

4. ULUSLARARASI ULUDAĞ BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR KONGRESİ

16-17 KASIM 2024- BURSA

www.isarconference.org



Editörler:

Doç. Dr. Mete Girgen

Doç.Dr. Vesna Karapetkovska- Hristova



KONGRE KİTABI

CONGRESS ID

CONGRESS TITLE

4. INTERNATIONAL ULUDAĞ SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS

DATE AND PLACE

16-17 NOVEMBER 2024, BURSA ONLINE PRESENTATIONS

ORGANIZATION

ISARC INTERNATIONAL SCIENCE AND ART RESEARCH CENTER

GENERAL COORDINATOR

Uzm. Yasemin AĞAOĞLU

EDITOR

**Assoc. Prof. Dr. Mete Ünal Girgen
Vesna KARAPETKOVSKA- HRISTOVA**

ORGANIZING COMMITTEE

**Prof. Dr. Cenk YAVUZ
Prof. Dr. Mahire HÜSEYNOVA
Prof. Dr. İbrahim BAYRAMOV
Doç. Dr. Abdulkerim DİLER
Doç. Dr. Ahmet AKKÖSE
Doç. Dr. Elif Feyza TOPDAŞ
Doç. Dr. Gönül HASANOVA
Doç. Dr. Gönül SAMEDOVA
Doç. Dr. Malik YILMAZ
Doç. Dr. Neslihan ŞAHİN
Doç. Dr. Nursen IŞIK
Doç. Dr. Özlem ÜLGER DANACI
Doç. Dr. Sahure YARIŞ
Doç. Dr. Sancar BULUT
Doç. Dr. Şükrü KALAYCI
Doç. Dr. Tamer TURGUT
Doç. Dr. Volkan ŞENAY
Doç. Dr. Zamıg TEHMEZOV
Dr. Aykan ÇOŞKUN
Dr. Burcu AYDEMİR ŞENAY
Dr. Elvan CAFEROV
Dr. Hayri YILDIRIM
Dr. Müge PALANCI
Dr. Nazlı KARAMAN
Dr. Nevim TÜZÜN**

ISBN: '978-625-367-947-7'

17.11.2024
SUNDAY / 10:30-12:30

SESSION-2 HALL-4

MODERATOR: Assoc. Prof. Dr. Ashi ABDULVAHİTOĞLU

Albania-India-Morocco-Bulgaria-Nigeria-Romania-Kazakhstan-Pakistan-Saudi Africa-Portuga-Azerbeycan-Macedonia-Italy-Brezilya-Iran-Ukraine-China-Indonesia-Rohtak-Thailand-Malaysia-Algeria-Srilanka-Kırgızistan

AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
Elif EKER KAHVECİ Şifacan ŞAHİN	Sakarya University	Numerical Investigation On Forced Convective Heat Transfer From A Heat Sink With Mini Holes Located Inside The Fin
Dr. Adnan ABDULVAHİTOĞLU Assoc. Prof. Dr. Ashi ABDULVAHİTOĞLU	Mudanya University TechnologyUniversity	Electric Bus Selection For Public Transportation Systems Via Standard Deviation Integrated Mairca Method
Assoc. Prof. Dr. Ashi ABDULVAHİTOĞLU Dr. Adnan ABDULVAHİTOĞLU	Mudanya University TechnologyUniversity	Comparison Of Different Biodiesel Fuels With Entropy Integrated Mabac Method
İdris GÖKALP Özgür DUYGULU Yasemin YILDIRAN AVCU Egemen AVCU Rıdvan YAMANOĞLU	Kocaeli Üniversitesi TÜBİTAK	Analysis Of Compositionally Graded Ti6al4v/Graphite Composites Through Hardness Mapping
Elif IŞIK Aleyna TAŞKIN Mahmut Can ŞENEL	Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Ondokuz Mayıs Üniversitesi	Comparison Of Mechanical Properties Of Al7075-Al ₂ O ₃ And Al7075-ZrO ₂ Composites
Assoc. Prof. Dr. Mustafa KILIÇ Resc. Assist. Mahir ŞAHİN	Alparslan Turkes Science and Technology University	Investigation Of The Effect Of Impeller Number And Blade Number On The Performance Of A Stirred Heat Exchanger
Assoc. Prof. Dr. Mustafa KILIÇ Resc. Assist. Mahir ŞAHİN	Alparslan Turkes Science and Technology University	Investigation Of The Effect Of Hemispherical Flow Turbulators On The Heat Transfer Performance Of Organic Phase Change Material In A Regenerative Heat Exchanger

TOPLU TAŞIMA SİSTEMLERİ İÇİN ENTROPY TÜMLEŞİK MOOSRA YÖNTEMİ İLE ELEKTRİKLİ OTOBÜS SEÇİMİ

Adnan ABDULVAHİTOĞLU

Department of Industrial Engineering/Mudanya University Çağrışan

ORCID ID: 0000-0002-2659-6709

Ash ABDULVAHİTOĞLU

Department of Mechanical Engineering / Adana Alparslan TÜRKKEŞ Science and Technology University

ORCID ID:0000-0002-3603-6748

ÖZET

Günümüzde hızla artan dünya nüfusunun beraberinde getirdiği kırsaldan kente göç ve hızlı kentleşme, kentsel alanlarda ulaşım başta olmak üzere birçok sorunun ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Toplu ulaşım şehirlerde yaşanan trafik sorununun çözümü için en etkili seçeneklerden biridir. Özel araç kullanımındaki artış, trafikte sıklığına ve insanların zamanlarının önemli bir kısmını yollarda geçirmelerine neden olmaktadır. Toplu taşıma sistemleri, şehirlerde mobilite, istihdam, eğitim, ikamet vb imkanlara ulaşımı kolaylaştırarak, bireysel otomobil kullanımı ve neden olduğu kirlilik ile sıklığı azaltma açısından etkili çözümler sunmaktadır. Ayrıca hava kirliliği, küresel ısınma, iklim değişikliği, maliyet ve fosil enerji kaynaklarının hızla tükenmesi çevre dostu, sürdürülebilir, etkili ve verimli toplu taşıma sistemlerinin kullanılması ihtiyacını zaruretini ötesine taşımaktadır. Bu bağlamda ulaşım sektöründe elektrik tahrikli veya hibrit araçların kullanımına yönelik çalışmalar da artmaktadır. Özellikle kent içi toplu taşıma sistemlerinin elektrikli veya hibrit araçlardan oluşması yerel yönetimler açısından daha da fazla önem kazanmaktadır. Son zamanlarda Türkiye’de geniş bir yerli üretim imkanı bulan elektrikli otobüsler egzoz emisyonlarını azaltmada ve kentlerin hava kalitelerini iyileştirmede ön plan çıkmaktadır. Birbirinden farklı ve gelişmiş özellikleri ile düşük işletme ve bakım maliyetleri elektrikli otobüslerin tercihinde etkili olmaktadır. Sektördeki hızlı rekabetin neden olduğu ürün çeşitliliği Türkiye’de lastik tekerlekli ulaştırma sistemlerinde elektrikli otobüs kullanmak isteyen idarelerden özellikle yerel yönetimlerin ürün seçiminde tereddüt etmelerine neden olmaktadır. Bu bağlamda yöneticilere karar desteği sağlaması açısından Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) tekniklerinden Entropy ve MOOSRA yöntemlerinin tümleşik olarak kullanıldığı bu çalışma, idareler için bir referans niteliği taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Toplu taşıma, Elektrikli otobüs, ÇKKV, Standart sapma, MOOSRA

ELECTRIC BUS SELECTION FOR PUBLIC TRANSPORTATION SYSTEMS VIA ENTROPY INTEGRATED MOOSRA METHOD

ABSTRACT

Today, migration from rural to urban areas and rapid urbanization, driven by the rapidly increasing global population, cause numerous issues, particularly in urban transportation. Public transportation is one of the most effective options for addressing the traffic problems faced in cities. The increase in private vehicle use leads to traffic congestion, with people spending a significant portion of their time on the roads. Public transportation systems offer effective solutions by reducing individual automobile use, along with the pollution and congestion it causes, while facilitating access to mobility, employment, education, housing, and more within cities. Additionally, air pollution, global warming, climate change, costs, and the rapid depletion of fossil energy resources underscore the need for environmentally friendly, sustainable, and efficient public transportation systems. In this context, studies on the use of electric or hybrid vehicles in the transportation sector are increasing. The use of electric or hybrid vehicles in urban public transportation systems is particularly gaining importance for local governments. Electric buses, which have recently benefited from extensive domestic production opportunities in Türkiye, stand out in terms of reducing exhaust emissions and improving urban air quality. Their advanced features, low operating, and maintenance costs make electric buses an appealing choice. However, the variety of products resulting from intense competition in the sector causes hesitation among local administrations in Türkiye regarding product selection for electric buses in wheeled transportation systems. In this context, this study—utilizing Entropy and MOOSRA methods from Multi-Criteria Decision Making (MCDM) techniques in an integrated manner to provide decision support—serves as a reference for administrations.

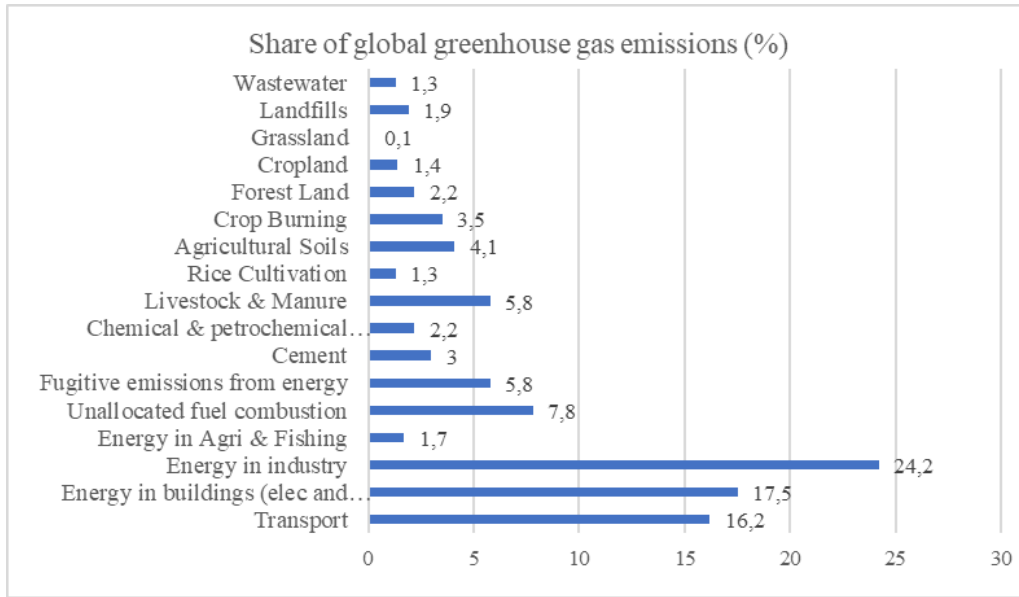
Keywords: Public transportation, Electric bus, MCDM, Entropy, MOOSRA

1. GİRİŞ

Hızla küreselleşmeye paralel olarak hızla artan şehirleşme, kentlerin başta hava kirliliği olmak üzere, trafik sıkışıklığı, ulaşım zorluğu vb sorunları beraberinde getirmektedir. Toplu taşıma sistemleri sayesinde şehirlerde bireysel araç kullanımını azaltarak, egzoz emisyonları, trafik sıkışıklığı, azaltılmaktadır. Son zamanlarda yaygınlaşan elektrikli araç ve elektrikli otobüsler bu konuda umut verici sonuçlar vermektedir. Toplu taşıma sistemlerinde uzun yıllar kullanılan elektrikli trolleybüs vb araçların emsiyon ve gürültü kirliliğini azaltmaya katkıları akü/pil ile çalışan elektrikli otobüs çalışmalarının artmasında ilham kaynağı olmuştur.

Kentsel alanların hızlı gelişimi ve sürekli büyümesi ulaşım ile ilgili sorunların artmasına neden olmaktadır. Günümüzde geleneksel ulaşım araçlarının çevreye ve halk sağlığına olan olumsuz etkileri küresel iklim değişikliğine sebep olmalarından ve şehir yaşam koşullarını zorlaştırmalarından dolayı endişe verici seviyeye gelmiştir.

Bu sorun sektör, sektör ele alınarak emisyon değerleri asgari seviyeye indirilebilir. Emisyonların neredeyse dörtte üçünü enerji sektörü oluşturmaktadır (Ritchie, 2020).



Şekil 1. Küresel gaz emisyonları (Ritchie, 2020).

Şekil 1.'de görüldüğü gibi ulaşım sektörü küresel emisyon hacminin %16.2'sini oluşturmaktadır. Buradan da anlaşılacağı üzere ulaşım ciddi bir CO₂ salınımı kaynağıdır. Kentsel alanlardaki aşırı araç kullanımı ve diğer endüstriyel faaliyetler bu salınımın kaynağını teşkil etmektedir. Ayrıca hava kirliliği kardiyovasküler ve solunum hastalıklarına da neden olmakta insanların yaşam kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu yüzden elektrikli araçlar ve dolayısıyla toplu taşıma sistemlerinde kullanılacak elektrikli otobüsler, hava kirliliğini azaltmak ve daha sürdürülebilir şehirler oluşturmak için öne çıkmaktadır.

Bu bağlamda elektrikli araç teknolojilerinde yaşanan gelişmeler, özellikle batarya sorununun çözülmesi ile menzil sorununun aşılması, elektrikli otobüs üretimi ve kullanımını teşvik etmiştir. Daha temiz şehirler için temiz enerji kullanılan araçlara ihtiyaç duyulması da bu hususu tetikleyen ana etkenlerden birisi olmuştur. Günümüzde elektrikli otobüslerin toplu taşıma sistemlerinde kullanımı artarak devam etmektedir. Sağlıklı bir kentsel yaşamın devamlılığı ve sürdürülebilirliği açısından bu gelişmeler ümit vericidir.

Sürdürülebilir kentsel ulaşım sistemlerinin kullanımı, ulaştırma araçlarının verimliliğini artırırken olumsuz çevresel etkilerini de azaltılması hedeflenmektedir. Bu bağlamda toplu



Şekil 3. Çalışmanın aşamaları

2. MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada toplu taşıma sistemlerinde karşılaşılan en büyük sorunlardan birisi olan egzoz emisyonu ve gürültü kirliliğini azaltmada etkili olan EO'lerin kullanılması ele alınmıştır. Toplu taşıma sistemlerinin ümit verici gelişmelerinden biri olan EO'lerin ÇKKV tekniklerinden Entropy ve MOOSRA yöntemlerinin tümleşik kullanımı ile karşılaştırması yapılarak optimum seçeneğin tespitine çalışılmıştır.

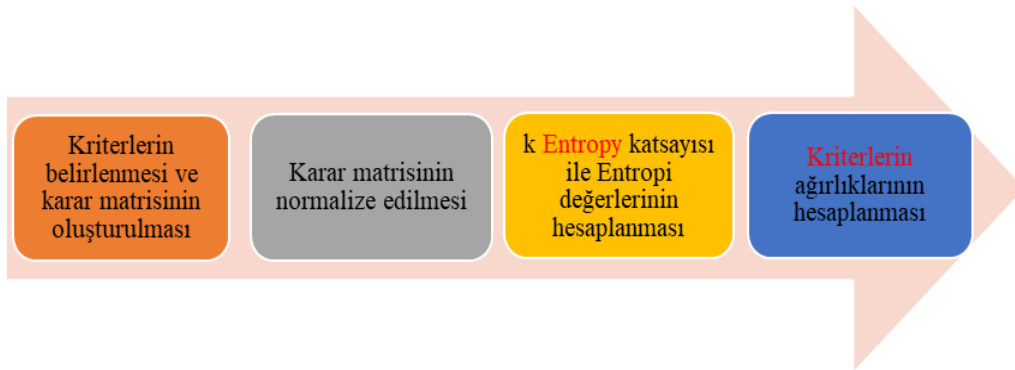
2.1. Türkiye'de Toplu Taşıma Sistemleri ve Elektrikli Otobüsler

21. yüzyıl içten yanmalı motorlu araçların alternatifi olarak EA'ların öne çıktığı, geliştirildiği ve kullanımının yaygınlaştığı bir sürecin başlangıcı olmuştur. Elektrikli otomobil çalışmaları devam ederken toplu taşıma sistemlerinde yüzyıldan daha uzun bir süredir test edilmiş olan trolleybüs ve tramvay tecrübesi EO çalışmalarının daha hızlı ilerlemesine sebep olmuştur. Yapılan projeksiyonlar EA'ların 2040 yılında günlük 7,3 milyon varil fosil kaynaklı yakıtının kullanımından tasarruf edilmesine imkan vereceğini göstermektedir. Bu sürdürülebilir ve yaşanabilir bir dünya için ulaştırma kaynaklı emisyon ve hava kirliliğini azaltmak açısından ciddi bir gelişmedir. EA çalışan ülkeler arasında Çin, ABD ve Kanada başı çekmektedir. İlk sırada yer alan Çin'in bu gelişmedeki itici gücü çevre ve enerji güvenliği ve fosil yakıtlarda büyük oranda dışa bağımlılık oluşturmuştur. Bu husus Çin'de Ulusal ve Yerel yöneticilerinin EA piyasasını geliştirme ve bu çalışmaları sübvansetmesinde politikalarında etkili olmuştur (EV Report, 2018). Web of Science'ta Voswiever kullanılarak yapılan analiz sonucunda; daha sürdürülebilir toplu taşıma sistemlerinde elektrikli araç kullanımı ile ilgili çalışma yapılan ülkeler Şekil 4.'te gösterildiği gibi ortaya çıkmıştır.

benzer bir şekilde elektrik kesintilerinde sık sık yolda kalmaları, teknolojilerinin eskimesi, yavaş olmaları sebebiyle trafiği yavaşlattıkları gerekçesiyle 1984'te hizmetten kaldırılmışlardır (Engin ve Gülsoy, 2016). İzmir'de ise 1954 yılında Konak-Güzelyalı hattında hizmete giren trolleybüslerin kullanımı artarak devam etmiştir (Topal, 2019). Günümüzde ise hemen hemen tüm büyükşehirler EO tedariki ve işletmesine yönelik çalışmalarına devam etmektedir.

2.2. Entropy Yöntemi

Çok fazla kriterin etkili olduğu karar problemlerinde kriterlerin önem derecelerinin belirlenmesine ihtiyaç duyulmakta, kriter sayısı arttıkça problem daha da karmaşık bir hal almaktadır. Kriterlerin önem düzeylerin karar alma süreçlerine etkisinin büyüklüğü bu rakamların objektif olarak ortaya konmasını gerektirmektedir (Petrović vd., 2023). Entropy, karar değişkenlerinin belirsizliğinin bir ölçüsüdür (Shannon, 1948). Bu tanımdan hareket ile geliştirilen Entropy tekniği, kriterlerin sahip oldukları düzensizliklerden yola çıkarak önem derecelerini hesaplamaktadır (Wang ve Lee, 2009). Araştırmacılar Entropy yöntemini kriterlerin önem düzeylerini tespit etmede sıklıkla kullanmaktadır (Abdulvahitoğlu vd., 2024b);. Karar verme süreçlerinde alternatifleri değerlendirmek için başvuru olan faktörler ağırlıkları, bu faktörlerin önemini ortaya koymaktadır. Sübjektif fikirler, önyargılar veya eksik bilgiler karar vericilerin işlemlerini karmaşık bir hale getirerek zorlaşmasına neden olmaktadır. Bu yüzden karar işlemlerinde Entropy duyarlı bir yöntem olarak tercih edilmektedir (Özbek ve Oğuz, 2024). Yöntemin adımları Şekil 5.'de gösterilmiştir.



Şekil 5. Entropy yönteminin aşamaları

Entropy yöntemi 5 adımda uygulanır. Bunlar (Abdulvahitoğlu vd., 2024b);

1.Adım. Karar matrisinin oluşturulması: Öncelikle (1) numaralı eşitlikte gösterildiği gibi bir matris oluşturulur.

$$X = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ X_{m1} & X_{m2} & \dots & X_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

2.Adım. Karar matrisinin normalize edilmesi: X Karar matrisi (2) numaralı formül ile normalize edilir.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_i x_{ij}} \quad (2)$$

3.Adım. Parametrelere ait Entropy değerlerinin elde edilmesi: k Entropy katsayısı ve değerleri (3) ve (4) numaralı formüller kullanılarak hesaplanır.

$$k = (\ln(n))^{-1} \quad (3)$$

$$e_j = -k \sum_{j=1}^n r_{ij} * \ln(r_{ij}) \quad (i=1 \dots n, j=1 \dots m) \quad (4)$$

4.Adım. Parametrelerin farklılaşma derecelerinin elde edilmesi: (5) numaralı formül ile hesaplanır.

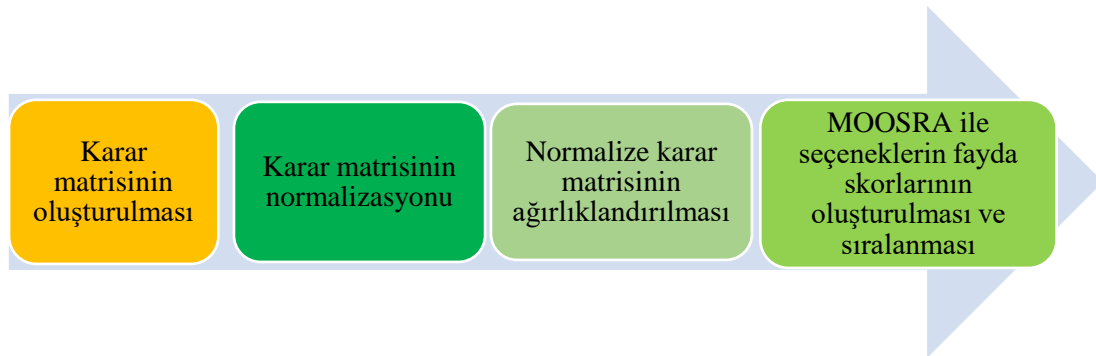
$$d_j = 1 - e_j \quad (J=1 \dots m) \quad (5)$$

5.Adım. Entropy ağırlığının elde edilmesi: (6) numaralı formül ile kriterlerin önem dereceleri hesaplanmış olur. Önem düzeylerinin toplamı 1'e eşittir.

$$w_j = \frac{1-e_j}{\sum_{i=1}^n (1-e_j)} \quad (6)$$

2.3. MOOSRA Yöntemi

2012 yılında Das vd tarafından geliştirilen MOOSRA yöntemi hesaplama zamanının kısa olması, matematiksel işlemlerin çok az olması, güvenilirliğin yüksek olması ve basit bir şekilde uygulanabilirliği nedeniyle tercih edilmektedir (Abdulvahitoğlu vd., 2024a). MOOSRA yöntemi aşağıda belirtilen (5)-(8) numaralı eşitlikler kullanılarak dört adımda uygulanır (Das et al., 2013):



Şekil 5. MOOSRA yönteminin adımları

1.Adım. Karar matrisinin oluşturulması: Öncelikle (5) numaralı formülde gösterilen karar matrisi oluşturulur.

$$X^* = \begin{bmatrix} x_{11}^* & \dots & x_{1p}^* \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1}^* & \dots & x_{mn}^* \end{bmatrix} \quad (i = 1, \dots, m \text{ and } j = 1, \dots, n) \quad (5)$$

2.Adım. Karar matrisinin normalize edilmesi: Karar matrisi (6) numaralı formül kullanılarak normalize edilir

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (6)$$

3. Adım. Normalize edilmiş matrisin ağırlıklandırılması: Normalize edilmiş matris standart sapma yöntemi ile elde edilmiş ağırlıklar (w_j) ile çarpılır.

$$a_{ij} = x_{ij}^* \cdot w_j \quad (7)$$

4. Adım Alternatiflerin fayda skorlarının hesaplanması: Her bir alternatife ait toplam fayda skoru (Y_i) (8) numaralı formül kullanılarak hesaplanır. Sonuçlar büyükten küçüğe doğru sıralanır.

$$Y_i = \frac{\sum_j^g x_{ij}^* \cdot w_j}{\sum_{j'=g+1}^n x_{ij'}^* \cdot w_j} \quad (8)$$

$Y_i = j = 1, 2, \dots, g$ fayda için

$j' = g + 1, g + 2, \dots, n$ maliyet için

Hesaplamalar sonucu elde edilen Y_i değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanarak seçenekler sıralanmış olur.

3. ENTROPY TÜMLEŞİK MOOSRA YÖNTEMLERİ İLE ELEKTRİKLİ OTOBÜS SEÇİMİ

Türkiye’de dünyada üretilmekte olan EO’ların birbirlerinden değişik özellikleri bulunmaktadır. Bu farklı özellikler toplu taşımada kullanılacak EO seçiminde tereddütte düşülmesine neden olmaktadır. Bu çalışmada EO’ların tüm özellikleri ÇKKV yöntemleri ile ele alınarak bir değerlendirme yapılacaktır. Değişik EO marka ve modellerinin özellikleri Çizelge 1.’de gösterilmiştir.

Çizelge 1. Farklı marka ve model elektrikli otobüs özellikleri (yazar tarafından oluşturulmuştur)

Marka Model	Maksimum Güç (kW)	Menzil (km)	Batarya (kWh)	Şarj Süresi (dk)	Maks. Koltuk Kap.	Yolcu Kapasitesi (Ayakta)	Uzunluk (mM)	Ağırlık (yükli) (kg)
Karsan e-ATA-10	340	350	250	165	32	47	10750	19.000
Karsan e-ATA-12	340	450	450	190	40	49	12220	19.000
Karsan e-ATA-18	680	400	600	250	52	83	18300	29.000
Karsan e-ATAK	313	300	220	180	21	31	8315	11500
Otokar e-Kent-C	250	300	350	120	27	47	12000	18000
Otokar Doruk Electra	140	280	170	360	25	25	9312	14000
BMC Neocity Electric	235	250	198	150	26	42	10000	10400
MAN LIONCITY 10 E	240	300	400	180	33	47	10575	18000
MAN LIONCITY 12 E	240	350	480	180	45	28	12200	19500
Anadolu Isuzu NovoCiti Volt	270	400	268	150	25	30	7900	11600
Temsa Avenue Electron (Avenue EV)	250	427	360	180	35	47	10095	19145
Temsa MD9 ElectriCITY	200	389	200	120	30	26	9496	14440
Bozankaya E-10	230	300	230	180	33	47	10700	19000
bozankaya E-12	250	340	250	180	38	52	12000	19000
bozankaya E-18	450	400	450	180	32	90	18300	29000
Olectra Electric Bus v2	180	150	180	180	16	24	7605	9500
Hyundai Elec city	240	420	291	68	25	26	10995	13600
Tata Ultra 9/9m AC Electric Bus	245	150	124	120	31	25	9200	10500
YUTONG E12	215	370	423	210	39	31	12470	18600
BYD e-BUS K9	300	253	313	210	23	45	11695	19500

Çizelge 1.'de gösterilen başlangıç matrisinde (1)-(4) numaralı formüller kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucunda bulunan kriter ağırlıkları Çizelge 2.'de gösterilmiştir.

Çizelge 2. Kriterlerin ağırlıkları

	Maksimum Güç (kW)	Menzil (km)	Batarya (kWh)	Şarj Süresi (dk)	Maks. Koltuk Kap.	Yolcu Kapasitesi (Ayakta)	Uzunluk (mM)	Ağırlık (yükli) (kg)
Kriterler Ağırlıkları	0,004906	0,024151	0,382501	0,257949	0,2001	0,053532	0,017629	0,059229

Kriter ağırlıkları Entropy yöntemi ile hesaplandıktan sonra seçeneklerin sıralanması için MOOSRA yönteminin uygulaması yapılır. MOOSRA yönteminde de Çizelge 1.'de gösterilen başlangıç matrisinin (6) numaralı formül ile normalizasyonu yapılarak hesaplamalara başlanır. Normalize edilmiş matris Çizelge 2.'deki ağırlıklar ile çarpılarak ((7) numaralı

formül) ağırlıklandırılmış normalize matris elde edilir. Ağırlıklandırılmış ile normalize matris Çizelge 3.'te gösterilmiştir.

Çizelge 3. MOOSRA yönteminde ağırlıklandırılmış normalize matris

	Maksimum Güç (kW)	Menzil (km)	Batarya (kWh)	Şarj Süresi (dk)	Maks. Koltuk Kap.	Yolcu Kapasitesi (Ayakta)	Uzunluk (mM)	Ağırlık (yükü) (kg)
Kriter Yönü	maz	max	max	min	max	max	min	max
Karsan e-ATA-10	0,0309	0,0294	0,0204	0,0248	0,0281	0,0278	0,0267	0,0298
Karsan e-ATA-12	0,0309	0,0378	0,0367	0,0286	0,0351	0,0290	0,0304	0,0298
Karsan e-ATA-18	0,0619	0,0336	0,0489	0,0376	0,0456	0,0492	0,0455	0,0456
Karsan e-ATAK	0,0285	0,0252	0,0179	0,0271	0,0184	0,0184	0,0207	0,0181
Otokar e-Kent-C	0,0228	0,0252	0,0285	0,0180	0,0237	0,0278	0,0299	0,0283
Otokar Doruk Electra	0,0127	0,0235	0,0139	0,0541	0,0219	0,0148	0,0232	0,0220
BMC Neocity Electric	0,0214	0,0210	0,0161	0,0226	0,0228	0,0249	0,0249	0,0163
MAN LIONCITY 10 E	0,0218	0,0252	0,0326	0,0271	0,0289	0,0278	0,0263	0,0283
MAN LIONCITY 12 E	0,0218	0,0294	0,0391	0,0271	0,0395	0,0166	0,0304	0,0306
Anadolu Isuzu NovoCiti Volt	0,0246	0,0336	0,0218	0,0226	0,0219	0,0178	0,0197	0,0182
Temsa Avenue Electron (Avenue EV)	0,0228	0,0359	0,0293	0,0271	0,0307	0,0278	0,0251	0,0301
Temsa MD9 ElectriCITY	0,0182	0,0327	0,0163	0,0180	0,0263	0,0154	0,0236	0,0227
Bozankaya E-10	0,0209	0,0252	0,0188	0,0271	0,0289	0,0278	0,0266	0,0298
bozankaya E-12	0,0228	0,0126	0,0101	0,0180	0,0272	0,0148	0,0229	0,0165
bozankaya E-18	0,0410	0,0311	0,0345	0,0316	0,0342	0,0184	0,0310	0,0292
Olectra Electric Bus v2	0,0164	0,0213	0,0255	0,0316	0,0202	0,0267	0,0291	0,0306
Hyundai Elec city	0,0218	0,0353	0,0237	0,0102	0,0219	0,0154	0,0274	0,0214
Tata Ultra 9/9m AC Electric Bus	0,0223	0,0126	0,0101	0,0180	0,0272	0,0148	0,0229	0,0165
YUTONG E12	0,0196	0,0311	0,0345	0,0316	0,0342	0,0184	0,0310	0,0292
BYD e-BUS K9	0,0273	0,0213	0,0255	0,0316	0,0202	0,0267	0,0291	0,0306

Çizelge 3.'te belirtilen özelliklerden iki tanesi maliyet yönlü 6 tanesi ise fayda yönlüdür. Bu yüzden sekiz numaralı formül ile max yönlü kriterlerin toplamı min yönlü kriterlerin toplamına bölünerek her bir alternatifin toplam fayda değerleri bulunur. Toplam fayda değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanarak alternatiflerin Çizelge 4.'te görüldüğü gibi sıralaması yapılır.

Çizelge 4. Alternatiflerin sıralanması

Elektrikli otobüs	S_i^+	S_i^-	$\frac{S_i^+}{S_i^-}$	Sıralama
Karsan e-ATA-10	0,166497	0,218062	0,1368851	5
Karsan e-ATA-12	0,199407	0,25839	0,1155208	15
Karsan e-ATA-18	0,284751	0,367886	0,1238417	11
Karsan e-ATAK	0,126483	0,174246	0,1036854	18
Otokar e-Kent-C	0,1563	0,204207	0,1384789	4
Otokar Doruk Electra	0,108863	0,18618	0,1181346	13
BMC Neocity Electric	0,122562	0,170005	0,0961067	20
MAN LIONCITY 10 E	0,164728	0,218114	0,1296496	9
MAN LIONCITY 12 E	0,177076	0,234506	0,1306363	8
Anadolu Isuzu NovoCiti Volt	0,137961	0,180179	0,1011433	19
Temsa Avenue Electron (Avenue EV)	0,176605	0,228796	0,1314586	6
Temsa MD9 ElectriCITY	0,131599	0,173276	0,1309217	7
Bozankaya E-10	0,15153	0,205227	0,1454459	2
bozankaya E-12	0,10396	0,1449	0,1138422	17
bozankaya E-18	0,188323	0,250936	0,116448	14
Olectra Electric Bus v2	0,140627	0,201312	0,1521765	1
Hyundai Elec city	0,139559	0,177144	0,1206131	12
Tata Ultra 9/9m AC Electric Bus	0,103505	0,144445	0,1142008	16
YUTONG E12	0,166937	0,22955	0,1272968	10
BYD e-BUS K9	0,151548	0,212232	0,1443462	3

Yapılan hesaplamalar sonucunda Olectra Electric Bus V2, Bozankaya E-10 ve BYD e-BUS K9 modelleri ilk üç sırayı elde etmiştir. Hesaplamalar Microsoft Excel kullanılarak yapılmıştır.

SONUÇ

Sürdürülebilir toplu taşıma sistemleri için sıfır emisyona ulaşma ve gürültü kirliliğini azaltma çalışmaları kapsamında EO'lerin ciddi katkı sağlaması beklenmektedir. Bu konuda dünya genelinde olduğu gibi Türkiye'de de EO üretim, geliştirme ve kullanma çalışmaları artarak devam etmektedir. Bu araçların en büyük dezavantajı menzil ve batarya olup, batarya teknolojilerindeki gelişmeler toplu taşımada kullanılmak üzere geliştirilen EO'ların maliyetlerinde de düşüş yaşanmasına neden olmuştur.

2010'lı yıllardan itibaren Türkiye'de ve dünyada üretilen EO modelleri de gelişmekte ve özellikle yerel yönetimlerce toplu taşıma amaçlı kullanımlarında artış yaşanmaktadır. Ancak idareler hangi modeli seçmekte tereddütte düşmekte sadece fiyat değil diğer özellikleri açısından da en uygun modeli almak istemektedirler. Örneğin şehir içerisinde her sokağa

girebilmesi için aracın fazla büyük olmaması beklenirken. Daha fazla yolcu alabilmesi de en çok istenen özelliklerden biri olarak ön plana çıkmaktadır.

Birbirini etkileyen çok fazla özelliğin bir arada bulunması EO seçiminde etkili bir tercih için ÇKKV yöntemlerinin kullanılması ihtiyacını doğurmaktadır. Bu bağlamda EO seçimine etki eden kriterlerin ağırlıkları ÇKKV yöntemlerinden Entropy ile bulunduktan sonra MOOSRA yöntemi ile seçeneklerin sıralaması yapılmıştır. Yapılan değerlendirme sonucu istenen özellikleri taşıyan ilk üç EO sırasıyla Olectra Electric Bus V2, Bozankaya E-10 ve BYD e-BUS K9 modelleri olarak tespit edilmiştir. Çalışmada en çok rastlanan sıkıntı EO özelliklerine tam olarak ulaşım sağlanamaması olmuştur. Ayrıca aynı model ve marka aracın farklı kaynaklarda farklı özellikleri olduğu görülmüştür. Dolayısıyla bu çalışma farklı kaynaklardan elde edilen farklı veriler ile yapılması durumunda farklı sonuçlar elde edilebilir. Bu çalışma bizzat EO firmalarından alınacak daha kapsamlı verilerle yapılarak daha optimal sonuçlar elde edilebilir. İhale süreçlerinde idarelere karar desteği sağlanabilir.

KAYNAKLAR

- Abdulvahitoğlu, A., Abdulvahitoğlu, A. & Vural D., (2022a). Elektrikli Otomobil Seçiminde Çok Kriterli Karar Verme: Borda Tümlleşik MULTIMOORA Yöntemi. 4th International Conference on Applied Engineering and Natural Sciences, November 10-13, 2022, Konya, Türkiye.
- Abdulvahitoğlu, A. Abdulvahitoğlu, A. ve Kılıç, M., (2022b). Elektrikli Araç Bataryalarının Bütünleşik SWARA-TOPSIS Metodu ile Değerlendirilmesi. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 37(4),1061-1076.
- Abdulvahitoğlu, A. ve Abdulvahitoğlu, A. (2023). Hibrit Elektrikli Araçlar, Fişe Takılabilir Hibrit Elektrikli Araçlar Ve Tamamen Elektrikli Araçların Swot Analizi İle Karşılaştırılması. ISARC 6. International Hasankeyf Scientific Research and Innovation Congress, 18-19 November 2023, Batman, Türkiye.
- Abdulvahitoğlu, A., Vural, D. ve Macit, İ., (2024a). Selecting Facility Location of Gendarmerie Search and Rescue (GSR) Units; An Analysis of Efficiency in Disaster Response. Computers & Industrial Engineering, 197;110639, <https://doi.org/10.1016/j.cie.2024.110639>
- Abdulvahitoğlu, A., Abdulvahitoğlu, A. ve Cengiz, N., (2024b)., A Comprehensive Analysis of Apricot Drying Methods via Multi-Criteria Decision Making Techniques. Journal of Food Process Engineering, 47:e14759, <https://doi.org/10.1111/jfpe.14759>.
- Babacan, A., (2022). Toplu Taşımada Kullanılabilen Özel Halk Otobüsü Seçimi: Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi Analitik Hiyerarşi Prosesi Uygulaması. Bingöl Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 6(2), 127-146.
- Bilgilioğlu, S.S., (2022). Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci ile Elektrikli Araç Şarj İstasyonu Yer Seçimi. AKÜ FEMÜBİD 22, 165-174.
- Das, M.C., Sarkar, B., Ray, S., 2013. On the performance of Indian technical institutions: a combined SOWIA-MOORA approach. Opsearch 50 (3), 319e333. <https://doi.org/10.1007/s12597-012-0116-z>.
- EGO, (2024). EGO Genel Müdürlüğü, Kurumsal Tanıtım; <https://www.ego.gov.tr> (erişim tarihi 01.11.2024).
- Elektirikli araç 2020. Electric vehicle market size, share, analysis, growth by 2027. URL <https://www.alliedmarketresearch.com/electric-vehicle-market>.
- Engin V., Gülsoy U., (2016), “Osmanlı'dan Cumhuriyet'e İstanbul'da Elektrik “ İstanbul, İETT EV Report, (2018). Electric Vehicle Outlook Report “Global EV Outlook 2018” <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2018>.
- Özbek, H. E., & Oğuz, S. (2024). Yeniden Kullanılabilir Maskeler için Çevre Dostu Tedarikçi Seçimi: Entropi Tabanlı TOPSIS Yöntemi ile Bir Uygulama. Alanya Akademik Bakış, 8(2), 563-575.

- Petrović, N., Živanović, T., ve Mihajlović, J. (2023). Evaluating the Annual Operational Efficiency of Passenger and Freight Road Transport in Serbia Through Entropy and TOPSIS Methods. *Journal of Engineering Management and Systems Engineering*, 2(4), 204-211.
- Ritchie, H., (2020). Sector by sector: where do global greenhouse gas emissions come from? <https://ourworldindata.org/ghg-emissions-by-sector> ERT: 11 Ekim 2024.
- Shannon, C.E., (1948). A Mathematical Theory of Communication. *The Bell System Technical Journal*, 27(3), 379-423.
- Tören M., Mollahasanoğlu H., (2022). Elektrikli ve Hibrit Araçlardaki Elektrik Motorlarının İçten Yanmalı Motorlarda Oluşan CO2 Emisyonunda Meydana Getireceği Değişimin Tahmini ve Verimliliğe Etkisi: Türkiye Örnekleme. *El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi*, 9(3), 1082-1097.
- Topal, O. (2019). Türkiye Toplu Ulaşım Sisteminde Elektrikli Otobüsler. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (15), 155-167.
- Uslu, H. ve Demirel, O., (2022). Elektrikli Otomobil Satın Alma İstekliliğini Etkileyen Faktörler: Konya İli Örneği. *Vizyoner Dergisi*, 13(35), 961-975.
- Varol S., Öztürk Z., Öztürk O., “İstanbul’da Karayolu Yolcu Taşımacılığında Elektrikli Araç Kullanımının İncelenmesi” *El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi*, 5(2),367-386.
- Wang, T.C. ve Lee, H.D., (2009). Developing a Fuzzy TOPSIS Approach Based on Subjective Weights and Objective Weights. *Expert Systems with Applications*, 36(5), 8980-8985.