



POLİTEKNİK DERGİSİ

JOURNAL of POLYTECHNIC

ISSN: 1302-0900 (PRINT), ISSN: 2147-9429 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.org.tr/politeknik>



Aralık değerli sezgisel bulanık ortamda entropinin çok kriterli karar verme problemlerinde kullanılmasına ilişkin eleştirel analiz

Critical analysis on the using of the entropy in multicriteria decision making problems under interval valued intuitionistic fuzzy environment

Yazar(lar) (Author(s)): Melda KOKOÇ¹, Süleyman ERSÖZ²

ORCID¹: 0000-0003-2035-9777

ORCID²: 0000-0002-7534-6837

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Kokoç M. ve Ersöz S., “Aralık değerli sezgisel bulanık ortamda entropinin çok kriterli karar verme problemlerinde kullanılmasına ilişkin eleştirel analiz”, *Politeknik Dergisi*, 25(2): 799-811, (2022).

Erişim linki (To link to this article): <http://dergipark.org.tr/politeknik/archive>

DOI: 10.2339/politeknik.764082

Aralık-Değerli Sezgisel Bulanık Ortamda Entropinin Çok Kriterli Karar Verme Problemlerinde Kullanılmasına İlişkin Eleştirel

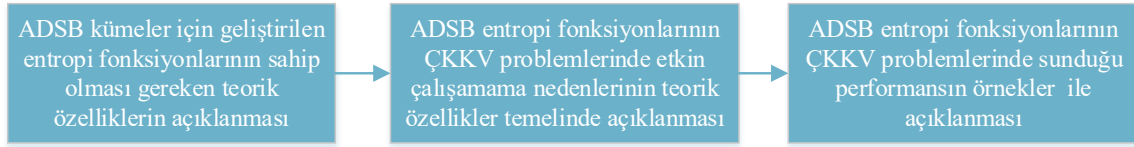
Critical Analysis on the Using of the Entropy in Multicriteria Decision Making Problems Under Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Environment

Önemli noktalar (Highlights)

- ❖ Çok kriterli karar verme (ÇKKV) problemlerinde entropinin performansının yeterli olmadığı sayısal örnekler ile gösterilmiştir. / It is shown that the performance of entropy in multi-criteria decision-making (MCDM) problems is insufficient with numerical examples.
- ❖ Bu çalışma, dilsel terimleri ifade etmede başarılı olan aralık-değerli sezgisel bulanık (ADSB) sayılar ile gerçekleştirilmiştir. / The study is carried out with interval-valued intuitionistic fuzzy (IVIF) numbers that are successful in expressing linguistic terms.
- ❖ Entegre edilecek yaklaşımların teorik açıdan uyumlu olmasının önemi vurgulanmıştır. / The importance of theoretical compatibility of the approaches to be integrated is emphasized.

Grafik Özet (Graphical Abstract)

Bu çalışmada, ÇKKV problemlerinde ADSB ortam için geliştirilen entropinin performansı incelenmektedir. / In this study, the performance of entropy developed for the IVIF environment in MCDM problems is investigated.



Şekil. Çalışmanın teorik çerçevesi

Amaç (Aim)

Bu çalışma, ÇKKV problemlerinde kriterlerin veya uzman ağırlıklarının hesaplanması ya da alternatiflerin sıralanması için kullanılan ADSB entropinin performansının araştırılması amaçlamaktadır. / This study is aimed to investigate the performance of IVIF entropy used to calculate criteria or expert weights or to rank alternatives in MCDM problems.

Tasarım ve Yöntem (Design & Methodology)

ADSB ortam için önerilen entropinin sahip olduğu teorik özellikler, sayısal örnekler ile ÇKKV problemleri açısından analiz edilmiştir. / The theoretical properties of the entropy proposed for the IVIF environment are analyzed with numerical examples in terms of MCDM problems.

Özgünlük (Originality)

Bu çalışma, ADSB ortam için geliştirilen entropinin, ÇKKV problemlerinde kullanımını, entropinin teorik özelliklerini dikkate alarak inceleyen ilk çalışmadır. / This study is the first study to examine the use of entropy in MCDM problems by considering the axiomatic requirements of the entropy.

Bulgular (Findings)

ADSB entropi, bulanıklığı yada tereddüt düzeyini ölçmek için geliştirildiğinden dolayı ADSB sayıların büyüklüğünü temsil etmede yetersiz kalmaktadır. Entropinin aksiyomatik gerekliliklerinden dolayı ÇKKV problemlerinde beklenen sonuçları sunamadığı görülmektedir. / Since the IVIF entropy measures are developed to measure the level of vagueness or hesitation, these measures are insufficient in representing the magnitude of IVIF numbers. It appears that entropy cannot present the expected results in MCDM problems due to its axiomatic requirements.

Sonuç (Conclusion)

Elde edilen bulgular, entegre edilecek olan yaklaşımların teorik açıdan uyumlu olmasının önemini göstermektedir. / The findings show the importance of the theoretical compatibility of the approaches to be integrated.

Etik Standartların Beyanı (Declaration of Ethical Standards)

Bu makalenin yazar(lar)ı çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler. / The author(s) of this article declare that the materials and methods used in this study do not require ethical committee permission and/or legal-special permission.

Aralık-Değerli Sezgisel Bulanık Ortamda Entropinin Çok Kriterli Karar Verme Problemlerinde Kullanılmasına İlişkin Eleştirel Analiz

Araştırma Makalesi / Research Article

Melda KOKOÇ^{1*}, Süleyman ERSÖZ²

¹Eğitim-Öğretim ve Dış İlişkiler Kurum Koordinatörlüğü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye

²Mühendislik Fakültesi, Endsütri Mühendisliği Bölümü, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale, Türkiye

(Geliş/Received : 06.07.2020 ; Kabul/Accepted : 09.03.2021 ; Erken Görünüm/Early View : 17.03.2021)

ÖZ

Bilgi belirsizliğini ölçmek için geliştirilen entropi, bulanık küme teorisine uyarlandıktan sonra önemli bir kavram olarak literatürde yer edinmiştir. Bulanık entropi, klasik bir kalıptan bulanık paterne geçerken kaybolan ortalama bilgi miktarı olarak kabul edilen durumun belirsizliğinin bir ölçüsünü sunmaktadır. Entropinin kullanıldığı alanlardan biri de çok kriterli karar verme (ÇKKV) problemleridir. ÇKKV problemleri ile ilgili çalışmaların bazılarında, kriter veya uzman ağırlıklarını hesaplamak ya da alternatifleri sıralamak için entropiden yararlanılmaktadır. Bu çalışmada, aralık-değerli sezgisel bulanık (ADSB) ortam için geliştirilen entropi fonksiyonlarının, ÇKKV problemleri ile uyumu araştırılmıştır. Gerçekleştirilen örnek hesaplamalar ve tartışmalar sonucunda, ADSB kümeler için geliştirilen entropi fonksiyonlarının, sahip olduğu teorik özelliklerden dolayı ÇKKV problemlerinde etkili çalışmadığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Aralık-değerli sezgisel bulanık küme, entropi, çok kriterli karar verme.

Critical Analysis on the Using of the Entropy in Multicriteria Decision Making Problems Under Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Environment

ABSTRACT

Entropy, developed to measure information uncertainty, is taken place in the literature as an important concept after adapting to the fuzzy set theory. Fuzzy entropy gives a measure of the uncertainty of the situation, which is considered the average amount of information lost when passing from a classical pattern to the fuzzy pattern. One of the areas where entropy is used is multi-criteria decision making (MCDM) problems. In some of the studies on MCDM problems, entropy is used to calculate weights of criteria or experts, or to rank alternatives. In this study, the compatibility of entropy measures developed for the interval-valued intuitionistic fuzzy (IVIF) environment with MCDM problems is investigated. As a result of the exemplary calculations and discussions, it is seen that the entropy functions developed for ADSB clusters does not work effectively in MCDM problems due to its theoretical properties.

Keywords: Interval -valued intuitionistic fuzzy sets, entropy, multi-criteria decision making.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Çok kriterli karar verme, birden fazla ölçütle karakterize edilen alternatiflerin önceliklendirilmesi, seçilmesi veya değerlendirilmesi ile ilgili bir araştırma alanıdır [1]. Gün içinde birçok konu hakkında karar verilmesi gerekmektedir ve bu karar süreci çeşitli belirsizlik ve tereddüt içermektedir. Dubois ve Prade [2] ve Klir [3] gerçek hayat problemlerinin içerdiği belirsizliği, muğlaklık (ambiguity) ve müphemlik (vagueness) olarak iki başlık altında incelemiştir. Muğlaklık, bire çok ilişkilerle ilişkilirken, yani, iki veya daha fazla alternatif

arasındaki seçimin belirsiz bırakıldığı durumlar ile ilgilidir. Müphemlik ise dünyada keskin veya net ayrımlar yapmanın zorluğu ile ilişkilidir; yani, bazı ilgi alanları keskin sınırlarla sınırlanamazsa müphemdir [4]. Bu inkâr edilemez belirsizlik, karar alma sürecinde, özellikle ÇKKV problemlerinde yaygın olarak bilinmekte ve kabul edilmektedir [1]. Bu belirsizliğin ve bulanıklığın üstesinden gelmek için Zadeh [5] tarafından bulanık küme (BK) teorisi geliştirilmiştir. BK teorisi, güçlü bir araç olmasına rağmen dilsel terimleri sadece üyelik derecesi ile karakterize etmesinden dolayı yetersiz bulunmuştur. Atanassov [6] tarafından 1986 yılında BK

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)
e-posta: meldakoc@gazi.edu.tr

Çizelge 1. Literatür araştırması (Literature review)

Kaynak	Yöntem	Uygulama Alanı
Ye [24]	ÇKKV model önerisi	Yatırım stratejisi seçim problemi
Park vd. [12]	ADSB-TOPSIS	Havalandırma sistemi seçim problemi
Park vd. [11]	ADSB-VIKOR	Stratejik karar verme problemi
Zhang vd. [29]	ÇKKV model önerisi	Tedarikçi seçim problemi
Qi vd. [23]	ÇKKV model önerisi	ERP seçim problemi
Wei vd. [22]	ÇKKV model önerisi	Açıklayıcı örnek
Chen vd. [30]	ÇKKV model önerisi	Tedarikçi seçim problemi
Razavi Hajiagha vd.[13]	ADSB-COPRAS	Yatırım değerlendirme ve bakım hizmeti sağlayacak firma seçim problemi
Wu vd. [14]	ADSB-AHP	E-Ticaret işletmesi seçim problemi
Ye [19]	ÇKKV model önerisi	Yatırım stratejisi seçimi ve tedarikçi seçim problemi
Guo ve Song [21]	ÇKKV model önerisi	Tarımsal-ekolojik bölgelere öncelik verilmesi problemi
Long ve Geng [15]	ADSB-TOPSIS	Fotovoltaik panel seçim problemi
Wei ve Zhang [20]	ÇKKV model önerisi	Klima sistemi seçim problemi
Abdullah ve Najib [34]	ADSB-AHP	Üç farklı çalışmanın örnekleri
Chen [16]	ADSB-ELECTRE	Havza yeri seçim problemi
Liu ve Qin [31]	ADSB-VIKOR	Açıklayıcı örnek
Wang vd.[27]	ADSB-COPRAS, ADSB-ANP	Hastane hizmet ortamı için hata türleri ve etkileri analizi problemi
Kong vd. [18]	ÇKKV model önerisi	Tehdit değerlendirme problemi
Rani vd. [26]	ADSB-VIKOR ve Shapley değeri	Yatırım stratejisi seçim problemi
Xian vd. [32]	ADSB-TOPSIS	Yatırım stratejisi seçim problemi
Abdullah vd. [25]	ADSB-DEMATEL ve Choquet integrali	Sürdürülebilir katı atık yönetimi değerlendirilme problemi
Mishra vd. [33]	ADSB-COPRAS	Tehlikeli atık geri dönüşümünde sağlık hizmeti değerlendirme problemi
Wang ve Shi [17]	ÇKKV model önerisi	Şehir içi raylı ulaşım hizmet kalitesi değerlendirilme problemi

teorisi, sezgisel bulanık (SB) küme teorisine genişletilmiştir. SB küme teorisinde, bir elemanın kümeye aitlik durumu, üyelik derecesi, üye olmama derecesi ve tereddüt derecesi olmak üzere üç derece ile temsil edilmektedir. SBK teorisinin, değerlendirme veya seçim durumlarında yaşanan tereddüt de kapsamı, birçok araştırmacı tarafından ilgi görmesini sağlamıştır. Ünlü bir monografide Pedrycz [7], üyelik derecesinin ve üye olmama derecesinin tek bir değer ile ifade edilmesinin yeterince gerçekçi ve teknik olarak yeterli olmadığını belirtmiştir. Gerçeğe daha yakın sonuçlar elde edebilmek için Atanassov and Gargov [8], 1989 yılında SB küme teorisini, aralık-değerli sezgisel bulanık küme (ADSB) küme teorisine genişletmiştir. ADSB küme teorisinde elemanları karakterize eden üç derece (üyelik derecesi, üye olmama derecesi ve tereddüt derecesi) tek bir değer yerine aralıklı değerler ile ifade edilmektedir. Literatürdeki çeşitli çalışmalar [9, 10] da belirsizliği ve bulanıklığı ifade etme konusunda ADSB küme teorisinin SB küme teorisinden daha etkili ve esnek olduğunu savunmuştur.

Birçok yazar ADSB ortamında ÇKKV problemlerini çözmek için çeşitli çalışmalar gerçekleştirmiştir. Son 20 yıl içinde yapılan çalışmalar incelendiğinde; bazılarının [11-16] geleneksel ÇKKV yöntemlerini ADSB kümeler için genişlettiği, bazılarının [17-24] yeni bir model önerdiği, bazılarının [25-27] ise genişletilen ÇKKV yöntemlerini entegre ederek yeni bir yaklaşım sunduğu görülmektedir. Bu yöntemler arasında, alternatifleri sıralamak, uzman ağırlıkları veya kriterlerin önem derecesi belirlemek için entropi fonksiyonu geliştiren [21-24, 26, 28-33] veya geliştirilen entropi

fonksiyonlarını kullanan çalışmalar [15, 17-19, 25, 34] da mevcuttur.

Termodinamik sistemlerin bir özelliği olarak tanınan entropi, Shannon [35] tarafından bilgi belirsizliğini ölçmek için bilgi teorisine uyarlanmıştır [31]. Daha sonra, Zadeh [36] bulanıklığı ölçmek için entropiyi BK teorisi için geliştirmiştir. BK teorisinde de entropi adının seçilme sebebi, denklemin Shannon entropi formu ile özdeş bir benzerliğe sahip olmasıdır. Ancak iki entropi formunun belirsizlik türleri farklıdır. Shannon entropisi, rastgele bir deneyde sonuçların tahmini ile ilişkili bitlerdeki ortalama belirsizliği ölçerken bulanık kümenin entropisi, bulanık bir kümedeki bulanıklık derecesini tanımlamaktadır. Bulanık entropi fonksiyonu, klasik bir kalıptan bulanık kalıba geçerken kaybolan ortalama bilgi miktarı olarak kabul edilen belirsizliğin küresel bir ölçüsünü sunmaktadır. Burillo ve Bustince [37], 1996 yılında sezgisel bulanık kümelerde tereddüt derecesini ölçmek için SB entropiyi tanımlamıştır. Daha sonra Liu vd. [38], ADSB entropinin aksiyomatik tanımını sunmuştur. Daha sonra birçok yazar, ADSB kümeler için çeşitli entropi modelleri geliştirmiştir.

Bu çalışma kapsamında entropinin sahip olduğu aksiyomatik gereksinimlerden dolayı ÇKKV problemlerinde etkili çalışmama durumu tartışılmıştır ve bu durumun öngörülen sebepleri örnek hesaplamalar ile açıklanmıştır. Bölüm 2’de ADSB küme teorisi ile ilgili temel tanımlar sunulmuştur. Bölüm 3’te entropi modellerinin sahip olması gereken aksiyomatik tanım açıklanmıştır. Ek olarak, önceki çalışmalarda kullanılan ADSB ortamda geliştirilmiş ya da kullanılmış olan entropi fonksiyonlarına yer verilmiştir. Bölüm 4’te

entropi fonksiyonlarının ÇKKV yaklaşımlarında etkin sonuçlar verememe durumu sayısal örnekler ile açıklanmıştır. Bölüm 5'te önceki çalışmalarda yer alan iki farklı vaka çalışmasının verisi ile entropi teorisini kullanan iki farklı yöntem analiz edilmiş ve sonuçların Bölüm 4'te sunulan tartışmayı destekler nitelikte olduğu görülmüştür. Sonuç bölümünde ise genel bir değerlendirme yapılarak çalışma özetlenmiştir.

2. TEMEL TANIMLAR (BASIC DEFINITIONS)

Bu bölümde ADSB kümeler ile ilgili temel tanımlar sunulmuştur.

Tanım 2.1. X 'in bir söylem evreni ve A 'nın ADSB küme olduğu varsayımı altında $\mu_A(x)$ ve $\nu_A(x)$ kapalı aralıkları sırası ile x 'in A kümesine üye olma ve üye olmama derecelerini göstermektedir. Bu derece aralıklarının alt ve üst sınırları, $\mu_A(x) = [\mu_A^L(x), \mu_A^U(x)]$ ve $\nu_A(x) = [\nu_A^L(x), \nu_A^U(x)]$ ile temsil edilmektedir. Böylece ADSB sayı Eşitlik 1'de sunulan şekilde temsil edilmektedir [8].

$$A = \left\{ x, [\mu_A^L(x), \mu_A^U(x)], [\nu_A^L(x), \nu_A^U(x)] \mid x \in X \right\} \quad (1)$$

Tanım 2.2. ADSB küme A için tereddüt derecesi Eşitlik (2)'deki gibi hesaplanmaktadır [8].

$$\begin{aligned} \pi_A(x) &= [\pi_A^L(x), \pi_A^U(x)] \\ &= [(1 - \mu_A^U(x) - \nu_A^U(x)), (1 - \mu_A^L(x) - \nu_A^L(x))] \end{aligned} \quad (2)$$

Tanım 2.3. A_1 ve A_2 iki farklı ADSB sayı ve $\delta > 0$ olmak üzere temel işlevler ve ilişkiler aşağıda sunulmuştur [8, 39].

$$A_1 + A_2 = \left[\begin{array}{c} [\mu_{A_1}^L(x) + \mu_{A_2}^L(x) - \mu_{A_1}^L(x)\mu_{A_2}^L(x), \\ \mu_{A_1}^U(x) + \mu_{A_2}^U(x) - \mu_{A_1}^U(x)\mu_{A_2}^U(x)] \\ [v_{A_1}^L(x) + v_{A_2}^L(x) - v_{A_1}^L(x)v_{A_2}^L(x), \\ v_{A_1}^U(x) + v_{A_2}^U(x) - v_{A_1}^U(x)v_{A_2}^U(x)] \end{array} \right] \quad (3)$$

$$A_1 A_2 = \left[\begin{array}{c} [\mu_{A_1}^L(x)\mu_{A_2}^L(x), \mu_{A_1}^U(x)\mu_{A_2}^U(x)], \\ [v_{A_1}^L(x) + v_{A_2}^L(x) - v_{A_1}^L(x)v_{A_2}^L(x), \\ v_{A_1}^U(x) + v_{A_2}^U(x) - v_{A_1}^U(x)v_{A_2}^U(x)] \end{array} \right] \quad (4)$$

$$A_1 \cap A_2 = \left[\begin{array}{c} [\min(\mu_{A_1}^L(x), \mu_{A_2}^L(x)), \\ \min(\mu_{A_1}^U(x), \mu_{A_2}^U(x))] \\ [\max(v_{A_1}^L(x), v_{A_2}^L(x)), \\ \max(v_{A_1}^U(x), v_{A_2}^U(x))] \end{array} \right] \quad (5)$$

$$A_1 \cup A_2 = \left[\begin{array}{c} [\max(\mu_{A_1}^L(x), \mu_{A_2}^L(x)), \\ \max(\mu_{A_1}^U(x), \mu_{A_2}^U(x))] \\ [\min(v_{A_1}^L(x), v_{A_2}^L(x)), \\ \min(v_{A_1}^U(x), v_{A_2}^U(x))] \end{array} \right] \quad (6)$$

$$\delta A = \left[\begin{array}{c} [(1 - (1 - \mu_A^L(x))^\delta), (1 - (1 - \mu_A^U(x))^\delta)], \\ [(v_{A_1}^L(x))^\delta, (v_{A_1}^U(x))^\delta] \end{array} \right] \quad (7)$$

$$A^\delta = \left[\begin{array}{c} [(\mu_{A_1}^L(x))^\delta, (\mu_{A_1}^U(x))^\delta], \\ [(1 - (1 - v_{A_1}^L(x))^\delta), \\ (1 - (1 - v_{A_1}^U(x))^\delta)] \end{array} \right] \quad (8)$$

Tanım 2.4. A_1 ve A_2 iki farklı ADSB sayı olmak üzere $A_1 \subseteq A_2$ olması için $\mu_{A_1}^L(x) \leq \mu_{A_2}^L(x)$, $\mu_{A_1}^U(x) \leq \mu_{A_2}^U(x)$, $\nu_{A_1}^L(x) \geq \nu_{A_2}^L(x)$ ve $\nu_{A_1}^U(x) \geq \nu_{A_2}^U(x)$ şartlarının sağlanması gerekmektedir [39].

3. ENTROPİNİN ÖZELLİKLERİ VE ÇKKV PROBLEMLERİNDE KULLANIMI (PROPERTIES OF ENTROPY AND ITS USE IN MCDM PROBLEMS)

ÇKKV yaklaşımlarında, dilsel terimlere karşılık gelen ADSB sayılar ile işlem gerçekleştirilmektedir. Alternatiflerin kıyaslanması veya kriterlerin önem derecelerinin belirlenmesi sürecinde bu ADSB değerler kullanılmaktadır. ADSB sayıların kıyaslanması veya sıralanması için temel olarak Tanım 2.4'ten yararlanılmaktadır. Ancak ÇKKV problemlerinde farklı uzmanlar tarafından belirtilen görüşlerin birleştirilmesi ile elde edilen ADSB değerler, bazı durumlarda Tanım 2.4 ile kıyaslanamamaktadır. Örneğin $A = [0, 20, 0, 25], [0, 30, 0, 35]$ ve $B = [0, 25, 0, 30], [0, 40, 0, 45]$ uzman görüşlerinin birleştirilmesi ile elde edilmiş iki ADSB sayı olmak üzere Tanım 2.4 dikkate alındığında $\mu_A^L(x) \leq \mu_B^L(x)$ ve $\mu_A^U(x) \leq \mu_B^U(x)$ durumuna göre $A \subseteq B$ iken $\nu_A^L(x) \leq \nu_B^L(x)$ ve $\nu_A^U(x) \leq \nu_B^U(x)$ durumuna göre $A \supseteq B$ 'dir. Dolayısı ile Tanım 2.4 kullanılarak kıyaslanamayan veya sıralanamayan ADSB sayılar için çeşitli yaklaşımlar geliştirilmiştir.

Entropi, ADSB sayıların bulanıklık düzeyi ile ilgilenmekte iken ÇKKV problemlerinde, ADSB sayıların bulanıklığından ziyade büyüklüğü dikkate alınmaktadır. Ancak, ÇKKV problemleri ile yapılmış önceki çalışmalar incelendiğinde bazılarının bulanıklık ölçüsü olan entropi fonksiyonlarını, kriter ağırlıklarını hesaplamak [19, 21, 24, 28, 29, 33, 40, 41], uzman ağırlıklarını hesaplamak [19, 20] ya da alternatifleri sıralamak [42-44] için kullanıldığı görülmüştür. Söz konusu çalışmalardan bazıları [20, 21, 24, 28, 29, 40-42,

44, 45] kendi geliştirdiği entropi fonksiyonlarını kullanırken, bazıları ise [17-19, 25, 34] önceki çalışmalarda geliştirilen entropi fonksiyonlarını kullanmıştır.

Tanım 3.1. A bir ADSB sayı olmak üzere, $E \rightarrow [0,1]$ entropi fonksiyonunun aşağıdaki özellikleri sağlaması gerekmektedir [38]:

- (1) Eğer $A = ([1,1],[0,0])$ veya $A = ([0,0],[1,1])$, $\forall x \in X$ ise $E(A) = 0$
- (2) Eğer $[\mu_A^L(x), \mu_A^U(x)] = [v_A^L(x), v_A^U(x)]$, $\forall x \in X$ ise $E(A) = 1$.
- (3) $E(A) = E(A^c)$
- (4) Eğer $\mu_A^L(x) \leq v_A^L(x)$ ve $\mu_A^U(x) \leq v_A^U(x)$ olduğu zaman $A \subseteq B$ ise $E(A) \leq E(B)$.

ÇKKV problemlerinde çeşitli amaçlar için kullanılan entropi fonksiyonları incelendiğinde, söz konusu fonksiyonların, ÇKKV problemleri ile uyumlu çalışmadığı fark edilmiştir. Bu durumu göstermek için yapılacak hesaplamalarda, ÇKKV yaklaşımlarında kullanılan ve aşağıda sunulan bazı entropi fonksiyonlarından yararlanılmıştır.

- Ye [24] tarafından sunulan entropi fonksiyonu Eşitlik 9’da sunulmaktadır.

$$E_Y(A) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left\{ \begin{aligned} & \left[\frac{\pi \times \left[\begin{aligned} & 1 + \mu_A^L(x_i) + p(\mu_A^U(x_i) - \mu_A^L(x_i)) \\ & -v_A^L(x_i) - q(v_A^U(x_i) - v_A^L(x_i)) \end{aligned} \right]}{4} + \right. \\ & \left. \frac{\pi \times \left[\begin{aligned} & 1 - \mu_A^L(x_i) - p(\mu_A^U(x_i) - \mu_A^L(x_i)) + \\ & v_A^L(x_i) + q(v_A^U(x_i) - v_A^L(x_i)) \end{aligned} \right]}{4} - 1 \right] \\ & \times \frac{1}{\sqrt{2}-1} \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

- Wei vd. [22] tarafından sunulan entropi fonksiyonu Eşitlik 10’da sunulmaktadır.

$$E_{WWZ}(A) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{2 - |\mu_A^L(x_i) - v_A^L(x_i)| - |\mu_A^U(x_i) - v_A^U(x_i)| + \pi_A^L(x_i) + \pi_A^U(x_i)}{2 + |\mu_A^L(x_i) - v_A^L(x_i)| + |\mu_A^U(x_i) - v_A^U(x_i)| + \pi_A^L(x_i) + \pi_A^U(x_i)} \right) \quad (10)$$

- Qi vd. [23] tarafından sunulan entropi fonksiyonu Eşitlik 11’de sunulmaktadır.

$$E_{QLZD}(A) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(1 - \sqrt{\frac{(\mu_A^L(x_i) - 0,5)^2 + (\mu_A^U(x_i) - 0,5)^2}{+(v_A^L(x_i) - 0,5)^2 + (v_A^U(x_i) - 0,5)^2}} \right) \quad (11)$$

- Chen vd. [30] tarafından sunulan entropi fonksiyonu Eşitlik 12’de sunulmaktadır.

$$E_{CWWY}(A) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \cot \left(\frac{\pi}{4} + \frac{|\mu_A^L(x_i) - v_A^L(x_i)| + |\mu_A^U(x_i) - v_A^U(x_i)|}{4(4 - \mu_A^L(x_i) - v_A^L(x_i) - \mu_A^U(x_i) - v_A^U(x_i))} \pi \right) \quad (12)$$

- Xian vd. [32] tarafından sunulan entropi fonksiyonu Eşitlik 13’te sunulmaktadır.

$$E_{XDLJ}(A) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{2} \left(\frac{\left(\frac{|\mu_A^L(x_i) - v_A^L(x_i)| + |\mu_A^U(x_i) - v_A^U(x_i)|}{2} \right)^*}{\left(1 + \frac{\pi_A^L(x_i) + \pi_A^U(x_i)}{2} \right)} \right) \quad (13)$$

- Mishra vd. [33] tarafından sunulan entropi fonksiyonu Eşitlik 14’te sunulmaktadır.

$$E_{MRMPGA}(A) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\begin{aligned} & \left[1 + \frac{1}{2} \left(\frac{\min(\mu_A^L(x_i), v_A^L(x_i)) + \min(\mu_A^U(x_i), v_A^U(x_i))}{\pi_A^L(x_i) + \pi_A^U(x_i)} \right) \right] \\ & \times e^{\left(\frac{1}{2} [\max(\mu_A^L(x_i), v_A^L(x_i)) + \max(\mu_A^U(x_i), v_A^U(x_i)) + \pi_A^L(x_i) + \pi_A^U(x_i)] \right)} \\ & - \frac{1}{2} \left(\frac{\max(\mu_A^L(x_i), v_A^L(x_i)) + \max(\mu_A^U(x_i), v_A^U(x_i))}{\pi_A^L(x_i) + \pi_A^U(x_i)} \right) \\ & \times e^{\left(\frac{1}{2} [\min(\mu_A^L(x_i), v_A^L(x_i)) + \min(\mu_A^U(x_i), v_A^U(x_i)) + \pi_A^L(x_i) + \pi_A^U(x_i)] \right)} \end{aligned} \right) \quad (14)$$

Ye [24], alternatiflerin değerlendirildiği kriterler arasından entropi değeri daha küçük olanın karar vericilere daha faydalı bilgiler sağladığını, bu nedenle, söz konusu kriterde daha büyük bir ağırlık verilmesi gerektiğini belirtmiştir. Bu bakış açısı ile entropi değerini kullanarak ağırlık değeri hesaplamak için Eşitlik 15’i önermiştir. Burada w_i i kriterinin ağırlığını, n kardinaliteyi ve E_i i kriterinin entropi değerini temsil etmektedir. Kriter veya uzman ağırlıklarını hesaplamak için entropi teorisini kullanan bazı çalışmalar ar [19-21, 34, 41], entropi değerlerini ağırlıklara dönüştürmek için Eşitlik 15’ten yararlanılmıştır.

$$w_i = \frac{1 - E_i}{n - \sum_{i=1}^n E_i} \quad (15)$$

Zhang vd. [45] ve Zhang vd. [42] de benzer görüş ile entropi ne kadar büyük ise bilginin o kadar az olduğunu ifade etmiştir. Bu nedenle, her iki çalışmada [42, 45] da alternatifler sıralanırken entropi değeri ile elde edilen sıralamanın tersi kullanılmıştır. Benzer şekilde, Zhao ve Xu [43], alternatifleri sıralamak için w_j kriter ağırlığı, n

kardinaliteyi ve E_{ij} , i alternatifinin j kriterine ilişkin entropi değerini temsil etmek üzere entropi değerlerini sıralama değerlerine dönüştürmek için Eşitlik 16'yı kullanmıştır.

$$D_i = 1 - \sum_{j=1}^n w_j E_{ij} \quad (16)$$

4. ELEŞTİREL ANALİZ (CRITICAL ANALYSIS)

ÇKKV yaklaşımları ile entropi fonksiyonlarının uyumlu çalışmamasının öngörülen sebepleri, Tanım 3.1.'de sunulan özellikler temel alınarak örnekler ile aşağıda açıklanmıştır.

Özellik 1. Eğer $A = ([1,1],[0,0])$ veya $A = ([0,0],[1,1])$, $\forall x \in X$ ise $E(A) = 0$

Birinci özelliğe göre ADSB sayılarının en yüksek $([1,1],[0,0])$ ve en düşük $([0,0],[1,1])$ değerlerinin tereddüt derecesi $[0,0]$ 'dır. Yani, belirsizlik ve bulanıklık durumu olmamasından dolayı entropi değeri 0'dır.

ÇKKV yöntemlerinde, uzmanları, kriterleri veya alternatifleri değerlendirirken ölçeklerden yararlanılmaktadır. Bu ölçeklerde, değerlendiricinin belirtmiş olduğu dilsel terime karşılık gelen ADSB sayılar yer almaktadır. Dilsel terimlere karşılık gelen ADSB sayılar, dilsel terimin temsil ettiği önem duruma göre Tanım 2.4'ü sağlamak koşuluyla örneği Çizelge 2'de sunulduğu şekilde $([0,0],[1,1])$ ve $([1,1],[0,0])$ arasında artan ya da $([1,1],[0,0])$ ve $([0,0],[1,1])$ arasında azalan değerler almaktadır [15, 16, 25, 27, 33, 34, 46-51].

Çizelge 2. Dilsel değişkenler ve karşılık gelen ADSB sayılar [25] (Linguistic variables and correspondings ADSB numbers)

Dilsel Değişken	ADSB Sayı
Çok Düşük	ÇD [0.050, 0.150], [0.750, 0.850]
Düşük	D [0.175, 0.325], [0.525, 0.675]
Orta	O [0.450, 0.550], [0.350, 0.450]
Yüksek	Y [0.725, 0.775], [0.175, 0.225]
Çok Yüksek	ÇY [0.875, 0.925], [0.025, 0.075]

ÇKKV problemlerinde kriterleri ya da alternatifleri ağırlıklandırmak veya sıralamak için entropi fonksiyonları kullanıldığında Tanım 3.1.'de sunulan birinci özellikten dolayı $([1,1],[0,0])$ 'a yaklaşan değerlerin entropisi ile $([0,0],[1,1])$ 'a yaklaşan değerlerin entropisi birbirlerine yakınlaşmakta, dolayısı ile ağırlıkları veya sıralama değerleri birbirine yakın olmaktadır. Ancak, ÇKKV yaklaşımlarında beklenen durum, $([1,1],[0,0])$ 'a yaklaşan ADSB sayılar ile $([0,0],[1,1])$ 'a yaklaşan ADSB sayılarının ağırlıklarının birbirinden uzaklaşmasıdır. Bir başka deyişle, ÇKKV problemlerinde amaç, ADSB sayısının içerdiği bulanıklığı

belirlemek değil, sayının temsil ettiği büyüklüğe göre ağırlık veya sıralama değeri sunmaktır. Bu nedenle, entropi ile ÇKKV yaklaşımları uyumluluk göstermemektedir. Bu durumu sayısallaştırmak için Örnek 1 hazırlanmıştır.

Örnek 1. Alternatiflerin sıralanması sürecinde beş farklı kriterin etkili olduğu ve uzmanların görüşlerinin entegre edilmesi ile elde edilen ADSB sayılarının $K_1 = [0,01,0,03],[0,85,0,90]$, $K_2 = [0,70,0,75],[0,15,0,20]$, $K_3 = [0,30,0,35],[0,45,0,55]$, $K_4 = [0,90,0,92],[0,02,0,04]$, $K_5 = [0,10,0,15],[0,75,0,85]$ olduğu varsayalım. Bu beş kritere karşılık gelen ADSB sayılar, Tanım 2.4'e göre $K_4 > K_2 > K_3 > K_5 > K_1$ şeklinde sıralanmaktadır. Dolayısı ile kriter ağırlıklarının w_i sırasının da $w_4 > w_2 > w_3 > w_5 > w_1$ olması beklenmektedir.

Beş kritere karşılık gelen ADSB sayılara ilişkin, Eşitlik 9 ile Eşitlik 14 arasındaki entropi fonksiyonları ile hesaplanan entropi değerleri Çizelge 3'te ve Eşitlik 15 kullanılarak hesaplanan ağırlıklar Çizelge 4'te sunulmuştur. Ağırlıklar ile elde edilen sıralamanın $w_4 > w_1 > w_5 > w_2 > w_3$ olduğu ve bu sıralamanın, beklenen sıralama ile uyuşmadığı görülmektedir. Entropi fonksiyonlarının sahip olması gereken birinci özellikten dolayı $([1,1],[0,0])$ 'a yaklaşan $K_4 = [0,90,92],[0,02,0,04]$ ADSB sayısının entropisi ile $([0,0],[1,1])$ 'a yaklaşan $K_1 = [0,01,0,03],[0,85,0,90]$ ADSB sayısının entropisinin birbirlerine yaklaşmasından dolayı beklenen sıralamanın sunulamadığı görülmüştür.

Özellik 2. Eğer $[\mu_A^L(x), \mu_A^U(x)] = [v_A^L(x), v_A^U(x)]$, $\forall x \in X$ ise $E(A) = 1$.

İkinci özelliğe göre bir ADSB sayının üyelik fonksiyonunun alt ve üst sınır değerleri ile üye olmama fonksiyonunun alt ve üst sınır değerleri birbirine eşit ise bu ADSB sayının entropi değeri, en yüksek entropi değeri olan 1'e eşittir.

ÇKKV problemlerinde, karşılaştırmalı analiz yapılırken birine karşı üstünlüğü olmayan, yani birbirine eşit olduğu düşünülen durumlar için $([0,50,0,50],[0,50,0,50])$ ADSB sayısı kullanılmaktadır [48-51]. Bu sayı, ikinci kural dikkate alındığında en yüksek entropi ve en düşük ağırlığa sahiptir. Ancak, ÇKKV problemlerinde $([0,50,0,50],[0,50,0,50])$ ADSB sayısı, en düşük değere sahip ADSB sayı değildir. İkinci entropi özelliğinin, ÇKKV yaklaşımları ile uyumlu olmadığını sayısal değerler ile göstermek için Örnek 2 sunulmuştur.

Çizelge 3. Örnek 1 için entropi değerleri (Entropy values for Example 1)

	ADSB sayılar				Ye [24]	Chen vd. [30]	Wei vd. [22]	Xian vd. [32]	Mishra vd. [33]	Qi vd. [23]
K1	0,01	0,03	0,85	0,90	0,259	0,180	0,128	0,160	0,223	0,138
K2	0,70	0,75	0,15	0,20	0,686	0,414	0,333	0,495	0,541	0,439
K3	0,30	0,35	0,45	0,55	0,968	0,790	0,741	0,969	0,869	0,740
K4	0,90	0,92	0,02	0,04	0,216	0,134	0,093	0,127	0,176	0,118
K5	0,10	0,15	0,75	0,85	0,531	0,301	0,229	0,349	0,411	0,316

Çizelge 4. Örnek 1 için kriter ağırlıkları (Criteria' weights for Example 1)

	ADSB sayılar				Ye [24]	Chen vd. [30]	Wei vd. [22]	Xian vd. [32]	Mishra vd. [33]	Qi vd. [23]
K1	0,01	0,03	0,85	0,90	0,317	0,258	0,251	0,290	0,280	0,265
K2	0,70	0,75	0,15	0,20	0,134	0,184	0,192	0,174	0,165	0,173
K3	0,30	0,35	0,45	0,55	0,014	0,066	0,075	0,011	0,047	0,080
K4	0,90	0,92	0,02	0,04	0,335	0,272	0,261	0,301	0,296	0,272
K5	0,10	0,15	0,75	0,85	0,200	0,220	0,222	0,224	0,212	0,210

Çizelge 5. Örnek 2 için entropi değerleri (Entropy values for Example 2)

	ADSB sayılar				Ye [24]	Chen vd. [30]	Wei vd. [22]	Xian vd. [32]	Mishra vd. [33]	Qi vd. [23]
A1	0,05	0,10	0,75	0,80	0,497	0,317	0,243	0,345	0,409	0,282
A2	0,50	0,50	0,50	0,50	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
A3	0,40	0,45	0,55	0,65	0,968	0,751	0,696	0,804	0,853	0,806
A4	0,60	0,65	0,05	0,10	0,686	0,487	0,405	0,585	0,600	0,372
A5	0,25	0,35	0,70	0,75	0,812	0,475	0,393	0,561	0,632	0,567

Çizelge 6. Örnek 2 için alternatiflerin ağırlıkları (Alternatives' weights for Example 2)

	ADSB sayılar				Ye [24]	Chen vd. [30]	Wei vd. [22]	Xian vd. [32]	Mishra vd. [33]	Qi vd. [23]
A1	0,05	0,10	0,75	0,80	0,485	0,347	0,334	0,384	0,392	0,364
A2	0,50	0,50	0,50	0,50	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
A3	0,40	0,45	0,55	0,65	0,031	0,126	0,134	0,115	0,098	0,098
A4	0,60	0,65	0,05	0,10	0,302	0,260	0,263	0,243	0,266	0,319
A5	0,25	0,35	0,70	0,75	0,182	0,267	0,268	0,258	0,244	0,219

Örnek 2. Farklı ağırlıklara sahip kriterler dikkate alınarak beş farklı alternatifte ilişkin uzman görüşlerinin birleştirilmesi ile elde edilen ADSB sayılarının $A_1 = [0,05,0,10],[0,75,0,80]$,

$$A_2 = [0,50,0,50],[0,50,0,50],$$

$$A_3 = [0,40,0,45],[0,55,0,65],$$

$$A_4 = [0,60,0,65],[0,05,0,10],$$

$A_5 = [0,25,0,35],[0,70,0,75]$ olduğu varsayımı altında, beş alternatifin Tanım 2.4'e göre sıralamasının $A_4 > A_2 > A_3 > A_5 > A_1$ olması beklenmektedir.

Beş kritere karşılık gelen ADSB sayılarına ilişkin, Eşitlik 11 ile Eşitlik 16 arasındaki entropi fonksiyonları ile hesaplanan entropi değerleri Çizelge 5'te ve Eşitlik 18 kullanılarak hesaplanan ağırlıklar Çizelge 6'da sunulmuştur. Çizelge 5 ve Çizelge 6 incelendiğinde Wei vd.[22] ve Xian vd.[32] tarafından önerilen entropi fonksiyonları ile elde edilen sıralamanın $A_1 > A_5 > A_4 > A_3 > A_2$, diğer entropi fonksiyonları ile elde edilen sıralamanın $A_1 > A_4 > A_5 > A_3 > A_2$ olduğu, yani beklenen sıralamanın sunulmadığı görülmektedir. Bu durumun, Tanım 3.1'de sunulan entropinin ikinci özelliğinde belirtildiği üzere $([0,50,0,50],[0,50,0,50])$

ADSB sayısında olduğu gibi üyelik derecesi ve üye olmama derecesinin alt ve üst sınır değerleri birbirine yaklaştığında entropi değerinin artmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Söz konusu özellikten dolayı $([0,50,0,50],[0,50,0,50])$ ADSB sayısı en

yüksek entropiye ve en düşük ağırlığa sahip iken aynı forma yakın olan $[0,40,0,45],[0,55,0,65]$ ADSB sayısı da en yüksek ikinci entropiye ve en düşük ikinci ağırlığa sahip olmuştur.

Özellik 3. $E(A) = E(A^c)$

Üçüncü özelliğe göre bir ADSB sayının entropisi ile söz konusu sayının tümleyeninin entropisi eşittir.

ÇKKV yaklaşımlarında, hazırlanan karşılaştırma matrislerinde $R = r_{ij} = ([\mu_{ij}^L, \mu_{ij}^U], [v_{ij}^L, v_{ij}^U])$ (Eşitlik 19), diyagonal eksenin altı, diyagonal eksenin üstünde yer alan ADSB sayılarının tümleyeni kullanılarak, yani $r_{ji} = (r_{ij})^c = ([v_{ij}^L, v_{ij}^U], [\mu_{ij}^L, \mu_{ij}^U])$ olacak şekilde, hazırlanmaktadır [34, 46, 48-51]. Tanım 2.4'e göre $r_{ij} \neq r_{ji}$ iken ADSB sayı ile tümleyeninin değeri birbirine eşit değildir. Bu durum, entropi fonksiyonları ile elde edilen sıralamanın, ÇKKV yaklaşımları ile elde edilen sıralama ile uyumsuz olmasına neden olmaktadır ve bu durum Örnek 3 ile açıklanmaktadır.

$$R = \begin{matrix} & K_1 & K_2 & \cdots & K_n \\ K_1 & r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ K_2 & r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ K_n & r_{n1} & r_{n2} & \cdots & r_{nn} \end{matrix} \quad (17)$$

Örnek 3. ÇKKV problemine ilişkin karar verilmesi için altı farklı uzmandan görüş alındığı varsayılsın. Uzmanların ağırlıklandırılması için söz konusu probleme ilişkin bilgi birikimi ve tecrübeleri dikkate alınarak uzmanlara atanan ADSB sayılarının

$$U_1 = [0, 05, 0, 10], [0, 75, 0, 80],$$

$$U_2 = [0, 75, 0, 80], [0, 05, 0, 10],$$

$$U_3 = [0, 40, 0, 45], [0, 55, 0, 65],$$

$$U_4 = [0, 60, 0, 65], [0, 25, 0, 30],$$

$$U_5 = [0, 25, 0, 35], [0, 60, 0, 65],$$

$$U_6 = [0, 55, 0, 65], [0, 40, 0, 45]$$

olduğu düşünülerek altı uzmanın ağırlığının sıralamasının Tanım 2.4'e göre $U_2 > U_4 > U_6 > U_3 > U_5 > U_1$ olması beklenmektedir.

Altı uzmana atanan ADSB sayılarının entropi değerleri, Eşitlik 9 ile Eşitlik 14 arasındaki entropi fonksiyonları ile hesaplanarak Çizelge 7'de ve bu entropi değerleri ile elde edilen ağırlıklar Çizelge 8'de sunulmuştur. Entropi fonksiyonlarının sahip olması gereken üçüncü özelliğe göre, ADSB sayısının, tümleyeni ile eşit entropi değerine sahip olması gerektiği için uzmanların sıralaması $U_1 = U_2 > U_4 = U_5 > U_3 = U_6$ olarak elde edilmiş ve beklenen uzman ağırlığı sıralaması sunulamamıştır.

Özellik 4. Eğer $\mu_A^L(x) \leq \nu_A^L(x)$ ve $\mu_A^U(x) \leq \nu_A^U(x)$ olduğu zaman $A \subseteq B$ ise $E(A) \leq E(B)$.

Dördüncü özelliğe göre iki ADSB sayıdan kapsayan sayı daha bulanıktır, entropi değeri daha yüksektir dolayısı ile ağırlığı daha düşüktür.

ÇKKV yaklaşımlarında [15, 16, 25, 27, 33, 34, 46-51], ADSB sayısının büyüklüğü Tanım 2.4 temel alınarak işleme alındığı için iki ADSB sayıdan kapsayan sayının ağırlığı Tanım 2.4'e göre daha yüksektir. Bu özellik ile de entropi ve ÇKKV yaklaşımı uyuşmamaktadır. Bu uyumsuzluğu sayısal olarak göstermek için Abdullah vd. [25]'nin çalışmasında ÇKKV problemi için kullanılan ve Çizelge 2'de yer alan ölçekteki ADSB sayılardan yararlanılmıştır. Bu ölçekte sayılar, $\mu_A^L(x) \leq \mu_B^L(x)$, $\mu_A^U(x) \leq \mu_B^U(x)$, $\nu_A^L(x) \geq \nu_B^L(x)$, $\nu_A^U(x) \geq \nu_B^U(x)$ ise $A \subseteq B$ koşulunu sağlayacak şekilde kapsayan sayıya doğru sıralanmıştır. Bu ADSB sayılarının entropi değerleri, Eşitlik 9 ile Eşitlik 14 arasındaki entropi fonksiyonları ile hesaplanarak Çizelge 9'da, entropi değerleri ile elde edilen ağırlıklar Çizelge 10'da sunulmuştur.

Söz konusu ölçekte yer alan ADSB sayılar ile hesaplanan entropi değerlerinin bulunduğu sıralamanın $E_O > E_D > E_Y > E_{CD} > E_{CY}$ olduğu, ağırlık değerlerinin bulunduğu sıralamanın ise $w_{CY} > w_{CD} > w_Y > w_D > w_O$ olduğu görülmektedir. Hem entropi değeri ile hem de ağırlıklar ile oluşturulan sıralamanın, dilsel terimlerin önem dereceleri göz önünde bulundurularak beklenen sıralamayı sunamadığı görülmektedir.

Çizelge 7. Örnek 3 için entropi değerleri (Entropy values for Example 3)

ADSB sayılar	Ye [24]	Chen vd. [30]	Wei vd. [22]	Xian vd. [32]	Mishra vd. [33]	Qi vd. [23]				
U1	0.05	0.10	0.75	0.80	0.497	0.317	0.243	0.345	0.409	0.282
U2	0.75	0.80	0.05	0.10	0.497	0.317	0.243	0.345	0.409	0.282
U3	0.40	0.45	0.55	0.65	0.968	0.751	0.696	0.804	0.853	0.806
U4	0.60	0.65	0.25	0.30	0.872	0.593	0.517	0.715	0.719	0.633
U5	0.25	0.30	0.60	0.65	0.872	0.593	0.517	0.715	0.719	0.633
U6	0.55	0.65	0.40	0.45	0.968	0.751	0.696	0.804	0.853	0.806

Çizelge 8. Örnek 3 için uzman ağırlıkları (Experts' weights for Example 3)

ADSB sayılar	Ye [24]	Chen vd. [30]	Wei vd. [22]	Xian vd. [32]	Mishra vd. [33]	Qi vd. [23]				
U1	0.05	0.10	0.75	0.80	0.247	0.230	0.232	0.242	0.236	0.241
U2	0.75	0.80	0.05	0.10	0.247	0.230	0.232	0.242	0.236	0.241
U3	0.40	0.45	0.55	0.65	0.016	0.084	0.093	0.072	0.059	0.065
U4	0.60	0.65	0.25	0.40	0.063	0.137	0.148	0.105	0.112	0.124
U5	0.25	0.40	0.60	0.65	0.063	0.137	0.148	0.105	0.112	0.124
U6	0.55	0.65	0.40	0.45	0.016	0.084	0.093	0.072	0.059	0.065

Çizelge 9. Dilsel terimlere karşılık gelen entropi değerleri (Entropy values corresponding to the linguistic terms)

Dilsel terim	Ye [24]	Chen vd. [30]	Wei vd. [22]	Xian vd. [32]	Mishra vd. [33]	Qi vd. [23]	
Çok Düşük	ÇD	0.497	0.317	0.243	0.345	0.409	0.282
Düşük	D	0.872	0.608	0.533	0.748	0.728	0.591
Orta	O	0.989	0.867	0.833	0.990	0.922	0.827
Yüksek	Y	0.686	0.392	0.313	0.473	0.529	0.445
Çok Yüksek	ÇY	0.267	0.151	0.105	0.158	0.209	0.147

Çizelge 10. Dilsel terimlere karşılık gelen ağırlıklar (Weights corresponding to the linguistic terms)

Dilsel terim	Ye [24]	Chen vd. [30]	Wei vd. [22]	Xian vd. [32]	Mishra vd. [33]	Qi vd. [23]	
Çok Düşük	ÇD	0.485	0.347	0.334	0.384	0.392	0.364
Düşük	D	0.124	0.199	0.206	0.148	0.181	0.207
Orta	O	0.010	0.068	0.074	0.006	0.052	0.088
Yüksek	Y	0.302	0.308	0.304	0.309	0.313	0.281
Çok Yüksek	ÇY	0.707	0.431	0.395	0.494	0.526	0.432

5. ELEŞTİREL ANALİZİN VAKA ÇALIŞMALARI İLE DEĞERLENDİRİLMESİ (EVALUATION OF CRITICAL ANALYSIS BY CASE STUDIES)

Dördüncü bölümde örnekler ile açıklanan entropi fonksiyonları ile ÇKKV problemlerinin uyumsuzluk durumu, bu bölümde vaka çalışmaları ile analiz edilmiştir. Bu süreçte Ye [24] ve Abdullah ve Najib [34] tarafından önerilen entropi temelli ÇKKV yöntemleri, Onar vd. [50] ve Öztaysi vd.[49]'nin vaka çalışmasındaki uzman görüşlerinin entegre edilmesi ile oluşturulan karşılaştırma matrisleri kullanılarak değerlendirilmiştir.

5.1. Örnek Çalışma 1 (Illustrative Example 1)

Onar vd.[50]'nin çalışmasında rüzgâr enerjisi teknolojisi seçimi için güvenilirlik (C1), teknik özellikler (C2), performans (C3), maliyet faktörleri (C4), uygunluk (C5), bakım (C6), iş birliği (C7) ve yerlilik (C8) olmak üzere sekiz kriter dikkate alınmıştır. Onar vd. [50]'nin çalışmasında kriterlerin önem derecelerinin belirlenmesi için üç farklı uzmandan görüş alınmıştır ve bu görüşler uzman ağırlıkları eşit kabul edilerek ADSB ağırlıklı ortalama (IVIFWA) operatörü aracılığı ile birleştirilerek Çizelge 11'deki karşılaştırma matrisi elde edilmiştir.

Rüzgâr enerjisi teknolojisi seçim probleminde kriterlerin ağırlıkları ilk olarak Ye [24] tarafından önerilen yaklaşım ile hesaplanmıştır. Bu yaklaşıma göre kriter ağırlıkları hesaplanırken öncelikle aynı çalışmada önerilen ve Eşitlik 9'da sunulan entropi modeli kullanılarak her bir kriter için entropi değerleri hesaplanmakta ve daha sonra bu entropi değerleri Eşitlik 15 aracılığı ile ağırlıklara dönüştürülmektedir.

Sekiz kriterin entropi değerleri $p=q=0,5$ varsayımı altında hesaplanmış ve Çizelge 12'de sunulmuştur. Güvenilirlik (C1) kriterinin entropi değerinin hesaplanması Eşitlik 20'de ve ağırlığının hesaplanması ise Eşitlik 21'de örneklendirilmiştir.

$$E_y(C_1) = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 \left\{ \sin \left[\frac{\pi}{4} \left(\frac{1 + \mu_{C_1}^L(x_i) + p \left(\frac{\mu_{C_1}^U(x_i)}{-\mu_{C_1}^L(x_i)} \right)}{-v_{C_1}^L(x_i) - q \left(\frac{v_{C_1}^U(x_i)}{-v_{C_1}^L(x_i)} \right)} \right) \right] \right. \\ \left. \sin \left[\frac{\pi}{4} \left(\frac{1 - \mu_{C_1}^L(x_i) - p \left(\frac{\mu_{C_1}^U(x_i)}{-\mu_{C_1}^L(x_i)} \right)}{+v_{C_1}^L(x_i) + q \left(\frac{v_{C_1}^U(x_i)}{-v_{C_1}^L(x_i)} \right)} \right) \right] - 1 \right\} \frac{1}{\sqrt{2}-1} \quad (17)$$

$$= \frac{1}{8} (1,00 + 0,23 + 0,68 + 0,88 + 0,55) \\ = \frac{1}{8} (+0,56 + 0,45 + 0,98) = 0,6661$$

$$w_{C_1} = \frac{1 - E_{C_1}}{n - \sum_{i=1}^8 E_{C_i}} = \frac{1 - 0,6661}{8 - 6,1938} = 0,1848 \quad (18)$$

Abdullah ve Najib [34] tarafından önerilen yöntemde ise kriter ağırlıkları hesaplanmadan önce bütünleştirilmiş

karşılaştırma matrisinin tutarlılığı Eşitlik 20 ile hesaplanmaktadır. Burada RI rastgelelik indeksi, n kardinaliteyi, π_{ij}^U tereddüt derecesinin üst sınır değerini ifade etmektedir. RI indeksi kardinaliteye bağlı olarak Çizelge 13 aracılığı ile belirlenmektedir. Eğer tutarlılık oranı (CR), 0,10'dan küçük ise matris tutarlı olarak kabul edilmekte, aksi halde matrisin yeniden yapılandırılması gerekmektedir. Tutarlı karşılaştırma matrisi elde edildikten sonra kriterlerin entropi değerleri Eşitlik 10'da yer alan Wei vd. [22] tarafından önerilen entropi modeli ile hesaplanmakta ve bu daha sonra bu entropi değerleri Eşitlik 15 aracılığı ile ağırlıklara dönüştürülmektedir.

$$RI = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \pi_{ij}^U}{n} \\ CR = \frac{RI - \frac{n}{n-1}}{n-1} \quad (19)$$

Çizelge 13. Rastgelelik indeksi (Randomness index)

n	1-2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0,0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45

Bütünleştirilmiş karşılaştırma matrisi için tutarlılık oranı, RI= 1,41 ve n=8 olmak üzere Eşitlik 21'te görüldüğü gibi -0,197 olarak hesaplanmıştır. Bu oran, 0,10'dan düşük olduğu için karşılaştırma matrisi tutarlı olarak kabul edilmektedir.

$$RI = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \pi_{ij}^U}{n} = 1,41 - \frac{22,36}{8} \\ CR = \frac{RI - \frac{n}{n-1}}{n-1} = \frac{1,41 - \frac{22,36}{8}}{7} = -0,197 \quad (20)$$

Sekiz kriterin entropi değerleri Eşitlik 10 ile hesaplanarak Çizelge 14'te paylaşılmıştır. Gerçekleştirilen işlemi örneklendirmek için Güvenilirlik (C1) kriterinin entropi değerinin hesaplanması Eşitlik 22'de ve ağırlığının hesaplanması ise Eşitlik 23'te sunulmuştur.

Onar vd.[50]'nin vaka çalışması kullanılarak gerçekleştirilen hesaplamalar sonucunda elde edilen kriter ağırlıkları ve bu kriterlerin sırası Çizelge 15'te özetlenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, entropi modeline dayalı olarak önerilen yöntemlerin sadece C1 kriterinin sırasını doğru belirledikleri ancak diğer kriterler için beklenen sıralamayı sunmadığı görülmektedir.

Çizelge 11. Bütünleştirilmiş karşılaştırma matrisi [50] (Aggregated comparison matrix)

	C1	C2	C3	C4
C1	[0.50, 0.50], [0.50, 0.50]	[0.74, 0.00], [0.00, 0.00]	[0.57, 0.77], [0.00, 0.23]	[0.47, 0.67], [0.13, 0.33]
C2	[0.00, 0.07], [0.73, 0.93]	[0.50, 0.50], [0.50, 0.50]	[0.13, 0.34], [0.36, 0.66]	[0.10, 0.30], [0.40, 0.70]
C3	[0.03, 0.23], [0.56, 0.77]	[0.37, 0.67], [0.13, 0.33]	[0.50, 0.50], [0.50, 0.50]	[0.40, 0.57], [0.20, 0.43]
C4	[0.13, 0.34], [0.46, 0.66]	[0.40, 0.70], [0.10, 0.30]	[0.20, 0.44], [0.36, 0.56]	[0.50, 0.50], [0.50, 0.50]
C5	[0.00, 0.17], [0.63, 0.83]	[0.20, 0.40], [0.40, 0.60]	[0.17, 0.41], [0.39, 0.59]	[0.07, 0.24], [0.56, 0.76]
C6	[0.21, 0.26], [0.63, 0.74]	[0.17, 0.37], [0.43, 0.63]	[0.00, 0.10], [0.70, 0.90]	[0.07, 0.23], [0.55, 0.77]
C7	[0.21, 0.21], [0.68, 0.79]	[0.07, 0.27], [0.53, 0.73]	[0.21, 0.29], [0.59, 0.71]	[0.21, 0.26], [0.62, 0.74]
C8	[0.20, 0.44], [0.36, 0.56]	[0.47, 0.77], [0.00, 0.23]	[0.34, 0.64], [0.14, 0.36]	[0.32, 0.50], [0.36, 0.50]
	C5	C6	C7	C8
C1	[0.64, 0.84], [0.00, 0.16]	[0.64, 0.83], [0.00, 0.17]	[0.68, 0.79], [0.00, 0.00]	[0.37, 0.57], [0.20, 0.43]
C2	[0.40, 0.60], [0.20, 0.40]	[0.44, 0.64], [0.16, 0.36]	[0.54, 0.74], [0.00, 0.26]	[0.03, 0.23], [0.46, 0.77]
C3	[0.41, 0.61], [0.16, 0.39]	[0.71, 0.00], [0.00, 0.00]	[0.59, 0.71], [0.00, 0.22]	[0.14, 0.36], [0.32, 0.63]
C4	[0.58, 0.79], [0.00, 0.21]	[0.65, 0.00], [0.00, 0.00]	[0.62, 0.74], [0.00, 0.00]	[0.37, 0.50], [0.27, 0.50]
C5	[0.50, 0.50], [0.50, 0.50]	[0.60, 0.80], [0.00, 0.20]	[0.71, 0.90], [0.00, 0.00]	[0.00, 0.29], [0.39, 0.70]
C6	[0.00, 0.20], [0.60, 0.80]	[0.50, 0.50], [0.50, 0.50]	[0.47, 0.67], [0.13, 0.33]	[0.00, 0.20], [0.50, 0.80]
C7	[0.00, 0.10], [0.70, 0.90]	[0.13, 0.34], [0.46, 0.66]	[0.50, 0.50], [0.50, 0.50]	[0.00, 0.20], [0.50, 0.80]
C8	[0.41, 0.71], [0.00, 0.29]	[0.50, 0.80], [0.00, 0.20]	[0.50, 0.80], [0.00, 0.20]	[0.50, 0.50], [0.50, 0.50]

Çizelge 12. Ye [24] tarafından önerilen yaklaşım ile hesaplanan entropi değerleri ve ağırlıklar (Entropy values and weights calculated with the approach proposed by Ye [24])

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	Entropi	Ağırlık
C1	1.00	0.23	0.68	0.88	0.55	0.56	0.45	0.98	0.6661	0.1848
C2	0.36	1.00	0.92	0.87	0.96	0.92	0.73	0.76	0.8148	0.1025
C3	0.70	0.91	1.00	0.97	0.94	0.26	0.69	0.95	0.8036	0.1087
C4	0.89	0.87	0.98	1.00	0.65	0.31	0.52	1.00	0.7773	0.1232
C5	0.57	0.96	0.96	0.73	1.00	0.63	0.34	0.83	0.7528	0.1368
C6	0.79	0.93	0.42	0.73	0.63	1.00	0.88	0.69	0.7581	0.1339
C7	0.71	0.78	0.83	0.79	0.42	0.89	1.00	0.69	0.7650	0.1300
C8	0.98	0.73	0.94	1.00	0.82	0.69	0.69	1.00	0.8558	0.0798

Çizelge 14. Abdullah ve Najib [34] tarafından önerilen yaklaşım ile hesaplanan entropi değerleri ve ağırlıklar (Entropy values and weights calculated with the approach proposed by Abdullah ve Najib [34])

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	Entropi	Ağırlık
C1	1.00	0.13	0.37	0.56	0.28	0.29	0.27	0.78	0.459	0.1480
C2	0.18	1.00	0.63	0.56	0.71	0.63	0.42	0.45	0.572	0.1170
C3	0.39	0.62	1.00	0.75	0.68	0.14	0.39	0.70	0.585	0.1134
C4	0.58	0.56	0.79	1.00	0.35	0.17	0.32	0.92	0.587	0.1131
C5	0.30	0.71	0.72	0.40	1.00	0.33	0.19	0.53	0.524	0.1302
C6	0.41	0.64	0.21	0.40	0.33	1.00	0.56	0.39	0.493	0.1386
C7	0.34	0.45	0.47	0.42	0.21	0.58	1.00	0.39	0.480	0.1422
C8	0.79	0.43	0.68	0.97	0.51	0.39	0.39	1.00	0.645	0.0970

Çizelge 15. Örnek Çalışma 1 için sonuçların karşılaştırılması (Comparison of results for Illustrative Example 1)

	Onar vd. [50]		Abdullah ve Najib [34]		Ye [24]	
	Ağırlık	Sıra	Ağırlık	Sıra	Ağırlık	Sıra
C1	0.164	1	0.148	1	0.185	1
C2	0.113	6	0.117	5	0.103	7
C3	0.143	4	0.113	6	0.109	6
C4	0.150	2	0.113	7	0.123	5
C5	0.129	5	0.130	4	0.137	2
C6	0.086	7	0.139	3	0.134	3
C7	0.070	8	0.142	2	0.130	4
C8	0.146	3	0.097	8	0.080	8

Çizelge 16. Bütünleştirilmiş karşılaştırma matrisi [49] (Aggregated comparison matrix)

	C1	C2	C3
C1	[0.50, 0.50], [0.50, 0.50]	[0.57, 0.67], [0.18, 0.33]	[0.52, 0.62], [0.23, 0.38]
C2	[0.18, 0.34], [0.56, 0.66]	[0.50, 0.50], [0.50, 0.50]	[0.34, 0.48], [0.40, 0.52]
C3	[0.23, 0.38], [0.52, 0.62]	[0.43, 0.54], [0.31, 0.46]	[0.50, 0.50], [0.50, 0.50]
C4	[0.50, 0.54], [0.40, 0.46]	[0.58, 0.68], [0.17, 0.32]	[0.52, 0.56], [0.37, 0.44]
C5	[0.15, 0.30], [0.60, 0.70]	[0.40, 0.44], [0.53, 0.56]	[0.22, 0.37], [0.53, 0.63]
	C4	C5	
C1	[0.43, 0.47], [0.50, 0.53]	[0.60, 0.70], [0.15, 0.30]	
C2	[0.17, 0.32], [0.58, 0.68]	[0.54, 0.58], [0.33, 0.42]	
C3	[0.25, 0.45], [0.52, 0.55]	[0.53, 0.63], [0.22, 0.37]	
C4	[0.50, 0.50], [0.50, 0.50]	[0.62, 0.72], [0.13, 0.28]	
C5	[0.13, 0.28], [0.62, 0.72]	[0.50, 0.50], [0.50, 0.50]	

$$E_{www}(C_1) = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 \left(\frac{2 - |\mu_{C_1}^L(x_i) - v_{C_1}^L(x_i)| - |\mu_{C_1}^U(x_i) - v_{C_1}^U(x_i)| + \pi_{C_1}^L(x_i) + \pi_{C_1}^U(x_i)}{2 + |\mu_{C_1}^L(x_i) - v_{C_1}^L(x_i)| + |\mu_{C_1}^U(x_i) - v_{C_1}^U(x_i)| + \pi_{C_1}^L(x_i) + \pi_{C_1}^U(x_i)} \right) \quad (21)$$

$$= \frac{1}{8} (1,00 + 0,13 + 0,37 + 0,56 + 0,28 + 0,29 + 0,27 + 0,78) = 0,4592$$

$$w_{C_1} = \frac{1 - E_{C_1}}{n - \sum_{i=1}^8 E_{C_i}} = \frac{1 - 0,4592}{8 - 4,3461} = 0,1480 \quad (22)$$

5.2. Örnek Çalışma 2 (Illustrative Example 2)

Öztaysi vd. [49]'nin çalışmasında bir kamu hizmeti şirketinin alternatif yakıt teknolojisi seçim sorununa odaklanılmıştır. Bu çok kriterli grup karar verme probleminde dikkate alınan temel kriterler, maliyet (C1), güvenlik ve performans (C2), yakıt kullanımı kolaylığı (C3), çevresel ve sosyal (C4), piyasa vadesi (C5)'dir. Söz konusu kriterlerin önem derecelerinin belirlenmesi için ağırlıkları eşit olarak kabul edilen üç uzmanın belirttiği görüşler IVIFWA operatörü ile bütünleştirilerek Çizelge 16'daki karşılaştırma matrisi hazırlanmıştır.

Alternatif yakıt teknolojisi seçim probleminde kriterlerin ağırlıkları ilk olarak Ye [24] tarafından önerilen yaklaşım ile hesaplanmıştır. Bu süreçte, beş kriterin ağırlıkları, $p=q=0,5$ varsayımı altında Eşitlik 9 ve Eşitlik 14 kullanılarak hesaplanmış ve Çizelge 17'de sunulmuştur. Maliyet (C1) kriteri için gerçekleştirilen işlemler, Eşitlik 24'te ve Eşitlik 25'te paylaşılarak işlemler örneklendirilmiştir.

Abdullah ve Najib [34]'in önerdiği yöntemle göre, $RI=1,12$ ve $n=5$ olmak üzere karşılaştırma matrisi için tutarlılık oranı Eşitlik 26'da görüldüğü gibi 0,012 olarak hesaplanmıştır. Bu oran 0,10'dan düşük olduğu için karşılaştırma matrisi tutarlı olarak kabul edilmektedir.

Beş kriterin ağırlıkları Eşitlik 9 ve Eşitlik 1794 kullanılarak hesaplanmış ve Çizelge 18'de paylaşılmıştır. Gerçekleştirilen işlemi örneklendirmek için Maliyet (C1) kriterinin entropi değerinin hesaplanması Eşitlik 27'de ve ağırlığının hesaplanması ise Eşitlik 28'de sunulmuştur.

Öztaysi vd. [49]'nin vaka çalışması kullanılarak gerçekleştirilen hesaplamalar sonucunda elde edilen kriter ağırlıkları ve bu kriterlerin sırası Çizelge 19'da özetlenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, Abdullah ve Najib [34] tarafından önerilen entropiye dayalı ÇKKV yönteminin sadece C1 ve C2 kriterlerinin sırasını beklenen şekilde belirlediğini; Ye [24] tarafından önerilen entropiye dayalı ÇKKV yönteminin ise sadece C2 kriterinin sırasını beklenen şekilde belirlediği

görülmektedir. Her iki örnek çalışmada da görüldüğü üzere bu çalışma kapsamında değerlendirilen entropi fonksiyonlarının, ÇKKV problemlerinde, uzman veya kriter ağırlıkları için beklenen sıralamayı sunmadığı görülmektedir.

$$E_v(C_1) = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 \left(\frac{\sin \left[\frac{\pi \left[1 + \mu_{C_1}^L(x_i) + p(\mu_{C_1}^U(x_i) - \mu_{C_1}^L(x_i)) - v_{C_1}^L(x_i) - q(v_{C_1}^U(x_i) - v_{C_1}^L(x_i)) \right]}{4} \right]}{\sin \left[\frac{\pi \left[1 - \mu_{C_1}^L(x_i) - p(\mu_{C_1}^U(x_i) - \mu_{C_1}^L(x_i)) + v_{C_1}^L(x_i) + q(v_{C_1}^U(x_i) - v_{C_1}^L(x_i)) \right]}{4} \right]} - 1 \right)}{\sqrt{2} - 1} \right) \quad (23)$$

$$= \frac{1}{5} (1,00 + 0,86 + 0,93 + 0,99 + 0,81) = 0,9193$$

$$w_{C_1} = \frac{1 - E_{C_1}}{n - \sum_{i=1}^5 E_{C_i}} = \frac{1 - 0,9193}{5 - 4,6304} = 0,2183 \quad (24)$$

$$RI = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \pi_{ij}^U}{n-1} = \frac{1,12 - \frac{4,24}{5}}{5} = 0,012 \quad (25)$$

$$E_{www}(C_1) = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 \left(\frac{2 - |\mu_{C_1}^L(x_i) - v_{C_1}^L(x_i)| - |\mu_{C_1}^U(x_i) - v_{C_1}^U(x_i)| + \pi_{C_1}^L(x_i) + \pi_{C_1}^U(x_i)}{2 + |\mu_{C_1}^L(x_i) - v_{C_1}^L(x_i)| + |\mu_{C_1}^U(x_i) - v_{C_1}^U(x_i)| + \pi_{C_1}^L(x_i) + \pi_{C_1}^U(x_i)} \right) \quad (26)$$

$$= \frac{1}{5} (1,00 + 0,51 + 0,62 + 0,88 + 0,45) = 0,6936$$

$$w_{C_1} = \frac{1 - E_{C_1}}{n - \sum_{i=1}^5 E_{C_i}} = \frac{1 - 0,6936}{5 - 3,5296} = 0,2084 \quad (27)$$

6. SONUÇ (CONCLUSION)

Bu çalışmada, ADSB ortam için bulanıklığın veya tereddütün bir ölçüsü olarak geliştirilen entropi fonksiyonlarının, ÇKKV problemlerinde etkin çalışmama durumu tartışılmıştır. Yapılan analiz ve değerlendirmeler ile entropinin sahip olması gereken aksiyomatik gereksinimlerin, ADSB ÇKKV yaklaşımlarında dikkate alınan ADSB sayıların karşılaştırılmasına ilişkin teori ile çeliştiği fark edilmiştir. Çalışma kapsamında sunulan örnek hesaplamalar da bu durumu desteklemektedir.

Çizelge 17. Ye[24] tarafından önerilen yaklaşım ile hesaplanan entropi değerleri ve ağırlıklar (Entropy values and weights calculated with the approach proposed by Ye [24])

	C1	C2	C3	C4	C5	Entropi	Ağırlıklar
C1	1.00	0.86	0.93	0.99	0.81	0.9193	0.2183
C2	0.87	1.00	0.99	0.85	0.96	0.9351	0.1756
C3	0.93	0.99	1.00	0.96	0.91	0.9598	0.1089
C4	0.99	0.84	0.98	1.00	0.78	0.9179	0.2221
C5	0.81	0.98	0.91	0.78	1.00	0.8983	0.2751

Çizelge 18. Abdullah ve Najib [34] tarafından önerilen yaklaşım ile hesaplanan entropi değerleri ve ağırlıklar (Entropy values and weights calculated with the approach proposed by Abdullah ve Najib [34])

	C1	C2	C3	C4	C5	Entropi	Ağırlıklar
C1	1.00	0.51	0.62	0.88	0.45	0.6936	0.2084
C2	0.52	1.00	0.92	0.49	0.71	0.7266	0.1859
C3	0.63	0.84	1.00	0.72	0.60	0.7552	0.1665
C4	0.84	0.48	0.78	1.00	0.42	0.7037	0.2015
C5	0.45	0.78	0.60	0.42	1.00	0.6505	0.2377

Çizelge 19. Örnek çalışma 2 için sonuçların karşılaştırılması (Comparison of results for Illustrative Example 2)

	Öztaysi vd. [49]		Abdullah ve Najib [34]		Ye [24]	
	Ağırlık	Sıra	Ağırlık	Sıra	Ağırlık	Sıra
C1	0.261	2	0.208	2	0.218	3
C2	0.156	4	0.186	4	0.176	4
C3	0.197	3	0.166	5	0.109	5
C4	0.266	1	0.202	3	0.222	2
C5	0.120	5	0.238	1	0.275	1

Entropi, ADSB sayılarının büyüklüğü ile değil bulanıklığı ile ilgilendiği için ÇKKV yöntemlerinde, kriter veya uzman ağırlıklarının hesaplanması ya da alternatiflerin sıralanması aşamasında kullanılması yanıltıcı sonuçlar elde edilmesine neden olabilmektedir. Bu durum, tecrübe ve bilgi birikimi fazla olan bir uzmana düşük ağırlık verilmesi, uzmanlar tarafından önemli bulunan bir kriterin yüksek entropi (düşük ağırlık) ile işleme alınması ya da tercih edilmesi gereken alternatifin son sırada yer alması gibi durumlar ile karşılaşılmasına neden olabilmektedir. Elde edilen sonuçlara dayanarak ÇKKV problemlerine, entropi fonksiyonlarının entegre edilmemesi, bunun yerine ADSB sayılarının büyüklüğünü dikkate alan ve yüksek performansa sahip sıralama fonksiyonlarının tercih edilmesi önerilmektedir.

ETİK STANDARTLARIN BEYANI (DECLARATION OF ETHICAL STANDARDS)

Bu makalenin yazar(lar)ı çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler.

YAZARLARIN KATKILARI (AUTHORS' CONTRIBUTIONS)

Melda KOKOÇ: Uygulamaları yapmış ve sonuçlarını analiz etmiştir. Makalenin yazım işlemini gerçekleştirmiştir.

Süleyman ERSÖZ: Makalenin yazım işlemini gerçekleştirmiştir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI (CONFLICT OF INTEREST)

Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Hajiagha S. H. R., Hashemi S. S., Mohammadi Y., Zavadskas E. K., "Fuzzy belief structure based VIKOR method: an application for ranking delay causes of Tehran metro system by FMEA criteria", *Transport*, 31:108-18, (2016).
- [2] Dubois D., Prade H., "A Class of Fuzzy Measures Based on Triangular Norms - a General Framework for the Combination of Uncertain-Information", *International Journal of General Systems*, 8:43-61, (1982).
- [3] Klir G. J., "Where do we stand on measures of uncertainty, ambiguity, fuzziness, and the like?", *Fuzzy Sets and Systems*, 24:141-60, (1987).
- [4] Inuiguchi M., Ramik J., "Possibilistic linear programming: a brief review of fuzzy mathematical programming and a comparison with stochastic programming in portfolio selection problem", *Fuzzy Sets and Systems*, 111:3-28, (2000).
- [5] Zadeh L., "Fuzzy logic and approximate reasoning", *Synthese*, 30:407-28, (1975).
- [6] Atanassov K. T., "Intuitionistic Fuzzy-Sets", *Fuzzy Sets and Systems*, 20:87-96, (1986).
- [7] Pedrycz W., "Granular computing: analysis and design of intelligent systems", CRC press, (2018).
- [8] Atanassov K., Gargov G., "Interval Valued Intuitionistic Fuzzy-Sets", *Fuzzy Sets and Systems*, 31:343-9, (1989).
- [9] Wan S. P., Dong J. Y., "Interval-valued intuitionistic fuzzy mathematical programming method for hybrid multi-criteria group decision making with interval-valued intuitionistic fuzzy truth degrees", *Information Fusion*, 26:49-65, (2015).

- [10] Wan S., Xu G., Wang F., Dong J., "A new method for Atanassov's interval-valued intuitionistic fuzzy MAGDM with incomplete attribute weight information", *Information sciences*, 316:329-47, (2015).
- [11] Park J. H., Cho H. J., Kwun Y. C., "Extension of the VIKOR method for group decision making with interval-valued intuitionistic fuzzy information", *Fuzzy Optimization Decision Making*, 10:233-53, (2011).
- [12] Park J. H., Park I. Y., Kwun Y. C., Tan X. G., "Extension of the TOPSIS method for decision making problems under interval-valued intuitionistic fuzzy environment", *Applied Mathematical Modelling*, 35:2544-56, (2011).
- [13] Razavi Hajiagha S. H., Hashemi S. S., Zavadskas E. K., "A complex proportional assessment method for group decision making in an interval-valued intuitionistic fuzzy environment", *Technological Economic Development of Economy*, 19:22-37, (2013).
- [14] Wu J., Huang H. B., Cao Q. W., "Research on AHP with interval-valued intuitionistic fuzzy sets and its application in multi-criteria decision making problems", *Applied Mathematical Modelling*, 37:9898-906, (2013).
- [15] Long S. P., Geng S., "Decision framework of photovoltaic module selection under interval-valued intuitionistic fuzzy environment", *Energy Conversion and Management*, 106:1242-50, (2015).
- [16] Chen T., "An IVIF-ELECTRE outranking method for multiple criteria decision-making with interval-valued intuitionistic fuzzy sets", *Technological Economic Development of Economy*, 22:416-52, (2016).
- [17] Wang Y., Shi Y., "Measuring the Service Quality of Urban Rail Transit Based on Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Model", *KSCE Journal of Civil Engineering*, 24:647-56, (2020).
- [18] Kong D. P., Chang T. Q., Wang Q. D., Sun H. Z., Dai W. J., "A threat assessment method of group targets based on interval-valued intuitionistic fuzzy multi-attribute group decision-making", *Applied Soft Computing*, 67:350-69, (2018).
- [19] Ye J., "Multiple Attribute Group Decision-Making Methods with Completely Unknown Weights in Intuitionistic Fuzzy Setting and Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Setting", *Group Decision and Negotiation*, 22:173-88, (2013).
- [20] Wei C. P., Zhang Y. Z., "Entropy Measures for Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Sets and Their Application in Group Decision-Making", *Mathematical problems in engineering*, (2015).
- [21] Guo K. H., Song Q., "On the entropy for Atanassov's intuitionistic fuzzy sets: An interpretation from the perspective of amount of knowledge", *Applied Soft Computing*, 24:328-40, (2014).
- [22] Wei C.P., Wang P., Zhang Y.Z., "Entropy, similarity measure of interval-valued intuitionistic fuzzy sets and their applications", *Information sciences*, 181:4273-86, (2011).
- [23] Qi X., Liang C., Zhang E., Ding Y., "Approach to interval-valued intuitionistic fuzzy multiple attributes group decision making based on maximum entropy", *Systems Engineering-Theory & Practice*, 10 (2011).
- [24] Ye J., "Multicriteria fuzzy decision-making method using entropy weights-based correlation coefficients of interval-valued intuitionistic fuzzy sets", *Applied Mathematical Modelling*, 34:3864-70, (2010).
- [25] Abdullah L., Zulkifli N., Liao H. C., Herrera-Viedma E., Al-Barakati A., "An interval-valued intuitionistic fuzzy DEMATEL method combined with Choquet integral for sustainable solid waste management", *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 82:207-15, (2019).
- [26] Rani P., Jain D., Hooda D. S., "Shapley Function Based Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Vikor Technique for Correlative Multi-Criteria Decision Making Problems", *Iranian Journal of Fuzzy Systems*, 15:25-54, (2018).
- [27] Wang L., Liu H., Quan M., "Evaluating the risk of failure modes with a hybrid MCDM model under interval-valued intuitionistic fuzzy environments", *Computers & Industrial Engineering*, 102:175-85, (2016).
- [28] Xu J., Shen F., "A new outranking choice method for group decision making under Atanassov's interval-valued intuitionistic fuzzy environment", *Knowledge-Based Systems*, 70:177-88, (2014).
- [29] Zhang Y., Ma P., Su X., Zhang C. Entropy on interval-valued intuitionistic fuzzy sets and its application in multi-attribute decision making. 14th International Conference on Information Fusion: IEEE; 1-7, (2011).
- [30] Chen X. H., Yang L., Wang P., Yue W., "A Fuzzy Multicriteria Group Decision-Making Method with New Entropy of Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Sets", *Journal of Applied Mathematics*, (2013).
- [31] Liu P. D., Qin X. Y., "An Extended VIKOR Method for Decision Making Problem with Interval-Valued Linguistic Intuitionistic Fuzzy Numbers Based on Entropy", *Informatica*, 28:665-85, (2017).
- [32] Xian S., Dong Y., Liu Y., Jing N., "A novel approach for linguistic group decision making based on generalized interval-valued intuitionistic fuzzy linguistic induced hybrid operator and TOPSIS", *International Journal of Intelligent Systems*, 33:288-314, (2018).
- [33] Mishra A. R., Rani P., Mardani A., Pardasani K. R., Govindan K., Alrasheedi M., "Healthcare evaluation in hazardous waste recycling using novel interval-valued intuitionistic fuzzy information based on complex proportional assessment method", *Computers Industrial Engineering*, 139:106140, (2020).
- [34] Abdullah L., Najib L., "A new preference scale mcdm method based on interval-valued intuitionistic fuzzy sets and the analytic hierarchy process", *Soft Computing*, 20:511-23, (2016).
- [35] Shannon C. E., "A mathematical theory of communication", *The Bell system technical journal*, 27:379-423, (1948).
- [36] Zadeh L., "Probability measures of fuzzy events", *Journal of mathematical analysis applications*, 23:421-7, (1968).
- [37] Burillo P., Bustince H., "Entropy on intuitionistic fuzzy sets and on interval-valued fuzzy sets", *Fuzzy Sets and Systems*, 78:305-16, (1996).
- [38] Liu X., Zheng S., Xiong F. Entropy and subethood for general interval-valued intuitionistic fuzzy sets. International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery: Springer; 42-50, (2005).

- [39] Atanassov K. T., "Operators over Interval Valued Intuitionistic Fuzzy-Sets", *Fuzzy Sets and Systems*, 64:159-74, (1994).
- [40] Chen X. H., Yang L., Wang P., Yue W., "An Effective Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Entropy to Evaluate Entrepreneurship Orientation of Online P2P Lending Platforms", *Advances in Mathematical Physics*, (2013).
- [41] Mishra A. R., Rani P., Pardasani K. R., Mardani A., Stevic Z., Pamucar D., "A novel entropy and divergence measures with multi-criteria service quality assessment using interval-valued intuitionistic fuzzy TODIM method", *Soft Computing*:1-21, (2020).
- [42] Zhang Q. S., Xing H. Y., Liu F. C., Ye J., Tang P., "Some new entropy measures for interval-valued intuitionistic fuzzy sets based on distances and their relationships with similarity and inclusion measures", *Information sciences*, 283:55-69, (2014).
- [43] Zhao N., Xu Z. S., "Entropy Measures for Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Information from a Comparative Perspective and Their Application to Decision Making", *Informatica*, 27:203-29, (2016).
- [44] Rashid T., Faizi S., Zafar S., "Distance Based Entropy Measure of Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Sets and Its Application in Multicriteria Decision Making", *Advances in Fuzzy Systems*, (2018).
- [45] Zhang Q. S., Jiang S. Y., Jia B. G., Luo S. H., "Some information measures for interval-valued intuitionistic fuzzy sets", *Information sciences*, 180:5130-45, (2010).
- [46] Büyüközkan G., Göçer F., "An extension of ARAS methodology under interval valued intuitionistic fuzzy environment for digital supply chain", *Applied Soft Computing*, 69:634-54, (2018).
- [47] İntepe G., Bozdağ E., Koc T., "The selection of technology forecasting method using a multi-criteria interval-valued intuitionistic fuzzy group decision making approach", *Computers & Industrial Engineering*, 65:277-85, (2013).
- [48] Nur F., Alrahahleh A., Burch R., Babski-Reeves K., Marufuzzaman M., "Last mile delivery drone selection and evaluation using the interval-valued inferential fuzzy TOPSIS", *Journal of Computational Design and Engineering*, 7:1-15, (2020).
- [49] Öztaysi B., Onar S. C., Kahraman C., Yavuz M., "Multi-criteria alternative-fuel technology selection using interval-valued intuitionistic fuzzy sets", *Transportation Research Part D: Transport Environment*, 53:128-48, (2017).
- [50] Onar S. C., Öztaysi B., Otay İ., Kahraman C., "Multi-expert wind energy technology selection using interval-valued intuitionistic fuzzy sets", *Energy*, 90:274-85, (2015).
- [51] Kahraman C., Öztaysi B., Onar S. Ç., "An integrated intuitionistic fuzzy AHP and TOPSIS approach to evaluation of outsource manufacturers", *Journal of Intelligent Systems*, 29:283-97, (2018).