

Araştırma Makalesi

ENTROPI Destekli COPRAS Yönteminin Elektrikli Otomobil Seçiminde Uygulanması

Application of ENTROPY Supported COPRAS Method in Electric Vehicle Selection

Y. Murat KIZILKAYA

Dr. Öğr. Üyesi, Ardahan Üniversitesi

İktisadi İdari Bilimler Fakültesi

muratkizilkaya@ardahan.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0002-2527-7554>

Makale Geliş Tarihi	Makale Kabul Tarihi
06.05.2024	13.09.2024

Öz

Çevre bilincinin gittikçe artmasıyla birlikte bireyler ve ülkeler çevrenin korunması, gelecek nesillere aktarılması için daha duyarlı davranmaya başlamışlardır. Bu kapsamda fosil yakıtlı araçların çevreye vermiş oldukları zararı en aza indirebilmek için çeşitli önlemler alınmaya başlamıştır. İlk olarak benzine kıyasla doğaya daha fazla zarar veren motorinle çalışan motorların kısıtlanması için politikalar üretilmiştir. Ancak bunun tek başına karbon emisyonunu azaltması mümkün olmadığından sıfır emisyonlu araçlara yönelinmiş, bu sayede elektrikli araçlar tüm dünyanın gündemine daha fazla gelmeye başlamıştır. Bu süreç sonucunda elektrikli araçların popüleritesi son yıllarda hızla artmakta, çok sayıda firma elektrikli araç modeli üreterek piyasaya sunmaktadır. Elektrikli araç piyasasının yeni olması nedeniyle kullanıcılar hangi marka ve modeli seçeceği, araç seçerken hangi kriterleri göz önünde tutacağı konusunda ciddi bir karmaşa yaşamaktadır. Bu çalışmanın amacı çok kriterli karar verme tekniklerinden ENTROPI ile desteklenen CORPAS yöntemini kullanarak kullanıcılara elektrikli araçların sıralanmasında yardımcı olmaktır. Literatür incelendiğinde dünyada ve ülkemizde araç talebine ilişkin pek çok çalışma olmasına karşın elektrikli araç seçimi özelinde yapılan çalışma sayısı son derece sınırlıdır. Bu çalışma literatürdeki bu eksikliğin giderilmesine katkıda bulunacak ve bu alanda COPRAS yöntemiyle yapılan ilk çalışmalardan biri olacaktır. Çalışmada kapsamında Şubat 2024'te Türkiye'de en fazla satılan 7 elektrikli araç modeli alternatifler olarak belirlenmiştir. Kriterler ise piyasa temsilcileri ve elektrikli araç almayı düşünen bireylerle yapılan görüşmeler sonucunda ortaya konulmuştur. Yapılan çalışma sonucunda ele alınan kriterlere göre Hyundai IONIQ 6 modeli en iyi alternatif olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler; Çok Kriterli Karar Verme, Elektrikli Araç, Sıralama, ENTROPI, COPRAS

Abstract

With increasing environmental awareness, individuals and countries have begun to act more sensitively to protect the environment and pass it on to future generations. In this context, various measures have been taken to minimize the damage that fossil fuel vehicles cause to the environment. First, policies have been produced to restrict diesel engines, which harm the environment more than gasoline. However, since this alone cannot reduce carbon emissions, zero-emission vehicles have been preferred, and thus electric vehicles have started to become more on the agenda of the whole world. As a result of this process, the popularity of electric vehicles has been rapidly increasing in recent years, and many companies are producing electric vehicle models and offering them to the market. Since the electric vehicle market is new, users experience serious confusion about which brand and model

Önerilen Atıf /Suggested Citation

Kızılkaya, Y. M., 2024, ENTROPI Destekli COPRAS Yönteminin Elektrikli Otomobil Seçiminde Uygulanması, Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi, 59(3), 1939-1951.

to choose and which criteria to consider when choosing a vehicle. The aim of this study is to help users rank electric vehicles using the CORPAS method supported by ENTROPI, one of the multi-criteria decision-making techniques. When the literature is examined, although there are many studies on vehicle demand in the world and in our country, the number of studies specifically on electric vehicle selection is extremely limited. This study will contribute to the elimination of this deficiency in the literature and will be one of the first studies conducted in this field using the COPRAS method. Within the scope of the study, the 7 most sold electric vehicles in Turkey in February 2024 were determined as alternatives. The criteria were determined interviews with market representatives and individuals considering purchasing electric vehicles. According to the criteria discussed as a result of the study, the Hyundai IONIQ 6 model was determined as the best alternative.

Keywords; Multi-Criteria Decision Making, Electric Vehicle, Arrangement, ENTROPI, COPRAS

1. Giriş

Otomobil piyasası yakıt türleri göz önüne alındığında fosil yakıtlılar, hibrit otomobiller ve elektrikli otomobiller gibi çok geniş bir skala sunmaktadır. Tüketiciler zevk ve tercihlerine bağlı olarak bu geniş skaladan ihtiyaçlarını karşılayabilecek en uygun alternatife yönelme eğilimindedirler. Kimi zaman zorunlu bir tüketim aracı, kimi zaman ise bir yatırım aracı olarak görülen otomobiller günlük rutinin vazgeçilmezlerindendir. Ülkelerin gelir seviyesi artıkça otomobil sahipliği oranının da arttığı görülmektedir (Arıtan ve Akyüz 2015).

Günümüzde endüstriyel trendler incelendiğinde, çoğunun ortak noktasının çevre dostu yaklaşımlar olduğu görülmektedir. Çevresel tehditlerin giderek artması, bu konuda farkındalığın yükselmesine ve büyük sanayilerin de bu tehdidi göz ardı edemeyerek yatırımlarını çevre dostu çözümler doğrultusunda yönlendirmelerine sebep olmuştur. Otomotiv sektörü, özellikle hava kirliliğine olan olumsuz katkısıyla çevreye en fazla zarar veren endüstrilerden biri olarak öne çıkmaktadır. Bu nedenle, son yıllarda bu sorunu gidermek adına önemli yatırımlar yapılmakta, otomobil üreticileri daha sürdürülebilir ve çevre dostu araçlar geliştirmek için yoğun bir çaba göstermektedir. Günümüzde geliştirilen elektrikli araçlar, bu sorunlara en etkin çözümlerden biri olarak kabul edilmektedir (Çelik, 2019).

Elektrikli otomobiller son yıllarda hızla yaygınlaşmakta ve pazar payları talepleri her geçen gün gittikçe artmaktadır. Otomobil Distribütörleri ve Mobilite Derneği verilerine göre, 2023 yılında elektrikli otomobil satışları 72.179 adetle %7,5 pazar payına sahip olmuştur, oysa 2022 yılında toplam elektrikli otomobil satış miktarı sadece 7.733 ve pazardaki payı %1,3'e denk gelmekteydi. Türkiye'de son 1 yılda elektrikli araç satış miktarı %883,4 artış göstermiştir (ODMD, 2023).

Bireylerin ve ülkelerin çevreye dair artan kaygıları sıfır emisyonu sahip olan elektrikli araçların gelecekte daha da yaygınlaşacağını göstermektedir. Bu kapsamda dünya genelinde bilinen ve şimdiye kadar sadece fosil yakıtlı otomobil üreten firmalar bile üretim altyapılarında değişikliğe giderek elektrikli araç üretimine yatırım yapmaya başlamıştır. Dünyanın önde gelen otomobil üreticilerinden Volkswagen, 2035 yılından itibaren Avrupa'da içten yanmalı otomobil üretmeyeceğini ilan etmiş ve bununla ilgili çok büyük yatırımlar yapmayı planladıklarını kamuoyuna açıklamıştır (AA, 11.02.2024).

Elektrikli otomobil sayısı ve talebindeki artış sadece bireylerin çevreye olan duyarlılığının artmasına bağlı değildir. Fosil yakıtlı araçlara göre kullanımı daha ekonomik olan elektrikli araçlar için ülkelerde çeşitli teşvikler uygulamakta, bu sayede gerek ABD'de gerekse Avrupa ülkelerinde elektrikli araçlara olan talep artmaktadır (Gavcar ve Kara 2020). Dünyanın gelişmiş ülkeleri arasında yer alan Hollanda ve Norveç, çevre duyarlılıkları nedeniyle sıfır emisyonlu araç alınması amacıyla elektrikli araçlar için çeşitli teşvikler uygulamaktadır. Bu sayede söz konusu ülkelerde elektrikli araçların satışında çok büyük paylara ulaşılmıştır. Bu ülkelerde 2030 yılına kadar pazar payının %50'sinden fazlasının, 2050 yılında ise %100'e yakınının elektrikli araçlardan oluşma potansiyeli vardır (Deuten vd., 2020). Ülkemizde de elektrikli otomobillere yönelik özel kredi olanakları sağlanmakta, Mart 2024 itibarıyla fiyatı 1.600.000 ve altında olan elektrikli otomobiller için fiyatının %70'i oranında kredi ve 48 ay vade imkânı, fiyatı 1.600.001 ile 3.000.000 arasında olan elektrikli otomobiller içinse otomobil fiyatının %50'si oranında kredi ve 36 ay vade imkânı getirilmiştir (ttrhaber, 05.04.2024). Söz konusu tarihlere fosil yakıtlı araçlar için hem kredi kullanım oranı hem de kredi vadesi çok daha düşüktür.

Bireyler, işletmeler yaşamları boyunca bazen bilinçli, bazen günlük yaşamın rutininde sürekli karar vermek durumundadır. Karar verme alternatifler arasından çeşitli kriterden hareketle en uygun seçeneğin belirlenmesi sürecidir.

Bilimsel olarak karar verme süreci Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) tekniklerinden birinin uygulanması ile nihai amaca ulaşmayı ifade etmektedir. Bu çalışmada elektrikli araç satın almak isteyen bireyler için çok kriterli karar verme tekniklerinden COPRAS (Complex Proportional Assessment) kullanılarak alternatifler arasından en uygun araç belirlenmiştir.

ÇKKV teknikleri uygulanırken, kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi için objektif veya sübjektif yöntemlerden biri kullanılmaktadır. Yaygın olarak kullanılan objektif yöntemler; eşit ağırlık, standart sapma, CRITIC, IDDWS, MEREC ve ENTROPI olarak sayılabilir. Kriterlerin tamamı karar vermede eşit derecede öneme sahipse eşit ağırlık, kriterlerin varyansı yüksekse standart sapma tercih edilebilir. Kriterlerin sadece standart sapmasına değil de kriterler arasındaki korelasyona bakılması gerektiğinde CRITIC tercih edilebilir. CRITIC ve ENTROPI ile elde edilen ağırlıkların bir bileşkesi olarak geliştirilen IDDWS yöntemi tercih edilebilecek alternatif bir yöntemdir. Alternatiflerin performansları baz alınarak yüksek performansa yüksek ağırlık atanmak istendiğinde MEREC tercih edilebilmektedir. Belirsizlik ve düzensizliğin ölçüsü olarak da ENTROPI yöntemi ile ağırlıklandırma tercih edilebilmektedir (Ersöy, 2022).

2. Literatür

Literatür taraması elektrikli araç tercihleri ve COPRAS yöntem için ayrı ayrı yapılmıştır. Önce elektrikli araç tercihinin ilişkin literatürdeki çalışmalar incelenmiş, sonrasında ise çalışmada kullanılan COPRAS yöntemi için tarama yapılmıştır.

Elektrikli otomobillerin popüleritesinin yakın zamanda artmaya başlaması nedeniyle literatürde elektrikli araç seçimine ilişkin yapılan çalışma sayısı son derece sınırlıdır. Buna karşın, fosil yakıtlı otomobil tercihinin ilişkin geniş bir literatür bulunmaktadır.

Yapılan bir çalışmada elektrikli araç tercihleri üzerine en önemli faktör olarak tüketicinin bilgilendirilmesi gerekliliği ortaya konulmuştur (Karamahmet ve Morgül, 2018).

Asya pazarındaki en iyi elektrikli aracın seçilmesi amacıyla; kriter ağırlıklarının belirlenmesinde bulanık analitik hiyerarşi süreci ve sıralama yapılabilmesi için karma verilerin değerlendirilmesiyle yapılan çalışmada en iyi alternatif olarak BYD E6 modeli olarak belirlenmiştir (Das vd., 2019).

Gavcar ve Kara (2020), ülkemizde satılan 11 farklı elektrikli otomobil modeli üzerinde ENTROPI ve TOPSİS metotlarını kullanarak yapmış oldukları çalışmada Tesla Model X LR'nin en uygun alternatif olduğunu bulmuşlardır.

Elektrikli araç seçiminde kriterlerin ağırlıklandırılması için analitik hiyerarşi süreci (AHP), alternatif seçimi için çok nitelikli sınır yaklaşım alanı karşılaştırılması (MABAC) yönteminin kullanıldığı çalışmada en yüksek performansta Hyundai Kona, en uygun fiyatta Tata Tigor alternatifler olarak belirlenmiştir (Sonar ve Kulkarni, 2021).

Yapılan araştırmada elektrikli araç tercihinin etkileyen temel etmenler; çevre duyarlılığı, elektrikli araçların sahip oldukları ek donanımlar ön plana çıkmıştır. Ayrıca hükümetlerin elektrikli araçlara uyguladıkları teşvikler de talebi belirleyen önemli unsurlardan biri olarak dikkat çekmektedir (Kırmızıgül ve Baykal 2023).

Elektrikli araç seçimine ilişkin yapılan bir başka çalışmada farklı ÇKKV teknikleri uygulanmış ve tüm tekniklerde en önemli kriter olarak aracın fiyatı olduğu ortaya konulmuştur (Çoşkun 2023).

Çin'de yapılan bir çalışmada elektrikli araçlar arasında seçiminde duygu analizine dayalı çok kriterli karar verme yöntemi önerilmektedir. Bu yöntem sayesinde hem tüketiciler elektrikli araç seçimlerini hem de şirketler tüketici talebini belirleyebilmektedir (Tian vd., 2023).

COPRAS yöntemi tüm bilim alanlarında yoğun ve başarılı bir şekilde kullanılan çok kriterli karar verme tekniklerinden biridir. Yapılan çalışmada, Batı Avrupa'da en iyi yaşam kalitesine sahip şehirlerin belirlenmesi amacıyla COPRAS kullanmış ve Lahey'in en iyi şehir olduğunu belirlemiştir (Altın, 2021). COPRAS; malzeme seçiminde (Mousavi-Nasab ve Sotoudeh-Anvari, 2017), risk değerlemede (Balali vd., 2021), optimum proses parametrelerinin hesaplanmasında (Patil vd., 2022), metin sınıflandırılmasında (Mohanrasu vd., 2023) başarılı bir şekilde uygulandığı görülmüştür.

3. Yöntem

Çalışmada ÇKKV yöntemlerinden olan COPRAS kullanılmıştır. Karar verme problemlerinde önemli olan aşamalardan biri de kriterlerin ağırlıklandırılmasıdır. Çalışmada kriter ağırlıklarının belirlenmesinde objektif yöntemlerden olan ENTROPI tercih edilmiştir.

3.1. ENTROPI Yöntemi

ENTROPI fen bilimlerinden sosyal bilimlere varıncaya dek son derece geniş bir kullanıma sahiptir. ENTROPI yöntemi enformasyon teorisine (Bilgi ENTROPİSİ) Shannon tarafından uyarlanmıştır (Wu vd., 2011). ENTROPI belirsizliğin ölçüsüdür ve karar problemlerinde ağırlıkların objektif bir şekilde belirlenmesi için kullanılabilir. Ağırlıkları belirlerken karar matrisinin kendi değerleri dışında ek bir bilgiye ihtiyaç duymaması yöntemin önemli bir avantajıdır.

$m * n$ Boyutundaki karar matrisi birbirinden farklı ölçüm birimlerinden ve farklı indeks boyutlarından oluşmaktadır. Bu karar matrisindeki kriter ağırlıklarını belirlemek için ENTROPI yöntemi 5 adımdan oluşur (Hasan ve Öztel, 2017, s. 128; Özbek, 2021).

1. Adım; $m*n$ boyutundaki matriste yer alan değişkenler farklı indeks boyutlarından oluştuğu için çeşitli yöntemlerle standartlaştırılır. Fayda yönlü indekslerle elde edilen kriterlerde (1) no'lu, maliyet yönlü indekslerle elde edilenlerde ise (2) no'lu denklem kullanılarak değişkenler normalize edilir.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max_{ij}}, i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

$$r_{ij} = \frac{\min_{ij}}{x_{ij}}, i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

2. Adım; değişkenler farklı ölçüm birimlerine sahip olacakları için matris normalleştirilir. Bu sayede matristeki aykırılıklarda ortadan kaldırılmış olunur.

$$P_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^m a_{ij}}; \forall j \quad (3)$$

i ; alternatifler

j ; kriterler

p_{ij} ; normalize edilmiş değerler

a_{ij} ; verilen fayda değerleri

3. Adım; her bir kriter için ENTROPI değeri aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır.

$$E_j = -k \sum_{i=1}^m [P_{ij} \ln P_{ij}]; \forall j \quad (4)$$

k ; $k = \frac{1}{\ln n}$ ile tanımlı sabit bir ENTROPI katsayısıdır. Bu sayede $0 \leq e_j \leq 1$ garanti altına alınmıştır.

E_j ; j kriterine ait ENTROPI değerini ifade etmektedir.

P_{ij} ; normalize edilmiş değerler

4. Adım; d_j belirsizliği aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır.

$$d_j = 1 - E_j; \forall j \quad (5)$$

5. Adım; kriterlerin ağırlık dereceleri aşağıdaki denklem yardımıyla hesaplanır.

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j}; \forall j \quad (6)$$

3.2. COPRAS Yöntemi

Zavadskas ve Kaklauskas tarafından 1996 yılında geliştirilen COPRAS hem kategorik hem de sayısal verilerin yer aldığı karar problemlerinde uygulanabilmektedir (Özbek 2021, s 269). Yöntemin temel mantığı alternatiflerin birbirlerine göre ne kadar iyi veya kötü olduklarını belirleyebilmektir. Bu bağlamda iyi olan yani faydalı kriterler üst düzeye çıkarılırken diğerlerine göre kötü olan yani faydasız kriterler en aza indirilmektedir (Podvezko, 2011). Yöntem karşılaştırılan alternatiflerin birbirlerine göre

ne kadar iyi veya ne kadar kötü olduğunu yüzde olarak göstererek alternatiflerin fayda derecesini tahmin eder (Mulliner vd., 2013).

Tablo 1 COPRAS yöntemi ile bazı ÇKKV yöntemlerinin kıyaslanması

ÇKKV Yöntemi	Basitlik	Hesaplama Süresi	Matematiksel İşlemler	Veri Türü
COPRAS	Çok Basit	Çok Az	Asgari	Karma
MOORA	Çok Basit	Çok Az	Asgari	Nicel
BAT	Çok Basit	Az	Fazla	Nicel

COPRAS yöntemi hem nicel hem de nitel değişkenlerin bir arada yer aldığı problemlerin çözümünde başarıyla uygulanabilmektedir. Bu durum diğer ÇKKV teknikleriyle kıyaslandığında COPRAS'ı ön plana çıkarmaktadır.

COPRAS'ın uygulanma adımları aşağıda sıralanmıştır (Kazimieras Zavadskas vd., 2007).

1. Adım; n adet alternatif ve m adet kriterlerin belirlenmesi.
2. Adım; $X_{n \times m}$ karar matrisinin oluşturulması.
3. Adım; w_j kriter ağırlıklarının belirlenmesi.
4. Adım; $X_{n \times m}$ karar matrisinin normalleştirilmesi.

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad \text{ve} \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

5. Adım; kriter ağırlıklarıyla normalleştirilmiş matrisin çarpılarak ağırlıklı normalleştirilmiş matris oluşturulur.

$$\hat{x}_{ij} = \bar{x}_{ij} * w_i, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad \text{ve} \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

$$\bar{X} = [\hat{x}_{ij}]_{m \times n}$$

6. Adım; her bir alternatif için fayda (maksimizasyon) yönlü k adet kriterler için toplama işlemi yapılır.

$$P_i = \sum_{j=1}^k \hat{x}_{ij} \quad (3)$$

7. Adım; her bir alternatif için faydasız (minimizasyon) yönlü $m - k$ adet kriterler için toplama işlemi yapılır.

$$R_i = \sum_{j=k+1}^m \hat{x}_{ij} \quad (4)$$

8. Adım; en küçük R_i değeri belirlenir.

$$R_{min} = \min_i R_i; i=1, 2, \dots, n \quad (5)$$

9. Adım; her bir alternatif için göreceli ağırlık olan Q_i değeri hesaplanır.

$$Q_i = P_i + \frac{R_{min} \sum_{i=1}^n R_i}{R_i \sum_{i=1}^n (\frac{R_{min}}{R_i})} \quad (6)$$

(6) eşitliğinin sadeleştirilmiş hali aşağıdaki gibidir.

$$Q_i = P_i + \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{R_i \sum_{i=1}^n (\frac{1}{R_i})} \quad (7)$$

10. Adım; optimallik kriteri belirlenir.

$$Q_{max} = \max_i Q_i; i=1, 2, \dots, n$$

(8)

11. Adım; önceliğin (sıralamanın) belirlenmesidir. En büyük Q_i ağırlığı, en yüksek önceliği (sırayı) ifade etmektedir. Faydanın en yüksek olduğu nokta Q_{max} durumudur.

12. Adım; her bir alternatif için fayda dereceleri hesaplanır.

$$Ni = \frac{Q_i}{Q_{max}} * 100\%$$

(9)

(9) eşitliğinde yer alan Q_{max} değeri de aynı Q_i gibi 9. adımda gösterilen 6 – 7 numaralı formül yardımıyla hesaplanmıştır.

4. Uygulama ve Bulgular

Literatür incelendiğinde fosil yakıtlı otomobil tercihinine ilişkin çok sayıda çalışma yer alırken elektrikli otomobil tercihinine ilişkin çalışma sayısı son derece kısıtlıdır. Bu yüzden kriterler belirlenirken literatürün yanı sıra sektör temsilcileri ve elektrikli otomobil satın almayı düşünen bireylerin görüşleri de göz önünde bulundurulmuş ve toplamda 7 kriter belirlenmiştir (Çoşkun, 2022; Gavcar ve Kara, 2020b). Bu kriterler ve yönleri sırasıyla; otomobilin fiyatı (minimum yönlü), otomobilin beygir gücü (maximum yönlü), otomobilin torku (maximum yönlü), otomobilin menzili (maximum yönlü), otomobilin batarya kapasitesi (maximum yönlü), otomobilin DC şarj süresi (minimum yönlü), otomobilin azami hızı (maximum yönlü). Alternatifler için Türkiye’de 2024 yılı şubat ayında en fazla satılan 7 elektrikli otomobil olan; TOGG T10X (A1), KG MOBILITY Torres (A2) BMW İ5 (A3), BYD Atto 3 (A4), MG MG4 (A5), VOLVO XC40 (A6), HYUNDAI IONIQ 6 (A7) ele alınmıştır. Alternatif sırası modellerin yanında gösterilmiştir.

Tablo 2. Karar Matrisi

Kriterler	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
Alternatifler	Fiyat TL (*1000)	Güç (kW)	Tork (Nm)	Menzil (km)	Batarya (kWhsa)	Şarj Süresi (%10-%80 dk)	Azami Hız
Kriterin Yönü	-	+	+	+	+	-	+
A1 (T10X)	1432	160	350	314	52,4	28	180
A2 (Torres)	1780	152	339	635	73,4	28	175
A3 (İ5)	4153	250	430	470	84,4	26	193
A4 (Atto 3)	1740	150	310	420	60,48	44	160
A5 (MG4)	1649	150	250	435	64	26	160
A6 (XC40)	2411	185	420	566	82	28	180
A7 (IONIQ 6)	1730	151	350	429	53	18	185

Karar matrisinde ilgili işlemler yapılarak Tablo 3’de gösterilen normalleştirilmiş karar matrisi elde edilmiştir.

Tablo 3. Normalleştirilmiş Karar Matrisi

K A	K1 (-)	K2 (+)	K3 (+)	K4 (+)	K5 (+)	K6 (-)	K7 (+)
A1	0,096139644	0,133555927	0,142915476	0,096053839	0,111560571	0,141414141	0,145985401
A2	0,119503189	0,12687813	0,138423846	0,194249006	0,15626996	0,141414141	0,141930251
A3	0,278818395	0,208681135	0,17558187	0,143774855	0,179689163	0,131313131	0,156528792
A4	0,116817724	0,125208681	0,126582278	0,128479657	0,128805621	0,222222222	0,129764801
A5	0,110708291	0,125208681	0,102082483	0,133068217	0,136257185	0,131313131	0,129764801
A6	0,161866398	0,15442404	0,171498571	0,173141634	0,174579519	0,141414141	0,145985401
A7	0,116146358	0,126043406	0,142915476	0,131232793	0,112837982	0,090909091	0,150040552

Karar matrisine; “ENTROPI” başlığı altında anlatılmış olan adımlar sırasıyla uygulanarak ağırlık değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen ağırlık değerleri Tablo 4’de gösterilmiştir.

Tablo 4. ENTROPI Kriter Ağırlıkları

K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
0,41075347	0,104912012	0,078654429	0,123886693	0,093450883	0,176154835	0,012187679

ENTROPI ile hesaplanan ağırlıklar en düşük 0,013 ile azami hız kriterine aitken en yüksek değer ise 0,335 ile otomobilin fiyatını kriterine aittir. Diğer kriterlerin ağırlıkları bu iki değer arasında değişmektedir.

Normalleştirilmiş karar matrisi ile ağırlık değerleri çarpılmış, ağırlıklı normalleştirilmiş matris elde edilmiştir.

Tablo 5. Ağırlıklı Normalleştirilmiş Matris

K A	K1 (-)	K2 (+)	K3 (+)	K4 (+)	K5 (+)	K6 (-)	K7 (+)
A1	0,039489692	0,014011621	0,011240935	0,011899792	0,010425434	0,024910785	0,001779223
A2	0,04908635	0,01331104	0,010887649	0,024064867	0,014603566	0,024910785	0,0017298
A3	0,114525623	0,021893158	0,013810292	0,017811791	0,016792111	0,023131443	0,001907723
A4	0,047983285	0,013135895	0,009956257	0,01591692	0,012036999	0,039145519	0,001581532
A5	0,045473815	0,013135895	0,008029239	0,016485381	0,012733354	0,023131443	0,001581532
A6	0,066487185	0,016200937	0,013489122	0,021449944	0,01631461	0,024910785	0,001779223
A7	0,047707519	0,013223467	0,011240935	0,016257997	0,010544809	0,016014076	0,001828646

P_i , R_i , Q_i ve N_i değerleri için ilgili eşitliklerde yer alan hesaplamalar yapılmış ve alternatifler sıralanarak Tablo 6’da gösterilmiştir.

Tablo 6. Alternatiflerin Sıralanması

Alternatifler	P_i	R_i	Q_i	N_i	Sıralama
A1	0,049357005	0,064400477	0,151761683	0,969156347	3
A2	0,064596921	0,073997134	0,153720779	0,981667218	2
A3	0,072215074	0,137657066	0,120123331	0,767112532	7
A4	0,052627602	0,087128804	0,128319104	0,819451075	6
A5	0,051965401	0,068605258	0,148093749	0,945732771	4
A6	0,069233837	0,091397969	0,141389817	0,902921185	5
A7	0,059802311	0,058612431	0,156188209	1	1

Yapılan hesaplamalar sonucunda A7 olarak ifade edilen Hyundai IONIQ 6 modeli en yüksek performansa sahip olarak 1. sırada yer almıştır. ENTROPI yöntemi ile yapılan ağırlıklandırmada sırasıyla en önemli 2 kriter fiyat, şarj süresi olarak karşımıza çıkmaktadır. A7 alternatifler arasında en ucuz 3. model ve en kısa sürede şarj olabilen otomobil olmasıyla ön plana çıkmaktadır.

5. Sonuç

Otomobil satın almak son derece yüksek maliyetli olduğu için insanlar otomobil alma sürecinde ince eleyip sık dokuyarak kararlarını vermektedir. Bu süreçte alternatif sayısının fazla olması da kararın alınmasında zorlayıcı bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır. İnsanlar otomobil almak için ayırdıkları bütçeye çok az bir miktarda ekleme yaptıklarında alternatif sayısı çok daha yüksek bir oranda artmaktadır, bu da karar vermeyi iyice zorlaştırmaktadır.

Teknolojini hızla gelişmesi ve çevre duyarlılığının yükselmesi otomobil firmalarını da çeşitli arayışlara yöneltmiştir. Bu arayışların en güncel sonuçlarından biri elektrikli otomobillerdir. Elektrikli otomobiller özellikle evlerinde şarj imkânı olan ve genellikle şehir içinde otomobil kullanan bireyler için son derece ekonomik bir alternatiftir. Yine elektrikli araçların fosil yakıtlı araçlara oranla sunmuş oldukları konfor ve ekstra özellikler, bakım sıklığının ve maliyetlerinin düşüklüğü gibi unsurlar bireyleri elektrikli araç almaya sevk etmektedir.

Tüketiciler aracın fiyatı dışında, genel itibarıyla menzil, şarj süresi, pil kapasitesi gibi kriterlere önem vererek en iyi alternatifi seçmekte zorlanmaktadır. Bu çalışmada literatür, müşteriler ve otomobil sektörü temsilcilerinin görüşleri doğrultusunda 7 kriter belirlenerek, Türkiye’de 2024 şubat ayı itibarıyla en fazla satılan elektrikli otomobiller arasında tercih sıralamasını belirlemiştir. Ağırlıkların belirlenmesinde ENTROPI yönteminin kullanılması herhangi bir subjektif süreci ortadan kaldırmaktadır. COPRAS yöntemi ile karar sıralaması yapılarak alternatiflerin birbirleriyle kıyaslanması sağlanmıştır.

Çalışmada ele alınan tüm değerler net bir şekilde ölçülebilen kriterler üzerinden belirlenmiş olsa da bu veriler firmaların kendi kataloglarından derlenmiştir, bu yüzden gerçek hayat verileriyle birebir örtüşmeyebilir. Özellikle menzil konusunda katalog verilerinin gerçek hayat verileriyle ne ölçüde örtüştüğü ciddi soru işaretlerini barındırmaktadır.

Elektrikli araç piyasası gün geçtikçe büyümekte, hemen her ay farklı bir firma yeni bir elektrikli araç modelini tanıtmaktadır. Çalışmada 7 farklı kriter kullanılmıştır ancak süreç içinde bu çalışmada ele alınmayan farklı kriterlerle ve farklı ÇKKV teknikleri kullanılarak benzeri çalışmalar gerçekleştirilebilir. Yine günümüze özellikle şarj imkanı kısıtlı olan bireyler tarafından çokça tercih edilen hibrit otomobiller için de benzeri bir çalışma yapılabilir.

Kaynakça

AA, <https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/volkswagen-avrupada-2035ten-sonra-icten-yanmali-motorlu-arac-uretmeyecek/2287543>) Erişim tarihi, 11.02.2024

- Altın, H. (2021). Karar Verme Sürecinde COPRAS Yöntemi Uygulaması. *Ekonomi, İşletme ve Maliye Araştırmaları Dergisi*, 3(2), 136–155.
- Arıtan, T., ve Akyüz, A. mutlu. (2015). Tüketicilerin Otomobil Markalarına Yönelik Marka Sadakatleri ve Tercihleri Üzerine Bir Araştırma. *International Journal of Management Economics and Business*, 11(26), 195–195. <https://doi.org/10.17130/ijmeb.2015.11.26.947>
- Balali, A., Valipour, A., Edwards, R., ve Moehler, R. (2021). Ranking effective risks on human resources threats in natural gas supply projects using ANP-COPRAS method: Case study of Shiraz. *Reliability Engineering and System Safety*, 208. <https://doi.org/10.1016/j.res.2021.107442>
- Çelik, S. (2019). Dünya Ekonomisine Etkileri Bağlamında Endüstri 4.0. A. Yenipazarlı (Editör), Seçilmiş Konularla 21.YY:'da Dünya Ekonomisi Kitap Bölümü, (409-440) (Birinci Baskı), Ankara. Seçkin Yayıncılık.
- Çoşkun, İ. T. (2022). Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri ile Elektrikli Otomobil Seçimi: SD-MULTIMOORA Yaklaşımı. 3. Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi, 57(1), 68–82. <https://doi.org/10.15659/3.sektor-sosyal-ekonomi.22.01.1735>
- Çoşkun, İ. T. (2023). Subjektif ve Objektif Karar Verme Teknikleri ile Elektrikli Araç Seçiminde Etkili Olan Kriterlerin Değerlendirilmesi. Çukurova Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 26(2), 173–190. <https://doi.org/10.51945/cuiibfd.1215799>
- Das, M. C., Pandey, A., Mahato, A. K., ve Singh, R. K. (2019). Comparative performance of electric vehicles using evaluation of mixed data. *OPSEARCH*, 56(3), 1067–1090. <https://doi.org/10.1007/s12597-019-00398-9>
- Deuten, S., Gómez Vilchez, J. J., ve Thiel, C. (2020). Analysis and testing of electric car incentive scenarios in the Netherlands and Norway. *Technological Forecasting and Social Change*, 151. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.119847>
- Ersoy, N. (2022). Kriter ağırlıklandırma yöntemlerinin ÇKKV sonuçları üzerindeki etkisine yönelik gerçek bir hayat uygulaması. *Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 11(4), 1449-1463.
- Gavcar, E., ve Kara, N. (2020). Elektrikli Otomobil Seçiminde ENTROPI ve TOPSIS Yöntemlerinin Uygulanması. *İş ve İnsan Dergisi*, 7(2), 351–359. <https://doi.org/10.18394/iid.695702>
- Hasan, Y., ve Öztel, A. (2017). ENTROPI Tabanlı COPRAS Yöntemi ile Ölçek Bazında Finansal Performans Analizi: Bilgi ve İletişim Sektöründe Bir Uygulama.
- Karamehmet, B., ve Morgül, E. (2018). Tüketicilerin Elektrikli Araç Tercihleri: Literatür Taraması ve Türkiye’de Tanıtımına Yönelik Öneriler. *Karadeniz Uluslararası Bilimsel Dergi*, 40, 246–260. <https://doi.org/10.17498/kdeniz.425914>
- Kazimieras Zavadskas, E., Kaklauskas, A., Peldschus, F., ve Turskis, Z. (2007). Multi-Attribute Assessment of Road Desing Solutions by Using The COPRAS Method. *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*, II, 195–203. <http://www.bjrbe.vgtu>.
- Kırmızıgül, İ. E., ve Baykal, B. (2023). Elektrikli Araç Tercihinde Tüketici Motivasyonu. *Sosyal Bilimler Metinleri*, 2023(2), 223–241. <https://doi.org/10.56337/sbm.1352994>
- Mohanrasu, S. S., Janani, K., ve Rakkiyappan, R. (2023). A COPRAS-based Approach to Multi-Label Feature Selection for Text Classification. *Mathematics and Computers in Simulation*. <https://doi.org/10.1016/j.matcom.2023.07.022>
- Mousavi-Nasab, S. H., ve Sotoudeh-Anvari, A. (2017). A comprehensive MCDM-based approach using TOPSIS, COPRAS and DEA as an auxiliary tool for material selection problems. *Materials and Design*, 121, 237–253. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2017.02.041>
- Mulliner, E., Smallbone, K., ve Maliene, V. (2013). An assessment of sustainable housing affordability using a multiple criteria decision making method. *Omega (United Kingdom)*, 41(2), 270–279. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2012.05.002>

ODMD. (2023). Değerlendirme Raporu. 1–40.

Özbek, A. (2021). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve Excel ile Problem Çözme (3rd ed.). Seçkin.

Patil, S. B., Patole, T. A., Jadhav, R. S., Suryawanshi, S. S., ve Raykar, S. J. (2022). Complex Proportional Assessment (COPRAS) based Multiple-Criteria Decision Making (MCDM) paradigm for hard turning process parameters. *Materials Today: Proceedings*, 59, 835–840. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.01.142>

Podvezko, V. (2011). The comparative analysis of MCDA methods SAW and COPRAS. *Engineering Economics*, 22(2), 134–146. <https://doi.org/10.5755/j01.ee.22.2.310>

Sonar, H. C., ve Kulkarni, S. D. (2021). An Integrated AHP-MABAC Approach for Electric Vehicle Selection. *Research in Transportation Business and Management*, 41. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2021.100665>

Tian, Z. peng, Liang, H. ming, Nie, R. xin, Wang, X. kang, ve Wang, J. qiang. (2023). Data-driven multi-criteria decision support method for electric vehicle selection. *Computers and Industrial Engineering*, 177. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2023.109061>

TRT HABER, <https://www.trthaber.com/haber/ekonomi/elektrikli-tasit-kredisi-tutarlarinda-duzenleme-846167.html>, Erişim tarihi; 05.04.2024

Wu, J., Sun, J., Liang, L., ve Zha, Y. (2011). Determination of weights for ultimate cross efficiency using Shannon entropy. *Expert Systems with Applications*, 38(5), 5162–5165. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.10.046>

Research Article

ENTROPI Destekli COPRAS Yönteminin Elektrikli Otomobil Seçiminde Uygulanması

Application of ENTROPY Supported COPRAS Method in Electric Vehicle Selection

Y. Murat KIZILKAYA

Dr. Öğr. Üyesi, Ardahan Üniversitesi

İktisadi İdari Bilimler Fakültesi

muratkizilkaya@ardahan.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0002-2527-7554>

Extensive Summary

With increasing environmental awareness, individuals and countries have become more sensitive to protect the environment and pass it on to future generations. In this context, various measures have begun to be taken to minimize the damage caused by fossil fuel vehicles to the environment. First of all, the restriction of diesel engines, which cause more damage to nature compared to gasoline, has been emphasized and policies have been produced on this issue. However, since it was not possible to reduce carbon emissions on its own, the focus shifted towards zero-emission vehicles, and thus electric vehicles started to appear more and more on the agenda of the whole world. As a result of this process, the popularity of electric vehicles has been increasing rapidly in recent years, with many companies producing electric vehicle models and offering them to the market. Due to the newness of the electric vehicle market, users are confused about which brand and model to choose and which criteria to consider when choosing a vehicle. The aim of this study is to assist users in ranking electric vehicles by using CORPAS method supported by ENTROPI, one of the multi-criteria decision making techniques.

Although there are many studies on vehicle demand in the world and in Turkey, the number of studies on electric vehicle selection is very limited. This study will contribute to fill this gap in the literature and will be one of the first studies conducted with the COPRAS method. Within the scope of the study, the 7 most sold electric vehicles in Turkey in February 2024 were determined as alternatives, and the criteria were revealed as a result of interviews with market representatives and individuals who are considering buying electric vehicles. According to the 7 criteria determined as a result of the study, Hyundai IONIQ 6 model was determined as the best alternative.

The automobile market offers a wide range of fuel types, including fossil fuels, hybrid cars and electric cars. According to their tastes and preferences, consumers tend to choose the most suitable alternative to meet their needs from this wide range. Automobiles, which are sometimes seen as a compulsory consumption tool and sometimes as an investment tool, are indispensable for daily routine. As the income level of countries increases, the rate of automobile ownership also increases (Aritan and Akyüz 2015).

Electric cars have become widespread in recent years and their market share demands are increasing day by day. The increasing environmental concerns of individuals and countries indicate that electric vehicles with zero emissions will become more widespread in the future. In this context, even well-known companies around the world that have only produced fossil-fueled cars until now have started to invest in the production of electric vehicles by changing their production infrastructure.

The increase in the number and demand for electric cars is not only due to increased environmental awareness of individuals. Countries are now implementing various incentives for electric vehicles,

thereby increasing the demand for electric vehicles in both the US and European countries (Gavcar and Kara 2020). The Netherlands and Norway, which are among the developed countries of the world, implement various incentives for electric vehicles in order to purchase zero-emission vehicles due to their environmental awareness. In this way, these countries have reached a very large share in the sales of electric vehicles, and there is a potential for more than 50% of the market share to consist of electric vehicles by 2030 and nearly 100% by 2050 (Deuten et al., 2020).

Decision making is the process of determining the most appropriate option among alternatives based on various criteria. Scientifically, the decision-making process refers to achieving the final goal by applying one of the Multi-Criteria Decision Making (MCDM) techniques. In this study, the most suitable vehicle for an individual to purchase an electric vehicle was determined by using COPRAS (Complex Proportional Assessment) in multi-criteria decision making techniques. When applying MCDM techniques, one of the objective or subjective methods is used to determine the weights of the criteria. In the study, weights were determined by ENTROPI, which is one of the objective methods.

Due to the increasing popularity of electric cars in recent years, the number of studies on the choice of electric vehicles in the literature is extremely limited, while there is an extensive literature on the choice of fossil fuel cars.

In the literature research on electric vehicle preferences, the necessity of informing the consumer was revealed as the most important factor (Karamehmet and Morgül, 2018).

In order to select the best electric vehicle in the Asian market, the BYD E6 model was determined as the best alternative in the study conducted by using fuzzy analytical hierarchy process to determine the criteria weights and evaluating mixed data for ranking (Das et al., 2019).

Gavcar and Kara (2020) used Entropy and TOPSIS methods on 11 different electric car models sold in our country and found that Tesla Model X LR is the most suitable alternative.

Due to the difficulties in the selection of electric vehicles, the analytical hierarchy process (AHP) was used for weighting the criteria to determine the best alternative, and the multi-attribute boundary approximation domain comparison (MABAC) method was used for the selection of the alternative, and the Hyundai Kona for the highest performance and the Tata Tigor for the price were determined as the best alternatives (Sonar and Kulkarni, 2021).

Entropy has a wide range of applications, from science to social sciences. The entropy method was adapted to information theory (information entropy) by Shannon (Wu et al., 2011). Entropy is a measure of uncertainty. In decision problems, entropy can be used to determine weights. An important advantage is that the decision matrix does not need any additional information other than its own values when determining the weights.

Developed by Zavadskas and Kaklauskas in 1996, COPRAS can be applied to decision problems involving both categorical and numerical data (Uzbek 2021, p 269). The basic logic of the method is to determine how good or bad the alternatives are relative to each other. In this context, the good, i.e. useful criteria are maximized, while the bad, i.e. useless criteria are minimized (Podvezko, 2011). The method estimates the degree of usefulness of the alternatives by showing in percentage terms how good or how bad the compared alternatives are relative to each other (Mulliner et al., 2013).

When the literature is examined, while there are many studies on fossil fuel automobile preference, the number of studies on electric automobile preference is extremely limited. Therefore, while determining the criteria, the opinions of industry representatives and individuals who are considering purchasing electric cars were taken into consideration as well as the literature, and a total of 7 criteria were determined (Çoşkun, 2022; Gavcar and Kara, 2020b). These criteria and their aspects are as follows; price of the car (minimum direction), horsepower of the car (maximum direction), torque of the car (maximum direction), range of the car (maximum direction), battery capacity of the car (maximum), DC charging time of the car (minimum), top speed of the car (maximum). For the alternatives, the 7 most sold electric cars in Turkey in February 2024; TOGG T10X (A1), KG MOBILITY Torres (A2) BMW İ5 (A3), BYD Atto 3 (A4), MG MG4 (A5), VOLVO XC40 (A6), HYUNDAI IONIQ 6 (A7) are considered. The order of alternatives is shown next to the models.

As a result of the calculations, the Hyundai IONIQ 6 model, expressed as A7, ranked 1st with the highest performance. In the weighting made with the ENTROPI method, the 2 most important criteria are price and charging time, respectively. A7 stands out as the 3rd cheapest model among the alternatives and the car that can be charged in the shortest time.

Since buying an automobile is costly, people make their decisions by scrutinizing and scrutinizing. In this process, the high number of alternatives is a challenging factor in making a decision.

The rapid development of technology and the increase in environmental awareness have led automobile companies to various searches. One of the most recent results of these searches is electric cars. Electric cars are an extremely economical alternative, especially for individuals who have charging facilities at home and a large part of their commute is in the city.

Consumers find it difficult to choose the best alternative by paying attention to criteria such as range, charging time and battery capacity, apart from the price of the vehicle. This study determines the preference ranking among the best-selling electric cars in Turkey as of February 2024 by determining 7 criteria in line with the opinions of the literature, customers and automobile industry representatives. The use of ENTROPI method in determining the weights eliminates any subjective process. The COPRAS method was used to compare the alternatives with each other by making a decision ranking.

Although all the values discussed in the study are based on clearly measurable criteria, these data are compiled from the companies' own catalogs, so they may not exactly match real-life data. Especially in terms of range, the extent to which catalog data overlaps with real-life data raises serious questions.

The electric vehicle market is growing day by day and almost every month a different company introduces a new electric vehicle model. In the study, 7 different.