İ	Aİ	Çİ
x_4	ÇÇİ	Çİ	O	Çİ	Aİ
x_5	Çİ	Çİ	İ	Çİ	Çİ

Karar verici grubun yıllara göre yaptığı değerlendirmeler sırasıyla $R(1)$, $R(2)$ ve $R(3)$ olarak SB karar matrislerine aşağıdaki gibi dönüştürülür.

Adım 2: Birleşik sezgisel bulanık karar matrisinin oluşturulması.

Bu adımda yılların ağırlığı sırasıyla (0,17; 0,33; 0,50) olarak kabul edilmiştir. Adım 1'de elde edilen her bir periyot için SB karar matrisleri Eşitlik 8'te verilen DIFWA operatörü ile birleştirilmiş ve R birleşik SB karar matrisi olarak aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

Adım 3: Referans serisi belirleme.

Karar verme grubu teslim süresi ve maliyet kriterlerine göre alternatifleri değerlendirirken maksimum yapılmak istenen kriter yapısını dikkate almaktadır. Başka bir deyişle, maliyet kriterine göre Çok İyi dendiğinde aslında en düşük maliyet değeri kastedilmektedir. Dolayısıyla bu örnekte tüm kriterler maksimum yapılmak istenen türde kriterler olarak ele alınmaktadır. Buna göre, sezgisel bulanık karar matrisinde maksimum değer $\alpha^+ = (1, 0, 0)$ referans değeri olarak kullanılır.

$$x_0 = [(1,0,0), (1,0,0), \dots, (1,0,0)]_{(1 \times 5)}$$

Adım 4: Gri ilişki katsayısının hesaplanması.

$\Delta_{0i}(j)$ j 'inci kriter için x_i ve x_0 arasındaki sapmaları hesaplamak için Eşitlik 4-6'dan faydalanılmıştır. Bulunan metrik mesafe değerleri Tablo 5'te sunulmaktadır.

Tablo 5. Mesafe matrisi (Distance matrix)

	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	min	max
$\Delta_{01}(j)$	0,25	0,43	0,39	0,25	0,20	0,20	0,43
$\Delta_{02}(j)$	0,11	0,15	0,47	0,09	0,15	0,09	0,47
$\Delta_{03}(j)$	0,29	0,22	0,25	0,31	0,16	0,16	0,31
$\Delta_{04}(j)$	0,09	0,15	0,35	0,17	0,25	0,09	0,35
$\Delta_{05}(j)$	0,18	0,21	0,24	0,20	0,18	0,18	0,24

Eşitlik 5 ile $\Delta_{\min}=0,09$ ve Eşitlik 6 ile $\Delta_{\max}=0,47$ olarak bulunmuştur. Ayırdedici katsayı 0,5 olarak uygulandığında, Eşitlik 3 yardımıyla hesaplanan gri ilişki katsayıları Tablo 6'da görülmektedir.

Tablo 6. Gri ilişki katsayı matrisi (Grey relational coefficient matrix)

	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5
$\xi_{01}(j)$	0,66	0,49	0,52	0,66	0,74
$\xi_{02}(j)$	0,93	0,83	0,46	1,00	0,83
$\xi_{03}(j)$	0,61	0,71	0,66	0,60	0,82
$\xi_{04}(j)$	0,98	0,83	0,56	0,79	0,66
$\xi_{05}(j)$	0,77	0,72	0,44	0,74	0,77

$$R(1) = \begin{pmatrix} (0,7; 0,2; 0,1) & (0,25; 0,6; 0,15) & (0,4; 0,5; 0,1) & (0,6; 0,3; 0,1) & (0,8; 0,1; 0,1) \\ (0,7; 0,2; 0,1) & (0,7; 0,2; 0,1) & (0,25; 0,6; 0,15) & (0,8; 0,1; 0,1) & (0,7; 0,2; 0,1) \\ (0,6; 0,3; 0,1) & (0,7; 0,2; 0,1) & (0,6; 0,3; 0,1) & (0,5; 0,4; 0,1) & (0,6; 0,3; 0,1) \\ (0,9; 0,1; 0) & (0,7; 0,2; 0,1) & (0,5; 0,4; 0,1) & (0,7; 0,2; 0,1) & (0,7; 0,2; 0,1) \\ (0,6; 0,3; 0,1) & (0,5; 0,4; 0,1) & (0,7; 0,2; 0,1) & (0,6; 0,3; 0,1) & (0,6; 0,3; 0,1) \end{pmatrix}$$

$$R(2) = \begin{pmatrix} (0,7; 0,2; 0,1) & (0,4; 0,5; 0,1) & (0,5; 0,4; 0,1) & (0,6; 0,3; 0,1) & (0,7; 0,2; 0,1) \\ (0,8; 0,1; 0,1) & (0,8; 0,1; 0,1) & (0,4; 0,5; 0,1) & (0,9; 0,1; 0) & (0,8; 0,1; 0,1) \\ (0,6; 0,3; 0,1) & (0,7; 0,2; 0,1) & (0,6; 0,3; 0,1) & (0,6; 0,3; 0,1) & (0,8; 0,1; 0,1) \\ (0,8; 0,1; 0,1) & (0,8; 0,1; 0,1) & (0,6; 0,3; 0,1) & (0,7; 0,2; 0,1) & (0,7; 0,2; 0,1) \\ (0,7; 0,2; 0,1) & (0,6; 0,3; 0,1) & (0,6; 0,3; 0,1) & (0,6; 0,3; 0,1) & (0,7; 0,2; 0,1) \end{pmatrix}$$

$$R(3) = \begin{pmatrix} (0,6; 0,3; 0,1) & (0,5; 0,4; 0,1) & (0,5; 0,4; 0,1) & (0,7; 0,2; 0,1) & (0,7; 0,2; 0,1) \\ (0,9; 0,1; 0) & (0,8; 0,1; 0,1) & (0,4; 0,5; 0,1) & (0,9; 0,1; 0) & (0,8; 0,1; 0,1) \\ (0,6; 0,3; 0,1) & (0,7; 0,2; 0,1) & (0,7; 0,2; 0,1) & (0,6; 0,3; 0,1) & (0,8; 0,1; 0,1) \\ (0,9; 0,1; 0) & (0,8; 0,1; 0,1) & (0,5; 0,4; 0,1) & (0,8; 0,1; 0,1) & (0,6; 0,3; 0,1) \\ (0,8; 0,1; 0,1) & (0,8; 0,1; 0,1) & (0,7; 0,2; 0,1) & (0,8; 0,1; 0,1) & (0,8; 0,1; 0,1) \end{pmatrix}$$

$$R = \begin{pmatrix} (0,65; 0,24; 0,10) & (0,43; 0,46; 0,11) & (0,48; 0,42; 0,10) & (0,65; 0,24; 0,10) & (0,72; 0,18; 0,10) \\ (0,85; 0,11; 0,04) & (0,79; 0,11; 0,10) & (0,38; 0,52; 0,11) & (0,89; 0,10; 0,01) & (0,79; 0,11; 0,10) \\ (0,60; 0,30; 0,10) & (0,70; 0,20; 0,10) & (0,65; 0,24; 0,10) & (0,58; 0,31; 0,10) & (0,78; 0,112; 0,10) \\ (0,87; 0,10; 0,03) & (0,79; 0,11; 0,10) & (0,54; 0,36; 0,10) & (0,76; 0,14; 0,10) & (0,65; 0,24; 0,10) \\ (0,74; 0,15; 0,11) & (0,71; 0,18; 0,11) & (0,67; 0,23; 0,10) & (0,72; 0,17; 0,11) & (0,74; 0,15; 0,11) \end{pmatrix}$$

Adım 5: Gri ilişki katsayılarının gri ilişki derecelerine dönüştürülmesi.

Eşitlik 7'deki gibi gri ilişki katsayı matrisi kriter ağırlıkları vektörüyle çarpılarak gri ilişki dereceleri bulunmuştur. Alternatiflere ait hesaplanan gri ilişki dereceleri Tablo 7'de görülmektedir.

Tablo 7. Alternatiflerin gri ilişki dereceleri (Grey relational degrees of alternatives)

Alternatif	Derece
γ_1	0,60
γ_2	0,81
γ_3	0,67
γ_4	0,79
γ_5	0,69

Adım 6: Alternatiflerin sıralanması ve en iyi alternatifin seçimi.

Alternatifler gri ilişki derecesine göre sıralandığında

$\gamma_2 > \gamma_4 > \gamma_5 > \gamma_3 > \gamma_1$ olduğundan alternatiflerin sıralaması da $x_2 \succ x_4 \succ x_5 \succ x_3 \succ x_1$ olarak ortaya çıkmaktadır. Bu sonuca göre ikinci alternatif en iyi tedarikçi olarak seçilebilir.

5.1. Duyarlılık Analizi (Sensitivity Analysis)

Bu bölümde önerilen dinamik ÇKKV modelinde yer alan periyotların farklı ağırlıklarının alternatiflerin sıralamasına olan etkilerinin incelenmesi amacıyla bir duyarlılık analizi yapılandırılmaktadır. Beş farklı durum için periyot ağırlıkları dikkate alınarak önerilen belirsizlik etmenli model tekrar çözülmüş ve Tablo 8'de sunulan gri ilişki dereceleri ve alternatif sıralamaları elde edilmiştir.

Tablo 8 incelendiğinde Durum 1'in örnek olayda yer alan mevcut durumu yansıttığı görülmektedir. Durum 2'de tüm yılların ağırlığının eşit olduğu varsayılmaktadır. Buna göre Durum 1'e göre ikinci ve dördüncü alternatifler ile üçüncü ve beşinci

Tablo 8. Duyarlılık analizi (Sensitivity analysis)

	Periyot Ağırlıkları	Gri İlişki Dereceleri	Sıralama
Durum 1	(0,17;0,33;0,50)	(0,60;0,81;0,67;0,79;0,69)	$x_2 \succ x_4 \succ x_5 \succ x_3 \succ x_1$
Durum 2	(0,33;0,33;0,33)	(0,62;0,80;0,68;0,81;0,67)	$x_4 \succ x_2 \succ x_3 \succ x_5 \succ x_1$
Durum 3	(0,50;0,33;0,17)	(0,62;0,78;0,67;0,80;0,64)	$x_4 \succ x_2 \succ x_3 \succ x_5 \succ x_1$
Durum 4	(0,33;0,50;0,17)	(0,62;0,80;0,67;0,80;0,65)	$x_2 = x_4 \succ x_3 \succ x_5 \succ x_1$
Durum 5	(0;0;1)	(0,59;0,83;0,67;0,79;0,75)	$x_2 \succ x_4 \succ x_5 \succ x_3 \succ x_1$

alternatifler sıralamada yer değiştirmektedir. Üçüncü durumda periyotların ağırlığının monoton azalan olduğu kabul edilmektedir. Bu durumda elde edilen sıralama Durum 2 ile aynıdır. Durum 4'te ise ikinci ve dördüncü alternatifler eşit gri ilişki derecesine sahip olduğundan ikisi de birinci sırayı almaktadır. Son durumda tüm değerlendirmelerin son periyottaki performansa göre yapıldığı varsayılmaktadır. Bu durumda birinci durum ile aynı sıralama sağlanmaktadır.

Duyarlılık analizinin sonuçlarına göre; periyotların ağırlığının alternatiflerin sıralamasını etkilediği söylenebilir. Başka bir deyişle, alternatifler sadece mevcut periyottaki performanslarına göre değerlendirilmemeli, onun yerine geçmiş performansları da dikkate alınmalıdır.

6. SONUÇ (CONCLUSION)

ÇKKV problemlerinin çözümü için geliştirilen yöntemlerin çoğunda alternatiflerin değerlendirilmesi belirli bir periyotta yapılmaktadır. Oysaki bazı ÇKKV problemlerinde alternatiflerin sadece şimdiki performanslarının dikkate alınması hataya neden olabilmektedir. Bu nedenle çalışmada, alternatiflerin farklı zaman periyotlarında değerlendirilmesine olanak veren belirsizlik etmenli dinamik bir ÇKKV modeli geliştirilmiştir. ÇKKV modelinde bulunan belirsizliğin giderilmesi ve ifade edilmesi için SBK teorisinden faydalanılmıştır. SBK teorisi üye olma, üye olmama ve tereddüt derecesi içerdiğinden insan düşünme yapısına daha yakın bir değerlendirme sağlamaktadır. Modelde alternatiflerin değerlendirilmesinden sonra karşılaşılan sezgisel bulanık ortamın giderilmesi ve en uygun alternatifin seçilmesi için GİA kullanılmıştır. GİA, birbiriyle ilişki içerisinde olabilecek iki seri arasındaki benzerlik veya farkların derecesini ölçmeyi hedeflemektedir. Önerilen dinamik ÇKKV modeli bir örnek üzerinde uygulanmıştır. Örnek, bu modelin ÇKKV problemlerine kolaylıkla uygulanabileceğini ve etkili sonuçlar üretebileceğini göstermiştir.

Gelecekte önerilen dinamik karar verme modelinin çeşitli ÇKKV problemlerine uygulanabileceği değerlendirilmektedir. Ayrıca modelde gerek kriterlerin gerekse alternatiflerin değerlendirilmesinde ve çözüm sürecinde diğer belirsizlik teorilerinden yararlanılabileceği öngörülmektedir. Araştırmacılar, karar verme sürecinin tümünde aynı metot veya teorileri kullanmak yerine sürecin çeşitli aşamalarında farklı yaklaşımlar geliştirebilirler.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Atanassov, K. T., "Intuitionistic Fuzzy Sets", **Fuzzy Sets and Systems**, Cilt 20, 87-96, 1986.
2. Zadeh, L.A., "Fuzzy Sets", **Information and Control**, Cilt 8, 338-353, 1965.

3. Atanassov, K., **Intuitionistic Fuzzy Sets, Theory and Applications**, Physica-Verlag, Heidelberg, 1999.
4. Bustince, H., Herrera, F. ve Montero, J., **Fuzzy Sets and Their Extensions: Representation, Aggregation and Models**, Physica-Verlag, Heidelberg, 2007.
5. Liu, H.-W. ve Wang, G.-J., "Multi-criteria Decision-making Methods Based on Intuitionistic Fuzzy Sets", **European Journal of Operational Research**, Cilt 179, No 1, 220-233, 2007.
6. Xu, Z., "Intuitionistic Preference Relations and Their Application in Group Decision Making", **Information Sciences**, Cilt 177, No 11, 2363-2379, 2007.
7. Tan, C., Chen, X., "Intuitionistic Fuzzy Choquet Integral Operator For Multi-Criteria Decision Making", **Expert Systems with Applications**, Cilt 37, No 1, 149-157, 2010.
8. Wei, G., "Some Induced Geometric Aggregation Operators With Intuitionistic Fuzzy Information and Their Application To Group Decision Making", **Applied Soft Computing**, Cilt 10, No 2, 423-431, 2010.
9. Wei, G., "GRA Method for Multiple Attribute Decision Making With Incomplete Weight Information In Intuitionistic Fuzzy Setting", **Knowledge-Based Systems**, Cilt 23, No 3, 243-247, 2010.
10. Chen, T.-Y., Li, C.-H., "Determining Objective Weights With Intuitionistic Fuzzy Entropy Measures: A Comparative Analysis", **Information Sciences**, Cilt 180, No 21, 4207-4222, 2010.
11. Li, D.-F., "Multiattribute Decision Making Method Based On Generalized OWA Operators with Intuitionistic Fuzzy Sets", **Expert Systems with Applications**, Cilt 37, No 12, 8673-8678, 2010.
12. Chen, T.-Y., "An Outcome-Oriented Approach To Multicriteria Decision Analysis With Intuitionistic Fuzzy Optimistic/Pessimistic Operators", **Expert Systems with Applications**, Cilt 37, No 12, 7762-7774, 2010.
13. Tan, C., "A Multi-Criteria Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Group Decision Making With Choquet Integral-Based TOPSIS", **Expert Systems with Applications**, Cilt 38, No 4, 3023-3033, 2011.
14. Park Il, J.H., Park, Y., Kwun, Y.C., Tan, X., "Extension of The TOPSIS Method For Decision Making Problems Under Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Environment", **Applied Mathematical Modelling**, Cilt 35, No 5, 2544-2556, 2011.
15. Xu, Z., "Approaches To Multiple Attribute Group Decision Making Based On Intuitionistic Fuzzy Power Aggregation Operators", **Knowledge-Based Systems**, Cilt 24, No 6, 749-760, 2011.

16. Ye, J. "Expected Value Method For Intuitionistic Trapezoidal Fuzzy Multicriteria Decision-Making Problems", **Expert Systems with Applications**, Cilt 38, No 9, 11730-11734, 2011.
17. Chen, Z., Yang, W., "A New Multiple Attribute Group Decision Making Method In Intuitionistic Fuzzy Setting", **Applied Mathematical Modelling**, Cilt 35, No 9, 4424-4437, 2011.
18. Wu, M.-C., Chen, T.-Y., "The ELECTRE Multicriteria Analysis Approach Based On Atanassov's Intuitionistic Fuzzy Sets", **Expert Systems with Applications**, Cilt 38, No 10, 12318-12327, 2011.
19. Xia, M, Xu, Z., "Entropy/Cross Entropy-Based Group Decision Making Under Intuitionistic Fuzzy Environment", **Information Fusion**, Cilt 13, No 1, 31-47, 2012.
20. Liu, P., "Some Generalized Dependent Aggregation Operators with Intuitionistic Linguistic Numbers and Their Application To Group Decision Making", **Journal of Computer and System Sciences**, Cilt 79, No 1, 131-143, 2013.
21. Vahdani, B., Mousavi, S. M., Tavakkoli-Moghaddam, R., Hashemi, H., "A New Design of The Elimination and Choice Translating Reality Method For Multi-Criteria Group Decision-Making In An Intuitionistic Fuzzy Environment", **Applied Mathematical Modelling**, Cilt 37, No 4, 1781-1799, 2013.
22. Wang, J., Nie, R., Zhang, H., Chen, X., "Intuitionistic Fuzzy Multi-Criteria Decision-Making Method Based On Evidential Reasoning", **Applied Soft Computing**, Cilt 13, No 4, 1823-1831, 2013.
23. Chai, J., Liu, J.N.K., Xu, Z., "A Rule-Based Group Decision Model For Warehouse Evaluation Under Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Environments", **Expert Systems with Applications**, Cilt 40, No 6, 1959-1970, 2013.
24. Boran, F.E., Genç, S., Kurt, M. ve Akay, D., "A Multi-Criteria Intuitionistic Fuzzy Group Decision Making For Supplier Selection With TOPSIS Method", **Expert Systems with Applications**, Cilt 36, 11363-11368, 2009.
25. Khaleie, S., Fasanghari, M. ve Tavassoli, E., "Supplier Selection Using A Novel Intuitionist Fuzzy Clustering Approach", **Applied Soft Computing**, Cilt 12, No 6, 1741-1754, 2012.
26. Zhang, S.-F. ve Liu, S.-Y., "A GRA-based Intuitionistic Fuzzy Multi-Criteria Group Decision Making Method For Personnel Selection", **Expert Systems with Applications**, Cilt 38, No 9, 11401-11405, 2011.
27. Szmidt E. ve Kacprzyk, J., "Intuitionistic Fuzzy Sets In Some Medical Applications", **Lecture Notes in Computer Science**, Cilt 2206, 148-151, 2001.
28. Szmidt E. ve Kacprzyk, J., "A Similarity Measure For Intuitionistic Fuzzy Sets And Its Application In Supporting Medical Diagnostic Reasoning", **Lecture Notes in Computer Science**, Cilt 3070, 388-393, 2004.
29. Mousavi, S.M., Jolai, F., Tavakkoli-Moghaddam, R., Vahdani, B., "A Fuzzy Grey Model Based On The Compromise Ranking For Multi-Criteria Group Decision Making Problems In Manufacturing Systems", **Journal of Intelligent and Fuzzy Systems**, Cilt 24, No 4, 819-827, 2013.
30. Devi, K., "Extension of VIKOR Method In Intuitionistic Fuzzy Environment For Robot Selection", **Expert Systems with Applications**, Cilt 38, No 11, 14163-14168, 2011.
31. Wang, P., "QoS-aware Web Services Selection With Intuitionistic Fuzzy Set Under Consumer's Vague Perception", **Expert Systems with Applications**, Cilt 36, No 3, 4460-4466, 2009.
32. Xu, Z. ve Yager, R.R., "Dynamic Intuitionistic Fuzzy Multi-Attribute Decision Making", **International Journal of Approximate Reasoning**, Cilt 48, No 1, 246-262, 2008.
33. Su, Z., Chen, M., Xia, G., Wang, L., "An Interactive Method For Dynamic Intuitionistic Fuzzy Multi-Attribute Group Decision Making", **Expert Systems with Applications**, Cilt 38, No 12, 15286-15295, 2011.
34. Chen, Y., Li, B., "Dynamic Multi-Attribute Decision Making Model Based On Triangular Intuitionistic Fuzzy Numbers", **Scientia Iranica B**, Cilt 18, No 2, 268-274, 2011.
35. Deng, J., "Control Problems Of Grey Systems", **Systems and Control Letters**, Cilt 1, 288-294, 1982.
36. Deng, J.L., "Introduction to Grey System", **The Journal of Grey System (UK)**, Cilt 1, No 1, 1-24, 1989.
37. Lin, Y., Chen, M., Liu, S., "Theory Of Grey Systems: Capturing Uncertainties Of Grey Information", **Kybernetes**, Cilt 33, No 2, 196-218, 2004.
38. Pramanik, S., Mukhopadhyaya, D., "Grey Relational Analysis Based Intuitionistic Fuzzy Multi-Criteria Group Decision-Making Approach For Teacher Selection In Higher Education", **International Journal of Computer Applications**, Cilt 34, No 10, 21-29, 2011.
39. Kuo, Y., Yang, T., Huang, G.W., "The Use Of Grey Relational Analysis In Solving Multiple Attribute Decision-Making Problems", **Computers & Industrial Engineering**, Cilt 55, 80-93, 2008.
40. Olson, D. L., Wu, D., "Simulation Of Fuzzy Multiattribute Models For Grey Relationships", **European Journal of Operational Research**, Cilt 175, 111-120, 2006.
41. Golmohammadi, D., Mellat-Parast, M., "Developing A Grey-Based Decision-Making Model For Supplier Selection", **International**

- Journal of Production Economics**, Cilt 137, No, 2, 191-200, 2012.
42. Baskaran,V., Nachiappan, S., Rahman, S., "Indian Textile Suppliers' Sustainability Evaluation Using The Grey Approach", **International Journal of Production Economics**, Cilt 135, No 2, 647-658, 2012.
43. Özcan, T., Çelebi, N. ve Esnaf, Ş., "Comparative Analysis of Multi-criteria Decision Making Methodologies and Implementation of a Warehouse Location Selection Problem", **Expert Systems with Applications**, Cilt 38, No 8, 9773-9779, 2011.
44. Bali, Ö. ve Güreşen, E., "Çoklu Periyotta Çevreci Tedarikçi Seçimi İçin Belirsizlik Etmenli Bir ÇÖKV Yöntemi", **Savunma Bilimleri Dergisi The Journal of Defense Sciences**, Cilt 12, No 1, 43-70, 2013.