

## MEREC ve Entropi Yöntemleri Aracılığıyla Yük Kaldırma Platformu Seçiminde Kullanılan Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi\*

Nuh KELEŞ<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Dr., Ticaret Bakanlığı, 01260, Adana, Türkiye

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0001-6768-728X>

\*Sorumlu yazar: nhkls01@gmail.com

### Araştırma Makalesi

#### Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 09.06.2022

Kabul tarihi:08.01.2023

Online Yayınlanma: 05.07.2023

#### Anahtar Kelimeler:

Lojistik

Depolama

Yük kaldırma platformu

MEREC

Entropi

LOPCOW

### ÖZ

Lojistik sektöründe ürün/hammadde/yarı mamullerin konulduğu veya bekletildiği yerler depolama yerleridir. Depolama alanlarında lojistik faaliyetlere ve tedarik zincirine değer katan çok çeşitli işlemler gerçekleştirilir. Bu işlemler yapılırken depo alanında kullanılan çeşitli ekipmanlara ihtiyaç duyulur. Depo ekipmanlarından birisi depoya gelen-giden ve depo içindeki malların istenilen yerlere kaldırılmasında kullanılan yük kaldırma platformlarıdır (YKP). Çalışmanın amacı YKP seçiminde kullanılan kriterlerin ve ağırlıklarının belirlenmesi, MEREC yönteminin gerçek bir yaşam problemiyle uygulanarak Türkçe literatüre tanıtılması ile MEREC ve Entropi yöntemlerinin karşılaştırılmasıdır. YKP seçiminde “yük kaldırma kapasitesi, fiyatı, platform boyutu, platform ağırlığı ve kaldırma yüksekliği” olmak üzere beş kriter, 9 alternatif belirlenmiştir. Kriterlerin ağırlıklarını belirlemek için MEREC yöntemi ve karşılaştırmak için Entropi yöntemi kullanılmıştır. MEREC yöntemiyle yapılan hesaplamalara göre %43,3 platform boyutu, %28,2 platform ağırlığı, %12 yük kaldırma kapasitesi, %11,3 kaldırma yüksekliği ve %5,1 fiyat olarak belirlenmiştir. Entropi yöntemine göre %36,5 platform boyutu, %27,4 platform ağırlığı, %20,7 kaldırma yüksekliği, %13,4 yük kaldırma kapasitesi ve %2,1 fiyat olarak hesaplanmıştır. Kriter ağırlıkları arasında farklılıklar bulunmuş, Pearson korelasyon analiziyle inceleme yapılmış ve bulgular arasında çok kuvvetli, anlamlı ve pozitif yönde bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Bulgulara göre daha karmaşık ve uzun hesaplama aşamalarına sahip Entropi yöntemi yerine objektif bir kriter ağırlık belirleme yöntemi olarak MEREC yönteminin kullanılabilirliği değerlendirilmiştir.

### Determination of Criteria Weights Used in Load Lifting Platform Selection Via MEREC and Entropy Methods

#### Research Article

#### Article History:

Received: 09.06.2022

Accepted: 08.01.2023

Published online: 05.07.2023

#### Keywords:

Logistics

Warehousing

Load lifting platform

MEREC

Entropy

LOPCOW

#### ABSTRACT

In the logistics sector, the places where the products/raw materials/semi-finished products are placed or kept are warehouse areas. A wide variety of operations are carried out in warehouse areas that add value to logistics activities and the supply chain. While performing these operations, various equipment used in the warehouse area are needed. One of the warehouse equipment is the load lifting platforms (LLP), which are used to lift the goods coming and going to the warehouse and in the warehouse to the desired places. This study aims to determine the criteria and weights used in the selection of LLP, introduce the MEREC method to the Turkish literature by applying in a real-life problem, and compare the MEREC and Entropy methods. In the selection of LLP, five criteria and 9 alternatives were determined as “load lifting capacity, price, platform size, platform weight, and lifting height”. According to the calculations made with MEREC method, 43.3% platform size, 28.2% platform weight, 12% load lifting capacity, 11.3% lift height, and

\* Bu çalışma özet bildiri olarak “International Production and Supply Chain Symposium”da sunulmuştur.

5.1% price. According to the Entropy method, it was calculated as 36.5% platform size, 27.4% platform weight, 20.7% lifting height, 13.4% load lifting capacity, and 2.1% price. Differences were found between criteria weights, analysis was made with Pearson correlation and it was determined that there was a very strong, significant, and positive correlation between the findings. According to the findings, it has been evaluated that the MEREC method can be used as an objective criteria weight determination method instead of the Entropy method, which has more complex and long calculation steps.

**To Cite:** Keleş N. MEREC ve Entropi Yöntemleri Aracılığıyla Yük Kaldırma Platformu Seçiminde Kullanılan Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 2023; 6(2): 1323-1337.

## 1. Giriş

Küresel tedarik zincirleri son yıllarda yaşanan COVID-19 salgınının neden olduğu etkiler başta olmak üzere, nakliye konteynerlerindeki eksiklikler, Süveyş kanalının tıkanması, Rusya-Ukrayna savaşı gibi çeşitli sebeplerden dolayı önemli derecede etkilenmiştir. Yaşanan gelişmeler üretimin yavaşlamasına, işsizlik sorunlarının ortaya çıkmasına, enerji fiyatlarının artmasına ve ülkelerin enflasyonist bir ekonomik sisteme doğru yol almalarına sebep olmuştur. Böylece tedarik zincirlerinin önemi ortaya çıkmış, hammadde, yarı mamul ve ürün lojistiğinde yaşanan sıkıntılar tüm dünyayı etkisi altına almaya başlamıştır. Lojistiğin önemli etkisi dünyanın her yerinde hissedilmiştir. Üretim ve tüketimin olduğu her yerde temeli çok eskilere dayanan lojistik geçtiğimiz yüzyılda sistemli ve organize bir şekilde ele alınmaya başlanmış ve lojistik günümüzde olduğu kadar belki de hiç bu kadar önemli olmamıştır. Süreç yönlü lojistiğin ilk üreticiden son tüketiciye kadar bir ürünün satın alınması, nakliyesi, depolanması, gümrüklenmesi, ambalajlanması, elleçlenmesi, dağıtımı (Özgüner, 2019) tanımından da anlaşılacağı gibi lojistiğin önemli süreçlerinden/işlevlerinden birisi de depolamadır. Genel olarak depolama sürecinde ürün veya yüklerin teslim alınması, belirli bir süreyle korunması ve gönderilmek üzere hazır halde bekletilmesi gerçekleştirilir. Üretim öncesi ve üretim sonrası pek çok fayda sağlayan depolama işlevi lojistik süreçlerine değer katmakta ve çeşitli etkinlikleri kapsamaktadır. Depolarda malların kabulü, saklama, yerleştirme, yer değiştirme, birleştirme, istifleme, ayrıştırma, elleçleme, paketleme, fiyatlandırma, kontrol, gönderme gibi sürece değer katacak birçok işlev yerine getirilir (Keleş, 2021). Depolarda sayılan bu işlevleri gerçekleştirirken çeşitli ekipmanlara ihtiyaç duyulur. Bu ekipmanlardan birisi de depoya gelen-giden ve depo içindeki malların istenilen yerlere kaldırılmasında fayda sağlayan yük kaldırma platformlarıdır.

Bu çalışmanın motivasyonu depolama sektöründe ortaya çıkan gerçek bir yaşam probleminin çözümünde subjektif/kişisel yargılardan ziyade gerçek veriler ışığında objektif bir şekilde seçim yapmayı sağlamaktır. Çalışmanın amacı; a) bir depolama işletmesinin ihtiyacı olan yük kaldırma platformu seçiminde kullanılan kriterlerin belirlenmesi, b) seçim kriterlerinin ağırlıklarının belirlenmesi, c) MEREC yönteminin gerçek bir yaşam probleminde uygulanarak Türkçe literatüre tanıtılması, d) MEREC ve Entropi yöntemlerinin karşılaştırılması olarak açıklanabilir.

Seçim yapmak için alternatifler ve kriterler belirlenir. Bunun için alanında uzmanlarla görüşülebilir. Ayrıca alternatifler içerisinde en uygun olanı seçmek ise karar verme sürecinin çok kriterli doğası ve karar verme sürecindeki öznellik ve belirsizlikler nedeniyle çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerini gerektirir. ÇKKV yöntemleri alternatiflerin karşılaştırılması, sıralanması ve belirlenmesi sonucunda en iyi çözümü sağlamayı hedefler. Bunun için ÇKKV modelleri mevcut alternatifleri belirli kriterlere göre değerlendirir ve

en uygun çözümleri belirleme süreci olarak kabul edilir (Pekkaya ve Keleş, 2021). ÇKKV yöntemleri farklı hesaplama aşamalarına sahip olmaları sebebiyle birbirlerinden farklılık gösterir. Bu çalışmada ise karar verici/vericiler için en uygun alternatifi seçmelerine yardımcı olacak ÇKVV yöntemlerinden yararlanılmıştır. Çalışmanın amacına bağlı kalınarak yük kaldırma platformu seçiminde kullanılacak kriter ağırlıklarını sübjektif bir şekilde belirlemekten ziyade daha çok mevcut alternatifler gözetilerek objektif bir ağırlık belirleme yöntemi kullanılmıştır. Literatüre henüz çok yakın bir zamanda tanıtılan MEREC yöntemi kriter ağırlıklarını objektif bir şekilde belirlemek için kullanılmıştır. Ayrıca yöntemin bulgularını karşılaştırmak ve değerlendirmek için yine objektif bir ağırlık belirleme yöntemi olan Entropi yönteminden yararlanılmıştır. Çalışmanın kalanı takip eden şekilde devam etmektedir: ikinci bölümde depolama sektöründe kullanılan ekipmanlar ve seçimi ile çalışmada kullanılan MEREC yöntemi ve Entropi yöntemiyle ilgili literatür taraması yapılmıştır. Üçüncü bölümde çalışmada kullanılan yöntemlerin hesaplama aşamaları ve kullanılan kriterler açıklanmıştır. Dördüncü bölümde yük kaldırma platformu seçiminde kullanılan kriterlerin ağırlıkları uygulamalı bir şekilde belirlenmiş ve bulgular karşılaştırılmıştır. Sonuç bölümünde ise ekipman seçimi ve kullanılan yöntemler hakkında çıkarımlar yapılmış ve öneriler sunulmuştur.

## **2. Literatür taraması**

Lojistik ve depolama alanında çeşitli ekipmanlar kullanılabilir ve bunların seçimi için çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Tuzkaya ve ark. (2011) en uygun malzeme taşıma ekipmanı için 4 alternatifi 5 kritere göre Bulanık-PROMETHEE yöntemiyle değerlendirmiştir. Pamučar ve Ćirović (2015) lojistik merkezlerde kullanılan forklift seçiminde 10 kriter kullanarak 7 alternatifi DEMATEL ve MABAC yöntemleriyle değerlendirmiş ve sonuçları SAW, COPRAS, TOPSIS, MOORA ve VIKOR yöntemleriyle karşılaştırmıştır. Sarıçalı ve Kundakçı (2017) 10 farklı forklift alternatifini 7 kritere göre KEMIRA-M yöntemiyle değerlendirmiştir. Fazlollahtabar ve ark. (2019) forklift seçiminde FUCOM-WASPAS modelini kullanarak 10 alternatifi 7 kritere göre değerlendirmiş, sonuçları SAW ve ARAS yöntemleriyle karşılaştırmıştır. Ulutaş ve Çelik (2019) transpalet seçimi probleminde AHP ve EDAS yöntemlerini kullanarak 6 alternatifi 6 kritere göre karşılaştırmıştır. Ersoy (2020) bir üretim işletmesi için istifleyici seçiminde 6 kriteri 5 alternatife göre TOPSIS yöntemiyle sıralamıştır. Kučera (2020) AHP ve ağırlıklı toplam yaklaşımı (WSA) kullanarak elleçleme ekipmanlarından elektrikli transpalet seçiminde 3 alternatifi 6 kritere göre karşılaştırmıştır. Demirci ve Manavgat (2021) forklift aracı seçiminde VZA, TOPSIS ve VIKOR yöntemleriyle 5 kriter kullanarak 7 farklı alternatifi değerlendirmiştir. Vesković ve ark. (2020) tarafından elleçleme ekipmanlarından istifleyici seçiminde 15 kriter bulanık PIPRECIA yöntemiyle değerlendirilmiştir. Verma ve ark. (2021) AHP ve TOPSIS yöntemleriyle 9 kritere göre en uygun malzeme elleçleme ekipmanı seçimini yapmışlardır. Ulutaş ve ark. (2022) MEREC ve WISP-S yöntemleri ile transpalet seçiminde 7 kriter ve 6 alternatif kullanmıştır.

Kriterlerin ağırlıklarını belirlemek için çeşitli ağırlık belirleme yöntemleri kullanılabilir. Ancak bu çalışmanın amaçlarından birisi de oldukça yeni bir ağırlık belirleme yöntemi olan MEREC yönteminin gerçek bir yaşam probleminde uygulanması olduğundan MEREC yöntemiyle ilgili literatürde yapılan çalışmalar incelenmiştir. MEREC yöntemi dağıtım merkezleri için yer seçiminde (Keshavarz-Ghorabae ve

ark., 2021), bulut hizmeti seçiminde (Popović ve ark., 2021), atık gıda arıtma teknolojisi seçiminde (Rani ve ark., 2022), tornalama sürecindeki deneylerde (Trung ve Thinh, 2021), girdi değişkenlerinin esnek üretim sistemlerinin performansı üzerindeki etkisinde (Ahmad ve ark., 2022), gelişmekte olan ülke bankacılık sektöründe (Ecer ve Pamucar, 2022), yeşil yenilenebilir enerji kaynağı seçiminde (Goswami ve ark., 2022), hastane yeri belirlemede (Hadi ve Abdullah, 2022), alternatif yakıtlı araçların sürdürülebilirlik perspektifleri ile değerlendirilmesinde (Hezam ve ark., 2022), döngüsel ekonomi konsepti içinde sosyal faktörlerin değerlendirilmesinde (Kaya ve ark., 2022), yol yapılarının stabilize katmanlarının üretimi için atık ve geri dönüştürülmüş malzemelerin uygulanmasında (Marinković ve ark., 2022), düşük karbonlu turizm stratejisi değerlendirmesinde (Mishra ve ark., 2022), bir araçta termal konfor ile ilgili enerji depolaması için bir faz değişim malzemesinin seçiminde (Nicolalde ve ark., 2022), yükleyici tahrik mekanizmalarının optimal sentezinde (Petrović ve ark., 2022) ultrasonik işleme süreci ile üretilen kaliteli deliğin seçiminde (Sapkota ve ark., 2022), kentsel ulaşım planlama modelinin uyarlanmasında (Simić ve ark., 2022), lojistik firması performans değerlendirmesinde (Toslak ve ark., 2022), transpalet seçiminde (Ulutaş ve ark., 2022) uygulama alanları bulmuştur.

Öte yandan çalışmada MEREK yöntemiyle yapılan uygulamanın bulgularını karşılaştırmak için başka bir objektif ağırlık belirleme yöntemi olan Entropi yöntemi kullanılmıştır. Entropi yöntemi, Zhao ve ark. (2018) tarafından çevresel güvenlik açığının değerlendirmesinde, Alao ve ark. (2020) tarafından elektrik üretimi için en uygun atıktan enerji teknolojilerinin seçiminde, Alkan ve Albayrak (2020) ile Yazdani ve ark. (2020) tarafından yenilenebilir enerji kaynaklarının sıralamasında, Li ve ark. (2020) takım tezgâhı seçiminde, Torkayesh ve ark. (2020) yaşanılabilir semt seçiminde, Khodaei ve ark. (2021) yenilebilir kaplamaların çileklerin fizikokimyasal özellikleri üzerindeki etkisini değerlendirmek için, Li, ve Chen (2021) kredi temerrüt tahminini iyileştirmek için, Özaydin ve Karakul (2021) tarafından finansal performans değerlendirmesinde, Wang ve ark. (2021) pil değiştirme istasyonu için en uygun sürdürülebilir pil tedarikçisi seçiminde, Shang ve ark. (2022) sürdürülebilir tedarik zincirlerinde tedarikçi seçimi gibi bir çok farklı alanda oldukça fazla sayıda uygulama alanı bulmuştur.

### **3. Materyal ve Metot**

Konteyner taşımacılığıyla yoğun bir şekilde uğraşan ve Kayseri çevresinde faaliyette bulunan bir lojistik firmasının ithalat-ihracat işlemlerinde kullanılmak üzere yeni açılan deposunda kullanılmak üzere yük kaldırma platformuna ihtiyacı bulunmaktadır. Yük kaldırma platformu seçiminde kullanılan kriterlerin belirlenmesi için lojistik sektöründe faaliyet gösteren firmanın satın alma biriminde çalışan birim yöneticisi ve şefinden bilgi alınmıştır. Depolama kısmında, gelen ürünlerin depo içerisine alınmasında, rampaya yanaşamayan araçlardan yüklerin depo içerisine aktarılmasında ve çoğunlukla depo içinde yüklerin belirli yerlere kaldırılmasında kullanılmak üzere yük kaldırma platformuna ihtiyaç bulunmaktadır. Bu ihtiyacın giderilmesi için yük kaldırma platformu seçiminde “yük kaldırma kapasitesi, fiyatı, platform boyutu, platform ağırlığı ve kaldırma yüksekliği” olmak üzere 5 kriter kullanılmasına karar verilmiştir. Bununla ilgili piyasa araştırmasında 9 farklı alternatif belirlenmiştir.

Belirlenen alternatiflerin kriterlere göre değerlendirilmesinde henüz 2021 yılında Keshavarz-Ghorabae ve ark. tarafından literatüre kazandırılan MEREK yönteminden yararlanılmıştır. MEREK yönteminde, objektif kriter ağırlıklarının elde etmek için dahil etme perspektifinden ziyade hariç tutma perspektifi ve çıkarma etkileri kullanılır (Keshavarz-Ghorabae ve ark., 2021). MEREK yönteminde genel performans üzerindeki sapmalar dikkate alınır. Kriter ağırlıklarının belirlenmesi, her bir kriterin alternatiflerin genel performansı üzerindeki etkisini çıkarmak için kullanılan uygulama aşamalarıyla gerçekleştirilir. Goswami ve ark. (2022) daha kesin ve doğru sonuçlar veren MEREK yönteminin CRITIC ve Entropi ağırlıklandırma yöntemlerinden daha etkili bir objektif ağırlıklandırma aracı olduğunu belirtmiştir. Nicolalde ve ark. (2022) MEREK yönteminin Entropi gibi daha geleneksel bir yöntemle göre daha güvenilir olduğunu, kriterlerin kaldırılmasına dayanan yeni bir yöntem olduğunu ve ilginç bir metodoloji gösterdiğini belirtmiştir. MEREK yöntemi, kriter ağırlıklarının hesaplarken her bir kriterin alternatiflerin genel performansı üzerindeki etkisini çıkarmak/kaldırmak için kullanılan objektif bir ağırlıklandırma yöntemidir (Mishra ve ark., 2022; Toslak ve ark., 2022). Bir kriterin kaldırılması alternatiflerin toplam performansları üzerinde daha yüksek bir etkiye yol açtığında muazzam bir ağırlığa sahiptir. Bu bakış açısı sadece her bir kriterin objektif ağırlığını belirlemekle kalmaz ama aynı zamanda karar vericilerin belirli kriterleri karar verme prosedüründen çıkarmalarını da kolaylaştırabilir (Rani ve ark., 2022; Kaya ve ark., 2022).

MEREK yönteminde alternatiflerin performanslarını hesaplamak için eşit ağırlıklara sahip basit bir logaritmik ölçü tanımlanır. Mutlak sapma ölçüsü, her bir kriterin kaldırılmasının etkilerini belirlemek için kullanılır. Bu ölçü, genel performans ile bir kriter kaldırıldığında performans arasında ölçülen farkı gösterir. MEREK yönteminin çözüm adımlarını Keshavarz-Ghorabae ve ark. (2021) 6 adımda açıklamıştır.

*Adım 1:* Başlangıç karar matrisi (X) oluşturulur. Her bir kriter için her bir alternatifin değeri gösterilir. 'n' alternatifleri ve 'm' kriterleri gösterir.  $X_{ij}$  değeri, 'j' kriterindeki 'i' alternatifinin değerini gösterir. Başlangıç matrisinde tüm değerler sıfırdan büyük olmalıdır.

$$X = [x_{ij}]_{m \times n} \quad (1)$$

*Adım 2:* Normalizasyon yapılır. Başlangıç karar matrisinin (X) öğelerini normalize etmek için basit bir doğrusal normalizasyon kullanılır. Normalize edilmiş matrisin elemanları ' $N_{ij}$ ' ile gösterilir. Kriterlerden (beneficial) faydalı olanlar (B) faydalı/maksimum kriterler grubunu temsil ederler ve (non-beneficial) faydalı olmayanlar (H) faydalı olmayan/minimum kriterler grubunu temsil ederler.

$$N_{ij} = \left\{ \frac{\min_k x_{ij}}{x_{ij}} \right\} \text{ eğer } j \in B \text{ faydalı/maksimum kriterler için} \quad (2)$$

$$N_{ij} = \left\{ \frac{x_{ij}}{\max_k x_{kj}} \right\} \text{ eğer } j \in H \text{ faydalı olmayan/minimum kriterler için} \quad (3)$$

*Adım 3:* Genel performans bulunur. Alternatiflerin genel performans değeri, doğrusal olmayan logaritmik bir fonksiyona dayalı eşit kriter ağırlıklarına sahip bir logaritmik ölçü uygulanarak hesaplanır. Böylece daha küçük değerlerin normalize edilmiş değerlerden daha büyük performans değerleri vermesi sağlanabilir.

$$S_i = \ln \left( 1 + \left( \frac{1}{m} \sum_j |\ln(N_{ij})| \right) \right) \quad (4)$$

*Adım 4:* Kriterler kaldırılarak performans ölçülür Her bir kriterin değeri genel performanstan çıkarılarak alternatiflerin ( $S'_{ij}$ ) performansları ayrı ayrı hesaplanır.

$$S'_{ij} = \ln \left( 1 + \left( \frac{1}{m} \sum_{k, k \neq j} |\ln(N_{ik})| \right) \right) \quad (5)$$

*Adım 5:* Kaldırma/sapma etkisi ölçülür. Bir kriterin kaldırılmasının etkisi ' $E_j$ ', mutlak sapmaların toplanmasıyla hesaplanır. Adım 3 ve Adım 4'ten elde edilen değerlere dayalı olarak ' $j$ .' kriterin kaldırma etkisi hesaplanır. Mutlak değerlere dikkat edilmelidir.

$$E_j = \sum_i |S'_{ij} - S_i| \quad (6)$$

*Adım 6:* Kriterlerin nihai ağırlıkları belirlenir. Nihai ağırlıkları belirlemek için ' $E_j$ ' değerleri normalleştirilir. Her bir kriterin objektif ağırlığı, Adım 5'in kaldırma etkileri ( $E_j$ ) kullanılarak hesaplanır.

$$w_j = \frac{E_j}{\sum_k E_k} \quad (7)$$

Kriter ağırlıkları belirlenirken subjektif, objektif ve bütünleşik yöntemler kullanılabilir. Bu çalışmada kriterlerin gerçek verilerini içeren ve objektif bir ağırlık belirleme yöntemi olarak kullanılan MEREC yöntemiyle karşılaştırma yapılabilmesi ve uygunluğunun araştırılabilmesi için yine bir objektif ağırlık belirleme yöntemi olan Entropi yöntemi kullanılmıştır. Entropi yöntemi kriterlerin ağırlıklarını belirlemek için kullanılan ÇKKV yöntemlerinden güvenilir ve veriye dayalı objektif bir ağırlık belirleme yöntemidir (Khodaei ve ark., 2021). Entropi yönteminin geçmişi çok eskilere dayanmaktadır. Temelleri 1865 yılında Clausius tarafından termodinamikte düzensizliğin ve dağınıklığın bir ölçütü olarak sunulan Entropi yöntemi Shannon (1948) tarafından enformasyon entropisi halini almıştır. Entropi yöntemi başlangıç matrisinin oluşturulmasında karar vericinin yargılarına ihtiyaç duymaz, bundan ziyade alternatiflerin aldıkları değerlere göre kriter ağırlıklarını belirler (Yazdani ve ark., 2020). Spesifik kullanım sırasında, ilk olarak her bir özelliğin entropi ağırlığını hesaplamak için bilgi entropisini kullanarak ve ikinci olarak her bir özelliğin varyasyon derecesine göre her bir özelliğin ağırlığını revize etmek için entropi ağırlığını kullanarak göreceli bir nesnel öznitelik ağırlığına ulaşabilir. Entropi yöntemi özellikle bilgi kümeleri arasındaki eşitsizlikleri incelemek için değerlidir ve farklı alternatiflerin belirli nitelikleri için aynı değerler elde edilirse, niteliklerin ortadan kaldırılması gerekir. Mühendislik teknolojisi ve sosyal ekonomi alanlarında yaygın olarak uygulanmaktadır (Li ve ark., 2020).

Yöntemin çözüm aşamaları 4 aşamada gerçekleştirilebilir. Entropi yönteminde de çözüm aşamalarına başlangıç karar matrisinin hazırlanmasıyla başlanır ve Tablo 1'deki aşamalar izlenir (Li ve ark., 2020; Torkayesh ve ark., 2020; Yazdani ve ark., 2020; Keleş, 2021; Özaydin ve Karakul, 2021).

**Tablo 1.** Entropi yönteminin aşamaları

Adım	İşlem	Açıklama
1	$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^j x_{ij}}$	$X=[X_{ij}]_{m \times n}$ , $i$ : alternatifler, $j$ : kriterler olmak üzere karar matrisi oluşturulur. $x_{ij}$ : $i$ . alternatifi için verilen fayda değeri olmak üzere normalize edilmiş karar matrisi elde edilir, $r_{ij}$ : normalize edilmiş değerlerdir.
2	$e_j = -k \sum_{i=1}^n r_{ij} \cdot \ln(r_{ij})$	$e_j$ =entropi değeri, $0 \leq e_j \leq 1$ , $i = 1,2,\dots,m$ ve $j = 1,2,\dots, n$ , $k$ =entropi katsayısı $\{(\ln(n))^{-1}\}$ , kriterlere ait entropi değerleri bulunur.
3	$d_j = 1 - e_j$	Bilginin farklılaşma derecesi hesaplanır. $d_j$ ' nin yüksek bulunması kriterlere ilişkin farklılaşmanın fazla olduğunu gösterir.
4	$w_j = \frac{1-e_j}{\sum_{i=1}^n (1-e_j)}$	Entropi kriter ağırlıkları hesaplanır. Entropi değerlerinin toplamı 1'e eşittir. $w_1 + w_2 + w_3 + \dots + w_n = 1$

Hazırlanan karar matrisinin normalize edilmesiyle ilk aşamada işlemlere başlanır. İkinci aşamada her bir kritere ait entropi değerleri hesaplanır, üçüncü aşamada bilginin farklılaşma derecesi hesaplanır ve dördüncü aşamada kriter ağırlıkları belirlenir.

#### 4. Bulgular ve Tartışma

Çalışmada belirlenen 5 kritere göre 9 alternatifin değerlendirilmesi öncelikle MEREC yöntemi çözüm aşamalarına göre ardından Entropi yöntemi çözüm aşamalarına göre gerçekleştirilir. Yük kaldırma platformu seçiminde “yük kaldırma kapasitesi, fiyatı, platform boyutu, platform ağırlığı ve kaldırma yüksekliği” olmak üzere 5 kriter ve 9 farklı alternatif belirlenmişti. MEREC yönteminin aşamaları dikkate alınarak oluşturulan başlangıç karar matrisini içeren 9 farklı alternatifin kriterlere göre aldıkları değerler Tablo 2’de sunulmuştur.

**Tablo 2.** Başlangıç karar matrisi

	C1-B-Kapasite	C2-H-Fiyat	C3-B-Platform boyutu	C4-H-Platform ağırlığı	C5-B-Kaldırma yüksekliği
A1	2000	40754	850*1300*360	295	2
A2	300	43045	2250*1350*1530	1380	10
A3	350	35915	910*500*53	142	1,3
A4	230	41178	2260*810*1100	1850	8
A5	300	29096	1850*1300*1200	750	4
A6	1000	26583	1000*1600*990	186	1
A7	700	22523	1220*610*445	195	1,5
A8	800	22467	1220*610*60	172	1,5
A9	500	20176	815*500*50	82	1

Not: B: Fayda (maksimum) kriteri, H: Maliyet (minimum) kriteri

Karar matrisinde daha önce belirlenen her bir kritere göre 9 farklı alternatifin değerleri raporlanır. Bazı alternatiflerin yük kaldırma kapasitesi düşükken kaldırma yüksekliği fazla, kapasitesi fazlayken kaldırma yüksekliğinin düşük olduğu ilk etapta göze çarpmaktadır. Alternatiflerin fiyatları 20.176 TL ila 40.754 TL arasında değişiklik gösterir. İkinci aşamada oluşturulan normalize karar matrisine Tablo 3’de yer verilmiştir.

**Tablo 3.** Normalize karar matrisi

	C1	C2	C3	C4	C5
A1	0,12	0,95	0,05	0,16	0,50
A2	0,77	1,00	0,00	0,75	0,10
A3	0,66	0,83	0,84	0,08	0,77
A4	1,00	0,96	0,01	1,00	0,13
A5	0,77	0,68	0,01	0,41	0,25
A6	0,23	0,62	0,01	0,10	1,00
A7	0,33	0,52	0,06	0,11	0,67
A8	0,29	0,52	0,46	0,09	0,67
A9	0,46	0,47	1,00	0,04	1,00

Normalize kriter değerleri eşitlik (2) ve (3)’e göre fayda/maksimum veya maliyet/minimum durumlarına göre hesaplanır. Üçüncü adımda alternatiflerin genel performans değerleri hesaplanır ve Tablo 4’de sunulur. Ayrıca dördüncü adımda her bir kriter kaldırılarak genel performanslar tekrar hesaplanır ve Tablo 4’de sunulur.

**Tablo 4.** Alternatiflerin genel ve ayırık performansları

	S <sub>i</sub>	S1'	S2'	S3'	S4'	S5'
A1	0,934	0,747	0,929	0,667	0,778	0,878
A2	0,978	0,957	0,978	0,453	0,955	0,787
A3	0,542	0,492	0,521	0,522	0,188	0,511
A4	0,852	0,852	0,848	0,354	0,852	0,656
A5	0,948	0,927	0,917	0,463	0,875	0,834
A6	1,001	0,886	0,965	0,615	0,816	1,001
A7	0,892	0,797	0,838	0,633	0,689	0,859
A8	0,738	0,611	0,674	0,660	0,481	0,699
A9	0,658	0,574	0,576	0,658	0,268	0,658

Tablo 4’de S<sub>i</sub> sütununda genel performans hesaplanmış, diğer sütunlarda ise her bir kriter kaldırıldığında alternatiflerin performansı tekrar bulunmuştur. Beşinci aşamada mutlak sapmaların toplanmasıyla kriterlerin kaldırma/sapma etkisi (eşitlik (6)) ölçülür, ardından son olarak nihai kriter ağırlıkları (eşitlik (7)) belirlenir ve Tablo 5’de sunulur.



**Tablo 5.** Kaldırma etkisi ve nihai ağırlıklar

Etki		Ağırlık		Sıra
E1	0,698	w1	0,120	3
E2	0,297	w2	0,051	5
E3	2,516	w3	0,433	1
E4	1,642	w4	0,282	2
E5	0,660	w5	0,113	4
Toplam	5,812	Toplam	1,000	Sıra

MEREC yöntemine göre kriter ağırlıkları hesaplanmıştır. İlk sırada %43,3 ağırlıkla platform boyutu, ikinci sırada %28,2 ağırlıkla platform ağırlığı, üçüncü sırada %12 ağırlıkla yük kaldırma kapasitesi, dördüncü sırada %11,3 ağırlıkla kaldırma yüksekliği ve beşinci sırada %5,1 ağırlıkla fiyat kriteri yer almıştır. İlk sırada ve son sırada bulunan kriterlerin ağırlıklarının çok yüksek ve çok düşük çıkmasının sebebini alternatiflerin en yüksek ve en düşük değerleri arasında çok fazla ya da çok az olmasına bağlayabiliriz.

Entropi yöntemine göre hesaplamalar karar matrisinin normalizasyonu ile başlar. Aynı problemin Tablo 2’de sunulan karar matrisi normalize edilerek elde edilen değerleri Tablo 6’da yer almıştır.

**Tablo 6.** Entropi yöntemine göre normalizasyon

	C1	C2	C3	C4	C5
A1	0,324	0,145	0,033	0,058	0,066
A2	0,049	0,153	0,389	0,273	0,330
A3	0,057	0,127	0,002	0,028	0,043
A4	0,037	0,146	0,169	0,366	0,264
A5	0,049	0,103	0,242	0,148	0,132
A6	0,162	0,094	0,133	0,037	0,033
A7	0,113	0,080	0,028	0,039	0,050
A8	0,129	0,080	0,004	0,034	0,050
A9	0,081	0,072	0,002	0,016	0,033

Normalize edilmiş değerler elde edildikten sonra ikinci aşamada ‘k’ entropi katsayısına göre kriterlere ait entropi değerleri bulunur ve bulunan bu değerler Tablo 7’de sunulur.

**Tablo 7.** Entropi değerleri

Eij	C1	C2	C3	C4	C5
A1	-0,365	-0,280	-0,113	-0,166	-0,179
A2	-0,147	-0,287	-0,367	-0,354	-0,366
A3	-0,163	-0,263	-0,013	-0,100	-0,135
A4	-0,122	-0,281	-0,300	-0,368	-0,352
A5	-0,147	-0,234	-0,343	-0,283	-0,267
A6	-0,295	-0,223	-0,268	-0,122	-0,113
A7	-0,247	-0,202	-0,099	-0,126	-0,149

A8	-0,265	-0,202	-0,021	-0,115	-0,149
A9	-0,203	-0,189	-0,011	-0,067	-0,113
Toplam	-1,953	-2,160	-1,535	-1,701	-1,822
ej	0,889	0,983	0,699	0,774	0,829

Üçüncü aşamada bilginin farklılaşma derecesi hesaplanır, nihai olarak dördüncü aşamada kriterlerin ağırlıkları bulunur ve hesaplanan değerler Tablo 8’de sunulur.

**Tablo 8.** Farklılaşma dereceleri ve nihai ağırlıklar

	C1	C2	C3	C4	C5	Toplam
dj	0,111	0,017	0,301	0,226	0,171	0,826
wj	0,134	0,021	0,365	0,274	0,207	1,000

Entropi yöntemine göre %36,5 ağırlıkla platform boyutu ilk sırada bulunmuştur. İkinci sırada %27,4 ağırlıkla platform ağırlığı, üçüncü sırada %20,7 ağırlıkla kaldırma yüksekliği, dördüncü sırada %13,4 ağırlıkla yük kaldırma kapasitesi ve beşinci sırada %2,1 ağırlıkla fiyat kriterinin geldiği hesaplanmıştır.

MEREC ve Entropi yöntemlerine göre kriter ağırlıkları hesaplandığında yalnızca 3. ve 4. sırada yer alan kriterlerin yer değiştirdiği söylenebilir. Ancak kriterlerin aldıkları skorlar arasında farklılıklar bulunmuştur. Bunun için MEREC ve Entropi yöntemleri ile belirlenen kriter ağırlıkları Pearson korelasyon analiziyle incelenmiş ve bulgular arasında çok kuvvetli, anlamlı ve pozitif yönde bir ilişki  $r(3)=0,926$ ,  $p=0,024$  tespit edilmiştir. Bulguların karşılaştırılmasında MEREC yönteminin Entropi yöntemine göre daha kolay, anlaşılabilir ve özgün çözüm aşamalarına sahip olmasından dolayı farklı tipte karar problemlerinde kullanılabileceği değerlendirilmiştir.

Diğer taraftan henüz çok yeni olan bir diğer objektif ağırlık belirleme yöntemi olan LOPCOW yöntemiyle de bulunan sonuçların karşılaştırılmasının katkı sağlayacağı düşünülmüştür. LOPCOW yöntemi Ecer ve Pamucar (2022) tarafından literatüre tanıtılırken verilerin farklı boyutlarda olması sorununu ortadan kaldırma, makul ağırlıklar elde etme ile pozitif ve negatif verileri birlikte dikkate alma iddiasıyla ortaya atılmıştır. MEREC yöntemine bazı benzer iddiaları sebebiyle LOPCOW yöntemi kullanılarak aynı problem incelenmiştir. LOPCOW yöntemi bulgularına göre C4-platform ağırlığı kriteri %32,7 ağırlıkla ilk sırada bulunmuş, bu kriteri sırasıyla C2-fiyat %22,95 ağırlıkta, C1-yük kaldırma kapasitesi %15,42 ağırlıkta, C3-platform boyutu %15,27 ağırlıkta, C5-kaldırma yüksekliği %13,66 ağırlıkta bulunmuştur. LOPCOW yöntemi MEREC yöntemiyle karşılaştırıldığında kriter ağırlıkları ve sıralamaları itibariyle farklı bulgular elde edilmiştir. Ancak her ne kadar da LOPCOW yönteminde farklı kriter ağırlıkları ve sıralamaları bulunmuş olsa dahi iddia edildiği gibi verilerin farklı boyutlarda olması sorununun ortadan kaldırıldığı ve biraz daha makul ağırlıklar elde edildiği söylenebilir. Belirtilen iddiaların desteklenmesi için daha çok alternatifin ve kriterin bulunduğu karar problemlerinde araştırılması faydalı olacaktır.

## 5. Sonuç

Çok kriterli karar vermenin önemli bir bölümü sadece alternatiflerin sıralanması, seçilmesi ve değerlendirilmesini içermeyip ama aynı zamanda diğer önemli bölümü alternatiflerin çeşitli kriterlere göre değerlendirilmesini sağlayan kriterlerin ağırlığını belirleme yöntemlerinden oluşmaktadır. Kriter ağırlığı belirlerken sübjektif, objektif ve bütünlük yöntemleri kullanılabilir. Bütünlük yöntemleri objektif ve sübjektif yöntemlerin kombinasyonunu kullanır. Sübjektif yöntemlerle karar vericinin/vericilerin bilgi, deneyim ve kişisel tercihlerine bağlı olarak kriter ağırlıklarını belirler. Objektif yöntemlerde ise karar vericilerin rolü yoktur. Objektif yöntemlerin hesaplama aşamalarında kriterlerin gerçek verilerini içeren karar matrisi kullanılır. Kriter ağırlıklarını belirlemek için kullanılan bilgilerde yanlış, sınırlı, öznel yargıların ve mantıklı olmayan ifadelerin varlığında karar vermek zorlaşır, böyle durumlarda objektif yöntemler kullanılarak hem bu dezavantajlar ortadan kaldırılır hem de tercihlerin doğruluğunun azalması dezavantajı ortadan kaldırılır.

Bu çalışmada belirlenen amaçlara göre yük kaldırma platformu seçimi yapılması için objektif bir ağırlık belirleme yöntemi kullanılmasına karar verilmiştir. Henüz çok yakın bir zamanda 2021 yılında Keshavarz-Ghorabae ve ark. tarafından literatüre tanıtılan MEREC yöntemi kullanılarak kriter ağırlıkları belirlenmiştir. MEREC yöntemi kullanılarak yapılan hesaplamalara göre kriterlerden 1. sırada %43,3 ağırlıkla platform boyutu, 2. sırada %28,2 ağırlıkla platform ağırlığı, 3. sırada %12 ağırlıkla yük kaldırma kapasitesi, 4. sırada %11,3 ağırlıkla kaldırma yüksekliği ve nihayetinde 5. sırada %5,1 ağırlıkla fiyat kriteri bulunmuştur. Kriterlerden ilk ve son sırada bulunanların ağırlıklarının çok yüksek/düşük çıkmasının sebebi alternatiflerin en yüksek/düşük değerleri arasında farkın çok fazla/az olmasına bağlanmıştır. MEREC yönteminde ilk sırada platform boyutu kriterinin bulunması alternatiflerin skorlarının en düşük ve en yüksekleri arasında oldukça farklılıklar bulunmasından, son sırada fiyat kriterinin bulunması ise en düşük ve en yüksek skorlarının diğerlerine göre daha çok yakın olması olarak açıklanabilir. Kriterlerin önemi, dahil etmekten ziyade hariç tutma perspektifine dayalı olarak henüz yeni bir kavramla açıklanan MEREC yönteminde her bir kriter için bir objektif ağırlık hesaplanmıştır. MEREC yönteminin doğruluğunu göstermek, yöntemi karşılaştırmak ve uygunluğunu araştırmak için ikinci bir ağırlıklandırma yöntemi kullanılabilir. Bu sebeplerle karşılaştırma için başka bir objektif kriter ağırlık belirleme yöntemi olan Entropi yöntemi kullanılmıştır. Entropi yöntemine göre yük kaldırma platformu seçiminde kullanılan kriter ağırlıkları belirlenmiş, buna göre 1. sırada %36,5 ağırlıkla platform boyutu, 2. sırada %27,4 ağırlıkla platform ağırlığı, 3. sırada %20,7 ağırlıkla kaldırma yüksekliği, 4. sırada %13,4 ağırlıkla yük kaldırma kapasitesi ve son olarak 5. sırada %2,1 ağırlıkla fiyat kriteri bulunmuştur. MEREC ve Entropi bulgularında yalnızca 3. ve 4. sırada yer alan kriterlerin yer değiştirdiği görülmüştür. Kriter ağırlıkları Pearson korelasyon analiziyle incelendiğinde yöntemler arasında çok kuvvetli, anlamlı ve pozitif yönde bir ilişki tespit edilmiştir. Bunun için daha kısa, kolay anlaşılabilir, özgün çözüm aşamalarına sahip MEREC yönteminin objektif bir kriter ağırlık belirleme yöntemi olarak karar problemlerinde kullanılması tavsiye edilebilir.

Bu çalışmadan kriter ağırlığı belirlemek için objektif bir ağırlık belirleme yöntemi olan MEREC yönteminden güvenilir bir şekilde faydalanılabileceği sonucu çıkartılabilir. Aynı zamanda literatürde çeşitli yeni kriter ağırlığı belirleme yöntemlerinin tanıtıldığından bu alanda halen yeni yöntemlere ihtiyacın olduğu

söylenbilir. İleride yapılacak çalışmalarda MEREC yöntemine göre elde edilen bulguların CRITIC yöntemi, Standard Sapma yöntemi, SECA yöntemi, ortalama ağırlık yöntemi gibi çeşitli objektif ağırlık belirleme yöntemleriyle karşılaştırılabileceği değerlendirilir. Bu çalışmadan elde edilen kriter ağırlıklarının ileride en uygun alternatifin seçilmesi ve sıralanması için ÇKKV yöntemlerinde kullanılabileceği önerilebilir.

### **Çıkar Çatışması Beyanı**

Makale yazarı herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

### **Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti**

Yazar makaleye %100 oranında katkı sağlamış olduğunu beyan eder.

### **Kaynakça**

- Ahmad S., Ali M., Khan ZA, Asjad M. Investigating the effect of input variables on the performance of FMS followed by multi-response optimization: A simulation study. *Materials Today. Proceedings 2022*; 1-4, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.05.169>.
- Ecer F., Pamucar D. A novel LOPCOW-DOBI multi-criteria sustainability performance assessment methodology: An application in developing country banking sector. *Omega 2022*; 112: 1-17. 102690, <https://doi.org/10.1016/j.omega.2022.102690>.
- Alao MA., Ayodele TR., Ogunjuyigbe ASO., Popoola OM. Multi-criteria decision based waste to energy technology selection using entropy-weighted TOPSIS technique: The case study of Lagos, Nigeria. *Energy 2020*; 201: 117675.
- Alkan Ö., Albayrak ÖK. Ranking of renewable energy sources for regions in Turkey by fuzzy entropy based fuzzy COPRAS and fuzzy MULTIMOORA. *Renewable Energy 2020*; 162: 712-726.
- Demirci A., Manavgat G. Veri Zarflama Analizi, TOPSİS ve VIKOR teknikleriyle forklift aracı seçimi: karma model önerisi. *Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi 2021*; 3(1): 2-27.
- Ersoy Y. Green machine selection in a manufacturing company using TOPSIS Method. *Akademia Doğa ve İnsan Bilimleri Dergisi 2020*; 6(1): 45-56.
- Fazlollahtabar H., Smailbašić A., Stević Ž. FUCOM method in group decision-making: Selection of forklift in a warehouse. *Decision Making: Applications in Management and Engineering 2019*; 2(1): 49-65.
- Goswami SS., Mohanty SK., Behera DK. Selection of a green renewable energy source in India with the help of MEREC integrated PIV MCDM tool. *Materials Today. Proceedings 2022*; 52: 1153-1160.
- Hadi A., Abdullah MZ. Web and IoT-based hospital location determination with criteria weight analysis. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics 2022*; 11(1): 386-395.
- Hezam IM., Mishra AR., Rani P., Cavallaro F., Saha A., Ali J., Strielkowski W., Štreimikienė DA Hybrid Intuitionistic Fuzzy-MEREC-RS-DNMA method for assessing the alternative fuel vehicles with sustainability perspectives. *Sustainability 2022*; 14(9): 5463.

- Kaya SK., Ayçin E. Pamucar D. Evaluation of social factors within the circular economy concept for European countries. *Central European Journal of Operations Research* 2022; <https://doi.org/10.1007/s10100-022-00800-w>.
- Keleş N. Türkiye’de lojistik köy yeri seçiminin çok kriterli karar verme yöntemleriyle değerlendirilmesi. Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Doktora Tezi, Zonguldak, Türkiye, 2021.
- Keshavarz-Ghorabae M., Amiri M., Zavadskas EK., Turskis Z., Antucheviciene J. Determination of objective weights using a new method based on the removal effects of criteria (MERECE). *Symmetry* 2021; 13(4): 525.
- Khodaei D., Hamidi-Esfahani Z., Rahmati E. Effect of edible coatings on the shelf-life of fresh strawberries: A comparative study using TOPSIS-Shannon entropy method. *NFS Journal* 2021; 23: 17-23.
- Kučera T. Selection of handling equipment in warehouse using multi-criteria decision-making. In *Transport Means 2020: proceedings of the 24th International Scientific Conference*. Kaunas University of Technology 2020.
- Li H., Wang W., Fan L., Li Q., Chen X. A novel hybrid MCDM model for machine tool selection using fuzzy DEMATEL, entropy weighting and later defuzzification VIKOR. *Applied Soft Computing* 2020; 91: 106207.
- Li Y., Chen W. Entropy method of constructing a combined model for improving loan default prediction: A case study in China. *Journal of the Operational Research Society* 2021; 72(5): 1099-1109.
- Marinković M., Zavadskas EK., Matić B., Jovanović S., Das DK., Sremac S. Application of wasted and recycled materials for production of stabilized layers of road structures. *Buildings* 2022; 12(5): 552.
- Mishra AR., Saha A., Rani P., Hezam IM., Shrivastava R., Smarandache F. An integrated decision support framework using single-valued-MERECE-MULTIMOORA for low carbon tourism strategy assessment. *IEEE Access* 2022; 10: 24411-24432.
- Nicolalde JF., Cabrera M., Martínez-Gómez J., Salazar RB., Reyes E. Selection of a phase change material for energy storage by multi-criteria decision method regarding the thermal comfort in a vehicle. *Journal of Energy Storage* 2022; 51: 104437.
- Özaydin G., Karakul AK. Entropi tabanlı MAUT, SAW ve EDAS yöntemleri ile finansal performans değerlendirmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* 2021; 26(1): 13-29.
- Özgüner Z. Üretim işletmelerinin lojistik faaliyetlerinde süreçsel etkinliğin başarı dinamikleri. 1. Baskı, İstanbul, Hiperyayın, 2019.
- Pamučar D., Čirović G. The selection of transport and handling resources in logistics centers using Multi-Attributive Border Approximation area Comparison (MABAC). *Expert systems with applications* 2015; 42(6): 3016-3028.
- Pekkaya M., Keleş N. Determining criteria interaction and criteria priorities in freight village location selection process: the experts’ perspective in Turkey. *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics* 2021; <https://doi.org/10.1108/APJML-05-2021-0338>.

- Petrović G., Pavlović J., Madić M., Marinković D. Optimal synthesis of loader drive mechanisms: a group robust decision-making rule generation approach. *Machines* 2022; 10(5): 329.
- Popović G., Karabašević D., Stanujkić D. Multiple-criteria framework for cloud service selection. *Proceedings of the 3rd Virtual International Conference Path to a Knowledge Society-Managing Risks and Innovation, PaKSoM 2021; November 15-16, 2021: 377-382, Serbia.*
- Rani P., Mishra AR., Saha A., Hezam IM., Pamucar D. Fermatean fuzzy Heronian mean operators and MEREC-based additive ratio assessment method: An application to food waste treatment technology selection. *International Journal of Intelligent Systems* 2022; 37(3): 2612-2647.
- Sapkota G., Das S., Sharma A., Ghadai RK. Comparison of various multi-criteria decision methods for the selection of quality hole produced by ultrasonic machining process. *Materials Today: Proceedings* 2022; 58(2): 702-708, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.02.221>.
- Sarıçalı G., Kundakçı N. Forklift alternatiflerinin KEMIRA-M yöntemi ile değerlendirilmesi. *Optimum Ekonomi ve Yönetim Bilimleri Dergisi* 2017; 4(1): 35-53.
- Shang Z., Yang X., Barnes D., Wu C. Supplier selection in sustainable supply chains: Using the integrated BWM, fuzzy Shannon entropy, and fuzzy MULTIMOORA methods. *Expert Systems with Applications* 2022; 195: 116567.
- Shannon, CE. A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal* 1948; 27(3): 379-423.
- Simić V., Ivanović I., Đorić V., Torkayesh AE. Adapting urban transport planning to the COVID-19 pandemic: An integrated fermatean fuzzy model. *Sustainable Cities and Society* 2022; 103669.
- Torkayesh SE., Amiri A., Iranizad A., Torkayesh AE. Entropy based EDAS decision making model for neighborhood selection: A case study in Istanbul. *Journal of Industrial Engineering and Decision Making* 2020; 1(1): 1-11.
- Toslak M., Aktürk B., Ulutaş A. MEREC ve WEDBA yöntemleri ile bir lojistik firmasının yıllara göre performansının değerlendirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* 2022; 33: 363-372.
- Trung DD., Thinh HX. A multi-criteria decision-making in turning process using the MAIRCA, EAMR, MARCOS and TOPSIS methods: A comparative study. *Advances in Production Engineering & Management* 2021; 16(4): 443-456.
- Tuzkaya G., Özgen D., Gülsün B. Malzeme taşıma sistemi alternatiflerinin değerlendirilmesinde bulanık-PROMETHEE yaklaşımı. *Doğuş Üniversitesi Dergisi* 2011; 12(1): 144-155.
- Ulutaş A., Çelik D. Transpalet seçimi probleminin AHP ve EDAS yöntemleri ile değerlendirilmesi. *Business & Management Studies: An International Journal* 2019; 7(2): 668-686, <http://dx.doi.org/10.15295/bmij.v7i2.1028>.
- Ulutaş A., Stanujkić D., Karabasević D., Popović G., Novaković S. Pallet truck selection with MEREC and WISP-S methods. *Strategic Management-International Journal of Strategic Management and Decision Support Systems in Strategic Management* 2022; 1-7. 10.5937/StraMan2200013U.
- Verma PK., Kumar R., Goindi GS. Evaluation of material handling using MCDM techniques: A case study. *In Advances in Production and Industrial Engineering* 2021; 389-401, Springer, Singapore.

- Vesković S., Milinković S., Abramović B., Ljubaj I. Determining criteria significance in selecting reach stackers by applying the fuzzy PIPRECIA method. *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications* 2020; 3(1): 72-88.
- Wang R., Li X., Li C. Optimal selection of sustainable battery supplier for battery swapping station based on Triangular fuzzy entropy-MULTIMOORA method. *Journal of Energy Storage* 2021; (34): 102013.
- Yazdani M., Torkayesh AE., Santibanez-Gonzalez, ED., Otaghsara, SK. Evaluation of renewable energy resources using integrated Shannon Entropy-EDAS model. *Sustainable Operations and Computers* 2020; (1): 35-42.
- Zhao J., Ji G., Tian Y., Chen Y., Wang Z. Environmental vulnerability assessment for mainland China based on entropy method. *Ecological Indicators* 2018; (91): 410-422.