

e-ISSN:2148-8703

YIL / YEAR: 2024 / CILT / VOL.: 11 / SAYI / NO: 1



PAMUKKALE JOURNAL OF EURASIAN SOCIOECONOMIC STUDIES



PAMUKKALE
JOURNAL OF EURASIAN
SOCIOECONOMIC STUDIES



June-2024

**PAMUKKALE
JOURNAL OF EURASIAN
SOCIOECONOMIC STUDIES**

JOURNAL BOARDS / DERGI KURULLARI

Editors / Editörler

Editors-in-Chief / Baş Editörler

Onur KULAÇ

Pamukkale University, Türkiye

Bo Li

Huaiyin Institute of Technology, China

Editorial Board Members / Editör Kurulu Üyeleri

Veronika LINHARTOVA

Ambis University, Czech Republic

Filiz YEŞİLYURT

Pamukkale University, Türkiye

Kecheng LIU

Reading University, England

Ros CAMERON

Curtin University, Australia

Yunchuan ZHANG

Wuhan University of Science and Technology, China

İrfan ERTUĞRUL

Pamukkale University, Türkiye

Oğuzhan ERDOĞAN

Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Türkiye

Davide de GENNARO

University of Salerno, Italy

Chris STREAM

University of Nevada (Las Vegas), USA

Ionut MINEA

Alexandru Ioan Cuza University, Romania

Paul Leonard GALLINA

Bishop's University, Canada

Kai XUE

Qingdao University of Technology, China

Baasanjav GANBAATAR

National University of Mongolia, Mongolia

Teona MATARADZE

Tbilisi State University, Georgia

M. Ulaş KOYUNCUOĞLU

Pamukkale University, Türkiye

Dejan MAROLOV

Goce Delchev University, North Macedonia

Valentina-Mariana MANOIU

University of Bucharest, Romania

Language Editor / Dil Editörü

Özlem Özdeşim SUBAY

Pamukkale University, Türkiye

Journal Secretariat / Dergi Sekreteryası

Cihat Karademir

Pamukkale University, Türkiye

Web/ Genel Ağ: <https://dergipark.org.tr/en/pub/pjess>

Publication Type/ Yayın Türü

Elektronik /Elektronik

e-publication/e-yayın

© All rights of Pamukkale Journal of Eurasian Socioeconomic Studies Journal publications are reserved. These publications may not be reproduced, distributed and published partially or completely for commercial purposes without permission.

However, except for commercial purposes, it can be quoted by showing a source.

The views and opinions in the articles published in Pamukkale Journal of Eurasian Socioeconomic Studies belong to the author. It does not reflect the official opinion.

Pamukkale Journal of Eurasian Socioeconomic Studies is published 2 (two) issues per year.
International peer-reviewed journal.

Vol.11, No.1, 2024
e-ISSN:2148-8703

PJESS

PJESS

**PAMUKKALE
JOURNAL OF EURASIAN
SOCIOECONOMIC STUDIES**

Indexes / İndeksler



İbrahim Halil Atakişi **1**

The Tendency of Local Governments Towards Urban Resilience

Mahalli Yönetimlerin Kentsel Dirençliliğe Yönelik Eğilimi

Ayşe Kübra Kanmaz - İrfan Ertuğrul **19**

Fuzzy PIPRECIA and CRADIS Integrated Method In Electric Vehicle Selection

Elektrikli Araç Seçiminde Bulanık PIPRECIA ve CRADIS Bütünleşik Yöntemi

Mehmet Fatih DEMİRAL **37**

Heuristics in Labor Management: An Application of Modified Camel Algorithm

İşgücü Yönetiminde Sezgiseller: Geliştirilmiş Deve Algoritmasının Bir Uygulaması

Mahalli Yönetimlerin Kentsel Dirençliliğe Yönelik Eğilimi

The Tendency of Local Governments Towards Urban Resilience

İbrahim Halil Atakışı

Pamukkale Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi Bölümü, ibrahimhalilatakisi@gmail.com, ORCID: 0000-0001-8347-855X

Article Info: Review
Date Submitted: 01.12.2023
Date Accepted: 25.06.2024

Makale Bilgisi: Derleme
Geliş Tarihi: 01.12.2023
Kabul Tarihi: 25.06.2024

Abstract

In this study, initially, the concept of resilience and the scope of urban resilience are discussed. When referring to the concept of resilience, it is essential to understand what is meant by urban resilience. The study elaborates on measures to reduce disaster risks and, concurrently, activities for adapting to climate change. Additionally, within the context of urban resilience, the responsibilities of local governments are outlined, discussing the inclination of local governments to fulfill their responsibilities. Moreover, examples of regional governments that have demonstrated success in resilient cities are presented, and recommendations are provided to contribute to the resilience of cities in Turkey. The contributions of the United Nations and similar organizations to the concept of resilient cities constitute another focus of the study. Furthermore, the situation of Turkey facing significant disaster risks, including its consideration within the framework of resilience, is addressed. In this context, Disaster Risk Reduction (DRR) and Climate Change Adaptation (CCA) activities are jointly evaluated, emphasizing the development of the resilience concept and the preparedness of local governments against hazards. Finally, solutions are proposed to address the significant coordination deficiencies felt, especially during disasters in Turkey.

Keywords: Urban Resilience, Local Governments, Disaster Risk, Climate Change, Rapid Urbanization

Öz

Bu çalışmada öncelikle dirençlilik kavramı ve kentsel dirençliliğin kapsamı denilince ne anlaşılması gerekiyor ve afet riskini azaltmak, bununla beraber iklim değişikliğine uyum faaliyetleri kapsamında neler yapılması gerektiği açıklanmıştır. Bununla beraber, kentsel dirençlilik kapsamında mahalli idarelerin sorumlulukları belirtilerek, yerel yönetimlerin hangi sorumluluklarını yerine getirmeye meylli olduğu tartışılmıştır. Ayrıca, dirençli kentler noktasında başarı gösteren bölgesel yönetimlere örnekler sunulmuş ve Türkiye'deki kentlerin dirençliliğine katkı sağlayabilmeleri için çözüm önerilerinde bulunulmuştur. Birleşmiş Milletler ve benzer kurumların dirençli kentler kavramına olan katkıları çalışmanın bir başka konusunu oluşturmuştur. Ayrıca Türkiye'nin de içinde yer aldığı ciddi afet riskleriyle karşı karşıya olma durumu dirençlilik kapsamında ele alınmıştır. Bu bağlamda Afet Riskini Azaltma (ARA) ve İklim Değişikliğine Uyum (İDU) faaliyetleri birlikte değerlendirilmiş ve dirençlilik olgusunun geliştirilmesi, bununla beraber yerel yönetimlerin tehlikelere karşı hazır olmaları gerektiği vurgulanmıştır. Son olarak Türkiye'de özellikle afet sırasında önemli ölçüde hissedilen koordinasyon eksikliğinin giderilmesi için çözüm önerilerinde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kentsel Dirençlilik, Yerel Yönetimler, Afet Riski, İklim Değişikliği, Hızlı Kentleşme

EXTENDED ABSTRACT

In this study, when referring to the concept of resilience and the scope of urban resilience, it is understood as encompassing efforts to reduce disaster risk and undertake activities for climate change adaptation. Additionally, the research problem revolves around identifying what actions need to be taken within the framework of reducing disaster risk and adapting to climate change. Furthermore, the responsibilities assumed by local government entities in creating resilient cities and their fulfillment thereof are discussed. Within the scope of this study, a literature review is conducted on the subject of urban resilience, providing information on countries that have been able to create resilient cities at a global level, such as Japan, the Netherlands, and the United States. Subsequently, the focus shifts to Turkey's efforts to establish resilient cities.

In contemporary times, cities are witnessing a global increase in population density. However, it is known that until the 17th century, the proportion of people living in cities was very low, with regular increases observed from the 17th to the 20th century. Moreover, it has been observed since the 1900s that the urban population surpassed the rural population. According to the United Nations (UN) World Population Prospects Report of 2019, the world's population has reached 7.7 billion people, with 55.3% residing in cities as of 2018. The concept of a "resilient city" in urban literature has primarily been understood in ecological terms and later evolved by associating it with the concept of sustainability. It encompasses concepts such as disaster resilience, effective governance, coordination, and robust development. Accordingly, Altıparmak (2021) provides the following definition of a resilient city: "Cities that are prepared and coordinated in their dynamics against any kind of danger, threat, or adverse situations, in terms of physical, environmental, social, and economic aspects, are capable of effectively coping with such challenges." The concept of urban resilience emerged in the 1980s and gained international prominence in the 1990s with the support of the UN. Municipalities are among the most important institutions that can strive to achieve urban resilience in urban spaces. A local municipality can contribute to resilience by preparing disaster management plans. However, it is crucial for municipalities to establish crisis management teams, strengthen urban infrastructure, provide urban resilience education to enhance public awareness, and engage in good governance practices to collaborate with civil society organizations, all of which are significant tasks and responsibilities of municipalities.

Urban resilience is a critical issue for cities globally to maintain their continuity and to mitigate the impact of disaster events. In this context, significant responsibilities are attributed to local governments. Therefore, policies decided and implemented by local government bodies, primarily municipal organs, are determining factors in the strength of urban resilience. Consequently, local governments prioritize certain areas when forming their policies. These include creating urban resilience plans that ensure continuity, organizing early intervention mechanisms for emergencies, practicing good governance, acknowledging universally anticipated natural disasters and climate change, and developing appropriate policies accordingly, as well as engaging in efforts to coordinate citizens before, during, and after disasters. Additionally, it is imperative for them to provide necessary education to raise awareness among citizens about disaster risks. Furthermore, leveraging current environmentally friendly technologies and preserving ecological balance by providing more

green spaces are among crucial tasks. Moreover, during infrastructure adjustments such as urban renewal, it is essential to avoid behaviors that disrupt the needs and social balances of the population.

GİRİŞ

Şehirler, afet olaylarına ve başka tehlikelere karşı müdahale edebilecek en yakın idari kurumları bünyelerinde barındırmaktadırlar. Dolayısıyla kentlerin geleceği yaşanan zorlukları hazmedebilme kapasiteleriyle doğru orantılıdır. Bunu gerçekleştirmek için yerel yönetim kurumlarına önemli sorumluluklar düşmektedir. Günümüzde kentler, nüfus yoğunluğuna bağlı olarak küresel düzeyde bir artış göstermektedir. Bununla birlikte 17. yüzyıla kadar kentlerde yaşayan insanların oranı çok düşüktü, 17. yüzyıldan 20. yüzyıla kadar düzenli artışlar olduğu bilinmektedir (Wirth, 2002). Bununla beraber 1900'lü yıllardan itibaren kentlerde yaşayanların kır nüfusunu geçtiği görülmektedir. Birleşmiş Milletler (BM) Dünya Nüfus Beklentileri Raporu'nun 2019 yılındaki tespitlerine göre dünyanın nüfusu 7,7 milyar kişiye ulaşmıştır. Bu nüfusun da %55,3'ünün 2018 yılında şehirlerde yaşadığı açıklanmıştır (UN World Population Prospects, 2019) Buna göre kentleşme oranı bu hızda ilerlerse 2050 yılında kent nüfusunun kırdaki yaşayanlara oranla %70'e çıkacağı öngörülmektedir. BM, 2100 yılında dünya nüfusunun 11,1 milyara ulaşacağını tahmin etmektedir (Altıparmak, 2021). Sözü edilen nüfus artışıyla beraber kentleşmenin küresel düzeyde artması beklenmektedir.

Hızlı kentleşme, bir yandan kontrolsüz bir şekilde büyümeye devam ederken (Brenner ve Keil, 2013), diğer yandan özellikle gelişmekte olan ülkelerde ulaşım ve kentsel altyapının yetersiz olduğu düşünülmektedir. Bu bağlamda planlama ve koordinasyonun yetersizliği, doğal afetler ve çeşitli risklere karşı kırılgan kentlerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Godschalk, 2003). Ayrıca hızlı kentleşmenin sosyal, çevresel ve ekonomik maliyetleri problem olmaya başlamıştır (Negiz ve Yavuzçehre, 2021: 298). Bu doğrultuda gecekondular gibi yasal olmayan konut artışları, temel insani koşulları sağlama, güvenli barınma eksikliği, genç işsizlik oranlarının gün geçtikçe artması, hava ve su kirliliği sonucu artan sera gazı emisyonları gibi sebepler örnek olarak gösterilebilir (Figueiredo vd., 2018). BM Habitat verilerinde belirtildiği üzere çağımızda kentler enerjinin %76'sını tüketirken, küresel sera gazı emisyonlarının %60'undan çok daha fazlasını üretebilmektedir. (UN Habitat, 2015a). Özellikle gezegenimizin gelecekte büyük bir sorunu olacağı varsayılan iklim değişikliği, kentsel dirençlilik kapsamında önemli bir yer işgal etmektedir (Parlak ve Partigöç, 2022) Bu çalışma kapsamı itibarıyla kentsel dirençlilik alanında mahalli yönetimlere ne gibi sorumluluklar düşüyor, mahalli yönetim kuruluşları bunlardan hangilerine önem veriyor, Türkiye'de ve dünyada dirençli kentlere katkı sağlayan iyi yönetim örnekleri gibi konuları açıklama gayretindedir. Aynı ayrı incelenen bu konular sonuç kısmında bir arada değerlendirilecektir.

1. KENTSEL DİRENÇLİLİK VE RİSK

Kentlerin buldukları konum itibarıyla karşılaştığı sorunlara, afetlere, tehlikeler ve risklere karşı hazır bulunma, anında müdahale etme ve adapte olma kapasitesi kentsel dirençliliği (urban resilience) saptamaktadır. Bir kentin dayanıklılığı, kent yönetiminin etkinliğine bağlıdır. Kentleşmenin, bireyler ve ülkeler için ekonomik, sosyal ve çevresel faydaları açıkça

ortadadır (Meerow ve Newell, 2019). Kentler, ekonomik büyüme, kültürel çeşitlilik ve yeniliklerin canlı merkezleridir (Eroğlu vd., 2023). Kentler konumları itibariyle sahip oldukları kaynak ve imkanlarla dirençlilik oluşturabilirler. Kentin ne tür bir riskle karşılaşacağı ve buna dayanabilecek dirençliliği sağlayabilmesi orada yaşayan insanların ve toplulukların tecrübelerinden yararlanmaya bağlıdır (Çilingir ve Güler, 2020). Bununla beraber kentin tarihsel risklerini bizzat bu tehlikelerle mücadele eden kentliler bilmektedir (Aksöz ve Çelik, 2023). Ayrıca kentler söz konusu afetlerin sebep olduğu tehlikelere karşı doğru karar alma ve müdahale etme noktasında en üst idari kademeyi temsil eder. (UN Habitat, 2015b). Bu noktada Tuğaç (2019) kentlerin ikili yapısından bahsetmektedir. Bu ikili yapıda kentler, hem çevreye verdikleri zarar ve yıkımdan sorumlu, hem de bu tehlikelerin en büyük mağduru olmaktadır. Kentlerin güçlü ve karakterli yapısı bir parçası olduğu devlet olgusunun dayanıklılığına katkı sunar. Devlet oluşumu kadar kentlerde üreten, yöneten, katılım sağlayan ve kültürel alanlarda birbirleriyle yarışma halindedirler. Böyle bir rekabette dik durabilmek ve bu sürekliliği sağlayabilmek merkez kadar yerelin de dirençli olmasına bağlıdır (Tekeli, 2009: 170). Bir kentin direnç gösterebilmesi yaşanan “şok” ve “streslere” karşı yerinden çözüm üretebilecek kabiliyete sahip olması demektir (Altıparmak, 2021). 6 Şubat 2023'te Maraş merkezli gerçekleşen deprem ve sonrasında tezahür eden sorunlar silsilesi, bunlarla mücadele edebilme konusunda dirençli kentler olgusunun bir parçasıdır. Bu bağlamda belediyeler gibi mahalli idarelere düşen görev ve sorumluluklar dirençli kent kavramına nasıl yaklaşılacağına da bir yol haritasını teşkil etmektedir. Günümüzde ve gelecekte yaşanacak sorunların tespit edilebilmesinin şartı bu temellendirmeyi doğru anlamaktan geçmektedir.

Kente göçle birlikte nüfus artışının şehirlerin büyümesine sebebiyet vermesi en büyük risk faktörünü oluşturmaktadır (İrdem ve Mert, 2023). Fakat sadece nüfus yoğunluğu temel sorun olarak nitelendirilemez (Gerçek, 2021). Bununla beraber kentin konumu, kültürü, sosyal ve iktisadi yapısındaki diğer risk faktörlerinin cılız ve kuvvetli yönlerinin tespit edilememesi, planlama ve koordinasyon eksikleri şehirlerin temel sorunudur (Özdemir Metlioğlu, 2021). Kentler sürekli yenilenen ve zamana uyum sağlayan yerlerdir (Eroğlu vd., 2023). Bu değişikliği öngöremeyen ve seçim odaklı düşünen, kurumsal kapasiteyi incelemeyen yöneticiler kentleri tahrip etme eğiliminde olacaktır. Sorunları görmezden gelmek veya yüzeysel bakmak kırılabilir şehirlerin oluşmasına sebebiyet verir. Örneğin kentin imar planı, uzman ekiplerin tespitleri üzerine planlanmak zorundadır. İmar süreci yalnızca inşaat yapmak anlamına gelmemekle beraber bir yapının inşa edilmesi, sürecin son halkasıdır. Öngörülerini bilimsel verilere dayanmayan, siyasi ve patronaj gibi faktörlerle ve klientalist ilişkilerle donatılmış şehir her zaman kriz içinde olacaktır (Özel, 2023).

Kent literatüründe “dirençli kent” kavramı, öncelikle ekolojik manada anlaşılmıştır. Daha sonra süreklilik kavramıyla ilişkilendirilerek gelişme göstermiştir. Dirençli kent oluşumunda doğal afetlerle mücadele; etkili yönetim, koordinasyon ve güçlü kalkınma kavramlarıyla düşünülmesi gereken bir süreçtir. Buna göre dirençli kent denilince Altıparmak (2021) şöyle bir tanım yapmaktadır: “Fiziki, çevresel, sosyal ve ekonomik yönden, kentlerin karşılaşabileceği her türlü tehlike, tehdit ve olumsuz durumlara karşı kentin dinamiklerinin hazırlıklı ve koordineli olması sayesinde etkin mücadele kabiliyetine sahip olan kentlerdir.” Kentsel dirençlilik kavramı, 1980'lerde ortaya çıkmıştır ve 1990'larda BM'nin desteğiyle uluslararası düzeyde yaygınlaşmıştır. Bununla beraber “direnç” kavramının ekoloji literatüründe ilk kullanımı 1970'li yıllarda Holling (1973) tarafından tercih edilmiştir. Holling'in tezine göre direnç kavramı, sistem

tarafından maruz bırakılan bir zorunlu hâl sırasında mevcut yapı ve işlevlerin dayanıklılığı ve sürekliliğiyle ilişkili bir durumu ifade etmektedir (Jabareen, 2013). “Dirençli kent” kavramı ise doğal veya beşerî olarak meydana gelen afetlere karşılık olarak kullanılmıştır (Spaaans ve Waterhooft, 2017). Bu bağlamda “direnç” kavramı, muhtelif kentlerde farklı politikalarla öne çıkmaktadır. Örneğin ABD ve Britanya’nın dirençli kent politikası çeşitli terör saldırıları üzerine gelişen şoklara odaklanırken, Kıta Avrupası iklim değişikliği gibi durumlara odaklanmaktadır (Coaffee, 2013). Özellikle ABD’nin terör saldırıları gibi şokların yarattığı faaliyetlere odaklanmasında 11 Eylül saldırılarının etkisi olduğu düşünülmektedir (Ersavaş Kavanoz, 2020). Bu kapsamda milli güvenlik ve afet hazırlığı ile etkilerini hafifletme yönünde politikalar önemli hale gelmiştir. Zira terör saldırılarının kent bileşenlerine olan etkisi alt yapı ve mimarinin tahrip edilmesiyle sonuçlanmaktadır.

2011 yılında düzenlenen Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC), iklim değişikliğinin kentlere olan etkisini ve kamu politikalarına olan yansımalarını inceleyerek direnç kavramıyla bağlantılı karmaşık bir ilişkide ilerlediği öne sürmüştür. Buna göre, iklim değişikliğine uyum ve azaltım mücadelesi farklı kuruluşlar arası iş birliğini zorunlu kılmaktadır. Mahalli yönetimler ve merkezi hükümetler arası ilişkinin, ulusüstü kuruluşların ve özel sektörün ilgili kamu politikalarının oluşmasında ve uygulanmasında müşterek görev almaları bu durumda zorunlu görülmektedir (Pollitt, 2015). Alışılmış politikalar ve sıradan yönetimlerin sözü edilen süreci kendi kendine devam ettirebilme olanağının bulunmaması iklim değişikliğinin çok boyutlu bir hale dönüşmesine sebep olmaktadır.

Dirençli kent kavramı “İklim Değişikliğine Uyum” ve “Afet Risk Azaltımı” konularıyla birlikte “Güvenlik” ve “Sürdürülebilirlik” terimleriyle de kapsamlı bir sürecin inşasını zorunlu kılmaktadır. Aynı zamanda direnç kavramının kentsel bağlamda demografik yapıyla ilişkisini inceleyen çalışmalar da literatürde önemli bir yer tutmaktadır (Ersavaş Kavanoz, 2020).

2. KENTSEL DİRENÇLİLİĞİN SAĞLANABİLMESİ İÇİN MAHALLİ İDARELERİN GÖREV VE SORUMLULUKLARI

Yerel yönetim kuruluşlarının yönetişime verdikleri önem kentsel dirençliliğin sağlanabilmesi noktasında hissedilmektedir. Sivil toplum kuruluşlarını destekleyerek, birlikte toplumsal katılım oluşturulabilmesi uygulanan politikaların başarılarını artıracaktır. Kentsel altyapının sağlamlaştırılması ve zamana göre yenilenmesi dirençliliği artırabilmektedir. Bununla birlikte eğitim, bilinçlenme toplantıları, konferanslar, mitingler yapılması toplumun afet riskine karşı bilinçlenmesini sağlayacaktır. Daha önceden hazırlanmış acil eylem planları, afet anında hızlı müdahale edebilme verimliliği gösterecektir (Altun, 2023). Şehir planı ile dirençlilik uyumlu hale getirilerek olası deprem, yangın, sel gibi afetlerin önüne geçilebilecektir. Afet risk analizleri ve uygulama alanı kapsamında afet gerçekleşmeden, gerçekleştiği sırada ve gerçekleştikten sonra alınacak tedbirlerin planlanması açısından önem arz etmektedir (Kahraman, vd., 2022).

Kentsel mekânda dirençlilik sağlanabilmesi için uğraş gösterebilecek en önemli kurumlardan biri belediyelerdir. Yerel bir belediye afet yönetim planları hazırlayarak dirençliliğe katkı sunabilecektir. Ayrıca kriz yönetim ekibi oluşturulması, kentsel alt yapının sağlamlaştırılması, kentsel dirençlilik eğitimlerinin verilerek halkın daha bilinçli olabilmesi (Türk, 2015), iyi

yönetişim uygulamaları ile sivil toplum kuruluşlarıyla ortak paydada buluşabilmesi belediyelerin önemli görev ve sorumlulukları arasında yer almaktadır (Kundak, 2017).

Mahalli yönetimlerin dirençlilik konusunda önemli bir role sahip olduğundan daha önce bahsedilmiştir. Bu kapsamda politika oluşturabilme ve uygulama alanı bakımından sorumluluk sahibi olması beklenmektedir (Altun, 2023). Sorumlulukları itibariyle acil durum yönetimi, afet risk analizi, alt yapı düzeni gibi görevleri mevcuttur. Bunun sağlanabilmesi için afet risk analizi, acil durum planı, kriz yönetim ekibi ve plan-koordinasyon ekipleri politika oluşturma ve uygulama sırasında kullanılacak araçlardır.

Bugün şehirlerde uygulanan çok katmanlı ve sektörel kolların ayrı ayrı değerlendirildiği afet riski azaltımı (ARA) uğraşları ve/veya iklim değişikliğine uyum (İDU) eylemleri, kentin dirençliliğini artırmak amacıyla çalışmalarına devam etse de yeteri kadar katkı sunmadıkları görülmektedir (Türkeş, 2022). Dolayısıyla yerel yönetim organlarının, ARA ve İDU faaliyetlerini birlikte ele alarak yeterli plan ve koordinasyonu sağlamaları dirençli kentler oluşturmak için zaruridir.

Afet riskini yönetmek ve ARA kapsamı bakımından kentlerde iklim değişikliğinin tahrip ettiği zararı en aza indirmek için faaliyet göstermektedir (Tuğaç, 2021). ARA ve İDU faaliyetleri birbiriyle bağlantılı ulusal ve yerel düzeyde plan ve proje üreterek kentsel dirençliliği sağlamak için faaliyetlerde bulunurlar. Bu bağlamda kentsel dirençliliği sağlamak için yerel yönetimlere görev ve sorumluluk atfeden ulusüstü kurumların çalışmaları mevcuttur. BM 2030 Gündemi, Sendai Afet Riski Azaltım Çerçevesi 2015-2030 (SARAÇ), Paris İklim Anlaşması gibi çalışmalar örnek olarak gösterilebilmektedir (Gergin, 2024).

3. KENTSEL DİRENÇLİLİK OLUŞTURULMASI BAĞLAMINDA İYİ YEREL YÖNETİM ÖRNEKLERİ

Kentsel dirençlilik evrensel bir konudur (Altıparmak, 2021). Dolayısıyla tüm dünyada farklı çalışma ve uygulamalara rastlanmaktadır. Dirençli kentler oluşturma noktasında, öngörülür afet olaylarına karşı tedbir alarak, toplumsal felaketleri önleyebilecek sorumluluğu üstlenen ülke yönetimleri mevcuttur. Bu bağlamda ciddi afet olaylarına maruz kalmış bazı ülkelerin dirençliliğe nasıl sahip olabildiklerine dair örneklere aşağıda yer verilecektir.

3.1. Japonya

Japonya, sık sık doğal afetlerle ve diğer krizlerle karşı karşıya kalan bir ülke olarak tanınır. Bu yüzden, Japon şehirleri, çeşitli tehditlere karşı dayanıklı olma ve acil durumlarda etkili bir şekilde müdahale edebilme kapasitesine sahiptir (Torisu vd., 2024).

Japonya dünyada en yoğun deprem ve tsunami olayına maruz kalmış ülkelerden biridir. Bu afetler, kentsel alanlarda ciddi hasara ve insan kaybına neden olabilmektedir. Dolayısıyla Japonya, can kaybını en aza indirebilmek için her türlü afet riskine karşı dirençlilik geliştirebilmiş bir ülkedir. Japonya'da, şehir planlaması ve altyapı geliştirme konularına büyük önem verilmektedir. Özellikle depreme dayanıklı binaların inşası, tsunami setleri ve su baskınlarına karşı alınan önlemler gibi altyapı yatırımlarıyla kentsel bölgelerin afetlere karşı daha dayanıklı hale getirilmesi amaçlanmaktadır (Ek, 2024). Bununla beraber yerel yönetim kuruluşları olası afetlere karşı zamanında müdahale edebilmek için acil durum merkezleri kurmak zorundadır. Ayrıca köklü bir geleneğe sahip olan yerel yönetim kuruluşları, üretmiş oldukları hizmetlerin kalitesi açısından merkezi yönetimin denetiminden geçmek zorundadır

(Keleş, 1984). Bununla beraber Japon şehirlerinde, kentsel dayanıklılık toplum katılımı ve eğitimle desteklenmektedir. Böylece afet durumlarında halkın doğru tepkiler verebilmesini sağlamak amacıyla düzenli olarak gerçekleştirilen tatbikatlar, kriz anlarında hızlı ve etkili müdahaleyi mümkün kılmaktadır.

Bununla birlikte Japonya'da yapılan her bir bina deprem yönetmeliğine uygun inşa edilmek zorundadır (Ekoyapı Dergisi, 2022). Bu bağlamda Japonya, doğal afet olaylarına karşı dirençlilik geliştirmek için vatandaşlarını bilinçlendirmektedir. Dolayısıyla dirençli kentler inşa etme aşamasında toplumsal iş birliği güdülerek afet risklerinin yol açacağı felaketlerin azalması amaçlanmaktadır. Ayrıca Japonya, teknoloji ve yenilik alanındaki liderliğiyle kentsel dirençliliği güçlendirmek için çeşitli araçlar geliştirmiştir. Akıllı şehir teknolojileri, erken uyarı sistemleri ve afet yönetiminde kullanılan dijital platformlar, kriz zamanlarında hızlı bilgi akışını sağlayarak kurtarma ve yardım çabalarını geliştirmektedir. Bu amaçla teknik ve akademik açıdan uzman ekipler plan ve koordinasyon sürecinde aktif rol almaktadır (Ortaçşme vd., 2023).

Japonya'nın başkenti Tokyo, küresel düzeyde dirençli bir kent olma yolunda başarılı bir örnek olabilmıştır (Demographia, 2022). Sık sık doğal afetlerle karşı karşıya kalan bu ülke, kapsamlı planlama, altyapı yatırımları, toplum katılımı, eğitim, teknoloji ve inovasyon sayesinde şehirlerini daha güvenli hale getirmiştir. Japonya'nın deneyimleri, diğer ülkeler için önemli öğretiler sunarak gelecekteki kentsel dirençlilik stratejilerinin belirlenmesine rehberlik edebileceği düşünülmektedir (Eren, 2019).

3.2. Hollanda

Hollanda, kentsel dirençlilik perspektifinden incelendiğinde küresel düzeyde öncü bir ülke olma özelliği taşımaktadır. Özellikle düşük deniz seviyesi ve sık sık yaşanan su baskınları gibi suyla ilgili tehditlerle mücadele etmek için etkili stratejiler geliştirmiştir. Bu bağlamda geçmişten bu yana su yönetimi konusunda öncü bir ülke olabilmıştır. Kanalizasyon sistemleri, barajlar, su pompalama istasyonları ve deniz duvarları gibi altyapı yatırımları, su seviyesinin kontrolü için geliştirilmiş ve kentsel bölgelerin su baskınlarına karşı direncini artırmıştır (Lfarakh, 2021: 28). Bununla beraber iklim değişikliği, Hollanda'yı daha da hassas bir konuma getirmektedir. Deniz seviyesinin yükselmesi ve artan yağışlarla mücadele etmek adına, kapsamlı bir adaptasyon stratejisi benimsemiştir. Sözü edilen strateji, kentsel alanlarda yeşil altyapının kurulması, suyun geri kazanılması ve depolanması, binaların su baskınlarına karşı güçlendirilmesi gibi tedbirleri içermektedir (Bozali vd., 2024).

Uluslararası düzeyde en fazla selle karşılaşan ülkelerden biri Hollanda'dır. Ülkenin güney kısmında yer alan Rotterdam, deniz seviyesinde bulunmasından dolayı deniz taşkınları gibi afet olaylarıyla sık sık karşılaşmaktadır. Kentin altyapısının eski olmasından dolayı kentsel dirençlilik bağlamında gerekli tedbirler alınırken zafiyete uğradığı tespit edilmiştir. Bununla beraber vatandaşların kentlilik bilincinin zayıf olduğu ileri sürülmüştür (Van Herk vd., 2012). Bununla beraber yaşam alanlarının korunması adına alınan önlemlerden ilki halkın bilinçlendirilmesine yönelik projelerin geliştirilmesi olmuştur. Böylelikle yönetişimin başarılı bir biçimde gerçekleşebilmesi yerel yönetim kuruluşlarının önlem alabilmesini olanaklı kılmıştır. Bu kapsamda "100 Dirençli Kentler Ağına" üye olunmuştur. Böylece dirençli kent alanında uzman ekiplerin bir araya gelerek Afet Risk Azaltım planları hazırlamaları ve bu

doğrultuda stratejik planlar oluşturmaları dirençliliğin artırılmasına yönelik adımlar arasında sayılabilmektedir (Un Habitat, 2015b).

Hollanda'da kentsel dayanıklılık, toplum katılımı ve farkındalıkla desteklenmektedir. Halkın su yönetimi konusunda eğitilmesi, su baskınlarında nasıl hareket edilmesi gerektiği konusunda düzenli tatbikatlar yapılması ve yerel yönetimlerle merkezi yönetimin iş birliği, kentsel alanların daha güvenli hale gelmesine yardımcı olmaktadır. Sözü edilen hazırlıklar, teknik ve akademik uzmanların kontrolünde hazırlanmıştır. Bahsedilen uzman ekipler, olası afet risklerine karşı daima hazır bulundurulularak deniz suyunu kontrol altında tutmaya çalışmaktadırlar. Bununla beraber Hollanda, kentsel direnci artırmak için sürdürülebilirlik ve yeşil altyapıya da odaklanmaktadır. Şehir içindeki su depolama alanları, yağmur suyunun geri kazanılması için çatı bahçeleri ve parklar gibi uygulamalarla su baskınlarını önlemenin yanı sıra şehir yaşamını da geliştirmektedir (Aydoğan ve Dilek, 2024). Buna ek olarak, dirençliliğin sağlanabilmesi için dev teknoloji firması Microsoft ile kent yönetiminin ortak iş birliği neticesinde "siber-dirençlilik" konusunda çalışmalar yapılmaya başlanmıştır (Arslan, 2024).

Su yönetimi geleneği, iklim değişikliğiyle başa çıkma çabaları, toplum katılımı ve sürdürülebilirlik odaklı yaklaşımıyla, Hollanda kentleri gelecekteki suyla ilgili tehditlere karşı daha hazırlıklı hale gelmiştir. Bu stratejiler, diğer ülkeler için önemli bir ilham kaynağı olabileceği gibi kentsel dirençliliği artırmak için yeni yaklaşımların keşfedilmesine de yol açabileceği düşünülmektedir.

3.3. Amerika Birleşik Devletleri

Sık sık doğal afetlere maruz kalan bir diğer örnek ülke Amerika'dır. Kasırgalar, orman yangınları, deprem ve sel felaketleri, kentsel bölgelerde ciddi zararlara ve insan kayıplarına yol açabilmektedir. Amerika farklı iklim bölgelerine ev sahipliği yapması nedeniyle çeşitli afet risklerini de bünyesinde barındırmaktadır. ABD'deki kentsel dirençlilik, bahsedilen doğal afetlere karşı mücadele stratejilerine odaklanmıştır. Federal, eyalet ve yerel düzeydeki acil durum yönetim sistemleri, krizlere hızlı ve etkili bir şekilde müdahale etmeyi amaçlamaktadır. Bu sistemler, acil durum planlaması, tahliye prosedürleri, kurtarma operasyonları ve toplumun afetlere hazırlık seviyesini artırmayı içermektedir (Akbaş, 2023). Özellikle kasırga felaketiyle sık sık karşılaşan federal devlet, yerel yönetimlerle federal ve federe düzeyde afet yönetimi açısından iş birliğinde bulunarak uzman rehberler görevlendirmektedir. Ayrıca vatandaşlarına afet farkındalığı konusunda düzenli eğitimler sağlamaktadır (Gergin, 2024).

ABD'deki kentsel dirençlilik, toplumsal uyum ve kriz sonrası iyileşme süreçleriyle de ilişkilidir. Kriz anlarında toplumun dayanışma ve dayanıklılık düzeyi, felaket sonrası yeniden yapılanma sürecinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu nedenle, toplumun afetlere hazırlıklı olması, psikolojik destek hizmetleri, sosyal yardım programları ve afet sonrası eğitim gibi önlemlerle toplumsal uyum sağlanmaya çalışılmaktadır. Deniz seviyesinin yükselmesi, aşırı sıcaklıklar ve artan yağışlar gibi iklim değişikliği belirtileri, kentsel alanlarda önemli tehditler oluşturmaktadır. Bu nedenle, sürdürülebilir şehir planlaması, yeşil altyapı projeleri, kıyı koruma önlemleri ve enerji verimliliği gibi önlemlerle iklim değişikliğine uyum sağlanmaya çalışılmaktadır (Akkaya, 2023). Bu bağlamda kentsel dirençliliği artırmak için teknoloji ve inovasyondan yararlanılmaktadır. Akıllı şehir teknolojileri, erken uyarı sistemleri, uzaktan

izleme ve kontrol sistemleri gibi dijital araçlar, kriz yönetimini geliştirerek hızlı yanıt sağlamaktadır (The NYC Mayor's Office of Sustainability, 2017)

Bununla beraber Amerika ve Meksika sınırında bulunan Paso del Norte yönetimi su tedariki noktasında sorun yaşamaktadır. Bu durum Amerika ve Meksika sınır bölgelerinin ortak sorunu olarak dirençliliği zayıflatmaktadır. Bölgenin tarımsal faaliyetlerinde kullanılan suya oranla, kentsel yaşamdaki su ihtiyacı karşılanamamaktadır. Tedarik edilen suyun ise sağlık açısından sorun teşkil ettiği belirtilmiştir (Kılıç, 2008). Bu bahisle Amerika, dirençliliğin sağlanabilmesi için su altyapısına yüksek bütçeli destek sağlarken, Meksika'nın ekonomik olarak zayıflığı dirençliliği düşürmektedir. Bundan dolayı Amerika ve Meksika yönetimleri iş birliğine dayalı koordinasyon ve planlamalar yapmışlardır. Ayrıca yönetişimin güçlenmesi adına gönüllü kuruluşlara da katkı verebilme olanağı tanınmıştır (Figueiredo vd., 2018).

Sonuç olarak ABD, kentsel dirençlilik alanında çeşitli stratejiler geliştirmiştir, ancak hala iyileştirme alanları bulunmaktadır. Doğal afetlerin ve iklim değişikliğinin etkileriyle başa çıkabilme kapasitesini artırmak için daha fazla çaba sarf edilmelidir. Bu bağlamda, merkezi ve yerel düzeyde iş birliği, sürdürülebilir şehir planlaması, toplum katılımı ve teknoloji kullanımı gibi stratejilerin daha da güçlendirilmesi gerekmektedir.

4. DİRENÇLİ KENT OLUŞUMUNDA TÜRKİYE'NİN YERİ

Türkiye afet riski yüksek olan bir ülkedir. Bu kapsamda yerel yönetimler afet risklerine karşı hazırlık yapmak üzere politikalar üretmek zorundadır. Buna binaen düzenlenmiş yasal normlar ve anayasal düzlemde deprem yönetmelikleri mevcuttur (Eroğlu, vd. 2023). Dolayısıyla kentsel yapılar ve barınma alanları sözü edilen hukuki normlara uygun tasarlanmaktadır. 1999 Gölcük depremi ve 2011 Van depremi sırasında gerekli müdahaleler yapılmış olsa da bu yönetmeliğin günümüz koşullarında yetersiz kaldığı düşünülmektedir (Çiğdem ve Akyol, 2016). Şubat 2023 Pazarcık depremi bunun en iyi örneğini göstermiştir. Bununla beraber Türkiye'de yerel yönetimlerin kentsel dirençlilik kapsamında başarılı ve/veya başarısız olduğu uygulamalar mevcuttur. Örneğin 2020'de İstanbul'da gerçekleşen sel olayında yerel yönetimlerin müdahalesi yetersizlikle sonuçlanmış ve birtakım zararlar meydana gelmiştir (Sabah, 2020). 2021 yılında İzmir'de gerçekleşen deprem olayında yapılan afet planlaması sayesinde depreme zamanında müdahale edilebilmiş fakat sonrasındaki yapı güçlendirme ve alt yapı yenilenmesi hususunda gerçekleşen çalışmaların yetersizliği eleştirilmiştir (Gündem, 2023). Yine Şubat 2023 Pazarcık depremi sırasındaki koordinasyon eksikliğinin bilhassa hissedildiği düşünülmektedir. Bu bağlamda dönemin Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanı Murat Kurum'un deprem sonrası yaptığı açıklamaya değinmekte yarar görülmektedir. "Ulusal Risk Kalkanı Modeli" kapsamında alanında uzman akademisyenleri içinde barındıran 13 ayrı komisyondan oluşan bir proje başlatılmıştır. Yapılan açıklamaya göre projenin kapsamı başta depremden etkilenen 11 il olmak üzere Türkiye genelinde dirençli kentler oluşturmak için çalışmalarda bulunacaktır (Oluşum, 2023). Kanımızca gelecekte dirençli kentler oluşturabilmek ve yaşanan felaketlerden ders alabilmek için gayet olumlu bir proje olarak görülmektedir.

Türkiye coğrafi olarak deprem bölgesinde yer almaktadır (Yavuzçehre ve Aydın, 2013: 480-481). Buna binaen tarih boyunca düzenli aralıklarla depremler meydana gelmiştir. Fakat yerel ve merkezi hükümet yetkilileri bundan herhangi bir ders çıkararak olası depremleri azaltmak

için çalışmalar yapmada yetersiz kalmışlardır (Genç, 2007). Günümüzde teknolojik gelişmelerin de verdiği olanaklarla olası deprem riskleri önceden tahmin edilebilme noktasında yeterli alt yapı bulunmaktadır. Bilimsel verilerle elde edilen bilgiler, deprem riskinin yüksek olduğu bölgelerde gerçekleşen sarsıntıların daha önceden belirlenebilmesine olanak tanımaktadır. Ancak, sözü edilen verilere rağmen deprem öncesinde alınması gereken önlemler, yeterince dikkate alınmamaktadır. Bundan dolayı, deprem öncesi önlem alınmaması, deprem gerçekleştiği sırada potansiyel felaketin artmasına neden olmaktadır. Dolayısıyla toplum güvenliğinin sağlanması adına, deprem risk analizlerinin dikkate alınarak gerekli tedbirlerin zamanında alınması önemli bir konudur (Erkek, 2017). Üstelik afet riskini artıracak kentsel rantlar kentlerin yapısını bozmaya devam etmektedir. Ayrıca bu durum ciddi can ve mal kaybına neden olmaktadır. Dirençli kentler inşa edilebilmesi için merkezi ve yerel yönetimlerin birtakım sorumlulukları yerine getirmeleri elzemdir. Bunun sağlanabilmesi için yönetim kabiliyetlerini kuvvetlendirmeleri gerekmektedir (Güler, 2003). Sivil toplum-devlet iş birliği bu noktada ortak hareket edebilir. Öncelikle kentlerin risk durumları belirlenerek, geçmişte yaşanan afetlerin analizi yapılmalıdır (Şahin, 2018). Bununla beraber kentin afet riskine göre karakteristik özellikleri belirlenerek bir sınıflandırma yapılabilir. Benzer niteliklere sahip kentler aynı kategori içine alınarak afet risk haritası ulusal düzeyde ilan edilmelidir. Altyapı, çevre, yapı stoku ve ekonomi gibi kent bileşenleri doğru analiz edilerek, bunlara dair eğitici bilgilendirme seminerleri düzenlenerek halka doğru bir biçimde anlatılmalıdır (Bülal, 2023).

Eğitimde Feynman tekniğini kullanmak etkili olacaktır. Feynman tekniğinde aktarılmak istenen bir bilgi en basit biçimde anlatılır (Bülbül, 2020). Böylelikle kentliler basit bir biçimde öğrenebilecek ve kente daha duyarlı olabileceklerdir. Kentsel alandaki karar organlarının, halkın eğitimine dair organizasyonlarında bahsi geçen hususların dikkate alınması dirençli kent oluşturma noktasında fayda sağlayacaktır. Kentsel dirençlilik sağlanabilmesi için öncelikle "dirençli kentli" oluşturmak gerekmektedir. Kentte yaşayanların karar organlarına katılımı sağlanmadan, yönetim olanakları yeterli seviyede kullanılmadan dirençlilik oluşturulması mümkün gözükmemektedir (Çelebi Zengin ve Alkan, 2024). Bu çerçevede yerel yönetim organlarının, özellikle siyasal süreçlere etki edebilen ve halk tarafından meşruluğu kabul edilmiş belediyeler bu süreçte etkin rol alarak, düzenli aralıklarla halk meclisleri oluşturmaya gayret göstermelidir. Böylece kentte yaşayan her bireyin katılımına olanak tanınması sağlansa dirençli kentli portresi daha belirgin şekilde oluşacaktır. Dirençli bir kent oluşturulmak hedefleniyorsa halkın, halk için yönetimi benimsenmeli, kentsel ranta müsaade edilmemelidir. Liberal kuramın öncülüğünü yaptığı, neoliberal politikaların ulusüstü kuruluşlar tarafından dayattığı piyasa merkezli özelleştirme uygulamaları sınırlandırılmalı (Theodore vd., 2012) ve kamusal hizmetler özel sektörden alınarak yerel organlar tarafından gerçekleştirilmelidir (Şengül, 2003). Böylelikle sosyal devlet anlayışı tekrar kurgulanabilecektir. Sözü edilen liberal kuramın nitelendirdiği sermaye dolaşımı ile özel sektör arasında kurduğu sistemin kısıtlanması, güçlü yerel yönetimler oluşturma noktasında bir engel teşkil etmeyecektir (Arıkboğa, 2018). Türkiye açısından düşünülecek olursa, liberal kuramın ulusüstü kuruluşlarla dayatmış olduğu politikalar bir adem-i merkezizetçi yapı kurmaktır (Arıkboğa, 2013). Fakat bu ilişki ABD, Almanya gibi federal devletler için uygun düşen bir ayrışmadır. Çünkü adem-i merkezizetçilik olgusu tefrik-i vezaif ilkesinden hareket etmektedir (Güler, 2000). Türkiye üniter devlet yapısına sahiptir ve merkez-yerel ilişkisinin

sürdürülebilirliği merkez tarafından güçlendirilmiş yerel yönetimlerle mümkün gözükmektedir (Güler, 2001). Üniter devlet yapılarında idarenin bütünlüğü esastır ve yerleşme merkezden yerele doğru dikey bir biçimde gerçekleşir (Şengül, 2003). Dolayısıyla merkezi bir devlet Türkiye için uygun gözükmektedir (Savaşkan ve Çam, 2019). Fakat bu merkezleşme ulusal güç odakları ve sermaye sahiplerinin yönlendirmeleriyle gerçekleşirse kentsel alanda hizmet sunumu siyasal çıkar ve menfaat ilişkisiyle sonuçlanmaktadır (Esenboğa, 2022). Bunun yanı sıra yerel düzeyde yönetim mekanizması enformel örgütler ve kent yoksullarının siyasal çıkarlarını meşrulaştırmak için kullanılmaktadır (Ersoy ve Şengül, 1997). Klientalist ilişkilerin yoğun olarak görüldüğü Türkiye’de dirençli kentler oluşturmanın yolu bu ilişkileri terk etmekten geçmektedir (Zengin, 2018). Bunların önlenebilmesi ve kentsel dirençliliğin oluşturulması öncelikle yöneticilerin yasalara uygun ve oportünist bakış açısından uzaklaşarak, görev ve sorumluluklarının bilincinde karar almaları ve müdahalede bulunmaları gerekmektedir.

4.1. Türkiye'de Kentsel Alanda Doğal Afetlere Karşı Vatandaş Katılımının Önemi

Yukarıda da gerekçelendirildiği üzere kentsel dirençlilik sadece karar organlarının uygulamaya koyarak gerçekleştirebileceği bir durum değildir. Bunun örnekleri Türkiye’nin geçmiş yıllarda geçirdiği afetlerde saptanmıştır (Korlu, 2023). Çeşitli yasal düzenlemeler, afet öncesi tatbikatlar; deprem, çığ, yangın gibi felaketler gerçekleştiği sırada yetersiz kalmıştır (Ak, 2024). Dolayısıyla dirençlilik sağlama noktasında önem arz eden eğitimin yetersizliği açıkça gözlemlenmektedir. Üstelik geçmişte yaşanan yıkımların aynı ölçüde tekrarlanmaması için dirençli kentler oluşturulması noktasında yeni kamu politikaları üretme zaruryeti doğmuştur (Çiner, 2017). Bu noktada eğitim öncelikli sırada yer almaktadır. Dinamik bir yapıya sahip olan eğitim süreklilik esas alınarak kurgulanabilir. Sadece ilkökul, ortaokul ve lisede okul yönetimlerinin sorumluluk sahibi oldukları oranda, öğrencilere verilen deprem eğitimlerinin yetersiz olduğu düşünülmektedir. Türkiye deprem bölgesi olmasının yanı sıra çeşitli diğer afetlerle de karşı karşıyadır. Toplumsal olarak dirençlilik konulu eğitim seferberliği başlatılması farkındalık oluşturabilir (Demirci, 2015). Böylelikle halkın bilinçlendirilmesi mümkün gözükmektedir. Sözü edilen eğitim olanağının sağlanabilmesi sayesinde halk yaşadığı bölgeyi her ayrıntısıyla ve tüm şeffaflığıyla öğrenebilecektir.

Türkiye’de dirençlilik alanında olmasa dahi geçmiş yıllarda önemli bir karar uygulanmaya başlanmıştır. Yeni kimlik kartları oluşturularak eski kimliklerle değiştirilmesi için tüm vatandaşlara belirli bir süre verilmiş, bu süre içerisinde kimliklerini yenilemeyenler için kamusal hizmetlerin kısıtlanması kararı alınmıştır. Bu doğrultuda vatandaşlar kimliklerini değiştirmeye meyilli hâle getirilmişlerdir. Dolayısıyla kentsel dirençlilik eğitimin de böyle bir zorunluluğun tezahürü olarak topluma uygulanabilmesi mümkündür. Türkiye’de afet öncesi, afet sırası ve afet sonrasında koordinasyon ve yetki AFAD’dadır. Dolayısıyla bu AFAD’ın uygulayacağı kararlılıkla gerçekleşebilir. Bu tür bir eğitimin gerçekleşebilmesi için öncelikle tüm kentlerde afet eğitim merkezleri açılarak kentlilerin eğitim düzeyi öğrenilmeli ve bu doğrultuda eğitimin verileceği süre hesaplanmalıdır. Bu doğrultuda her Pazar günü bu eğitimler gerçekleştirilmeye başlanılabilecektir. Tüm vatandaşları aynı gün de eğitime tabii tutmak kuşkusuz mümkün değildir. Gerekli planlamalar yapılarak, vatandaşların eğitime gireceği tarihler mahalle muhtarları ve e-Devlet ile öğrenilmesi mümkün hale getirilebilir. Eğitim günü, eğitime girecek vatandaşlar resmi izinle muaf sayılabilir. Bunu yönetim iş birliğiyle planlamak mümkündür. Eğitime giren vatandaşların kimlik kartlarına “afet eğitimi”

aldığına dair damga vurularak, süresi geçtiği halde damgasız kimlikle kamusal hizmetlerden faydalanmak isteyen vatandaşlar haklarından mahrum bırakılabilir. Bu şekilde afet eğitimi, daha etkili bir biçimde gerçekleştirilebilir.

Eğitimin kalitesi de kritik bir öneme sahiptir. Kentsel düzeyde afet olaylarının sıklığı, çeşitli analizler ve bilimsel verilerle belirlenebilir. (Altun, 2023). Halka yönelik eğitim, bölgesel nitelikte meydana gelen afet olaylarına bağlı olarak planlanırsa, yaşanan bu yıkımları hafifletmek ve geleceğe dirençli kentler bırakmak mümkün hale gelebilecektir.

SONUÇ

Kentsel dirençlilik; bir kentin konumu dahilinde geçmişten bugüne karşılaşmış olduğu ve gelecekte karşılaşma olasılığı bilimsel tahlillerle belirlenmiş olan tehlikeler, riskler ve afetlere karşı hazır bulunarak, öncesinde gerekli önlemlerin alınmasını, oluşum aşamasında anında müdahale etmeyi ve sonrasında oluşan tahribatın kapanabilmesinin boyutunu belirler.

Kentsel dirençlilik küresel düzeyde kentlerin sürekliliğini devam ettirebilmesi ve yaşanan afet olaylarını en az zararla atlatılabilmesi için oldukça zaruri bir meseledir. Bu kapsamda mahalli yönetimlere önemli görev ve sorumluluklar atfedilmektedir. Dolayısıyla başta belediye organları olmak üzere yerel yönetim kuruluşlarının kararlaştırdığı ve uygulamaya koyduğu politikalar kentsel dirençliliğin ne derece sağlam olduğunu belirleyen etkenlerdendir. Kentlerin risklere karşı dirençli olması ve sürdürülebilir bir gelecek inşa etmesi gereklidir. Bundan dolayı yerel yönetimler politikalarını oluştururken öncelik vereceği konular mevcuttur. Bunlar arasında sürekliliği sağlayan kentsel dirençlilik planları oluşturmak, acil durumlar için erken müdahale mekanizmaları örgütlemek, iyi yönetim, evrensel olarak beklenen doğal afetler ve iklim değişikliği gibi sorunları kabullenmek ve buna uygun politika geliştirebilmek, vatandaşlarını afet öncesi, afet sırası ve afet sonrasında koordine edebilmek için çalışmalarda bulunulması gerekmektedir. Bu kapsamda yerel yönetimler, riskleri belirleyip değerlendirmekle işe başlamalıdır. Yerel yönetimlerin, afet riskleri, altyapı zafiyetleri ve sosyo-ekonomik kırılganlıklar gibi kentsel sistemleri tehdit eden tüm riskleri kapsamlı bir şekilde tanımlamaları ve değerlendirmeleri gerekmektedir. Ardından, kapsamlı bir kentsel dirençlilik planı ve stratejisi geliştirmeli ve bu planı uygulamak için gerekli kaynakları sağlamalıdır. Ayrıca, farklı paydaşlar arasında koordinasyonu sağlamak da yerel yönetimlerin sorumlulukları arasındadır. Gerekli kaynakların temini, çeşitli kamu kurumları, sivil toplum kuruluşları ve özel sektör ile koordinasyon sağlanması ve yerel halkın katılımının teşvik edilmesi gerekmektedir. Zira halkla aktif iletişim kurarak farkındalık yaratmak ve uluslararası ağlar ve platformlarla iş birliği yapmak bu sürecin önemli bir unsurudur. Ayrıca halkın afet risklerine karşı bilinçli olabilmesi için gerekli eğitimleri sağlaması mecburidir. Bununla beraber güncel çevre dostu teknolojilerden faydalanabilmek ve daha fazla yeşil alan sağlayarak ekolojik dengeyi korumak önemli görevleri arasındadır. Zira alt yapı gibi düzenlemeleri sağlarken kentsel dönüşüm uygulamaları sırasında halkın ihtiyaçlarını ve sosyal dengelerini bozucu davranışlardan kaçınılması gerekmektedir.

Dirençli kent boyutundan incelendiğinde Türkiye'de artan riskler arasında deprem, sel, kuraklık ve aşırı hava olayları bulunmaktadır. Bu risklerle başa çıkmak için mahalli yönetimlerin ulusal mevzuata uygun hareket etmeleri, veri toplama ve analiz kapasitelerini

geliştirmeleri, kentsel dönüşüm projelerine öncelik vermeleri, su kaynaklarını sürdürülebilir bir şekilde yönetmeleri ve yeşil alanları korumaları gerekmektedir. Dünya genelinde ise yerel yönetimlerin rolleri ve sorumlulukları, ülkelerin özgün riskleri ve koşullarına göre farklılık göstermektedir. Örneğin, Amerika Birleşik Devletleri'nde altyapı yatırımları öncelikli bir konu iken, Hollanda'da arazi kullanımı planlaması ve su yönetimi kritik öneme sahiptir. Japonya ise erken uyarı sistemleri ve afet hazırlık eğitimi konusunda öncü bir rol üstlenmektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, yerel yönetimlerin kentsel dirençlilik konusundaki rolleri ve sorumlulukları karmaşık ve çok boyutludur. Etkili bir şekilde hareket edebilmeleri için yetki, kaynak, kapasite, iş birliği ve uzun vadeli bir bakış açısına sahip olmaları gerekmektedir. Kentsel dirençlilik, tüm paydaşların katılımını ve iş birliğini zorunlu kılan bir meseledir. Yerel yönetimler, merkezi hükümet, sivil toplum kuruluşları, özel sektör ve halkla iş birliği yaparak daha dirençli ve sürdürülebilir şehirler inşa edebilirler.

Beyan ve Açıklamalar (Disclosure Statements)

Yazar Katkıları / Author Contributions: Yazar bu çalışmaya tek başına katkı sağladığını beyan etmiştir. The author declared that she has contributed to this article alone.

Çıkar Beyanı / Conflict of Interest: Yazar ya da herhangi bir kurum/kuruluş arasında çıkar çatışması yoktur. There is no conflict of interest among the author and/or any institution.

Etik Beyanı / Ethics Statement: Bu çalışmanın tüm hazırlanma süreçlerinde etik kurallara uyulduğunu yazar beyan eder. Aksi bir durumun tespiti halinde Pamukkale Avrasya Sosyoekonomik Çalışmalar Dergisi hiçbir sorumluluğu olmayıp, tüm sorumluluk çalışmanın yazarına aittir. The author declared that the ethical rules are followed in all preparation processes of this study. In the event of a contrary situation, Pamukkale Journal of Eurasian Socioeconomic Studies has no responsibility, and all responsibility belongs to the author of the study.

KAYNAKÇA

- Ak, T. (2024). Kentlerde Suç ve Akıllı Kentler Yaklaşımı Ekseninde Türkiye'de Kentleşme ve Kent Güvenliği. *Kent Akademisi*, 17(3), 1005-1029.
<https://doi.org/10.35674/kent.1433975>
- Akkaya, A. (2023). *Sürdürülebilir Kentleşme Modellerinin Üretilmesinde Dirençli Kent İnşaatı*. (Yüksek Lisans Tezi). Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Aksöz, F., Çelik, A. (2023). Küresel İklim Değişikliğine Karşı Dirençli Kent Yönetişimi. *Uluslararası Sosyal Siyasal ve Mali Araştırmalar Dergisi*, 3(2), 75-85.
- Altıparmak, C., (2021). Dirençli Kentleri Nasıl Kuracağız?, *Açık Görüş*.
<https://www.star.com.tr/acik-gorus/direncli-kentleri-nasil-kuracagiz-haber-1644724/>
(Erişim Tarihi: 9 5.2023)
- Altun, A. Ö., (2023). Dirençli Toplum Yaklaşımında "Bilinç" Olgusu ve Kent Planlama ile İlişkisi. *Resilience*, 93-110.
- Arıkboğa, E., (2013). Geçmişten Geleceğe Büyükşehir Belediye Modeli. *Yerel Politikalar Dergisi*, 48-95.
- Arıkboğa, E. (2018). Yerinden Yönetim ve Merkezileşmiş Büyükşehir Sisteminde Yetkilerin Dağıtılması. *Marmara Üniversitesi Siyasal Bilimler Dergisi*, 6(1), 1-34.

- Arslan, M. (2024). Belediye Birliklerinin Akıllı Şehircilik Faaliyetleri: Türkiye, Almanya ve Hollanda Örneklerinin İncelenmesi. *Tesam Akademi Dergisi*, 11(1), 169-211. <http://dx.doi.org/10.30626/tesamakademi.1198910>
- Aydoğan, T. G., Dilek, E. F. (2024). Çocuk Dostu Kentsel Planlama ve Tasarım Ölçütleri. *GSI Journals Serie A: Advancements in Tourism Recreation and Sports Sciences*, 7(1), 188-211. <https://doi.org/10.53353/atrss.1367400>
- Bozali, N., Sivrikaya, F., Çakır, G. (2024). Orman Ekosisteminin Su Üretim Değerinin Galyan Su Üretim Havzasında Değerlendirilmesi (Atasu Barajı). *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 26(1), 64-71. <https://doi.org/10.24011/barofd.1382944>
- Brenner, N., Keil, R. (2013). Küresel Kentlerden Kentselliğin Küreselleşmesine. *Birikim*, (M. Üçoğlu, Çev.), <https://birikimdergisi.com/guncel/590/kuresel-kentlerden-kentselligin-kuresellesmesine> (Erişim Tarihi: 30.11.2023).
- Bülal, S., (2023). Şehirlerimizi Nasıl Yeniden Yapılandıracağız?. *ekolojQ*.
- Bülül, M. Ş., (2020). Bilim Lideri ve Bilim Eğitimi olarak Richard Feynman. *Uluslararası Liderlik Çalışmaları Dergisi: Kuram ve Uygulama, Understanding of Pioneers in Education with Leadership Approaches*, Özel Sayı 2, 65-74.
- Coaffee, J. (2013). Rescaling and Responsibilising The Politics of Urban Resilience: From National Security to Local Place Making. *Politics*, 33.
- Çelebi Zengin, E., Alkan, A. D. (2024). Türkiye’de Yerel Yönetimlerin Dijitalleşmesine İlişkin Güncel Bir Değerlendirme. *İdealkent*, 16(43), 326-359. <https://doi.org/10.31198/idealkent.1404984>
- Çiğdem, A., Akyol, D. (2016). Ekolojik Sürdürülebilir Kentsel Yönetim Bağlamında Türkiye’de Yerel Yönetimlerin Yasal Olanakları ve 2014 Sonrasındaki Değişimi. *TURAN-SAM Uluslararası Bilimsel Hakemli Dergisi*, 8(32), 244-250.
- Çilingir, G. A., Güler, İ. Ö. (2020). Afet Politikalarında Risk Unsuru ve Afet Mevzuatında Risk Yönetimi. *Uluslararası Yönetim Akademisi Dergisi*, 3(1), 152-165.
- Çiner, C. U. (2017). Yeniden Kamu Yönetimi Temel Kanunu: Yerel Yönetimler Alanındaki Bilanço. *Memleket Siyaset Yönetim*, 12(28), 27-52.
- Demirci, M. (2015). Kentsel İklim Değişikliği Yönetimi. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 46, 75-100.
- Demographia. (2022). Demographia World Urban Areas (Built-Up Urban Areas or Urban Agglomerations). <https://www.newgeography.com/content/007523-demographia-world-urban-areas-2022-released>
- Ek, İ. (2024). Estetik Etki Olarak Zıtlıkların Simbiyozu ve Japon Mekân Atmosferi Tasarımındaki Rolü. *Tasarım Kuram*, 20(41), 1-13.
- Eren, Ş. G. (2019). Tokyo: Solaris-Güneş İmparatorluğu’nun Dirençli, Kırılgan ve Tehlikeli Kenti. *İdealkent*, 10(28), 907-941. doi:10.31198/idealkent.635099
- Erkek, S. (2017). ‘Akıllı Şehircilik’ Anlayışı ve Belediyelerin İnovatif Uygulamaları. *Medeniyet ve Toplum Dergisi*, 1(1), 55-72.

- Eroğlu, E., Taş, S., Dev, M. A., (2023). Dirençli Kent Tasarımında Katılımcılık: Türkiye'de Belediyeler ve STK'lar Arasındaki Paydaşlık İlişkisinin İncelenmesi. *International Journal of Social Inquiry*, 16(1), 297-313.
- Ersavaş Kavanoz, S. (2020). "Kentsel Direnç" Kavramı Üzerine. *Kent ve Çevre Araştırmaları Dergisi*, 2(1), 5-24.
- Ersoy, M., Şengül, T. (1997). Kalkınma Kurumlarında Kentler. *İktisat Dergisi*, 3, 70-78.
- Esenboğa, A. E. (2022). *The Roles of National Municipal Associations on Resource Acquisition of c: A Case Study of Turkey*. (Yayımlanmamış Doktora Tezi). The Graduate School of Sciences of Middle East Technical University (ODTÜ). Ankara.
- Figueiredo, L., Honiden, T., Schumann, A. (2018). OECD regional development working papers. *Indicators for resilient cities*, 2.
- Genç, F. N. (2007), Türkiye'de Kentleşme ve Doğal Afet Riskleri ile İlişkisi. *TMMOB Afet Sempozyumu*, 349- 358, Ankara.
- Gerçek, D. (2021). 21. Yüzyıl ve Dirençli Kentler. *Mimarlık*, (417).
- Gergin, E. D. (2024). İklim Değişikliğine Dirençli Kentler: Dünya'da ve Türkiye'de İyi Yerel Yönetim Uygulama Örnekleri. *Erzurum Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 18, 94-111.
- Godschalk, D. R. (2003). Urban Hazard Mitigation: Creating Resilient Cities. *Natural Hazard Review*, 4(3): 136-143.
- Güler, B. A., (2000). Yerel Yönetimleri Güçlendirmek mi? Ademi Merkeziyetçilik mi?. *Çağdaş Yerel Yönetimler*, 9(2), 14-29.
- Güler, B. A. (2001). Yerel Yönetimlerde Reform Sorunu. *Çağdaş Yerel Yönetimler*, 10(3), 7-12.
- Güler, B. A., (2003). Yönetişim: Tüm İktidar Sermaye. *Praksis*, 9.
- Gündem. (2023, 2 22). Başkan Soyer: "İzmir'i dirençli kent haline getirmek için çalışıyoruz" Başkan Soyer: "İzmir'i dirençli kent haline getirmek için çalışıyoruz". 5 8, 2023 tarihinde olusumhaber.com adresinden alındı.
- Holling, C. S. (1973). Resilience and Stability of Ecological Systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4, 1-23.
- İrdem, İ., Mert, E., (2023). Deprem, Dirençli Kent ve Acil Afet Yönetimi: Türkiye Örneği. *Kamu Yönetimi ve Politikaları Dergisi*, 4(2), 241-276.
- Jabareen, Y. (2013). Planning The Resilient City: Concepts and Strategies For Coping with Climate Change and Environmental Risk. *Cities*, 31, 220-229.
- Kahraman, S., Polat, E., Korkmazıyürek, B. (2022). Salgın ve Afete Yönelik Dirençlilik Eylem Planlaması Dirençli Mahalleler. *Kent Akademisi Dergisi*, 15(4): 1938-1958. <https://doi.org/10.35674/kent.1110519>
- Keleş, R. (1984). Japonya'da Yerel Yönetimler. *Amme İdaresi Dergisi*, 17(3), 101-122.

- Kılıç, S. (2008). Küresel iklim değişikliği sürecinde su yönetimi. *İstanbul Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi*, (39), 161-186.
- Korlu, R. K. (2023). Türkiye’de Dirençli Kent Yaklaşımı ve Çevresel Sürdürülebilirliğin Kalkınma Planları Çerçevesinde Değerlendirilmesi. G. Güngör Göksu ve E. Eroğlu (Dü) içinde, *Kamu Maliye Politikaları Perspektifinden Çevresel Sürdürülebilir Kalkınma*, 203-231. Ankara: Sayıştay Başkanlığı.
- Kundak, S. (2017). Dirençliliğin Temelleri. *Resilience*, 1(1), 55-69.
- Lfarakh, R. (2021). *Dirençli Bir Şehre Doğru*. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Kültür Üniversitesi.
- Meerow, S., Newell, J. P. (2019) Urban Resilience For Whom, What, When, Where, and Why?. *Urban Geography*, 40(3), 309-329, <https://doi.org/10.1080/02723638.2016.1206395>
- Negiz, N., Yavuzçehre, S. P. (2021). Kent, Kriz ve Yeni Normal. M. Güneş ve G. Hüseyin (Dü) içinde, *Türkiye’de Devlet ve Kriz*, 296-322. Ankara: Sentez Yayıncılık.
- Oluşum. (2023, 3 10). Bakan Kurum: Risk Kalkanı Planı kapsamında 13 kurul oluşturuldu. 5 8, 2023 tarihinde <https://www.trthaber.com/haber/gundem/bakan-kurum-risk-kalkani-plani-kapsaminda-13-kurul-olusturuldu-752120.html> adresinden alındı.
- Ortaçesme, V., Atik, M., Muhammetoglu, H. (2023). Akıllı Kentlerde Akıllı Çevre Uygulamaları: Kashiwanoha (Japonya) ve Antalya. *PEYZAJ*, 5(1), 1-17. <https://doi.org/10.53784/peyzaj.1284594>
- Özdemir Metlioğlu, S. (2021). Kapital Birikim Süreçleri ve Kent Kuramları. *Motif Akademi Halkbilimi Dergisi*, 14(33), 184-202. <https://doi.org/10.12981/mahder.869440>
- Özel, M. (2023). Sosyal Sermaye ve Güven Perspektifinden Bir Klientalizm Okuması. *Mülkiye Dergisi*, 47(2), 511-548.
- Parlak, C., Partigöç, N. S., (2022). İklim Değişikliği ile Mücadelede Yerel Yönetimlerin Rolü: Yetki ve Sorumluluklar Üzerinden bir İnceleme. *Resilience*, 321-334.
- Pollitt, C. (2015). Wickedness Will Not Wait: Climate Change and Public Management Research. *Public Money&Management*, 35(3), 181-186.
- Sabah. (2020). İstanbul’da Sel Felaketi. 5 8, 2023 tarihinde <https://www.sabah.com.tr/galeri/yasam/son-dakika-istanbulda-sel-felaketi> adresinden alındı.
- Savaşkan, O., Çam, Ç. A., (2019). Kentsel Siyaset Literatürünün Türkiye Yazımındaki Serüveni: Politik Ekonomi ve Kurumsalçı Yaklaşımların Eleştirel Bir Değerlendirmesi. *Memleket Siyaset Yönetim*, 147-182.
- Spaans, M., Warterhout, B. (2017). Building up Reilience in Cities Worldwide-Rotterdam as Participant in the 100 Resilient Programme. *Cities*, 61, 109-116.
- Şahin, S. Z., (2018). Neoliberal Yeniden Ölçeklenme Etkisi Altında Türkiye’de Kentleşme Politikasının Dönüşümü. *Alternatif Politika*, 10, 1-30.

- Şengül, H. T., (2003). Yerel Devlet Sorunu ve Yerel Devletin Dönüşümünde Yeni Eğilimler. *Praksis*, 183-220.
- Tekeli, İ. (2009). *Cumhuriyetin Belediyecilik Öyküsü 1923-1990*. Tarih Vakfı Yurt Yayınları.
- The NYC Mayor's Office of Sustainability. (2017). 1.5°C Aligning New York City with the Paris Climate Agreement. <https://www.nyc.gov/assets/sustainability/downloads/pdf/publications/1point5-AligningNYCwithParisAgrmtFORWEB.pdf> (Erişim Tarihi: 13 6. 2024).
- Theodore, N., Peck, J., Brenner, N. (2012). Neoliberal Kentçilik: Kentler ve Piyasaların Egemenliği. (Ş. Geniş, Çev.) *İdealkent*, 7, 21-37.
- Torisu, S. Ş., Çağlayan, P. Ö., & Towhata, I. (2024). Deprem Afeti Etkisinde İki Ülke; Türkiye ve Japonya Örneği. *İTÜ Vakfı Dergisi*, (91), 44-48.
- Tuğaç, Ç., (2019). Kentsel Dirençlilik Perspektifinden Yerel Yönetimlerin Görevleri ve Sorumlulukları. *İdealkent*, 984-1019.
- Tuğaç, Ç. (2021). Kentsel Sürdürülebilirlik, Dirençlilik ve İklim Değişikliğiyle Mücadele Bağlamında Yerel Yönetimler Üzerine Bir Değerlendirme. *Çağdaş Yerel Yönetimler*, 30(2), 21-69.
- Türk, S. (2015). 20. Yüzyıl Kent Kuramları. *Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 2(3), 41-59.
- Türkeş, M. (2022). IPCC'nin Yeni Yayımlanan İklim Değişikliğinin Etkileri, Uyum ve Etkilenebilirlik Raporu Bize Neler Söylüyor?. *Resilience*, 6(1), 197-207.
- UN Habitat. (2015a). Local governments' pocket guide to resilience. <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/1726Habitat%20Global%20Activities%202015.pdf> (Erişim Tarihi: 13 6. 2024).
- Un Habitat. (2015b). Asia and the Pacific. 43-53. <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/1726Habitat%20Global%20Activities%202015.pdf>
- UN. (2019). World Population Prospects 2019: Highlights. https://population.un.org/wpp/Publications/Files/wpp2019_10KeyFindings.pdf (Erişim Tarihi: 13 6. 2024)
- Van Herk, S., Rijke, J., Zevenbergen, C., Ashley, R., (2012). Transition Ingovernance of River Basin Management in the Netherlands Through Sociallearning. *International Sustainability Transitions Conference*, Copenhagen: Denmark. https://www.researchgate.net/publication/259175892_Transition_in_governance_of_River_Basin_Management_in_the_Netherlands_through_social_learning
- Wirth, L. (2002). Bir Yaşam Biçimi Olarak Kentleşme. A. Alkan, B. Duru (Çev.) içinde, 20. *Yüzyıl Kenti* (s. 77-106). Ankara: İmge Kitabevi.
- Yavuzçehre, S. P., Aydın, T. (2013). Afet Yönetim Döngüsü ve Algısı: Türkiye'de Afet Yasaları Üzerine Bir Değerlendirme. Y. Bulut , V. Eren , S. Karakaya, A. Aydın (Dü) içinde, *Kuramdan Uygulamaya Yerel Yönetimler ve Kentsel Politikalar*, 480-491. Ankara: Pegem Akademi Yayınları.

Zengin, O. (2014). BüyükŖehir Belediyesi Sisteminin DönüŖümü: Son On Yılın Değerlendirmesi. *Ankara Barosu Dergisi*, (2), 91-116.

Fuzzy PIPRECIA and CRADIS Integrated Method In Electric Vehicle Selection

Elektrikli Araç Seçiminde Bulanık PIPRECIA ve CRADIS Bütünleşik Yöntemi

Ayşe Kübra Kanmaz

Pamukkale University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Business Administration Department, akilic121@pau.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-6194-115X

İrfan Ertuğrul

Pamukkale University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Business Administration Department, iertugrul@pau.edu.tr, ORCID: 0000-0002-5283-191X

Article Info: Research
Date Submitted: 05.03.2024
Date Accepted: 27.06.2024

Makale Bilgisi: Araştırma
Geliş Tarihi: 05.03.2024
Kabul Tarihi: 27.06.2024

Abstract

Fossil fuel-powered vehicles are known to cause environmental pollution due to their greenhouse gas emissions. As a result, there has been a growing focus on measures and developments aimed at reducing these emissions in recent years. The objective of this study is to compare the top 10 best-selling electric vehicles in Turkey in 2023 based on specific criteria and to rank them accordingly. The study compared 10 different electric vehicles based on their price, horsepower, range, 80% charging time with DC fast charging unit, battery capacity, and fuel consumption. The study employs the fuzzy PIPRECIA method to determine the importance levels of criteria and analyzes 10 different electric vehicle models using the CRADIS method. The findings reveal that fuel consumption and price are highly important criteria, and the Togg T10X V2 model vehicle ranks first when evaluated based on these criteria.

Keywords: Electric Car, Fuzzy PIPRECIA Method, and CRADIS Method, Sustainability, Artificial intelligence
JEL Codes: C02, C44, C61, L62, P18, S01

Özet

Fosil yakıt ile çalışan araçlar sera gazı salınımı yapması nedeniyle çevre kirliliğine sebep olmaktadır. Bu nedenle son yıllarda sera gazı salınımı azaltacak tedbirler ve gelişmeler her geçen gün artmaktadır. Bu çalışmanın amacı, Türkiye'de 2023 yılında en çok satan 10 farklı elektrikli aracı belirli kriterler düzeyinde değerlendirerek karşılaştırmak ve elde ettikleri skorlara göre nihai bir sıralama elde etmektir. Çalışmada 10 farklı elektrikli aracı karşılaştırmak için kullanılan kriterler; aracın fiyatı, aracın beygir gücü, aracın tam dolu batarya ile gidebileceği menzil, aracın DC hızlı şarj ünitesi ile %80 şarj olma süresi, aracın batarya kapasitesi ve aracın yakıt tüketimidir. Çalışma kapsamında kriterlerin önem düzeyleri bulanık PIPRECIA yöntemi kullanılarak elde edilmekte ve CRADIS yönteminden yararlanılarak 10 farklı elektrikli araç modeli analiz edilmektedir. Çalışmadaki bulgulara göre aracın yakıt tüketimi ve aracın fiyatı önem düzeyi yüksek kriterler olarak belirlenmekte olup bu kriterler göre alternatif elektrikli araçlar değerlendirildiğinde birinci sırada Togg T10X V2 modeli araç yer almaktadır.

Anahtar Kelimeler: Elektrikli Otomobil, Bulanık PIPRECIA Yöntemi, CRADIS Yöntemi, Sürdürülebilirlik, Yapay Zeka

JEL Kodları: C02, C44, C61, L62, P18, S0

INTRODUCTION

In the contemporary era, the utilization of non-renewable energy sources has been identified as a catalyst for a multitude of environmental detriments. The foundation of these non-renewable sources on fossil fuels, coupled with their integration into the natural environment, precipitates a rapid augmentation in the atmospheric concentration of greenhouse gases. This escalation in greenhouse gases primarily engenders global climate change, which, in turn, inflicts comprehensive damage on nature, ranging from global warming to a reduction in biodiversity. In this context, nations, under the auspices of the United Nations Framework Convention on Climate Change Conference, with the ratification of the Paris Agreement by 195 member countries in December 2015, have committed to implementing measures aimed at reducing carbon dioxide emissions (Karakaya, 2016: 4).

By 2030, the European Union and the European Commission, aiming to reduce greenhouse gas emissions, have pledged a 60% reduction in emissions from road transportation. Additionally, the carbon footprint, denoted as the carbon dioxide equivalent of gases emitted from activities conducted by individuals, countries, and organizations, has been spotlighted to accentuate environmental awareness (Coşkun, 2022: 174). Numerous nations are developing incentive programs to increase the share of renewable energy sources in production. However, the nature-dependent characteristic of renewable energy sources presents challenges in meeting instantaneous demands, rendering energy planning on renewable sources exceedingly difficult. This is considered a significant barrier to the advancement of renewable energy sources (Yılmaz et. al., 2023: 3).

For a sustainable world, the energy sources utilized across various domains are progressively evolving. Renewable energy sources, by offering clean, recyclable, and inexhaustible energy, contribute to reducing greenhouse gas emissions and preserving ecological balance (Kahraman et. al, 2016:118). The one-time use and depletion of fossil fuels, their scarcity, and the environmental harm they cause have altered consumer behaviour in the automotive industry. In recent years, consumers opting to purchase vehicles have increasingly gravitated towards electric vehicles. Notably, in Turkey, the rate of electric vehicle purchases in 2023 saw a 251% increase compared to 2022. Globally, electric vehicle sales account for 18%, with projections estimating this figure to reach 60% by 2030. Electric vehicles, through their internal combustion engines, minimize gas emissions. According to the U.S. Department of Energy's Energy Efficiency report and the Renewable Energy Office's data, electric motors can convert between 59% and 62% of the energy they use into motion, a stark contrast to the 17% to 21% efficiency range of fuel-powered engines, underscoring the environmental conscientiousness of electric vehicles (www.trthaber.com).

Although the development of electric vehicles commenced in the mid-1800s, it was not until the early 20th century that they entered mass production and gained popularity. The growing interest in electric vehicles stems from the anticipation of fossil fuel depletion soon, despite current road transportation's reliance on fossil fuels (Kocabey, 2018: 17). Another factor influencing the shift towards electric vehicles is the rapid increase in their market share both globally and domestically, significantly impacting the market share of fossil fuel-powered vehicles. Consequently, consumers are increasingly inclined to purchase electric vehicles over

those powered by fossil fuels (Dweri and Kablan, 2006: 714).

In the decision-making process, a decision-maker seeks to select the most advantageous option from among various alternatives based on specific criteria. This evaluation process involves the use of quantitative and qualitative methods to identify the optimal decision. However, many decision-makers prefer to base their decisions on numerical methods. Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods enable decision-makers to make the most beneficial decision by utilizing mathematical modelling to assess various alternatives against specific criteria. Classical MCDM methods are employed when the data influencing the decision are precise, whereas Fuzzy MCDM methods are utilized in the presence of imprecise, incomplete, or uncertain data (Yavaş et al. 2014: 110).

One common scenario encountered by decision-makers is the purchase of automobiles. This study compares the top 10 electric vehicle models sold in Turkey in 2023, evaluated against criteria deemed influential in vehicle selection by experts. The study is organized into five sections, beginning with an introduction to the subject and the objective of the study. The second section contains a literature review, followed by a methodology explanation of the fuzzy PIPRECIA and CRADIS methods in the third section. The fourth section presents the evaluation of criteria influencing electric vehicle selection by experts, weighted using the Fuzzy PIPRECIA method, and ranked using the CRADIS method. The final section summarizes the findings in the conclusion.

1. LITERATURE REVIEW

In both national and international literature, a substantial number of studies exist concerning the selection of automobiles. It is observed that many of these studies focus on the selection of vehicles powered by fossil fuels. Among the conducted studies are the following. Yavaş et al. (2014) evaluated the characteristics considered during the purchase of automobiles through surveys applied to 40 customers of 8 different car companies, analysing the surveys with AHP and ANP methods. Chand and Avikal (2015) assessed the selection of the most suitable car using 6 criteria and 6 different car models through the AHP method. Patil et al. (2017) evaluated the selection of the most appropriate car based on road reliability, exterior-interior appearance, additional features of the car, and after-sales criteria using the fuzzy AHP method and Grey Relational Analysis. Sri Yogi (2018) assessed car models used in the Indian market using AHP and TOPSIS methods. Keleş (2019) weighted criteria using the ENTROPY method and ranked alternatives using the ELECTRE III method to compare B segment car options of 7 different brands.

Numerous national and international studies within the literature have addressed vehicle selection. Many of these studies focus on the selection of vehicles powered by fossil fuels. Among the research conducted are the following. Yavaş et al. (2014) evaluated the characteristics considered when purchasing automobiles through a survey of 40 customers from 8 different car companies, analysing the surveys with AHP and ANP methods. Chand and Avikal (2015) assessed the selection of the most suitable car using 6 criteria and 6 different car models through the AHP method. Patil et al. (2017) evaluated the selection of the most suitable car based on road safety, exterior-interior appearance, additional features of the car, and post-sale criteria using the fuzzy AHP method and Grey Relational Analysis. Sri Yogi (2018) assessed car models used in the Indian market with AHP and TOPSIS methods. Keleş (2019) weighted criteria with the ENTROPY

method and ranked alternatives with the ELECTRE III method to compare B segment car options of 7 different brands. Singh and Avikal (2019) utilized fuzzy TOPSIS and AHP methods for the comparison of sedan model cars in India. Babacan (2020) evaluated the problems faced by individuals in meeting their car needs for the middle-income group using the VIKOR method. Güteryüz and Çokyaşar (2021) ranked 7 different C segment cars of brands determined by consumers according to 9 criteria using the TOPSIS method. Özgüner et al. (2022) selected cars for a logistics company engaged in road transportation using ENTROPY, ARAS, and TOPSIS methods among MCDM methods. Oflaz and Bircan (2022) made selections based on 9 criteria using AHP, TOPSIS, VIKOR, and EDAS methods for the evaluation of 7 different C SUV vehicles by consumers.

Few studies focusing on the selection of electric vehicles were found among the reviewed works. This section will address studies evaluating electric vehicles. Studies on electric vehicle selection include Onat et al. (2016), who addressed the technologies of hybrid and electric vehicles within a sustainability evaluation framework using the Fuzzy TOPSIS method, employing 16 criteria and the opinions of 3 experts. Coffman et al. (2017) identified variables determining the decision to purchase electric vehicles frequently used in the literature, such as charging time, charging network, fuel prices, vehicle ownership costs, driving range, public visibility, social norms, and consumer characteristics. Lin and Wu (2018) evaluated the decision to purchase electric vehicles from various perspectives, including gender, age, education level, and marital status. Hamurcu and Eren (2018) used ANP and TOPSIS methods for the selection of high-capacity electric buses among 5 alternatives, with criteria including capacity, speed, range, manoeuvrability, design, and performance. Biswas and Das (2019) used an integrated Fuzzy AHP-MABAC method for evaluating electric vehicles, utilizing criteria such as price, maximum speed, range, acceleration time, and fuel consumption. Gavcar and Kara (2020) evaluated 11 different electric vehicle models using battery power, range (maximum distance), friction coefficient, and price criteria with ENTROPY and TOPSIS methods. Khan et al. (2020) evaluated the selection of commercial taxis in Pakistan, including an electric vehicle option, using 10 criteria with the Fuzzy TOPSIS method. Öztayşi et al. (2021) evaluated 5 electric vehicle alternatives using the Fuzzy KEMIRA method with criteria including the vehicle's sale price, range on a full charge, maximum speed, comfort, and maintenance costs. Sonar and Kulkarni (2021) evaluated 6 electric vehicle alternatives with 6 different criteria using an Integrated AHP-MABAC method, identifying the maximum range the vehicle can travel as the most important criterion, with Hyundai Kona Electric ranked first among electric vehicle alternatives. Çoşkun (2022) made electric vehicle selections using SD and MULTIMOORA methods, defining criteria as price, horsepower, torque, maximum speed, 0-100 km/h acceleration, range, and DC charging time, comparing 5 different electric vehicles. Abdulvahitoğlu et al. (2022) obtained the most suitable among 7 different electric vehicle models using price, range, battery capacity, charging time (80%), efficiency, and power criteria through a standard deviation-based MULTIMOORA integrated Borda method. Çoşkun (2022) evaluated 8 different criteria for electric vehicles using CRITIC and ENTROPY methods as objective criterion weighting methods and WINGS and AHP methods as subjective criterion weighting methods. These criteria include range with a full battery, the vehicle's price, horsepower, torque, maximum speed, 0-100 km acceleration time, charging time, and battery.

2. METHODOLOGY

This section focuses on the methods utilized within the scope of the study. For the weighting of criteria, the study employed the Fuzzy PIPRECIA method. The fuzzy weights obtained were used on the top 10 best-selling electric vehicles of 2023 utilizing the CRADIS method, resulting in the final ranking.

2.1. Fuzzy Logic and Fuzzy Set

Fuzzy logic is a mathematical discipline used to describe uncertainties in our daily life, representing imprecision, ambiguity, and haziness, which corresponds to the English word "Fuzzy." The theorem of fuzzy logic, founded on fuzzy sets and the associated fuzzy numbers, was introduced to the literature by Lotfi A. Zadeh in 1965 [29]. Many expressions we use in daily life have a fuzzy structure and can be modelled with fuzzy logic. Lotfi A. Zadeh's article "Fuzzy Sets" posits that the Aristotelian logic system is insufficient, removed from human judgments, and argues that human thought possesses a fuzzy structure [30]. The fuzzy logic system has the capability to represent uncertain data with the aid of mathematical operators (Dağdeviren et. al. 2008: 776).

The foundation of fuzzy logic lies in fuzzy sets, which are used to create intermediate values of definite judgments. The membership degrees of a fuzzy set are based on continuous variables. In classical sets, the membership of an element in the defined space to the set is strictly defined as either belonging or not belonging. In fuzzy sets, however, this degree of membership possesses an ambiguous structure and is defined by a membership function (Sridharan, 2020: 315).

Unlike the classical logic system, fuzzy logic does not alternate strictly between belonging to the set (1) and not belonging (0). In the fuzzy logic approach, the degree of membership varies between 0 and 1, which allows for a more accurate description of ambiguity (Zadeh, 1997: 113). This variability facilitates the definition of verbal variables (Chen, 2000: 4). The gradual structure of fuzzy logic enables its application not only in engineering and other numerical fields but also in social domains (Dernancourt, 2013: 52).

2.2 The Fuzzy Pivot Pairwise Relative Criteria Importance Assessment (i.e. fuzzy PIPRECIA) method

The Fuzzy PIPRECIA method was first utilized by Stanujkic et al. in 2017 to address the deficiencies in the SWARA method, aiming to determine the weights of criteria within a Multi-Criteria Decision Making (MCDM) approach. The advantage of the PIPRECIA method, whose English equivalent is "Pivot Pairwise Relative Criteria Importance Assessment Extended," lies in its ability to determine criterion weights without the need for establishing an importance ranking (Puška et. al. 2022:7).

Decision-making is the process through which a decision-maker selects the most suitable alternative based on their values and preferences. In evaluating real-life problems, decision-makers do not use precise values. Expressing the relative values used by decision-makers numerically is possible with fuzzy MCDM methods. Linguistic evaluations in fuzzy MCDM methods enable decision-makers to achieve more accurate results concerning the problem at hand (Yenilmezel and Ertuğrul, 2023:4).

The Fuzzy PIPRECIA method was further developed by Stević et al. in 2018 for solving real-life problems. As a contemporary approach in the literature, the Fuzzy PIPRECIA method has been utilized in integration with various other MCDM methods. The table below includes studies related to the Fuzzy PIPRECIA method.

Table 1: Literature Review of the Fuzzy PIPRECIA Method

Subject of the Study	Author, Year	Method
Evaluating the conditions for implementing barcode technology in a paper production company	Stević et al. (2018)	Fuzzy PIPRECIA
Identifying and ranking risk factors encountered in road transportation, which is crucial for the efficient and economical management of the supply chain	Memiş et al. (2020)	Fuzzy PIPRECIA
Determining the importance level of criteria to assess the quality of e-learning materials	Jauković-Jocić et al. (2020)	Fuzzy PIPRECIA
Examining the operations of passenger traffic operators in the Republic of Serbia	Vesković et al. (2020)	Fuzzy PIPRECIA
Investigating criteria for information systems in the Danube region countries	Tomašević et al. (2020)	Fuzzy PIPRECIA
Evaluating the safety of railway transportation in Bosnia and Herzegovina	Blagošević et al. (2021)	Fuzzy PIPRECIA and Fuzzy MARCOS
Making regional aircraft selection	Bakır et al. (2021)	Fuzzy PIPRECIA
Assessing the criteria affecting the adoption of blockchain technology in the banking sector	Arman and Kundakçı (2022)	Fuzzy PIPRECIA
Evaluating sustainable agricultural tourism facilities	Puška et al. (2022)	Fuzzy PIPRECIA and Fuzzy MARCOS
Selecting blue-collar personnel for a manufacturing company	Yenilmezel and Ertuğrul (2023)	Fuzzy COPRAS and Fuzzy PIPRECIA
Investigating total productive maintenance factors in manufacturing organizations	Vikas and Mishra (2023)	Fuzzy PIPRECIA
Selecting the best maintenance strategy for a manufacturing company	Kundakçı (2023)	Fuzzy PIPRECIA and Fuzzy MOORA

The integration of fuzzy sets into the PIPRECIA method, resulting in the Fuzzy PIPRECIA, involves the following stages (Stević et. al., 2018: 7):

1. Stage: Decision-makers and criteria are identified. The determined criteria are listed without considering their importance.
2. Stage: To determine the relative importance of criteria, decision-makers individually assess each criterion against the previous one in the randomly ordered list of criteria, as illustrated in Equality (1).

$$\bar{s}_j^r = \begin{cases} > \bar{1} & \text{if } C_j > C_{j-1} \\ = \bar{1} & \text{if } C_j = C_{j-1} \\ < \bar{1} & \text{if } C_j < C_{j-1} \end{cases} \quad (1)$$

The evaluation of criteria by decision-maker r is expressed as the variable \bar{s}_j^r . To obtain a \bar{s}_j^r matrix, either the geometric mean or the arithmetic mean is utilized, and the average of the \bar{s}_j^r matrix is calculated. If a criterion is considered less important compared to the previous criterion, Table

(2) is used; conversely, if a criterion is deemed more important than the previous one, Table (3) is employed. Decision-makers evaluate the criteria using the linguistic variables provided in Tables (2) and (3) (Stević et. al., 2018 :9).

Table 2: The Criteria Assessment Scale 1-2

	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	DFV
An almost equal value	1,000	1,000	1,050	1,008
Slightly more significant	1,100	1,150	1,200	1,150
Moderately more significant	1,200	1,300	1,350	1,292
More significant	1,300	1,450	1,500	1,433
Much more significant	1,400	1,600	1,650	1,575
Dominantly more significant	1,500	1,750	1,800	1,717
Absolutely more significant	1,600	1,900	1,950	1,858

Table 3: The Criteria Assessment Scale 0-1

	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	DVF
Slightly less significant	0,667	1,000	1,000	0,944
Moderately less significant	0,500	0,667	1,000	0,694
Less significant	0,400	0,500	0,667	0,511
Really less significant	0,333	0,400	0,500	0,406
Much less significant	0,286	0,333	0,400	0,337
Dominantly less significant	0,250	0,286	0,333	0,288
Absolutely less significant	0,222	0,250	0,286	0,251

3. Stage: The coefficient \bar{k}_j is obtained as illustrated in Equality (2).

$$\bar{k}_j = \begin{cases} \bar{1} & \text{if } j = 1 \\ 2 - \bar{s}_j & \text{if } j > 1 \end{cases} \tag{2}$$

4. Stage: The fuzzy weights \bar{q}_j are calculated as demonstrated in Equality (3).

$$\bar{q}_j = \begin{cases} \bar{1} & \text{if } j = 1 \\ \frac{\bar{q}_j - 1}{\bar{k}_j} & \text{if } j > 1 \end{cases} \tag{3}$$

5. Stage: The relative weight \bar{w}_j of the criterion is determined as shown in Equality (4).

$$\bar{w}_j = \frac{\bar{q}_j}{\sum_{j=1}^n \bar{q}_j} \tag{4}$$

The subsequent stages pertain to the reverse fuzzy PIPRECIA method.

6. Stage: The coefficient \check{k}_j is obtained with the help of Equality (5).

$$\check{k}_j = \begin{cases} \bar{1} & \text{if } j = 1 \\ 2 - \check{s}_j & \text{if } j > 1 \end{cases} \tag{5}$$

7. Stage: The fuzzy weight \check{q}_j is obtained with the help of Equality (6).

$$\check{q}_j = \begin{cases} \bar{1} & \text{if } j = 1 \\ \frac{\check{q}_j - 1}{\check{k}_j} & \text{if } j > 1 \end{cases} \tag{6}$$

8. Stage: The relative weight \check{w}_j of the criterion is determined as illustrated in Equality (7).

$$\check{w}_j = \frac{\check{q}_j}{\sum_{j=1}^n \check{q}_j} \tag{7}$$

9. Stage: The values obtained for determining the final weights of the criteria are clarified as shown in Equality (8).

$$\bar{w}_j'' = \frac{1}{2}(\bar{w}_j + \bar{w}_j') \tag{8}$$

10 Stage: The consistency of the results obtained from both methods is verified using Spearman and Pearson correlation coefficients.

2.3 CRADIS Method

The CRADIS method, proposed by Puška et al. in 2021, is a ranking-based method. Its foundation lies in utilizing the distances of alternatives from the ideal and anti-ideal solutions, as well as the degree of deviation of the alternatives from optimal solutions (Kundakçı, 2023: 407). Here, the ideal solutions use the maximum values of the alternatives, while the anti-ideal solutions use the minimum values.

The CRADIS method, while being a new method that combines elements of the ARAS, TOPSIS, and MARCOS methods, evaluates alternatives through all criteria (Puška et. al., 2022: 12). The TOPSIS method assesses and ranks alternatives based on their distances to positive and negative ideal solution values (Keleş, 2023: 730). In the CRADIS method, the alternative closest to the ideal solution and furthest from the anti-ideal solution is considered the best. While this aspect is similar to the TOPSIS method, CRADIS differentiates itself by incorporating deviation values into the process, thereby overcoming a disadvantage of the TOPSIS method. Moreover, the method encompasses the optimality function of the ARAS method and the utility function of the MARCOS method, presenting itself as a robust method. The CRADIS method has been used in literature in integration with MCDM methods, and it is also considered as the fuzzy CRADIS method. The table below includes a literature review of the CRADIS and fuzzy CRADIS methods.

Table 4: Literature Review of CRADIS and Fuzzy CRADIS Methods

Subject of the Study	Author, Year	Method
Making green supplier selection	Puşka et al. (2022)	Fuzzy LMAW and Fuzzy CRADIS
Selection of incinerators for healthcare waste	Puşka et al. (2022)	FUCOM Method and CRADIS Method
Evaluating the performance of information and communication technology in G8 countries	Demir (2022)	CRADIS Method
Performance evaluation of natural disaster insurances	Taşçı (2023)	MEREC Method and CRADIS Method
Evaluating the performance of the transportation sector in Turkey	Doğan et al. (2023)	MEREC Method, IDOCRIW Method, CRADIS Method
Evaluating social development performance in E7 countries	Türkoğlu (2023)	LOPCOW Method and CRADIS method
Selection of pears grown in Serbia	Puşka et al. (2023)	Fuzzy CRADIS and CRITIC Method
Performance evaluation of livable power center cities in Turkey and G7 countries	Keleş (2023)	LOPCOW Method and CRADIS Method

1 Stage: A decision matrix is created, and the values in the decision matrix are normalized according to benefit Equality (9) and cost Equality (10) characteristics.

For benefit criteria: $n_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j^{max}}$ (9)

For cost criteria:
$$n_{ij} = \frac{x_j^{min}}{x_{ij}} \tag{10}$$

2 Stage: The weighted normalized matrix is obtained by multiplying the normalized matrix values with the criterion weights as shown in Equality (11).

$$v_{ij} = n_{ij} \cdot w_j \tag{11}$$

3 Stage: The largest v_{ij} and the smallest v_{ij} values in the weighted decision matrix are found for the ideal and anti-ideal solutions as indicated in Equality (12).

$$t_i = \max v_{ij}, \quad t_{ai} = \min v_{ij} \tag{12}$$

4 Stage: Deviations from the ideal and anti-ideal solutions are calculated with the help of Equality (13) and Equality (14).

$$d^+ = t_i - v_{ij} \tag{13}$$

$$d^- = v_{ij} - t_{ai} \tag{14}$$

5 Stage: The degrees of deviation of individual alternatives from the ideal solution and the anti-ideal solution are calculated using Equality (15).

$$s_i^+ = \sum_{j=1}^n d^+, \quad s_i^- = \sum_{j=1}^n d^- \tag{15}$$

6. Stage: The utility function of each alternative is calculated based on their deviations from optimal alternatives. Here, the optimal alternative with the smallest distance to the ideal solution is denoted as s_0^+ and the optimal alternative with the largest distance to the anti-ideal solution is denoted as s_0^- .

$$K_i^+ = \frac{s_0^+}{s_i^+} \quad K_i^- = \frac{s_0^-}{s_i^-} \tag{16}$$

7. Stage: To obtain the final ranking, the average deviations from the utility degree of the alternatives are considered. Here, the best alternative is the one with the highest Q_i value.

$$Q_i = \frac{K_i^+ + K_i^-}{2} \tag{17}$$

3. FINDINGS

In the current study, the criteria used for selecting electric vehicles were determined through a literature review and expert opinions. The criteria identified within the scope of the study are as follows; K1: Price of the vehicle (TL), K2: Horsepower of the vehicle (kw), K3: Range of the vehicle with a fully charged battery (km), K4: Charging time to 80% with a DC fast charging unit (min), K5: Battery capacity of the vehicle (wh/km), K6: Fuel consumption of the vehicle (kw). In the first phase of the application, the Fuzzy PIPRECIA method was applied to the determined criteria to obtain the importance weights of the criteria. For this assessment according to the Fuzzy PIPRECIA method, opinions from 5 experts were gathered.

The alternatives defined within the framework of the study are considered as the top 10 best-selling electric vehicles in Turkey for the year 2023. These vehicles are; Togg T10X V2 (A1), Tesla Model Y (A2), Renault Megane E-Tech (A3), MG4 (A4), Skywell ET5 (A5), Opel Corsa-e (A6), Renault Zoe (A7), Opel Mokka-e (A8), Dacia Spring (A9), Mercedes-Benz EQB (A10). Research data were obtained from the official distributor pages of the vehicles, catalogs, and the ([27](https://ev-</p>
</div>
<div data-bbox=)

database.org/) page. Table (4) presents the alternatives and the observed values of the criteria for the alternatives as a decision matrix.

Table 5: Decision Matrix

Criteria	K1 (Price)	K2 (Horsepower)	K3 (Range)	K4 (Charging Time)	K5 (Battery Capacity)	K6 (Fuel Consumption)
Criterion Direction	min	max	max	min	max	min
Alternatives						
A1	1,550,000	218	523	28	88,5	16,9
A2	2,305,854	299	445	20	57,5	15,7
A3	1,599,000	220	450	42	60	16,1
A4	969,000	167	350	37	51	16,6
A5	1,780,000	204	642	36	86	15,6
A6	1,175,900	156	354	30	50	14,8
A7	1,348,607	100	386	50	52	17,7
A8	1,309,000	136	327	30	54	15,9
A9	875,000	65	310	56	26,8	13,9
A10	1,776,000	190	469	30	66,5	16,5

In the study, the evaluations made by 5 decision-makers regarding 6 criteria are as presented in Table (5) and Table (6). The evaluations by the decision-makers have been obtained using the scales for assessing criteria in the fuzzy PIPRECIA method, as described in Table (2) and Table (3)

Table 6: Evaluations of Criteria by Decision-makers

	Decision-maker 1			Decision-maker 2			Decision-maker 3		
K1	1,500	1,750	1,800	1,500	1,750	1,800	1,300	1,450	1,500
K2	0,222	0,25	0,286	1,000	1,000	1,05	0,500	0,667	1,000
K3	1,300	1,450	1,500	1,600	1,900	1,950	1,600	1,900	1,950
K4	1,000	1,000	1,050	1,200	1,300	1,350	0,500	0,667	1,000
K5	0,400	0,500	0,667	0,500	0,667	1,000	1,000	1,000	1,050
K6	1,600	1,900	1,950	1,200	1,300	1,350	1,500	1,750	1,800

Table 7: Evaluations of Criteria by Decision-makers (continued)

	Decision-maker 4			Decision-maker 5		
K1	1,400	1,600	1,650	1,30	1,450	1,500
K2	0,333	0,400	0,500	0,250	0,286	0,333
K3	1,600	1,900	1,950	1,000	1,000	1,050

K4	1,100	1,150	1,200	1,500	1,750	1,800
K5	1,200	1,300	1,350	1,300	1,450	1,500
K6	1,500	1,750	1,800	1,600	1,900	1,950

Table 8: Application results of the fuzzy PIPRECIA method

	S_j			K_j			Q_j			W_j			DF
K1				1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,050	0,083	0,163	0,091
K2	0,392	0,453	0,549	1,451	1,547	1,608	0,622	0,646	0,689	0,031	0,054	0,112	0,060
K3	1,397	1,583	1,635	0,365	0,417	0,603	1,032	1,551	1,888	0,052	0,129	0,307	0,146
K4	0,998	1,118	1,251	0,749	0,882	1,002	1,030	1,758	2,520	0,052	0,146	0,410	0,174
K5	0,792	0,911	1,072	0,928	1,089	1,208	0,852	1,615	2,716	0,043	0,134	0,442	0,170
K6	1,472	1,704	1,755	0,245	0,296	0,528	1,615	5,458	11,071	0,081	0,454	1,800	0,616

Table 9: Application results of the fuzzy PIPRECIA method (continued)

	S_j			K_j			Q_j			W_j			DF
K1	1,397	1,594	1,645	0,355	0,406	0,603	1,414	3,981	7,642	0,086	0,377	1,284	0,480
K2	0,392	0,453	0,549	1,451	1,547	1,608	0,622	0,646	0,689	0,038	0,061	0,116	0,066
K3	1,397	1,583	1,635	0,365	0,417	0,603	1,032	1,551	1,888	0,063	0,147	0,317	0,161
K4	0,998	1,118	1,251	0,749	0,882	1,002	1,030	1,758	2,520	0,063	0,167	0,424	0,192
K5	0,792	0,911	1,072	0,928	1,089	1,208	0,852	1,615	2,716	0,052	0,153	0,457	0,187
K6				1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,061	0,095	0,168	0,101

Table 10: Final weights of the criteria

Criteria	w_j	Rank
K1: Price	0,285	2
K2: Horsepower	0,063	6
K3: Range	0,154	5
K4: Charging time	0,183	3
K5: Battery capacity	0,179	4
K6: The vehicle's fuel consumption	0,359	1

For electric vehicles, the most important criterion has been found to be K6: The vehicle's fuel consumption (0.359). This criterion is followed by K1: Price (0.285) as the second most important. The ranking of other criteria is as follows; K4: Charging time (0.183), K5: Battery capacity (0.179), K3: Range (0.154), and K2: Horsepower (0.063). The obtained criterion importance weights have been used in the CRADIS method to evaluate the electric vehicles within the scope of the study. In the CRADIS method, Equality (9) and (10) have been used to normalize the decision matrix. While normalizing the decision matrix, K1 (Price), K4 (Charging Time), K6 (Fuel Consumption) criteria have been considered as cost criteria, and K2 (Horsepower), K3 (Range), K5 (Battery Capacity) have been considered as benefit criteria.

Table 11: Normalize Decision Matrix

Alternatives	Criteria	K1	K2	K3	K4	K5	K6
A1		0,565	0,729	0,815	0,714	1,000	0,822
A2		0,379	1,000	0,693	1,000	0,650	0,885
A3		0,547	0,736	0,701	0,476	0,678	0,863
A4		0,903	0,559	0,545	0,541	0,576	0,837
A5		0,492	0,682	1,000	0,556	0,972	0,891
A6		0,744	0,522	0,551	0,667	0,565	0,939
A7		0,649	0,334	0,601	0,400	0,588	0,785
A8		0,668	0,455	0,509	0,667	0,610	0,874
A9		1,000	0,217	0,483	0,357	0,303	1,000
A10		0,493	0,635	0,731	0,667	0,751	0,842

The elements of the normalized decision matrix are multiplied by the criterion weights obtained from the fuzzy PIPRECIA method to derive the weighted decision matrix using Equation (11). This is presented in Table (11).

Table 12: Weighted Normalized Decision Matrix

Alternatives	Criteria	K1	K2	K3	K4	K5	K6
A1		0,161	0,046	0,125	0,131	0,179	0,295
A2		0,108	0,063	0,106	0,183	0,116	0,318
A3		0,156	0,046	0,108	0,087	0,121	0,310
A4		0,258	0,035	0,084	0,099	0,103	0,300
A5		0,140	0,043	0,154	0,102	0,173	0,320
A6		0,212	0,033	0,085	0,122	0,101	0,337
A7		0,185	0,021	0,092	0,073	0,105	0,282
A8		0,191	0,029	0,078	0,122	0,109	0,314
A9		0,285	0,014	0,074	0,065	0,054	0,359
A10		0,141	0,040	0,112	0,122	0,134	0,302

Using the steps of the CRADIS method, the electric vehicles within the scope of the study have been ranked as shown in Table (10).

Table 13: Results of the CRADIS method

Alternatives	s_i^+	s_i^-	K_i^+	K_i^-	Q_i	Rank
A1	1,216	0,854	0,765	0,749	0,757	1
A2	1,258	0,812	0,739	0,712	0,726	3
A3	1,324	0,746	0,702	0,654	0,678	9
A4	1,273	0,797	0,730	0,699	0,714	5
A5	1,220	0,849	0,762	0,745	0,753	2
A6	1,262	0,808	0,737	0,708	0,722	4
A7	1,394	0,676	0,667	0,593	0,630	10
A8	1,310	0,760	0,710	0,667	0,688	8
A9	1,301	0,769	0,715	0,675	0,695	6
A10	1,300	0,768	0,714	0,674	0,694	7

In the current study, where the importance weights of the criteria were determined using the fuzzy PIPRECIA method and the alternatives were ranked using the CRADIS method, the Togg T10X V2 (A1) alternative ranks first. This alternative is followed by Skywell ET5 (A5) and Tesla Model Y (A2). In this ranking, the impact of the most important criteria determined by decision-makers, K6: The vehicle's fuel consumption and K1: Price, is significant. The decision matrix analysis shows that the data for the fuel and price criteria, which are the most important, match with the first-ranked alternative Togg T10X V2 (A1) and the second-ranked alternative Skywell ET5 (A5).

CONCLUSION

In the current study, where the importance weights of the criteria were determined using the fuzzy PIPRECIA method and the alternatives were ranked using the CRADIS method, the Togg T10X V2 (A1) alternative ranks first. This alternative is followed by Skywell ET5 (A5) and Tesla Model Y (A2). In this ranking, the impact of the most important criteria determined by decision-makers, K6: The vehicle's fuel consumption and K1: Price, is significant. The decision matrix analysis shows that the data for the fuel and price criteria, which are the most important, match with the first-ranked alternative Togg T10X V2 (A1) and the second-ranked alternative Skywell ET5 (A5).

In today's world, global warming and climate change have become elements threatening the ecological balance. The use of greenhouse gases, a process that accelerates these threat factors, mainly emerges from transportation sources. States aim to adopt measures to reduce greenhouse gas emissions through various agreements and projects, partly explaining the recent increase in investments in renewable energy sources. Innovations in transportation in recent years also fall within this scope.

Electric vehicles, which have a long historical background, did not attract interest in earlier periods due to long charging times, lower performance, and high costs. Although electric vehicle production dates to the 1800s, they could not sustain in the market due to inadequate

technological developments of the era. Additionally, the lesser environmental awareness in the 1800s also played a significant role in the production-consumption of electric vehicles.

Since the beginning of the 20th century, the scarcity of energy and the damage caused by fossil fuel energy sources to the environment have become undeniable. States and organizations have made significant agreements and decisions on this matter. Many countries facilitate the purchase of electric and hybrid vehicles under "zero-emission incentive premiums". With innovations in electric vehicles and government incentives, there has been an increase in the demand and supply for electric vehicles compared to previous periods, expected to grow in the coming years, with market leaders frequently indicating that all transportation vehicles will eventually transition to electric vehicles. Moreover, in Europe and the United States, the process of replacing the engines of fossil fuel vehicles with electric counterparts has begun, known as "retrofitting" and is rapidly spreading.

Many Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) methods are used for alternatives and related criteria in systems today. It is possible for the decision-maker to reach the target, selecting the best alternative among different options based on determined criteria. In MCDM methods, decision-makers evaluate many alternatives according to certain criteria and obtain a ranking. However, MCDM methods' need for precise data is a significant disadvantage, as real-life problems do not always offer the decision-maker the opportunity to work with exact data. Approaches integrating fuzzy logic systems with MCDM methods combine the closeness of fuzzy logic to human thought processes with the numerical analysis superiority of MCDM methods. Thus, "Fuzzy Multi-Criteria Decision-Making" (FMCDM) methods have been developed, where decision-makers can express the importance weights of criteria linguistically and overcome situations of uncertainty.

In this study, the criteria for selecting electric vehicles were weighted according to their importance level using the fuzzy PIPRECIA, a subjective criterion weighting method. The reason for using a fuzzy method in the study is its closeness to the human way of thinking. Also, the criteria identified in the study were determined with expert opinions and contributions from the literature, making the study more aligned with reality. The criteria evaluated for electric vehicle selection, "fuel consumption (K6)" and "price (K1)," were identified as the most important. In the second phase of the study, the criterion weights obtained were used in the CRADIS method to achieve a final ranking for 10 different electric vehicle models. According to the final ranking, Turkey's first domestic electric car, Togg T10X V2 (A1), ranks first.

The use of both methods in the study, which are current MCDM methods, contributes to the study. The literature reviews on vehicle selection problems evaluated in the study and related methods are among the privileges of the study. Additionally, the study contributes significantly to the literature due to the limited sources on the fuzzy PIPRECIA and CRADIS methods used. On the other hand, the "electric vehicle purchase" problem evaluated in the study is at a level that can assist consumers.

Future studies could evaluate the "electric vehicle purchase" problem with different MCDM methods. Moreover, the CRADIS method, a recent and scarcely researched method, could be compared or weighted against other MCDM methods. Similarly, the fuzzy PIPRECIA method, a

subjective criterion weighting method, could be compared with different fuzzy MCDM methods. Subsequent studies could present different works by evaluating subjective criterion weighting methods alone or together with objective criterion weighting methods.

Author Contributions / Yazar Katkıları:

The author declared that she has contributed to this article alone. Yazar bu çalışmaya tek başına katkı sağladığını beyan etmiştir.

Conflict of Interest / Çıkar Beyanı:

There is no conflict of interest among the authors and/or any institution. Yazarlar ya da herhangi bir kurum/kuruluş arasında çıkar çatışması yoktur.

Ethics Statement / Etik Beyanı:

The author(s) declared that the ethical rules are followed in all preparation processes of this study. In the event of a contrary situation, Pamukkale Journal of Eurasian Socioeconomic Studies has no responsibility, and all responsibility belongs to the author(s) of the study. Bu çalışmanın tüm hazırlanma süreçlerinde etik kurallara uyulduğunu yazar(lar) beyan eder. Aksi bir durumun tespiti halinde Pamukkale Avrasya Sosyoekonomik Çalışmalar Dergisi hiçbir sorumluluğu olmayıp, tüm sorumluluk çalışmanın yazar(lar)ına aittir.

REFERENCES

- Abdulvahitoğlu, A., Abdulvahitoğlu, A., Vural D. (2022). Elektrikli Otomobil Seçiminde Çok Kriterli Karar Verme: Borda Tümlleşik MULTIMOORA Yöntemi. 4th International Conference on Applied Engineering and Natural Sciences, 10-13.
- Arman, K., Kundakcı N. (2022). Bulanık PIPRECIA Yöntemi ile Bankacılık Endüstrisinde Blokzincir Teknolojisinin Benimsenmesini Etkileyen Kritik Faktörlerin Değerlendirilmesi. *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 25(47), 79-92.
- Babacan, A. (2020). Türkiye’de Orta Gelir Grubuna Yönelik Otomobil Seçimi Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi Olarak VİKOR Yöntemi. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 21(1), 293-307.
- Bakır, M., Akan, Ş., Özdemir, E. (2021). Regional Aircraft Selection with Fuzzy PIPRECIA and Fuzzy MARCOS: A Case Study of the Turkish Airline Industry. *Facta Universitatis Series Mechanical Engineering*, 19(3), 423.
- Biswas, T. K., 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.
- Blagojević, A., Kasalica, S., Stević, Z., Tričković, G., Pavelkić, (2021). Evaluation of Safety Degree at Railway Crossings in Order to Achieve Sustainable Traffic Management: A Novel Integrated Fuzzy MCDM Model. *Sustainability*, 13(2), 1-20.
- Chand, M., Avikal, S. (2015). An MCDM Based Approach for Purchasing a Car from Indian Car Market. 2015 IEEE Students Conference on Engineering and Systems (SCES), Allahabad, India.
- Chen, C. T. (2000). Extensions of the Topsis for Group Decision – Making Under Fuzzy Environment. *Fuzzy Sets and Systems*, 114, 1-9.
- Coffman, M., Bernstein, P., Wee, S. (2017). Electric Vehicles Revisited: A Review of Factors That Affect Adoption. *Transport Reviews*, 37(1), 79-93.

- Çoşkun, İ. T. (2022). Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri ile Elektrikli Otomobil Seçimi: SDMULTIMOORA Yaklaşımı. *Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi*, 57(1), 68-82.
- Dağdeviren, M., Yüksel, İ., Kurt, M. (2008). A Fuzzy Analytic Network Process (ANP) Model to Identify Faulty Behavior Risk (FBR) in Work System. *Safety Science*, 46(5), 771-783.
- Demir, G. (2022). Bilgi ve İletişim Teknolojisinin G8 Ülkelerindeki Gelişiminin Değerlendirilmesi. *Innovative Ideas*, 165.
- Doğan, H., Uludağ, A. S. (2023). Araştırma Makalesi Türkiye’de Taşımacılık Faaliyetlerinin Gelişimi ve Dönemsel Bir Performans Analizi. *Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi*, 58(4), 3016-3049.
- Dernoncourt, F. (2013). Introduction to Fuzzy Logic. *Massachusetts Institute of Technology*, 21, 50-56.
- Dweiri, F. T., Kablan, M. M. (2006). Using Fuzzy Decision Making for the Evaluation of the Project Management Internal Efficiency. *Decision Support Systems*, 42(2), 712-726.
- Gavcar, E., Kara, N. (2020). Elektrikli Otomobil Seçiminde Entropi ve TOPSIS Yöntemlerinin Uygulanması. *İş ve İnsan Dergisi*, 7(2), 351-359.
- Güleryüz, S., Çokyaşar, A. (2021). Otomobil Seçimi için TOPSIS Temelli Bir Karar Verme Yaklaşımı. *European Journal of Science and Technology*, (31), 713-724.
- Hamurcu, M., Eren, T. (2018). Yüksek Kapasiteli Elektrikli Otobüslerin Seçiminde Hibrit Çok Kriterli Karar Verme Uygulaması. *Transist 11. Uluslararası Ulaşım Teknolojileri Sempozyumu ve Fuarı*. 1-10.
- Jauković-Jocić, K., Karabašević, D., Jocić, G. (2020). The Use of The PIPRECIA Method for Assessing the Quality of E-Learning Materials. *Ekonomika*, 66(3), 37-45.
- Kahraman, C., Onar, S. C., Oztaysi, B. (2016). A Comparison of Wind Energy Investment Alternatives Using Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Benefit/Cost Analysis. *Sustainability*, 8(2), 118.
- Karakaya, E. (2016). Paris İklim Anlaşması: İçeriği ve Türkiye Üzerine Bir Değerlendirme. *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 3(1), 1-12.
- Keleş, M. K. (2019). Entropi Temelli Electre III Yöntemi ile B Segmenti Otomobil Markalarının Sıralanması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (33), 29-50.
- Keleş, N. (2023). Lopcow ve Cradis Yöntemleriyle G7 Ülkelerinin ve Türkiye’nin Yaşanabilir Güç Merkezi Şehirlerinin Değerlendirilmesi. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 16(3), 727-747.
- Khan, F., Ali, Y., Khan, A. U. (2020). Sustainable Hybrid Electric Vehicle Selection in the Context of a Developing Country. *Air Quality, Atmosphere & Health*. 13(4). 489-499.
- Kocabey, S. (2018). Elektrikli Otomobillerin Dünü Bugünü ve Geleceği. *Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi*, 1(1), 16-23.
- Kundakçı, N. (2023). Integration of Fuzzy PIPRECIA and Fuzzy MOORA Methods for

- Maintenance Strategy Selection. *Pamukkale Üniversitesi İşletme Araştırmaları Dergisi*, 10(2), 401-423.
- Lin, B., Wu, W. (2018). Why People Want to Buy Electric Vehicle: An Empirical Study in First-Tier Cities of China. *Energy Policy*, 112, 233-241.
- Memiş, S., Demir, E., Karamaşa, Ç., Korucuk, S. (2020). Prioritization of Road Transportation Risks: An Application in Giresun Province. *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications*, 3(2), 111-126.
- Oflaz, Y., Bircan, H. (2022). Tüketicilerin Otomobil Tercihlerinin Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri ile Değerlendirilmesi. *Atlas Dergisi*, 8(46), 2421-2437.
- Onat, N. C., Gumus S., Kucukvar, M., Tatari O. (2016). Application of the TOPSIS and Intuitionistic Fuzzy Set Approaches for Ranking the Life Cycle Sustainability Performance of Alternative Vehicle Technologies. *Sustainable Production and Consumption*. (6), 12-25.
- Özgüner, M., Ovalı, E. (2022). Karayolu Taşımacılığı Yapan Bir Lojistik Firmasının Araç Seçimi Probleminin Entropi Tabanlı Topsis ve Aras Yöntemleri ile Çözülmesi. *Alanya Akademik Bakış*, 6(3), 3287-3308.
- Patil, A. N., Bhale, N. G. P., Raikar, N., Prabhakaran, M. (2017). Car Selection Using Hybrid Fuzzy AHP and Grey Relation Analysis Approach. *International Journal of Performability Engineering*, 13(5), 569-576.
- Puşka, A., Nedeljković, M., Jeločnik, M., Subić, J., Nancu, D., Andrei, J.V., (2022), An Assessment of Improving The Sustainable Agro-Touristic Offer in An Emerging Country Using the Integrative Approach Based on Fuzzy Logic, 1-18.
- Puşka, A., Nedeljković, M., Prodanović, R., Vladislavljević, R., Suzić, R. (2023). Market Assessment of Pear Varieties in Serbia Using Fuzzy CRADIS and CRITIC Methods. *Agriculture*, 12, 139.
- Puşka, A., Stević, Ž., Pamučar, D. (2022). Evaluation and Selection of Healthcare Waste Incinerators Using Extended Sustainability Criteria and Multi-Criteria Analysis Methods. *Environmental Development and Sustainability*. (24), 11195-11225.
- Puşka, A., Božanić, D., Nedeljković, M., Janošević, M., (2022). Green Supplier Selection in An Uncertain Environment in Agriculture Using a Hybrid MCDM Model: Z-Numbers-Fuzzy LMAW-Fuzzy CRADIS Model. *Axioms*, 11(9), 1-17.
- Singh, R., Avikal S. (2019). A MCDM-Based Approach for Selection of a Sedan Car from Indian Car Market. In *Harmony Search and Nature Inspired Optimization Algorithms*. Springer, Singapore.
- Sonar, H. C., Kulkarni, S. D. (2021). An Integrated AHP-MABAC Approach for Electric Vehicle Selection. *Research in Transportation Business & Management*, 41, 1-8.
- Sri Yogi, K. (2018). Evaluation of Purchase Intention of Customers in Two-Wheeler Automobile Segment: AHP and TOPSIS. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 330, 012065.

- Stević, Ž., Stjepanović, Ž., Božićković Z., Das, D. K. & Stanujkić, D. (2018). Assessment of Conditions for Implementing Information Technology in a Warehouse System: A Novel Fuzzy PIPRECIA Method. *Symmetry*, 10(11), 1-28.
- Sridharan, M. (2020). Application of Fuzzy Logic Expert System in Predicting Cold and Hot Fluid Outlet Temperature of Counter-Flow Double-Pipe Heat Exchanger. *Advanced Analytic and Control Techniques for Thermal Systems with Heat Exchangers*, 307–323.
- Taşcı, M. Z. (2023). MEREC ve CRADIS Yöntemlerini İçeren Entegre Bir Çkqv Modeli ile DASK Özelinde Bir Uygulama. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 25(1), 35-53.
- Tomasević, M., Lapuh, L., Stević, Ž., Stanujkić, D. & Karabašević, D. (2020). Evaluation of Criteria for the Implementation of High-Performance Computing (HPC) in Danube Region Countries Using Fuzzy PIPRECIA Method. *Sustainability*, 17(7), 1-18.
- Türkoğlu, S. P. (2023). E7 Ülkelerinin Sosyal Gelişim Performanslarının Analizi: CRADIS ve LOPCOW Yöntemleri Uygulaması. *Sosyal Bilimlerde Akademik Analiz ve Yorumlar*, 101-11.
- Vikas, Mishra, A. (2023). Evaluation of TPM Adoption Factors in Manufacturing Organizations Using Fuzzy PIPRECIA Method. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 1-19.
- Vesković, S., Stević, Ž., Karabašević, D., Rajilić, S., Milinković, S., & Stojić, G. (2020). A New Integrated Fuzzy Approach to Selecting the Best Solution for Business Balance of Passenger Rail Operator: Fuzzy PIPRECIA-Fuzzy EDAS Model. *Symmetry*, 12(5), 743.
- Yavaş, M., Ersöz T., Kabak M., & Ersöz F. (2014). Otomobil Seçimine Çok Kriterli Yaklaşım Önerisi. *İşletme ve İktisat Çalışmaları Dergisi*, 2(4), 110.
- Yılmaz, I., Adem, A., Dağdeviren, M. (2023). A Machine Learning-Integrated Multi-Criteria Decision-Making Approach Based on Consensus for Selection of Energy Storage Locations. *Journal of Energy Storage*, 69.
- Yenilmez, S., Ertuğrul İ. (2023). Blue Collar Personnel Selection for A Manufacturing Company with Fuzzy COPRAS Method Based on Fuzzy PIPRECIA. *Journal of Internet Applications and Management*, 14(1), 1-15.
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8(3), 338-353.
- Zadeh, L. A. (1997). Toward A Theory of Fuzzy Information Granulation and Its Centrality in Human Reasoning and Fuzzy Logic. *Fuzzy Sets and Systems*, 90(2), 111-127.
- Çoşkun, İ. T. (2022). Subjektif ve Objektif Karar Verme Teknikleri ile Elektrikli Araç Seçiminde Etkili Olan Kriterlerin Değerlendirilmesi. *Çukurova Üniversitesi İİBF Dergisi*, 26(2), 173-190.
- EURONEWS (2023). Elektrikli araçlar. <https://tr.euronews.com/tag/elektrikli-arac>, 27.09.2023.
- TRT Haber (2024). Türkiye elektrikli otomobil satışlarında AB'de 6. sırada. <https://www.trthaber.com/haber/ekonomi/turkiye-elektrikli-otomobil-satislarinda-abde-6-sirada-827223.html>, 08.01.2024.

Heuristics in Labor Management: An Application of Modified Camel Algorithm¹

İşgücü Yönetiminde Sezgiseller: Geliştirilmiş Deve Algoritmasının Bir Uygulaması

Mehmet Fatih DEMIRAL

Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Department of Industrial Engineering,
mfdemiral@mehmetakif.edu.tr, Orcid ID: 0000-0003-0742-0633

Article Info: Research Article
Date Submitted: 10.06.2024
Date Accepted: 27.06.2024

Makale Bilgisi: Araştırma Makalesi
Geliş Tarihi: 10.06.2024
Kabul Tarihi: 27.06.2024

Abstract

Modified Camel Algorithm (MCA) is a challenging algorithm applied to engineering problems in 2016, 2019, and 2021. MCA can be implemented to the field of business, economics, labor management, and science compared to the other techniques. The pure MCA solves optimization problems effectively and quite fast in literature. To develop and apply the mathematical model in labor management using the modified camel algorithm, it was combined with popular heuristics, such as constructive heuristic (MC), and then improved with local searches, for instance 2-opt, 3-opt, and k-opt. The suggested hybrid algorithms are tested under proper parameters. In the experimental study, random model datasets, and suitable parameters are used via uniform distribution. The experimental outcomes are given as best, average, std. deviation and CPU time for sample datasets with proper parameters. In short, the suggested hybrid metaheuristics find reasonable solutions of labor management in acceptable CPU time for all random datasets.

Keywords: Assignment problem, Heuristics, Labor Management, Metaheuristics, Modified Camel algorithm

JEL codes: C610, M12, M210, M54

Öz

Geliştirilmiş Deve Algoritması (MCA), 2016, 2019 ve 2021 yıllarında mühendislik problemlerine uygulanan zorlu bir algoritmadır. MCA, diğer tekniklere kıyasla işletme, ekonomi, işgücü yönetimi ve bilim alanlarına uygulanabilir. Saf MCA, literatürdeki optimizasyon problemlerini etkili ve oldukça hızlı çözer. Geliştirilmiş deve algoritmasını kullanarak iş gücü yönetiminde matematiksel modeli geliştirmek ve uygulamak için bu algoritma, tur oluşturma yöntemi (MC) gibi popüler buluşsal yöntemle birleştirildi ve daha sonra örneğin 2-opt, 3-opt ve k-opt gibi yerel aramalarla iyileştirildi. Önerilen hibrit algoritmalar uygun parametreler altında test edilmiştir. Deneysel çalışmada düzgün dağılım sağlanarak rastgele model veri setleri ve uygun parametreler kullanılmıştır. Deneysel sonuçlar örnek verisetleri ve uygun parametreler için en iyi, ortalama, standart sapma ve CPU zamanı olarak verilmiştir. Özet olarak, önerilen hibrit meta-sezgiseller, örnek rastgele veri kümeleri için kabul edilebilir CPU zamanında makul iş gücü yönetimi çözümleri bulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Atama problemi, Geliştirilmiş Deve Algoritması, İşgücü Yönetimi, Metasezgiseller, Sezgiseller

JEL kodları: C610, M12, M210, M54

¹ The findings of this study are evaluated with the findings in the Demiral (2024) source. Bu çalışmanın bulguları Demiral (2024) kaynağındaki bulgularla değerlendirilmektedir.

INTRODUCTION

There exist many exact methods for solving combinatorial problems such as branch-and-bound method, cutting plane method, column generation method, cutting plane method, dynamic programming, lagrangian-based approaches, integer programming, and cplex programming algorithms. Heuristics are problem-based approaches, which are useful to solve optimization problems. Metaheuristics are nature-inspired algorithms and are very effective for solving business, economics, engineering, global optimization, various mathematical problems, symmetric and asymmetric TSPs, traveling purchaser problem, knapsack problems, timetabling, assembly-line balancing, and production problems. The advantageous of those methods is that the near-optimal and acceptable solutions can be obtained to provide flexibility, time-saving, and particular solutions. Metaheuristic algorithms are general-based techniques and frequently used in optimization problems. Classical metaheuristics are counted as single solution-based methods, for instance simulated annealing (Geng, Chen, Yang, Shi, & Zhao, 2011), tabu search (Lin, Bian, & Liu, 2016), and multi solution-based methods, for instance genetic algorithm and its varieties, ant colony system and population algorithms (Mian, Muhammad, & Riaz, 2012).

Popular algorithms are counted as suggested artificial bee colony algorithm (Szeto, Yongzhong & Ho, 2011), black-hole algorithm applications for clustering and traveling salesman problem (Hatamlou, 2013, 2018), firefly algorithm (Yang, 2010a), cuckoo search optimization (Rajabioun, 2011), whale optimization (Bozorgi & Yazdani, 2019; Mirjalili & Lewis, 2016), a discrete sine cosine algorithm (Tawhid & Savsani, 2019), bat algorithm (Yang, 2010b), grasshopper optimization algorithm (Saremi, Mirjalili & Lewis, 2017), artificial atom algorithm (Yıldırım & Karçı, 2018) and bio-inspired optimization (Feng, Liu, Yu, & Luo, 2019; Liu, Song, Zhang, Huadong, & Vasilakos, 2015).

The rest part of the full-text is structured as follows: In Section 1, the literature research with the applied mathematical model is expressed. In Section 2, the material and method discussed on the modified camel algorithm is given. The experimental analysis is presented in Section 3. At final, the conclusion and future suggestions are given in Section 4.

1. MATHEMATICAL PROBLEM AND ITS VARIETIES

Although most of the two-dimensional mathematical problems can be solved optimally, large scale problems are solved near-optimal. Those mathematical models are solved by integer programming methods. High-dimensional mathematical problems can be solved approximately by heuristics and metaheuristics. There exist popular types of mathematical models, such as classical mathematical problems with its varieties (Caron, Hansen & Jaumard, 1999; Nowak, Epelman & Pollock, 2006), k-cardinality mathematical problem, balanced mathematical problem, minimum deviation mathematical problem, multi-criteria mathematical problem, additional constrained mathematical problem, quadratic mathematical problem, and multidimensional mathematical problems (Gilbert & Hofstra, 1988) that are useful in discrete optimization. Hungarian Method could solve the lower dimensional labor mathematical problems optimally. Metaheuristics are general-purpose methods searching for optimal/near-optimal solutions to combinatorial problems (Bouajaja & Dridi, 2017; Pentico, 2007).

In the literature, the classic assignment problem and its varieties (Bouajaja & Dridi, 2017) aim to find optimal matchings between m jobs and n employees while minimizing the objective, maximizing sales, or maximizing revenues of all matchings. The goal of the k -cardinality mathematical problem is that to find optimal k -subset while minimizing the objective function between jobs and employees. There exists an additional constraint (k -matching subset) with classical optimization constraints. The balanced mathematical problem defines that the objective minimizes the difference between the maximum and minimum goals. The constraints of the balanced AP are the same as the classical mathematical constraints. Generalized mathematical problem (GAP), the problem finds the optimal matchings between an employee and more than one job while the employee has a limited capacity to do assigned jobs. The three-dimensional mathematical problem calculates the optimal matchings between the m jobs, n employees, and r machines, and the total model cost. Many objective functions could be minimized and maximized with multi-dimensional mathematical problems. Multi-dimensional mathematical models require heuristics/metaheuristics and more CPU time than the lower dimensional mathematical models. When the hybrid metaheuristics are implemented to the high-dimensional mathematical models to search for optimal solutions, it could be obtained remarkable solutions in the literature.

2. MATERIAL AND METHOD

2.1. Hybrid Modified Camel Algorithm

The metaheuristic (MCA) is a popular nature-inspired metaheuristic since it was applied to combinatorial and engineering problems in science and technology. The modified camel algorithm (MCA) acts as the traveling behavior of a modified camel population with scarce endurance in the hot deserts (Hassan, Abdulmuttalib, & Jasim, 2021; Ibrahim & Ali, 2016). The discrete modified camel algorithm is a base searching for the best objective when looking for sufficient endurance to survive in the hot deserts (Ali, Alnahwi & Abdullah, 2019; Utama, Safitri, & Garside, 2022). The temperature in the current step ($T_{now}^{i,iter}$) is updated using Eq. 1.

$$T_{now}^{i,iter} = (T_{max} - T_{min}) * rand + T_{min} \quad (1)$$

The endurance in the current step ($E_{now}^{i,iter}$) is updated with the temperature in the current step and number of steps using Eq. 2.

$$E_{now}^{i,iter} = \left(1 - \frac{T_{now}^{i,iter} - T_{min}}{T_{max} - T_{min}}\right) \quad (2)$$

In combinatorial optimization, the initial heuristic (MC) and some improvement algorithms, for instance 2-opt, 3-opt, and k -opt hybridize with the algorithm during the computation. In this work, the modified camel algorithm initializes with a constructive heuristic (MC), and it is hybridized with an improvement heuristic (2-opt, 3-opt, or k -opt). Then, the hybrid modified algorithms are experimented with the random datasets.

In the MCA, each camel's endurance is scarce and randomly diminishes with the number of steps. It is also noted that the supply factor is no longer used during the camel caravan's desert journey.

The discrete updating position equation by using the objective values of functions such as combinatorial problems, engineering problems, and other optimization problems, etc. is applied randomly in two ways for searching optimal solutions by using Eq. 3.

$$Obj_{now}^{i,j} = Obj_{old}^{i,j} + E_{now}^{i,iter} * (BObj - Obj_{old}^{i,j}) \quad (3)$$

Otherwise, the updating equation is applied in the following way.

$$Obj_{now}^{i,j} = (\max(Obj) - \min(Obj)) * rand + \min(Obj)$$

In this work, minimum selection of multiple operators (heuristics) finds acceptable solutions in longer iterations and CPU time in combinatorial problems, such as assignment problems, and traveling salesman problems. Though the solutions from the assignment problem are acceptable, the traveling salesman problem solutions are more acceptable. The candidate solutions are defined by the minimum of the heuristics using Eq. 4.

$$\begin{aligned} NeighObj_{now}^{i,iter}(x) \\ = \text{Minimum of the heuristics (swap, insert, reverse, swap - reverse)} \end{aligned} \quad (4)$$

The improved solutions (2-opt, 3-opt, and k-opt) are evaluated with the objectives found via Eq. 3 in Eq. 5.

$$\begin{aligned} NeighObj_{now}^{i,iter} < Obj_{now}^{i,iter} \\ Obj_{new}^{i,iter} = NeighObj_{now}^{i,iter} \end{aligned} \quad (5)$$

The new solution is updated via Eq. 5. When the new solution (candidate) has better value in the solution space, then the previous endurance of each candidate is updated (oasis condition) by using the traveling factors in Eq. 6.

$$fitness_{now}^{i,iter} > fitness_{old}^{i,iter} \quad (6)$$

$$E_{past}^{i,iter} = E_{initial}^{i,iter}$$

In this work, the solution space dimension is given as 10 for all the computations and used to determine the taking advantage of the candidate solutions (j-loop). The pseudocode of the suggested discrete metaheuristic is presented in Figure 1 (Demiral, 2022, 2024).

```

Modified Camel Algorithm (MCA)
Initialize the Camel Caravan with initial (MC) heuristic
Initialize Modified Camel Algorithm parameters (End, Temp)
Calculate Modified Camel Algorithm goal values and find the best
goal
While (Iteration <=MaxIteration)
For i =1: Camel Caravan
For j=1: Solution Space Dimension
 $T_{now}^{i,iter}, E_{now}^{i,iter}$  using Eqs. 1-2.
Update camels' locations using Eq. 4.
Improve the metaheuristic with heuristic (2-opt swap, 3-opt swap, k-opt
swap)
End For j
End For i
Decide the acceptance of new solutions using Eq. 5.
If (oasis condition occurs)
Replenish Endurance using Eq. 6
End If
Rank Caravan individuals and find the best solution in the population
End While
State the final results (Final Statistics)

```

Figure 1. Pseudocode of the Suggested Hybrid MCA (DHMCA)

3. EXPERIMENTAL RESULTS

A sample medium-scale random datasets were randomly generated in scale from 30 to 150 in the application. In the mathematical problems, the required data is taken from x and y coordinates for the optimal matchings between employees and jobs as a uniform number between $[1,100]$. The considered costs were computed as Euclidean cost using x - y plane. All the varieties of metaheuristics were run 5 times and 3000 iterations independently using Matlab. The suggested hybrid algorithm, MCA+MC+3-opt is compared to demonstrate the performance of other metaheuristics, which are MCA, MCA+2-opt, MCA+3-opt, MCA+MC+2-opt. In MCA, the population size (Pop_size=100), the base dimension of space (dim=10), the other camel algorithm parameters are taken as basis for MCA and its derived forms.

Table 1 Experimental solutions of hybrid metaheuristics for AssignR50

Problem	Algorithm	Best Solution	Average Solution	Standard Deviation	CPU Time
AssignR50 (488)	MCA	537.23	557.05	11.6	51.84
	MCA+2-opt	518.34	530.05	9.23	48.03
	MCA+3-opt	507.4	526.94	11.81	78.24
	MCA+MC+2-opt	507.85	520.37	13.29	45.38
	MCA+MC+3-opt	505.94	519.33	10.51	88.63

Table 2 Experimental solutions of hybrid metaheuristics for AssignR80

Problem	Algorithm	Best Solution	Average Solution	Standard Deviation	CPU Time
AssignR80 (586)	MCA	840.3	876.57	22.36	69.05
	MCA+2-opt	766.33	794.94	23.78	73.68
	MCA+3-opt	743	784.87	41.32	119.6
	MCA+MC+2-opt	621.36	648.43	16.36	71.03
	MCA+MC+3-opt	615.55	638.82	13.71	128.03

Table 3 Experimental solutions of hybrid metaheuristics for AssignR100

Problem	Algorithm	Best Solution	Average Solution	Standard Deviation	CPU Time
AssignR100 (616)	MCA	1085.93	1197.54	64.23	79.52
	MCA+2-opt	971.74	1020.98	31	105.71
	MCA+3-opt	941.38	959.9	15.92	154.44
	MCA+MC+2-opt	735.76	741.12	4.6	107.91
	MCA+MC+3-opt	727.72	737.09	11.84	175.17

Table 4 Experimental solutions of hybrid metaheuristics for AssignR130

Problem	Algorithm	Best Solution	Average Solution	Standard Deviation	CPU Time
AssignR130 (712)	MCA	1573.05	1644.25	61.14	107.58
	MCA+2-opt	1472.5	1493.05	22.5	131.87
	MCA+3-opt	1326.65	1413.01	63.73	218.27
	MCA+MC+2-opt	919.68	939.62	16.49	136.32
	MCA+MC+3-opt	909.61	926.41	14.28	247.49

Table 5 Experimental solutions of hybrid metaheuristics for AssignR150

Problem	Algorithm	Best Solution	Average Solution	Standard Deviation	CPU Time
AssignR150 (805)	MCA	1936.16	2039.65	80.4	140.58
	MCA+2-opt	1728.89	1806.88	52.8	138.59
	MCA+3-opt	1709.23	1767.97	41.69	262.08
	MCA+MC+2-opt	987.25	1037.61	51.86	208.13
	MCA+MC+3-opt	974.96	1018.97	38.91	302.64

Table 1-5 shows the experimental results of the hybrid algorithm, MCA+MC+3-opt, and other algorithms. In Table 5, AssignR150 expresses the number of equal assignments for the random dataset (AssignR). Though Matlab calculates the optimal solution in AssignR30, AssignR50, AssignR130, and AssignR150 datasets, the program reaches the near-optimal solution in AssignR80 and AssignR100 datasets (586-616). The total minimum model cost (AssignR150: 805) denotes the best-known model cost for the instance dataset. The analysis results of the

hybrid algorithms, MCA+MC+3-opt, and MCA+MC+2-opt show better performance than the base MCA+3-opt, MCA+2-opt, and MCA algorithms. To conclude Table 1-5, MCA with 2-opt, and 3-opt heuristics solve the problem in a more efficient way than the modified camel algorithm, MCA while the data size increases. Moreover, the quality of solutions using the minimum cost heuristic with the modified camel algorithm, (MCA+MC+2-opt, and MCA+MC+3-opt) is quite better. On the other hand, MCA+2-opt, and MCA+MC+2-opt require less computational time than MCA+3-opt and MCA+MC+3-opt metaheuristic.

The first conclusion drawn is that the MCA and its hybrids require more time and max. iteration number to solve the random mathematical problems to reach different acceptable solutions when compared to the traveling salesman problem.

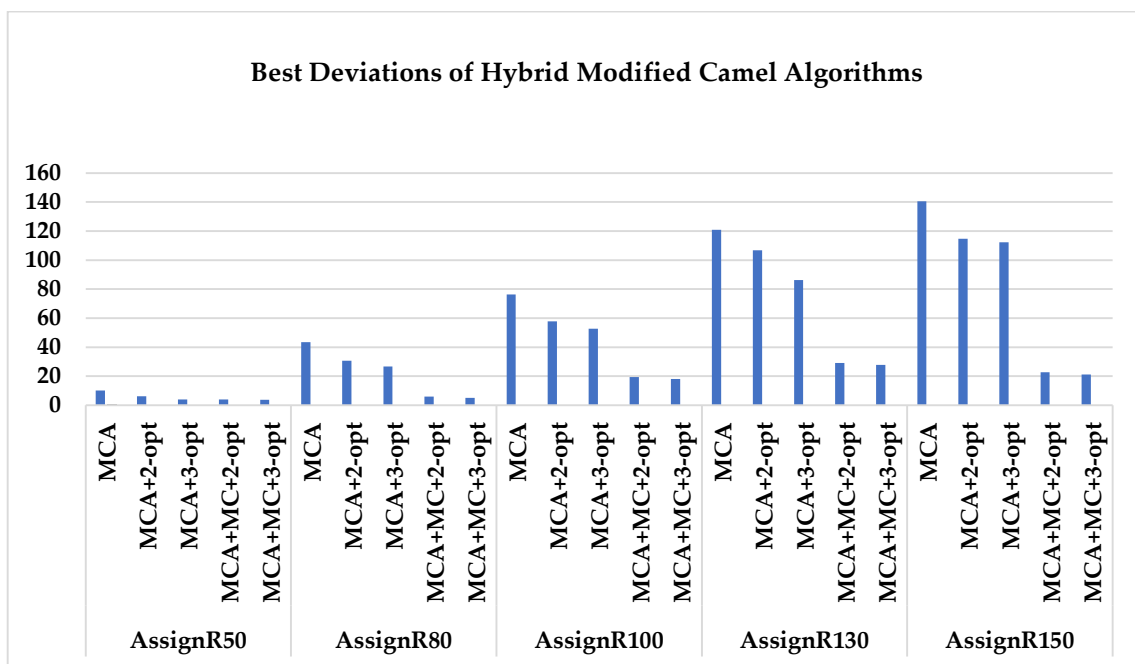


Figure 2. Best deviations of hybrid metaheuristics on labor model datasets

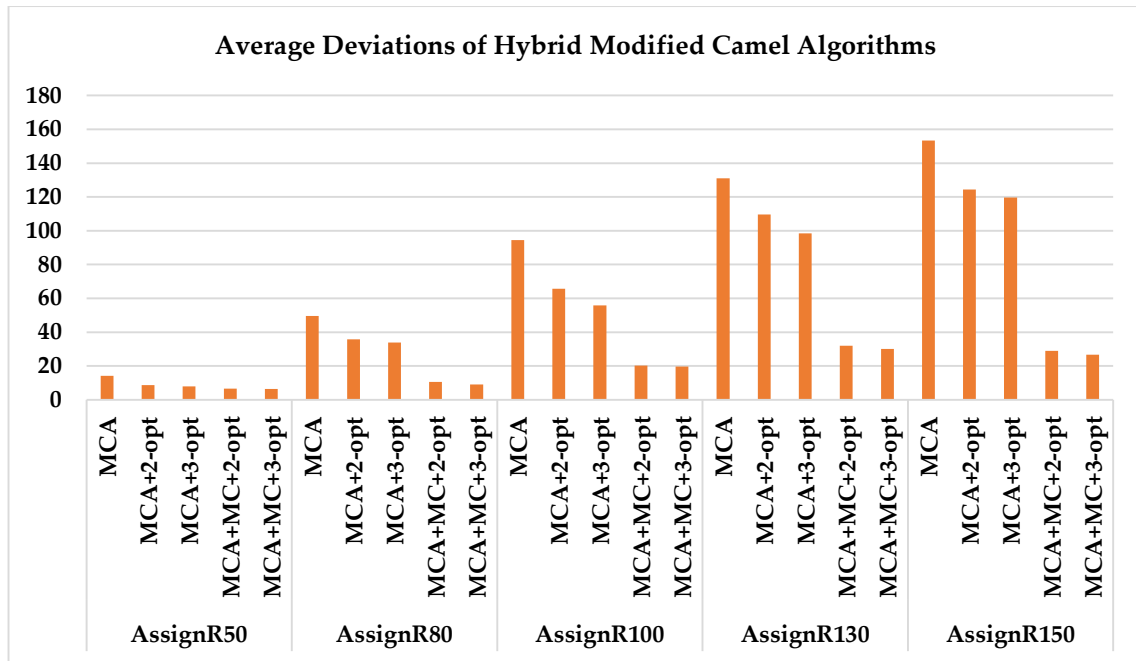


Figure 3. Average deviations of hybrid metaheuristics on labor model datasets

The second conclusion drawn is that the hybridized modified camel metaheuristics contribute differently to mathematical problems when compared to the pure camel algorithm, and its hybrids.

The third conclusion drawn from statistics is that clear differences are observed between the best and average deviations of the hybrid metaheuristics (MCA and its derived forms).

Figure 2 and Figure 3 demonstrate the best and average deviations of hybrid metaheuristics (MCA and its derived forms) on random mathematical datasets.

Table 6 Experimental solutions of MCA+MC+3-opt for the sample random datasets (AssignR30-AssignR150)

Problem	Scale	Optimal Solution	Best Solution	Average Solution	CPU Time
AssignR30	30	369	369	369	58.66
AssignR50	50	488	505.94	519.33	88.63
AssignR80	80	586	615.55	638.82	128.03
AssignR100	100	616	727.72	737.09	175.17
AssignR130	130	712	909.61	926.41	247.49
AssignR150	150	805	974.96	1018.97	302.64

The performance analysis of the suggested algorithm is demonstrated in Table 6. The computational time of the hybrid algorithm for the datasets is higher than the pure camel algorithm with heuristic (CA+MC+3-opt) when the size of the combinatorial problem increases. The total labor costs are slightly better than the pure camel algorithm and more reasonable when compared to the other hybrid camel algorithms (Demiral, 2024).

CONCLUSION

An applied metaheuristic algorithm named MCA (Modified Camel Algorithm) and its hybrid varieties were implemented for workforce and labor management (AssignR30-150). MCA is a quite applicable nature-inspired algorithm based on the behavior of candidates with scarce endurance during the long horizon. To reproduce new candidates, the program operates multiple heuristics called swapping, insertion, 2-opt heuristic, and swap-reversing heuristic/one type of 3-opt heuristic. It is noted that the 3-opt heuristic shows better performance than the swap-reversing heuristic. After that, the minimum operator of multiple heuristics has been applied. The frequently used parameters are taken as the basis for all the hybrid metaheuristics. Conversely, the length of the interchanging part contributes differently to the scale of the dataset. The problem related to labor management belongs to the class of NP-hard, various methods of heuristics (k-opt, and MC+ k-opt types) were operated. The experimental results were shown as best, average, standard deviation and CPU time by various methods of metaheuristics (MCA, MCA+ k-opt, and MCA+MC+ k-opt types). As a result, those methods contribute differently to the metaheuristic algorithm, and the corresponding combinatorial problem.

Euclidian cost is calculated by each assignment between the jobs and the employees. Matlab calculates optimal/near-optimal cost from optimal assignment of the jobs and employees. The best, average, and CPU time are calculated when the program operates 5 times and 3000 iterations. The best and average statistics of MCA+MC+3-opt are dominant to the other test metaheuristics. The suggested hybrid algorithm, MCA+MC+3-opt (Ave. CPU time= 166.77 secs.) has found reasonable solutions later than CA+MC+3-opt. It can be also obtained reasonable solutions by the suggested hybrid algorithm, MCA+MC+2-opt (Ave. CPU time= 113.75 secs.) later than CA+MC+2-opt when the best and average statistics are taken into account. On the other hand, the other camel algorithms demonstrate poor performance against suggested metaheuristics with constructive heuristic.

In conclusion, the suggested algorithms with various constructive and improvement methods can be applied to more datasets, such as large-scale instances, instances from OR-library, and real-world data. The computational analysis of the algorithm can be developed in further studies. Moreover, a job-shop scheduling or timetabling problem will be solved using MCA and its hybrid algorithms, to improve or develop the performance of the suggested algorithms.

Disclosure Statements (Beyan ve Açıklamalar)**Researchers' Contribution Rate Statement / Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı**

The author declared that he has contributed to this article alone. Yazar bu çalışmaya tek başına katkı sağladığını beyan etmiştir.

Researchers' Conflict of Interest Statement / Araştırmacıların Çatışma Beyanı

The author declares that there is no conflict of interest. Yazar ya da herhangi bir kurum kurum/kuruluş arasında çıkar çatışması yoktur.

Ethical Statement of Researchers / Etik Beyanı

The author(s) declared that the ethical rules are followed in all preparation processes of this study. In the event of a contrary situation, Pamukkale Journal of Eurasian Socioeconomic Studies has no responsibility, and all responsibility belongs to the author of the study. Bu çalışmanın tüm hazırlanma süreçlerinde etik kurallara uyulduğunu yazar beyan eder. Aksi bir durumun tespiti halinde Pamukkale Avrasya Sosyoekonomik Çalışmalar Dergisi hiçbir sorumluluğu olmayıp, tüm sorumluluk çalışmanın yazarına aittir.

REFERENCES

- Ali, R.S., Alnahwi, F.M., & Abdullah, A.S. (2019). A modified camel travelling behavior algorithm for engineering applications. *Australian Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 16(3), 176-186. doi: 10.1080/1448837X.2-019.1640010
- Bouajaja, S., & Dridi, N. (2017). A survey on human resource allocation problem and its applications. *Operational Research*, 17(2), 339-369.
- Bozorgi, S.M., & Yazdani, S. (2019). IWOA: An improved whale optimization algorithm for optimization problems. *Journal of Computational Design and Engineering*, 6(3), 243-259.
- Caron, G., Hansen, P. & Jaumard, D. (1999). The assignment problem with seniority and job priority constraints. *Operations Research*, 47(3), 449-454.
- Demiral, M. F. (2022). Application of a Hybrid Camel Traveling Behavior Algorithm for Travelling Salesman Problem. *Dokuz Eylul University Journal of Science and Engineering*, 24(72), 725-735. doi: 10.21205/deufmd.2022247204
- Demiral, M. F. (2024). Perspective Chapter: Computational Analysis of Camel Algorithm with Heuristics in Assignment Problem. In: M.S. Cengiz (Ed.) *New Studies in Engineering* (pp. 4-18). Duvar Yayınları, Izmir
- Feng, X., Liu, Y., Yu, H., & Luo, F. (2019). Physarum-energy optimization algorithm. *Soft Computing*, 23, 871-888. doi: 10.1007/s00500-017-2796-z.
- Geng, X., Chen, Z., Yang, W., Shi, D., & Zhao, K. (2011) Solving the travelling salesman problem based on an adaptive simulated annealing algorithm with greedy search. *Applied Soft Computing*, 11(4), 3680-3689.
- Gilbert, K.C., & Hofstra, R.B. (1988). Multidimensional assignment problems. *Decision Sciences*, 19(2), 306-321.
- Hassan, K.H., Abdulmuttalib, T.R., & Jasim, B.H. (2021). Parameters estimation of solar Photo-

- voltaic module using camel behavior search algorithm. *International Journal of Electrical Computer Engineering (IJECE)*, 11(1), 788-793.
- Hatamlou, A. (2013). Black hole: a new heuristic optimization approach for data clustering. *Information Sciences*, 222, 175–184
- Hatamlou, A. (2018). Solving travelling salesman problem using black hole algorithm. *Soft Computing*, 22(24), 8167-8175. doi: 10.1007/s00500-017-2760-y
- Ibrahim, M.K., & Ali, R.S. (2016). Novel optimization algorithm inspired by camel traveling behavior. *Iraqi Journal for Electrical and Electronic Engineering*, 12(2), 167-177.
- Lin, Y., Bian, Z., & Liu, X. (2016). Developing a dynamic neighborhood structure for an adaptive hybrid simulated annealing-tabu search algorithm to solve the symmetrical traveling salesman problem. *Applied Soft Computing*, 49, 937-952.
- Liu, L., Song, Y., Zhang, H., Huadong, M., & Vasilakos, A.V. (2015). Physarum optimization: a biology-inspired algorithm for the steiner tree problem in networks. *IEEE Transactions on Computers*, 64(3), 818–831.
- Mian, T.A., Muhammad, U., & Riaz, A. (2012). Jobs scheduling and worker assignment problem to minimize makespan using ant colony optimization metaheuristic. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 6(12), 2823-2826.
- Mirjalili, S., & Lewis, A. (2016). The whale optimization algorithm. *Advances in Engineering Systems Software*, 95, 51-67.
- Nowak, M., Epelman, M. & Pollock, S.M. (2006). Assignment of swimmers to dual meet events. *Computers & Operations Research*, 33, 1951-1962.
- Pentico, D.W. (2007). Assignment problems: a golden anniversary survey. *European Journal of Operational Research*, 176(2), 774-793.
- Rajabioun, R. (2011) Cuckoo optimization algorithm. *Applied Soft Computing*, 11(8), 5508–5518
- Saremi, S., Mirjalili, S., & Lewis, A. (2017). Grasshopper optimization algorithm: theory and application. *Advances in Engineering Software*, 105, 30-47.
- Szeto, W.Y., Yongzhong, W., & Ho, S.C. (2011). An artificial bee colony algorithm for the capacitated vehicle routing problem. *European Journal of Operational Research*, 215(1): 126-135.
- Tawhid, M.A., & Savsani P. (2019) Discrete sine-cosine algorithm (DSCA) with local search for solving traveling salesman problem. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 44, 3669-3679. <https://doi.org/10.1007/s13369-018-3617-0>
- Utama, D.M., Safitri, W. O. N., & Garside, A. K. (2022). A Modified Camel Algorithm for Optimizing Green Vehicle Routing Problem with Time Windows. *Jurnal Teknik Industri: Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Teknik Industri*, 24(1), 23-36.
- Yang, XS (2010a). Firefly algorithm, lévy flights and global optimization. In: M. Bramer, R. Ellis & M. Petridis (Eds.) *Research and Development in Intelligent Systems XXVI* (pp.209-218). Springer, London

- Yang, XS (2010b). A new metaheuristic bat-inspired algorithm. In: J.R. González, D.A. Pelta, C. Cruz, G. Terrazas & N. Krasnogor (Eds.) *Nature Inspired Cooperative Strategies for Optimization (NICSO 2010)* (pp. 65-74). Studies in Computational Intelligence 284. Springer, Heidelberg.
- Yildirim, A.E., & Karci, A. (2018). Applications of artificial atom algorithm to small-scale traveling salesman problems. *Soft Computing*, 22(22), 7619-7631. <https://doi.org/10.1007/s00500-017-2735-z>