

Türkiye’de Satışa Sunulan Elektrikli Araçların BWM ve LOPCOW Yöntemleriyle Ağırlıklandırılması ve Kriterlerin Sıralanması

Abdulkerim Güler¹

¹Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Şarkışla Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu, Bilişim Sistemleri ve Teknolojileri Bölümü, Sivas

Geliş Tarihi / Received Date: 24.09.2023

Kabul Tarihi / Accepted Date: 29.06.2024

Öz

Elektrikli araçlar dünya çapında hızla yaygınlaşmaktadır. Enerji verimliliği hem ekonomi hem de çevre için önem arz etmektedir. Elektrikli araçlardaki bu etkiler nedeniyle birçok şirket elektrikli araç üretimi için çalışmalar yapmaktadır. Elektrikli araç satın almak isteyen alıcılar için de elektrikli araç teknolojileri içinde bir seçim problemi ortaya çıkmaktadır. Türkiye’de elektrikli araçların satışa sunulması, hem çevresel sürdürülebilirlik hem de ekonomik dönüşüm açısından büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, Türkiye’de satışa sunulan elektrikli araçlar için önemli olan kriterler çok kriterli ağırlıklandırma yöntemlerinden BWM ve LOPCOW Yöntemleri ile ağırlıklandırılmıştır. Ağırlıklandırma yöntemleri için hem subjektif hem de objektif ağırlıklandırma yöntemleri kullanılmış ve bu yöntemlerin ortak ağırlık değerleri hesaplanmıştır. Böylece elektrikli araçlar için kriterlerin önem sıralamaları belirlenmiştir. Elektrikli araçların pazarlama stratejilerinin belirlenmesinde kullanılabilecek kriterlerin öneminin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmada elektrikli araçlar için kriterlerin ağırlıklandırılması ve sıralaması yapılmıştır. BWM ve LOPCOW Yöntemlerinin sonuçları karşılaştırılmış ve birleştirilmiştir. Çalışma sonucunda, en önemli kriterin “Batarya Kapasitesi”, en az önemli kriterin ise “Ağırlık” olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: elektrikli araçlar, BWM yöntemi, LOPCOW yöntemi

Weighting and Ranking of Electric Vehicles’ Criteria On Sale in Turkey by BWM and LOPCOW Methods

Abstract

Electric vehicles are rapidly becoming widespread worldwide. Energy efficiency is important for both the economy and the environment. Due to these effects on electric vehicles, many companies are working on the production of electric vehicles. For buyers who want to buy electric vehicles, a selection problem arises within electric vehicle technologies. The introduction of electric vehicles in Turkey is of great importance for both environmental sustainability and economic transformation. In this study, the important criteria for the electric vehicles offered for sale in Turkey are weighted by BWM and LOPCOW methods. For weighting methods, both subjective and objective weighting methods were used and common weight values of these methods were calculated. Thus, it was tried to determine the importance rankings of the criteria for electric vehicles. It is aimed to determine the importance of the criteria that can be used in determining the marketing strategies of electric vehicles. In this study, the weighting and ranking of the criteria for the electric vehicle were carried out. The results of BWM and LOPCOW Methods are compared and combined. As a result of the study, it was determined that the most important criterion is "Battery Capacity" and the least important criterion is "Weight".

Keywords: electric vehicles, BWM method, LOPCOW method

Giriş

Dünya’da en fazla kullanılan fosil enerji kaynaklarından olan petrol tüketiminin neredeyse %60’ından fazlasını içten yanmalı motorlar içermektedir. Bu nedenle de, Dünya’da CO2 salınımının %25,5’ine sebep olmaktadır. Karayolları taşımacılığında bu tüketim içinde tüm CO2 salınımının %16’sına sadece karayolları taşımacılığı neden olmaktadır (Xu ve Yu, 2009). Elektrikli araçlar fosil yakıtlı araçlara nazaran ekonomik ve çevre dostu olması nedeniyle giderek yaygınlaşmaktadır. Elektrikli araçların 2030 yılına kadar küresel olarak binek otomobil satışlarının %75’ini oluşturması beklenmekte ve bu da endüstrinin mevcut gidişatını ve hızını önemli ölçüde arttırmaktadır (TEHAD, 2023). Elektrikli araçlar, çevre dostu olmaları nedeniyle diğer geleneksel otomobillere göre daha avantajlı ve popüler durumda olmaktadır (Polatgil, 2024).

Günümüzde, dünyadaki elektrikli araç üretici piyasasına Türkiye de katılmıştır. Türkiye merkezli elektrikli araç ile ülkemizde satışa sunulmaya başlanmıştır. Bu araçlara ilgi giderek artmaktadır. Elektrikli araçlar, çevre dostu yeni bir ürün olarak ifade edilmektedir (O’Connor ve McDermott, 2004). Elektrikli araçlar, kısmen veya tamamen elektrik enerjisi ile çalışan araçlara verilen isimdir. Elektrikli araç tipleri; tam elektrikli araçlar, hibrit araçlar, plug-in araçlar ve yakıt hücreli araçlar şeklinde çeşitlendirilmektedir (Andersson ve Börjesson, 2021).

Bu çalışmayı diğer çalışmalardan ayıran özellik, Türkiye’de satışa sunulan araçların tercih edilmesinde tüketicilerin tercihlerini etkileyen kriterlerin ön plana çıkarılması ve çok kriterli karar verme yöntemlerinden uzman görüşleri ile kriter ağırlık değerleri elde edilen yöntem (BWM) ile uzman görüşüne gerek kalmadan direkt verilere göre kriterlere ağırlık değerleri veren (LOPCOW) yöntemi sonuçları karşılaştırılmış ve kriter ağırlıkları ortak ağırlık değerleri olarak birleştirilmiştir. Ayrıca, çalışmada kullanılan kriterler, elektrikli araçlar ile ilgili yapılan ulusal ve uluslararası çalışmalarda kullanılan kriterlerdir (Tablo 1).

Türkiye’de satışa sunulan elektrikli araçların pazarlama stratejilerinin belirlenmesinde elektrikli araçların kriterlerin ağırlıkları ve sıralamaları sistematik bir şekilde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri(ÇKKVY) ile değerlendirilmiştir. Böylece bu çalışma ile otomotiv endüstrisi paydaşlarına, elektrikli araç satın alma niyeti olanlara, elektrikli araçların Türkiye’deki pazarlama stratejilerini geliştirmede rehberlik edecek ve tüketicilerin tercihlerini anlama konusunda daha etkili bir temel sunacaktır.

Literatür Taraması

Elektrikli araçlar ve Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri(ÇKKVY) ile ilgili literatür incelemesi aşağıda belirtilmiştir.

Karabulut (2023) yaptığı çalışmada, elektrikli motosikletleri CRITIC-COPRAS entegreli yöntem ile analiz etmiştir. Çalışma sonucuna göre, en yüksek önem düzeyinin fiyat kriterine ait olduğu tespit edilmiştir. Çaloğlu Büyükselçuk ve Tozan (2022) yaptıkları çalışmada, elektrikli sportif araçların performanslarını CRITIC ve EATWIOS entegreli çok kriterli karar verme yöntemleri ile sıralamışlardır. Çalışma sonucunda, İngiltere’de üretilen e-SUV’ların en iyi elektrikli araç olduğu tespit edilmiştir. Bilgilioğlu (2022) yaptığı çalışmada, Bulanık AHP yöntemi ile elektrikli araç şarj istasyonu için yer seçiminde çok kriterli karar verme yöntemini kullanmıştır. En uygun yerin belirlenmesi için bu yöntemi kullanmıştır. Böylece şarj istasyonu için yer seçimi haritası üretilmiştir. Abdulvahitoğlu vd. (2022) yaptıkları çalışmada, elektrikli otomobil seçiminde çok kriterli karar verme yöntemlerinden Borda tümleşik MULTIMOORA yöntemini kullanmışlardır. Çalışma sonucunda, popüler olan elektrik araç seçimi için standart sapma tabanlı MULTIMOORA tümleşik Borda yönteminin kullanıldığı bir model önermişlerdir. “Mercedes EQC 400 4MATIC” adlı aracın en iyi seçenek olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Güleriyüz ve Çokyaşar (2021) yaptıkları çalışmada, otomobil seçiminde TOPSIS yöntemini kullanmışlardır. Böylece tüketicilerin otomobil satın alırken seçimlerine yardımcı olmayı hedeflemişlerdir. Sonar ve Kulkarni (2021) yaptıkları çalışmada, AHP ve MABAC yöntemlerini bütünleştirmiş, 6 farklı kriter üzerinden 6 alternatif elektrikli aracın sıralamasını yapmışlardır. Çalışma

sonucunda, en önemli kriter “maksimum menzil”, en az önemli kriter ise “aracın torku” olarak tespit edilmiştir. Karasu Asnaz ve Özdemir (2021) yaptıkları çalışmada, elektrikli araç şarj istasyonlarını çok kriterli karar verme yöntemleri ile optimal konumlandırmayı hedeflemişlerdir. Her bir alternatif konumun kriterlere göre performansı değerlendirilmiş ve alternatiflerin sıralanması yapılmıştır. Çoşkun (2021) yaptığı çalışmada, elektrikli otomobil seçiminde çok kriterli karar verme yöntemlerini kullanmıştır. MULTIMOORA yöntemi kullanılarak Hyundai Kona 150 kW'nin en üst sıraya yerleştiği, Renault ZOE'nin ise beşinci sırada yer aldığı sonucuna ulaşılmıştır. Öztaysi vd. (2021) yaptıkları çalışmada, elektrikli araç seçiminde Bulanık KEMIRA yöntemi kullanmışlardır. Üç fayda kriteri, üç maliyet kriteri ve 5 alternatiften oluşan bir karar modeli oluşturup önerilen Bulanık KEMIRA yöntemi kullanılmıştır. Babacan (2020) yaptığı çalışmada, Türkiye'deki orta gelir grubu için otomobil seçiminde çok kriterli karar verme yöntemi kullanmıştır. Alıcıların otomobil ihtiyacını karşılamak için VIKOR yöntemi ile problem çözülmüştür. Gavcar ve Kara (2020) yaptıkları çalışmada, elektrikli otomobil seçiminde ENTROPİ ve TOPSIS yöntemlerini kullanmışlardır. Tesla'nın Model X LR ve Model 3 otomobilleri, en yüksek performans skoru elde etmiştir. Biswas ve Das (2018) yaptıkları çalışmada, Bulanık AHP-MABAC yöntemlerini kullanarak elektrikli araç seçimi yapmışlardır. Çalışma için yedi potansiyel alternatiften oluşan bir örnek değerlendirilmiştir. Seçilen kriterlere göre Hyundai İoniq Electric'in diğer alternatiflere göre daha iyi performans gösterdiği tespit edilmiştir Sakthivel vd. (2013) yaptıkları çalışmada, otomobil satın almada hibrit birçok kriterli karar verme yöntemi kullanmışlardır. En iyi aracın seçimini değerlendirmek için iki model önermişlerdir. Araçların nihai sıralamasını elde etmek için GRA ve PROMETHEE yöntemi kullanılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Çalışmada kullanılan kriterler literatür incelemesi sonucunda belirlenmiştir. Bu kriterler tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Kriterlerin Literatür İncelemesi

Kriterler	Birim	Optimizasyonun Yönü	Referans Literatürü
Batarya Kapasitesi (KRT1)	kw/saat	Fayda	Gavcar ve Kara (2020), Flizikowski vd.(2020), Kuchta ve Vrba (2003), Więckowski vd. (2023)
Beygir Gücü (KRT2)	kW	Fayda	Gavcar ve Kara (2020), Büyükselçuk ve Tozan(2022), Çoşkun (2022), Dijk ve Yarime (2010), Aksen vd. (2009), Więckowski vd. (2023)
Menzil (KRT3)	km	Fayda	Gavcar ve Kara (2020), Çaloğlu Büyükselçuk ve Tozan(2022), Çoşkun (2022), Abdulvahitoğlu vd. (2022), Lundström (2014), Więckowski vd. (2023)
Tüketim (KRT4)	kWh/100 km	Maliyet	Büyükselçuk ve Tozan (2022), Van Vliet vd. (2011), Sathre and Gustavsson (2021), Więckowski vd. (2023)
Şarj olma süresi (KRT5)	Dakika	Maliyet	Çaloğlu Büyükselçuk ve Tozan (2022), Çoşkun (2022), Abdulvahitoğlu vd. (2022), Giansoldati vd. (2020), Horn vd. (2019), Więckowski vd. (2023)
Tork (KRT6)	Nm	Fayda	Çaloğlu Büyükselçuk ve Tozan (2022), Çoşkun (2022), Kubiczek ve Hadasik (2021), Grigor'ev vd. (2015), Więckowski vd. (2023)
Azami hız (KRT7)	Km/h	Fayda	Çaloğlu Büyükselçuk ve Tozan(2022), Çoşkun (2022), Helmers ve Marx (2012), Kim vd. (2014), Więckowski vd. (2023)
Hızlanma (100'e kadar hızlanma) (KRT8)	Saniye	Fayda	Van Wee vd. (2012), Guo ve Zhang (2017)
Ağırlık (KRT9)	Kg	Maliyet	Çaloğlu Büyükselçuk ve Tozan(2022), Van Vliet vd. (2011) , Petrovic vd. (2015), Więckowski vd. (2023)

Bu çalışmada kullanılan veriler ise, 2023 yılı eylül ayı ile sınırlıdır. Çalışmada Türkiye’de satışa sunulan elektrikli araçların verileri kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan veriler araçları üreten firmaların web sayfalarından, Türkiye’de araç satış sitelerindeki verilerden karşılaştırma yapılarak (örn; <https://evdatabase.org>, www.sahibinden.com vb.) elde edilmiştir. Elde edilen veriler tablo 2’de gösterilmiştir.

Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden BWM yöntemi, kriterlerin ağırlıklarını belirlemek için uzman görüşlerini kullanırken, LOPCOW yöntemi ise kriterlerin sıralanmasını sağlamak için mevcut verilerin analizi ile sıralama yapmaktadır. Elektrik-elektronik mühendisi ve Üniversite öğretim üyesinden oluşan alanında uzman 5 kişiyle yapılan görüşmeler sonucuna göre kriterlerin sıralaması yapılmıştır. Daha sonra bu sıralamalar ortak ağırlık değerleri olarak tek sırada birleştirilmiştir.

Tablo 2. Elektrikli Araç Modelleri Verileri

S.N	Modeller	Batarya Kapasitesi	Menzil	Tüketim	Şarj	Beygir Gücü	Tork	Azami Hız	Hızlanma	Ağırlık
1	Audi Q8 e-tron 50 quattro (A1)	89	505	19,5	41	249	664	200	6	2510
2	Audi Q8 e-tron 55 quattro (A2)	106	600	19,9	41	300	664	200	5,6	2510
3	BMW i4 M50 (A3)	80,7	510	19	31	399	795	225	3,9	2215
4	BMW iX1 xDrive30 (A4)	64,7	440	16,8	29	230	494	180	5,6	2085
5	BMW iX3 2022 (A5)	80	460	18,5	32	210	400	180	6,8	2185
6	BMW iX xDrive 50 (A6)	105,2	630	19,8	35	384	765	200	4,6	2510
7	BMW iX xDrive 40 (A7)	71	425	19,4	31	239	630	200	6,1	2365
8	BMW i7 xDrive60 (A8)	107,8	625	18,4	34	399	745	240	4,7	2715

9	Hyundai Kona Elektrik 150 kW 2021 (A9)	64	484	14,7	47	150	395	167	7,9	1760
10	Hyundai IONIQ 5 (A10)	72,6	430	17,7	18	224	605	185	5,2	2095
11	Jaguar I-Pace EV400 (A11)	90	470	27,5	45	294	696	200	4,8	2208
12	Kia EV6 Long Range GT LINE (A12)	77,4	506	17,2	18	238	605	187	5,2	2105
13	Kia Niro EV Prestige (A13)	64,8	463	15,7	43	150	255	167	7,8	1739
14	Mercedes EQE 350+ (A14)	90	654	15,9	32	214	565	210	6,4	2355
15	Mercedes AMG EQE 53 4MATIC+ (A15)	90,56	526	20,2	32	459	950	220	3,5	2525
16	Mercedes EQE 300+ (A16)	89	616	16,7	32	180	550	210	7,3	2495
17	Mercedes AMG EQS 53 4MATIC+ (A17)	108	580	21,5	31	559	1020	250	3,4	2655
18	Mercedes EQS 580 4MATIC (A18)	108	676	18,4	31	384	855	210	4,3	2585
19	Mercedes EQS 450+ (A19)	108	780	15,6	31	244	568	210	6,2	2480
20	Mercedes EQB 350 4MATIC (A20)	66,5	419	18,1	32	214	520	160	6,2	2175
21	Mercedes EQC 400 4MATIC (A21)	80	462	20,8	40	300	760	180	5,1	2495
22	Mercedes EQA 350 4MATIC (A22)	66,5	432	17,5	30	214	520	160	6	2080
23	Mini Cooper SE (A23)	32,6	235	16,8	35	135	270	150	7,3	1440
24	Peugeot SUV e-2008 (A24)	50	331	15,1	30	99	260	150	8,5	1548
25	Porsche Taycan Turbo Cross Turismo (A25)	93,4	452	28,7	22,5	499	850	250	3,3	2395
26	Porsche Taycan Turbo S Cross Turismo (A26)	93,4	419	29,4	22,5	559	1050	250	2,9	2395
27	Porsche Taycan 4S Cross Turismo (A27)	93,4	452	28,1	22,5	419	650	240	4,1	2320
28	Porsche Taycan 4 Cross Turismo (A28)	93,4	456	28,1	22,5	350	500	220	5,1	2320
29	Porsche Taycan Turbo S (A29)	93,4	416	28,5	22,5	559	1050	260	2,8	2370
30	Porsche Taycan Turbo (A30)	93,4	452	28	22,5	499	850	260	3,2	2380
31	Porsche Taycan 4S Plus (A31)	93,4	464	27	22,5	419	650	250	4	2295
32	Porsche Taycan 4S (A32)	79,2	408	26,2	22,5	389	640	250	4	2215
33	Porsche Taycan (A33)	79,2	431	28	22,5	300	345	230	5,4	2125
34	Renault ZOE 2022 (A34)	52	386	13,5	70,0	99	245	140	9,4	1502
35	DFSK Seres 3 Elektrikli SUV (A35)	52,5	405	15,8	30	119	300	160	8,9	1690
36	Skywell ET5 (A36)	85,97	565	15,9	63	150	320	150	8,2	1930
37	Subaru Solterra e-Xclusive (A37)	71,4	466	16,1	30	160	336	160	6,9	2015
38	Volvo XC40 Recharge P6 (A38)	69	423	18,7	32	169	330	160	7,4	2030
39	Tesla Model Y Long Range AWD (A39)	81	533	16,9	28	291	510	217	5	1979
40	Tesla Model 3 Long Range (A40)	75	614	15,5	30	323	493	261	4,4	1844
41	Tesla Model 3 Standard Range Plus (A41)	54	448	12,6	22	217	404	225	5,6	1745
42	Tesla Model Y Performance (A42)	80	480	16,6	27	335	643	241	3,7	2003
43	Tesla Model Y Long Range AWD (A43)	81	533	16,9	27	291	510	217	5	1979
44	TOGG T10X V1 RWD Standart (A44)	88,5	523	16,9	28	160	350	185	7,8	2126

Best Worst Yöntemi (BWM)

Rezaei 2015 yılında, bir karar vericinin tercihini temsil etmek için oluşturulmuş bir ikili karşılaştırma yöntemini önermiştir. Bu yöntemde, diğerlerine göre en iyiden ikili karşılaştırmalar kümesi ve diğerlerine göre en kötüden ikili karşılaştırmalar kümesi olmak üzere toplamda $2n-3$ çiftli karşılaştırma kullanılmıştır (Rezaei, 2015).

BWM, sadece tek bir uzmandan fikir alınması için geliştirilen bir yöntemdir. Fakat, birden çok uzman söz konusu olduğunda, geometrik ya da aritmetik ortalama ile de bu yöntem kullanılabilir (Mohammadi ve Rezaei, 2020).

Bu yöntemin aşamaları şu şekildedir (Rezaei, 2015);

1.Aşama: Karar vericiler tarafından $C=\{c_1, c_2, c_3, \dots, c_n\}$ biçiminde karar kriterleri belirlenmektedir.

2. Aşama: Her karar vericiler sırayla, c_B ($B \in N$) ve c_W ($W \in N$) ile belirtilen en iyi (en önemli) ve en kötü (en az önemli) kriterlerini tanımlamaktadırlar. Birden fazla kriter en iyi ya da en kötü olarak kabul edildiği durumda ise, bu kriterlerden sadece bir tanesi isteğe bağlı olarak seçilebilmektedir (N: Kriter sayısı).

3.Aşama: Her karar verici, 1 ile 9 arasında bir sayı seçerek en iyi kriteri (c_B) diğer tüm kriterlere göre karşılaştırmaktadır. Kriterleri eşit öneme sahip kriter 1 ve en önemli kriter ise 9 ile belirtilmektedir. En iyi kriterle diğer kriterler ikili karşılaştırmaktadır:

$$A_{BO} = (a_{B1}, a_{B2}, a_{B3}, \dots, a_{Bj}, \dots, a_{Bn})$$

Burada a_{Bj} ($j \in N$), en iyi c_B kriterinin c_j kriterine göre karşılaştırması göstermektedir. Kriter j üzerinde en iyi kriterin B tercihini belirtmektedir ve $a_{BB} = 1$ 'dir.

4.Aşama: Her karar verici, 1 ile 9 arasında bir sayı seçerek tüm kriterlerin en kötü kriterine göre karşılaştırmasını yapmaktadır. Diğer kriterlerden en kötü ile ilgili ikili karşılaştırmalar;

$$A_{OW} = (a_{1W}, a_{2W}, a_{3W}, \dots, a_{jW}, \dots, a_{nW})$$

Burada, a_{jW} ($j \in N$), diğer c_j kriterinin en kötü c_B kriterine karşılaştırmasını göstermektedir. j 'nin en kötü kriter W üzerindeki tercihini göstermektedir ve $a_{WW} = 1$ 'dir.

5.Aşama: Bu aşamada, min-max modeli çözülerek optimal ağırlık vektörü $w=(w_1^*, w_2^*, \dots, w_n^*)^T$ elde edilmektedir:

$$\min \max_j \left\{ \left| \frac{w_B}{w_j} - a_{Bj} \right|, \left| \frac{w_j}{w_W} - a_{jW} \right| \right\}$$

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1, \quad w_j \geq 0, \quad j \in N. \quad (1)$$

Model (1) doğrusal şekli aşağıdaki gibi (Model 2) dönüştürülür:

$$\min \xi$$

$$|w_B - w_j a_{Bj}| \leq \xi \quad (2)$$

$$|w_j - w_W a_{jW}| \leq \xi \quad (3)$$

$$\sum_j w_j = 1 \quad w_j \geq 0, \quad \forall j, j = 1, 2, 3, \dots, J$$

Model 2 ile kriterlerin ağırlıkları ve ξ hesaplanmaktadır.

Burada w_j , j kriterinin ağırlığını göstermektedir ve ξ değeri ikili karşılaştırmalarda bu karşılaştırmaların ne kadar tutarlı olduğunu tespit etmek amacıyla kullanılmaktadır. ξ değeri sifira ne kadar yakınsa, ikili karşılaştırmaların da o kadar tutarlı olduğu söylenebilir. Tutarlılık indeksi ile ilgili tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3. Tutarlılık İndeksi

$a_{En\ iyi-En\ Kötü}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tutarlılık İndeksi	0	0,44	1	1,63	2,3	3	3,73	4,47	5,23

BWM'nin Tutarlılık Oranı, elde edilen ξ ve bu değere karşılık gelen tutarlılık indeksi ise şu şekilde hesaplanmaktadır:

Tutarlılık Oranı= $\xi /$ (Tutarlılık indeksi)

Tutarlılık oranı sıfıra ne kadar yakın olursa, elde edilen vektör de o kadar tutarlıdır denir (Demir ve Bircan, 2020)

LOPCOW Yöntemi

LOPCOW yöntemi, objektif bir yaklaşım benimsemektedir. Karar vericilerin kişisel fikirlerine gerek olmadan kriter ağırlıklarını belirleyebilen bir yöntemdir. Bu yöntem, kriter ağırlıklarını hesaplarken alternatiflerin negatif performans değerini kullanabilmekte ve birçok kriter ile alternatiflerin verimli bir biçimde değerlendirilmesine katkı sağlamaktadır (Biswas vd., 2022).

LOPCOW yöntemi, kriter ağırlıklarını objektif bilgilere dayanarak hesaplamaktadır. Bu yöntemin avantajları şu şekildedir (Ecer ve Pamucar, 2022);

- Kriter ağırlıkları nispeten eşit dağılım göstermektedir.
- Kriter ağırlıklarının belirlenmesinde alternatiflerin negatif performans değerleri kullanılmaktadır. Bu, hisse senedi getirileri gibi birçok karmaşık gerçek hayattaki senaryolarda faydalı bir özelliktir.
- Çok sayıda kriter ve alternatif ile verimli bir şekilde çalışabilmektedir.

$X = [x_{ij}]_{m \times n}$ karar matrisi olmak üzere, m alternatif sayısını ve n ise kriter sayısını göstermektedir. Aşağıda LOPCOW yönteminin aşamaları açıklanmıştır (Ecer ve Pamucar, 2022).

1. Aşama: Normalleştirilmiş karar matrisinin oluşturulması

Doğrusal max-min tipi normalleştirme kullanarak, normalleştirilmiş karar matrisi aşağıdaki gibi elde edilmektedir;

$$R = [r_{ij}]_{m \times n}$$

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{min}^j}{x_{max}^j - x_{min}^j} \quad (j \in j^+, \text{ istenen etki: maksimize etmek}) \quad (4)$$

$$r_{ij} = \frac{x_{max}^j - x_{ij}}{x_{max}^j - x_{min}^j} \quad (j \in j^-, \text{ istenen etki: minimize etmek}) \quad (5)$$

2. Aşama: Kriterler için Yüzde Değeri (YD) türetmek

Her kriter için Yüzde Değeri, ortalama kare değerinin doğal logaritması ile yüzde olarak ifade edilen standart sapmanın bir oranı olarak verilmektedir. Bu adım, ağırlıkların eşit olmayan dağılımını düşürmeye yardımcı olmaktadır. Buna göre, Yüzde Değeri şu şekilde hesaplanmaktadır;

$$P_j = \left| \ln \left(\frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m r_{ij}^2}{m}}}{\sigma} \right) \cdot 100 \right| \quad (6)$$

Burada σ standart sapmayı ifade etmektedir.

3. Aşama: Kriter ağırlıklarının hesaplanması

Kriter ağırlıkları şu şekilde belirlenmektedir;

$$w_j = \frac{P_{ij}}{\sum_{j=1}^n P_{ij}} \quad (7)$$

Burada, $\sum_{j=1}^n w_j = 1$ (Burada, tüm kriterlerin ağırlıklarının toplamı = 1'dir)

Ortak Ağırlık Yöntemi ile BWM ve LOPCOW Yöntemi ile elde edilen ağırlık Değerlerinin Birleştirilmesi

Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinde analizler için daha sağlam bir model kurabilmek amacıyla ortak ağırlıklandırma yapılabilmektedir. Bu nedenle, sübjektif ve objektif ağırlıklandırma yöntemlerinden (BWM ve LOPCOW) elde edilen kriter ağırlıkları eşitlik 8 ile birleştirilmiş ve ağırlıklar hesaplanmıştır (Bektaş, 2022; Zavadskas ve Podvezko, 2016).

$$w_{j \text{ ortak}} = \frac{w_{j1} * w_{j2}}{\sum_{j=1}^m w_{j1} * w_{j2}} \quad (8)$$

Bulgular

BWM Yönteminin Uygulanması

1. Aşama: Batarya kapasitesi, menzil, tüketim, şarj süresi, beygir gücü, tork, azami hız, hızlanma ve ağırlık olmak üzere toplamda 9 kriter kullanılmıştır.

2. Aşama: Uzmanların değerlendirmelerine göre kriterlerin sıralanması tablo 4'te gösterilmiştir. Her uzmanın verdiği cevabın geometrik ortalaması alınarak tek bir sıralama elde edilmiştir (Mohammadi ve Rezaei, 2020).

Tablo 4. Uzmanlara Göre Kriterlerin Sıralaması

Kriterler	1.Uzman	2.Uzman	3.Uzman	4.Uzman	5.Uzman	Geometrik Ortalama	Sıralama
Batarya Kapasitesi	4	6	7	4	6	5,26	5
Menzil	6	5	6	5	5	5,38	6
Tüketim	2	2	1	2	1	1,52	1
Şarj Süresi	5	4	4	3	2	3,44	4
Beygir Gücü	1	3	3	1	3	1,93	2
Tork	3	1	2	6	4	2,70	3
Azami Hız	8	7	9	8	8	7,97	8
Hızlanma	7	8	5	7	7	6,72	7
Ağırlık	9	9	8	9	9	8,79	9

Tablo 4'e bakıldığında elektrikli araçlar için en iyi kriterin "tüketim" ve en az önemli kriterin ise "ağırlık" olduğu görülmektedir.

3. Aşama: En iyi olarak belirlenen kritere göre diğer kriterlerin öncelik sıralamaları uzmanlar yardımıyla oluşturulmuş ve tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. En İyi Olarak Belirlenen Kritere Göre İkili Karşılaştırmalar

Kriterler	Batarya Kapasitesi	Menzil	Tüketim	Şarj Süresi	Beygir Gücü	Tork	Azami Hız	Hızlanma	Ağırlık
Kod	KRT1	KRT2	KRT3	KRT4	KRT5	KRT6	KRT7	KRT8	KRT9
KRT3	2	6	1	5	3	4	8	7	9

4. Aşama: En kötü olarak değerlendirilen kriter ile diğer kriterlerin öncelik sıralamaları uzmanlar yardımıyla oluşturulmuş ve tablo 6'da sunulmuştur.

Tablo 6. En Kötü Olarak Değerlendirilen Kriter ile İkili Karşılaştırmalar

Kriterler	Batarya Kapasitesi	Menzil	Tüketim	Şarj Süresi	Beygir Gücü	Tork	Azami Hız	Hızlanma	Ağırlık
Kod	KRT1	KRT2	KRT3	KRT4	KRT5	KRT6	KRT7	KRT8	KRT9
KRT9	5	4	9	5	8	7	3	2	1

5.Aşama: Min-max modelinin çözülmesi ve optimal ağırlıkların tespit edilmesi.

min ξ

$$|W_{KR3} - 2W_{KR1}| \leq \xi$$

$$|W_{KR3} - 6W_{KR2}| \leq \xi$$

$$|W_{KR3} - 5W_{KR4}| \leq \xi$$

$$|W_{KR3} - 3W_{KR5}| \leq \xi$$

$$|W_{KR3} - 4W_{KR6}| \leq \xi$$

$$|W_{KR3} - 8W_{KR7}| \leq \xi$$

$$|W_{KR3} - 7W_{KR8}| \leq \xi$$

$$|W_{KR3} - 9W_{KR9}| \leq \xi$$

$$|W_{KR1} - 5W_{KR9}| \leq \xi$$

$$|W_{KR2} - 4W_{KR9}| \leq \xi$$

$$|W_{KR3} - 9W_{KR9}| \leq \xi$$

$$|W_{KR4} - 5W_{KR9}| \leq \xi$$

$$|W_{KR5} - 8W_{KR9}| \leq \xi$$

$$|W_{KR6} - 7W_{KR9}| \leq \xi$$

$$|W_{KR7} - 3W_{KR9}| \leq \xi$$

$$|W_{KR8} - 2W_{KR9}| \leq \xi$$

$$W_{KR1} + W_{KR2} + W_{KR3} + W_{KR4} + W_{KR5} + W_{KR6} + W_{KR7} + W_{KR8} + W_{KR9} = 1$$

$$W_{KR1}, W_{KR2}, W_{KR3}, W_{KR4}, W_{KR5}, W_{KR6}, W_{KR7}, W_{KR8}, W_{KR9} \geq 0$$

Ağırlık katsayı değerleri, LINGO 20.0 programıyla çözülmüş ve tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7. Ağırlık Katsayı Değerleri

Kriterler	Kod	Ağırlık(w)
Tüketim	KRT3	0,3080
Batarya Kapasitesi	KRT1	0,1941
Menzil	KRT2	0,0647
Şarj Süresi	KRT4	0,0776
Beygir Gücü	KRT5	0,1294
Tork	KRT6	0,0970
Azami Hız	KRT7	0,0485
Hızlanma	KRT8	0,0554
Ağırlık	KRT9	0,0253

$$\xi = 0,080154$$

BWM yönteminin uygulamasında 9 adet kriter kullanılmıştır. Buna göre $2*9-3 = 15$ adet karşılaştırma yapılmıştır. $\xi = 0,080154$ değerinin tutarlılık oranı için; tablo 1'de tutarlılık indeksinin 9 kriter için karşılık gelen 5,23 değerine göre; Tutarlılık oranı= $0,080154/5,23 = 0,0153$ olur ve bu değer 0,10'dan küçük olduğu için tutarlıdır denilebilir (Demir ve Bircan, 2020).

LOPCOW Yöntemi ile Kriterlerin Ağırlıklandırılması

1. Aşama: Normalleştirilmiş karar matrisinin oluşturulması

Doğrusal max-min tipi normalleştirme kullanarak, normalleştirilmiş karar matrisi tablo 8'de elde edilmiştir.

Tablo 8. Normalleştirilmiş Karar Matrisi

Alt. (Araçlar)	Batarya Kapasitesi	Menzil	Tüketim	Şarj	Beygir gücü	Tork	Azami hız	Hızlanma	Ağırlık
A1	0,7480	0,4954	0,5893	0,5577	0,3261	0,5205	0,4959	0,4848	0,1608
A2	0,9735	0,6697	0,5655	0,5577	0,4370	0,5205	0,4959	0,4242	0,1608
A3	0,6379	0,5046	0,6190	0,7500	0,6522	0,6832	0,7025	0,1667	0,3922
A4	0,4257	0,3761	0,7500	0,7885	0,2848	0,3093	0,3306	0,4242	0,4941
A5	0,6286	0,4128	0,6488	0,7308	0,2413	0,1925	0,3306	0,6061	0,4157
A6	0,9629	0,7248	0,5714	0,6731	0,6196	0,6460	0,4959	0,2727	0,1608
A7	0,5093	0,3486	0,5952	0,7500	0,3043	0,4783	0,4959	0,5000	0,2745
A8	0,9973	0,7156	0,6548	0,6923	0,6522	0,6211	0,8264	0,2879	0,0000
A9	0,4164	0,4569	0,8750	0,4423	0,1109	0,1863	0,2231	0,7727	0,7490
A10	0,5305	0,3578	0,6964	1,0000	0,2717	0,4472	0,3719	0,3636	0,4863
A11	0,7613	0,4312	0,1131	0,4808	0,4239	0,5602	0,4959	0,3030	0,3976
A12	0,5942	0,4972	0,7262	1,0000	0,3022	0,4472	0,3884	0,3636	0,4784
A13	0,4271	0,4183	0,8155	0,5192	0,1109	0,0124	0,2231	0,7576	0,7655
A14	0,7613	0,7688	0,8036	0,7308	0,2500	0,3975	0,5785	0,5455	0,2824
A15	0,7687	0,5339	0,5476	0,7308	0,7826	0,8758	0,6612	0,1061	0,1490
A16	0,7480	0,6991	0,7560	0,7308	0,1761	0,3789	0,5785	0,6818	0,1725
A17	1,0000	0,6330	0,4702	0,7500	1,0000	0,9627	0,9091	0,0909	0,0471
A18	1,0000	0,8092	0,6548	0,7500	0,6196	0,7578	0,5785	0,2273	0,1020
A19	1,0000	1,0000	0,8214	0,7500	0,3152	0,4012	0,5785	0,5152	0,1843
A20	0,4496	0,3376	0,6726	0,7308	0,2500	0,3416	0,1653	0,5152	0,4235
A21	0,6286	0,4165	0,5119	0,5769	0,4370	0,6398	0,3306	0,3485	0,1725
A22	0,4496	0,3615	0,7083	0,7692	0,2500	0,3416	0,1653	0,4848	0,4980
A23	0,0000	0,0000	0,7500	0,6731	0,0783	0,0311	0,0826	0,6818	1,0000
A24	0,2308	0,1761	0,8512	0,7692	0,0000	0,0186	0,0826	0,8636	0,9153
A25	0,8064	0,3982	0,0417	0,9135	0,8696	0,7516	0,9091	0,0758	0,2510
A26	0,8064	0,3376	0,0000	0,9135	1,0000	1,0000	0,9091	0,0152	0,2510

A27	0,8064	0,3982	0,0774	0,9135	0,6957	0,5031	0,8264	0,1970	0,3098
A28	0,8064	0,4055	0,0774	0,9135	0,5457	0,3168	0,6612	0,3485	0,3098
A29	0,8064	0,3321	0,0536	0,9135	1,0000	1,0000	0,9917	0,0000	0,2706
A30	0,8064	0,3982	0,0833	0,9135	0,8696	0,7516	0,9917	0,0606	0,2627
A31	0,8064	0,4202	0,1429	0,9135	0,6957	0,5031	0,9091	0,1818	0,3294
A32	0,6180	0,3174	0,1905	0,9135	0,6304	0,4907	0,9091	0,1818	0,3922
A33	0,6180	0,3596	0,0833	0,9135	0,4370	0,1242	0,7438	0,3939	0,4627
A34	0,2573	0,2771	0,9464	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,9514
A35	0,2639	0,3119	0,8095	0,7692	0,0435	0,0683	0,1653	0,9242	0,8039
A36	0,7078	0,6055	0,8036	0,1346	0,1109	0,0932	0,0826	0,8182	0,6157
A37	0,5146	0,4239	0,7917	0,7692	0,1326	0,1130	0,1653	0,6212	0,5490
A38	0,4828	0,3450	0,6369	0,7308	0,1522	0,1056	0,1653	0,6970	0,5373
A39	0,6419	0,5468	0,7440	0,8077	0,4174	0,3292	0,6364	0,3333	0,5773
A40	0,5623	0,6954	0,8274	0,7692	0,4870	0,3081	1,0000	0,2424	0,6831
A41	0,2838	0,3908	1,0000	0,9231	0,2565	0,1975	0,7025	0,4242	0,7608
A42	0,6286	0,4495	0,7619	0,8269	0,5130	0,4944	0,8347	0,1364	0,5584
A43	0,6419	0,5468	0,7440	0,8269	0,4174	0,3292	0,6364	0,3333	0,5773
A44	0,7414	0,5284	0,7440	0,8077	0,1326	0,1304	0,3719	0,7576	0,4620

2. ve 3. Aşama: Kriterler için Yüzde Değeri (YD) üretmek ve Kriter Ağırlıklarının hesaplanması

Kriterlerin Yüzde Değerleri ve kriter ağırlıkları tablo 9’da verilmiştir.

Tablo 9. Kriterlerin Yüzde Değerleri ve Kriter Ağırlıkları

Kriterler	Batarya Kapasitesi	Menzil	Tüketim	Şarj	Beygir gücü	Tork	Azami hız	Hızlanma	Ağırlık
Yüzde Değerleri	90,1484	96,9450	88,0551	120,1440	56,6602	61,7201	65,2052	67,9864	68,2202
Ağırlıklar	0,1261	0,1356	0,1231	0,1680	0,0792	0,0863	0,0912	0,0951	0,0954

Ortak Ağırlık Yöntemi ile BWM ve LOPCOW Yöntemi ile elde edilen ağırlık Değerlerinin Birleştirilmesi

BWM ve LOPCOW Yöntemleri ile elde edilen kriter ağırlıkları eşitlik 8 ile birleştirilmiş ve kriter ağırlıkları tablo 10’da hesaplanmıştır.

Tablo 10. Ortak Kriter Ağırlık Değerleri

Yöntemler / Kriterler	LOPCOW	BWM	Ortak Ağırlık Değerleri	Ortak Sıralama
	Ağırlıklar			
Batarya Kapasitesi	0,1261	0,3080	0,3322	1
Menzil	0,1356	0,1941	0,2251	2
Tüketim	0,1231	0,0647	0,0682	6
Şarj	0,1680	0,0776	0,1116	3
Beygir gücü	0,0792	0,1294	0,0877	4
Tork	0,0863	0,0970	0,0717	5
Azami hız	0,0912	0,0485	0,0379	8
Hızlanma	0,0951	0,0554	0,0451	7
Ağırlık	0,0954	0,0253	0,0207	9

Tablo 10’a bakıldığında LOPCOW ve BWM yöntemlerinden elde edilen ağırlık değerleri ortak ağırlık değerleri şeklinde birleştirilerek kriterlerin nihai ağırlıkları hesaplanmıştır. Ortak ağırlık değeri şeklinde birleştirilirken BWM yöntemi ile elde edilen ağırlık değeri ile LOPCOW yöntemi ile elde edilen ağırlık değeri çarpılıp, iki yöntem için tüm kriterlerden elde edilen ağırlık değerlerinin çarpımlarının genel toplamına bölünmesiyle elde edilmiştir. Örn; “batarya kapasitesi” için; $0,1261 \cdot 0,3080 = 0,0388388$, “menzil” için; $0,1356 \cdot 0,1941 = 0,026309$... ve en son “ağırlık” kriteri için; $0,0954 \cdot 0,0253 = 0,002415$ elde edilir. Daha sonra bu değerler toplanarak “0,116875” değer

genel toplamı ifade eder. “Batarya kapasitesi” için ortak ağırlık değeri ise $0,0388388/0,116875 = 0,3322$ olur.

Bu sonuçlara göre, en önemli kriterden başlamak üzere kriterlerin sıralaması “Batarya Kapasitesi”, “Menzil”, “Şarj”, “Beygir Gücü”, “Tork”, “Tüketim”, “Hızlanma”, “Azami Hız” ve “Ağırlık” şeklindedir.

Sonuç ve Öneriler

Elektrikli araçlar yakıt olarak birincil enerji kaynaklarından üretilen elektriği kullanmaktadırlar. Bu nedenle elektrik üretim kaynağı önem arz etmektedir. Fosil yakıttan elektrik üretim kaynağına geçiş süreci günümüzde hız kazanmıştır. Elektrik üretiminin hem çevreye hem de ekonomiye olan yararı bu kaynağın kullanımını da arttırmıştır.

Bu çalışmada da, günümüzün ve geleceğin önemli bir parçası olan elektrikli araçlar için kriter ağırlıklandırılması yapılmıştır. Elektrikli araç almak isteyen kişilere, bu karar verme aşamasında hangi kriter daha çok önem vermesi gerektiği konusunda yol göstermek hedeflenmiştir. Literatür sonucu elde edilen kriterler Çok Kriterli Ağırlıklandırma Yöntemlerinden Best Worst (BWM) Yöntemi ve LOPCOW Yöntemi ile ayrı ayrı ağırlıklandırılmıştır. Daha sonra bu subjektif ve objektif ağırlık değerleri tek bir ortak değer olarak birleştirilmiş ve sıralanmıştır.

Çalışma sonucunda, ağırlıklandırma yöntemleri ile ağırlıklandırılan kriterlerin sıralaması ise, en önemliden en önemsiz doğru sırasıyla; “Batarya Kapasitesi”, “Menzil”, “Şarj”, “Beygir Gücü”, “Tork”, “Tüketim”, “Hızlanma”, “Azami Hız” ve “Ağırlık” şeklindedir. “Batarya Kapasitesi” nin en önemli kriter olmasının sebebinin, elektrikli aracın bataryasının aracın gidebileceği menzil için önemli olduğundan kaynaklandığı söylenebilir. “Menzil” kriteri de ikinci en iyi kriter olarak tespit edilmiştir. Bu da yine elektrikli araçlar için aracın gidebileceği mesafenin önemini göstermektedir.

Gavcar ve Kara (2020) yaptıkları çalışmada elektrikli araçlar için 5 farklı kriterleri sırasıyla “batarya kapasitesi”, “beygir gücü”, “aerodinamik katsayısı (CD)”, “tam şarj ile menzili” ve “satış fiyatı” şeklinde sıralamışlardır. Çalışma sonucu bu çalışma ile benzerlik göstermiştir. Sonar ve Kulkarni (2021) yaptıkları çalışmada AHP MABAC yöntemleri bütünlük olarak kullanmış ve 6 kriterleri sıralamasında en önemli kriter olarak “maksimum menzil” ve en az önemli kriter olarak “aracın torku” kriterini tespit etmiştir. Bu çalışmaya göre, çalışmamızda ikinci en önemli kriter olarak “menzil” kriteri bu çalışma ile benzerlik göstermiştir. Çoşkun (2022) yaptığı çalışmada kriterlerin sıralamasında en az önemli kriter “aracın maksimum hızı” kriteridir. Bu çalışmada, en az önemli olan kriterden bir önceki kriter olarak “azami hız” kriteri bulunmuştur.

En az önemli kriter ise ağırlık olarak bulunmuştur. Burada da, aracın ağırlığının diğer kriterlere oranla en son göz önüne alınabilecek bir kriter olarak düşünülmesi gerekir. Çünkü bir araç için aracın ağırlığı da virajlı yollarda yol tutuşu açısından önemli bir kriterdir.

Daha sonraki yapılabilecek çalışmalar için, elde edilen kriterlerin ağırlık değerleri ile güncel çok kriterli karar verme yöntemleri ile elektrikli araçların sıralaması yapılabilir. Ayrıca, ağırlık değerleri ortak bir ağırlık değerlerinde birleştirilebildiği için, Veri Zarflama Analizi ile verimlilikleri ölçülebilir.

Etik

Bu makalenin yayınlanmasıyla ilgili herhangi bir etik sorun bulunmamaktadır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını belirtmektedir.

ORCID

Abdulkerim Güler  <https://orcid.org/0000-0003-4220-918X>

Kaynaklar

- Abdulvahitoğlu, A., Abdulvahitoğlu, A. ve Kılıç, M. (2022). Elektrikli araç bataryalarının bütünleşik swara-topsis metodu ile değerlendirilmesi. *Cukurova University Journal of the Faculty of Engineering*, 37(4), 1061–1076. <https://doi.org/10.21605/CUKUROVAUMFD.1230942>
- Abdulvahitoğlu, A., Abdulvahitoğlu, A. ve Vural, D. (2023). *Elektrikli otomobil seçiminde çok kriterli karar verme: borda tümleşik multimoora yöntemi* [Sözlü sunum]. 4th International Conference on Applied Engineering and Natural Sciences. Konya, Türkiye.
- Andersson, Ö. ve Börjesson, P. (2021). The greenhouse gas emissions of an electrified vehicle combined with renewable fuels: Life cycle assessment and policy implications. *Applied Energy*, 289, 116621. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.116621>
- Aksen, J., Mountain, D. C. ve Jaccard, M. (2009). Combining stated and revealed choice research to simulate the neighbor effect: The case of hybrid-electric vehicles. *Resource and Energy Economics*, 31(3), 221–238. <https://doi.org/10.1016/J.RESENEECO.2009.02.001>
- Babacan, A. (2020). Türkiye’de orta gelir grubuna yönelik otomobil seçimi. Çok kriterli karar verme yöntemi olarak vikor yöntemi. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 21(1), 293–307. <https://doi.org/10.37880/CUMUIIBF.625927>
- Bektaş, S. (2022). Türk sigorta sektörünün 2002-2021 dönemi için MEREK, LOPCOW, COCOSO, EDAS ÇKKV yöntemleri ile performansının değerlendirilmesi. *BDDK Bankacılık ve Finansal Piyasalar Dergisi*, 16(2), 247–283. <https://doi.org/10.46520/BDDKDERGISI.1178359>
- Bilgilioglu, S. S. (2022). Coğrafi bilgi sistemleri ve bulanık analitik hiyerarşi süreci ile elektrikli araç şarj istasyonu yer seçimi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 22(1), 165–174. <https://doi.org/10.35414/AKUFEMUBID.1013244>
- Biswas, S., Bandyopadhyay, G. ve Mukhopadhyaya, J. N. (2022). A multi-criteria framework for comparing dividend pay capabilities: Evidence from indian fmcg and consumer durable sector. *Decision Making: Applications in Management and Engineering*, 5(2), 140–175. <https://doi.org/10.31181/DMAME0306102022B>
- Biswas, T. K. ve Das, M. C. (2019). Selection of commercially available electric vehicle using fuzzy AHP-MABAC. *Journal of The Institution of Engineers (India): Series C*, 100(3), 531–537. <https://doi.org/10.1007/S40032-018-0481-3/TABLES/9>
- Çaloğlu Büyükselçuk, E. ve Tozan, H. (2022). Elektrikli araçların performanslarının CRITIC-EATWIOS ile değerlendirilmesi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 10(4), 1670–1688. <https://doi.org/10.29130/DUBITED.1002851>
- Çoşkun, İ. T. (2022). Çok kriterli karar verme teknikleri ile elektrikli otomobil seçimi: SDMULTIMOORA yaklaşımı. *Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi*, 57(1), 68–82. <https://doi.org/10.15659/3.SEKTOR-SOSYAL-EKONOMI.22.01.1735>
- Demir, G. ve Bircan, H. (2020). Kriter ağırlıklandırma yöntemlerinden bwm ve fucom yöntemlerinin karşılaştırılması ve bir uygulama. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 21(2), 170–185. <https://doi.org/10.37880/CUMUIIBF.616766>
- Dijk, M. ve Yarime, M. (2010). The emergence of hybrid-electric cars: Innovation path creation through co-evolution of supply and demand. *Technological Forecasting and Social Change*, 77(8), 1371–1390. <https://doi.org/10.1016/J.TECHFORE.2010.05.001>
- Ecer, F. ve Pamucar, D. (2022). A novel LOPCOW-DOBI multi-criteria sustainability performance assessment methodology: An application in developing country banking sector. *Omega*, 112, 102690. <https://doi.org/10.1016/J.OMEGA.2022.102690>

- Flizikowski, J., Tomporowski, A., Kruszelnicka, W., Piasecka, I., Mroziński, A. ve Kasner, R. (2020). Electric cars as a future energy accumulation system. *Renewable Energy Sources: Engineering, Technology, Innovation*, 827–839. https://doi.org/10.1007/978-3-030-13888-2_80
- Gavcar, E., ve Kara, N. (2020). Elektrikli otomobil seçiminde ENTROPI ve TOPSIS yöntemlerinin uygulanması. *Journal of Human and Work*, 7(2), 351–359. <https://doi.org/10.18394/IID.695702>
- Giansoldati, M., Monte, A. ve Scorrano, M. (2020). Barriers to the adoption of electric cars: Evidence from an Italian survey. *Energy Policy*, 146, 111812. <https://doi.org/10.1016/J.ENPOL.2020.111812>
- Grigor'ev, M. A., Naumovich, N. I. ve Belousov, E. V. (2015). A traction electric drive for electric cars. *Russian Electrical Engineering*, 86(12), 731–734. <https://doi.org/10.3103/S1068371215120111/METRICS>
- Güteryüz, S. ve Çokyaşar, A. (2021). Otomobil seçimi için topsis temelli bir karar verme yaklaşımı. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 31, 713–724. <https://doi.org/10.31590/EJOSAT.1010625>
- Guo, F. ve Zhang, F. (2017). A study of driving cycle for electric cars on beijing urban and suburban roads. *2016 IEEE International Conference on Power and Renewable Energy, ICPRE 2016*, 319–322. <https://doi.org/10.1109/ICPRE.2016.7871224>
- Helmers, E. ve Marx, P. (2012). Electric cars: Technical characteristics and environmental impacts. *Environmental Sciences Europe*, 24(4), 1–15. <https://doi.org/10.1186/2190-4715-24-14/FIGURES/2>
- Horn, M., MacLeod, J., Liu, M., Webb, J. ve Motta, N. (2019). Supercapacitors: A new source of power for electric cars? *Economic Analysis and Policy*, 61, 93–103. <https://doi.org/10.1016/J.EAP.2018.08.003>
- Karabulut, T. (2023). CRITIC-COPRAS Yöntemi ile Elektrikli Motosiklet Seçimi. A. T. Bayram (Ed.), *Sosyal Bilimler Üzerine Araştırmalar-V* (syf. 69–83) içinde. Özgür Yayınları. <https://doi.org/https://doi.org/10.58830/ozgur.pub168>
- Karasu Asnaz, M. S. ve Özdemir, B. (2021). Elektrikli araç şarj istasyonlarının çok kriterli karar verme yöntemleri ile optimal konumlandırması. *Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi*, 4(2), 175–187. <https://doi.org/10.51513/JITSA.1015108>
- Kim, J., Rasouli, S. ve Timmermans, H. (2014). Expanding scope of hybrid choice models allowing for mixture of social influences and latent attitudes: Application to intended purchase of electric cars. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 69, 71–85. <https://doi.org/10.1016/J.TRA.2014.08.016>
- Kubiczek, J. ve Hadasik, B. (2021). Segmentation of passenger electric cars market in poland. *World Electric Vehicle Journal 2021*, 12(1), 23. <https://doi.org/10.3390/WEVJ12010023>
- Kuchta, R. ve Vrba, R. (2003). Measuring and monitoring system for electric cars. *IEEE International Symposium on Diagnostics for Electric Machines, Power Electronics and Drives, SDEMPED 2003 - Proceedings*, 342–344. <https://doi.org/10.1109/DEMPED.2003.1234598>
- Lundström, A. (2014). Differentiated driving range: Exploring a solution to the problems with the “Guess-O-Meter” in electric cars. *AutomotiveUI 2014 - 6th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications, in Cooperation with ACM SIGCHI - Proceedings*. <https://doi.org/10.1145/2667317.2667347>
- Mohammadi, M. ve Rezaei, J. (2020). Bayesian best-worst method: A probabilistic group decision making model. *Omega*, 96, 102075. <https://doi.org/10.1016/J.OMEGA.2019.06.001>

- Öztaysi, B., Onar, S. Ç. ve Kahraman, C. (2021). Electric vehicle selection by using Fuzzy KEMIRA. *Multiple-Valued logic and soft computing*, 37(3-4), 437-461. <https://researchr.org/publication/OztaysiOK21>
- Petrović, D. T., Pešić, D. R., Petrović, M. M. ve Mijailović, R. M. (2020). Electric cars: Are they solution to reduce CO² emission? *Thermal Science*, 24(5 Part A), 2879-2889. <https://doi.org/10.2298/TSCI191218103P>
- Polatgil, M. (2024). TOGG otomobilleri youtube video yorumlarının duygu analizi ve makine öğrenme modeli ile incelenmesi. *Uluslararası Anadolu Sosyal Bilimler Dergisi*, 8(1), 15-35. <https://doi.org/10.47525/ulasbid.1398206>
- Rezaei, J. (2015). Best-worst multi-criteria decision-making method. *Omega*, 53, 49-57. <https://doi.org/10.1016/J.OMEGA.2014.11.009>
- Sakthivel, G., Ilangkumaran, M., Nagarajan, G., Raja, A., Ragunadhan, P. M. ve Prakash, J. (2013). A Hybrid MCDM approach for evaluating an automobile purchase model. *International Journal of Information and Decision Sciences*, 5(1), 50-85. <https://doi.org/10.1504/IJIDS.2013.052017>
- Sathre, R. ve Gustavsson, L. (2021). A Lifecycle Comparison Of Natural Resource Use And Climate Impact Of Biofuel And Electric Cars. *Energy*, 237, 121546. <https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2021.121546>
- Sonar, H. C. ve Kulkarni, S. D. (2021). An integrated AHP-MABAC approach for electric vehicle selection. *Research in Transportation Business & Management*, 41, 100665, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2021.100665>
- TEHAD (Türkiye Elektrikli ve Hibrid Araçlar Derneği) (2023). <https://www.tehad.org/2022/12/26/ana-akim-elektrikli-araclar-otomotiv-endustrisini-donusturebilecek-mi/> adresinden 01 Ekim 2023 tarihinde erişilmiştir.
- Van Vliet, O., Brouwer, A. S., Kuramochi, T., Van Den Broek, M. ve Faaij, A. (2011). Energy use, cost And CO₂ emissions of electric cars. *Journal Of Power Sources*, 196(4), 2298-2310. <https://doi.org/10.1016/J.JPOWSOUR.2010.09.119>
- van Wee, B., Maat, K. ve de Bont, C. (2012). Improving sustainability in urban areas: Discussing the potential for transforming conventional car-based travel into electric mobility. 20(1), 95-110. <https://doi.org/10.1080/09654313.2011.638497>
- Więckowski, J., Wątróbski, J., Kizielewicz, B. ve Sałabun, W. (2023). Complex sensitivity analysis in multi-criteria decision analysis: An application to the selection of an electric car. *Journal of Cleaner Production*, 390, 136051. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2023.136051>
- Xu, F. ve Yu, G. Q. (2009). Tentative analysis of layout of electrical vehicle charging stations. *East China Electric Power*, 10, 678-1682.
- Zavadskas, E. K. ve Podvezko, V. (2016). Integrated determination of objective criteria weights in MCDM. *International Journal of Information Technology Decision Making*, 15(02), 267-283. <https://doi.org/10.1142/S0219622016500036>