



Tüketicilerin Otomobil Satın Alma Tercihlerinin Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri İle Değerlendirilmesi

Evaluation Of Consumers' Preferences Of Automobile With Multi-Criteria Decision-Making Techniques

Yusuf OFLAZ

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sivas/Türkiye
ORCID0000-0002-5428-1616

Prof. Dr. Hüdaverdi BİRCAN

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Sivas/Türkiye
ORCID: 0000-0002-1868-1161

ÖZET

Günümüzde tüketiciler için fiziksel özellikler ve şekil açısından çok çeşitli araba marka ve modeller sunulmaktadır. Bu çalışmanın amacı bir otomobil satın alınırken tüketicilerin aradıkları özellikler ve aynı segmentteki araçların değerlendirilmesidir. Çalışmada elde edilen kriterler sahada son tüketici ile doğrudan temas halinde olan uzmanlar ile çalışılarak elde edilmiş olup kullanılan araçlar ise yine aynı uzmanlar yardımı ile aynı segmentte sektörde C SUV olarak adlandırılan araçlar kullanılmıştır. Bunun için yakıt tüketimi, karbon emisyonu, hızlanma, motor gücü, bagaj hacmi, kasa uzunluğu, maksimum hız, motorlu taşıt vergisi ve fiyat olmak üzere 9 kriterden oluşturulmuştur. Tüketicilerin aradıkları özellikleri oluşturan bu 9 farklı kriter AHP yöntemi ile ağırlıklandırılmıştır. Aynı segmentte olan 7 farklı arabanın oluşturduğu alternatifler TOPSIS, VIKOR ve EDAS yöntemleri ile ayrı ayrı sıralanarak en iyi alternatif belirlenmiştir. Yöntemlerin sıralamaları sonucunda oluşan tüm sonuçlar COPELAND yöntemi ile birleştirilerek tek bir sonuç elde edilmiştir. COPELAND puanına göre Arb_1, Arb_2 veya Arb_4 en iyi alternatif olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tüketici tercihleri, AHP, TOPSIS, VIKOR, EDAS, COPELAND

ABSTRACT

Today, a wide variety of car brands and models are offered to consumers in terms of physical features and shape. The aim of this study is to evaluate the features that consumers look for when purchasing a car and the vehicles in the same segment. The criteria obtained in the study were obtained by working with the experts who are in direct contact with the end consumer in the field, and the vehicles used were called C SUVs in the same segment with the help of the same experts. For this purpose, it was formed from 9 criteria: fuel consumption, carbon emission, acceleration, engine power, luggage volume, body length, maximum speed, motor vehicle tax and price. These 9 different criteria, which constitute the features that consumers are looking for, are weighted with the AHP method. Alternatives created by 7 different cars in the same segment were listed separately by TOPSIS, VIKOR and EDAS methods and the best alternative was determined. All the results resulting from the sequence of the methods were combined with the COPELAND method and a single result was obtained. According to the COPELAND score, Arb_1, Arb_2 or Arb_4 were determined as the best alternative.

Keywords: Consumer preferences, AHP, TOPSIS, VIKOR, EDAS, COPELAND.

1. GİRİŞ

Otomobil, fertlerin yaşamlarını kolaylaştıran araçlardan biridir. Gerek dar gelirliler gerekse de orta gelirliler bakımından lüks ürün şeklinde değerlendirilebilmekte olan otomobiller ekseriyetle tasarruf amaçlı olarak satın alınır. Nitekim otomobil satın alımı, bireylerin yaşamlarında yaptıkları en büyük tutarlı harcamalardan birisidir (Arıtan ve Akyüz, 2015: 197). Bu bağlamda otomobiller yüksek öneme haiz bir ürün olması, çok sık satın alınan bir ürün niteliğine sahip olmaması, pahalı olması, belli bir risk içermesi, satın alım sürecinde teknik bilgiyi gerektiriyor olması vb. nedenlerle rasyonel

satın alma kararı çerçevesinde ele alınmaktadır. Bu nedenle, otomobil satın alımına ilişkin araştırma sürecinde tüketicilerin ciddi bir emek ve zaman harcamaları gereklidir (Akay, 2003: 81). Nitekim otomobil satın alımı, birçok alternatifin ve kriterin değerlendirilmesi gereken, gerek nicel gerekse de nitel birtakım unsurların dikkate alındığı bir problemdir (Terzi, Hacıoğlu ve Aladağ, 2006: 44).

Karar alma, fertlerin yaşamlarında gündelik rutinlerden profesyonel işlere, geniş bir alanda alternatiflerin değerlendirilmesi suretiyle tamamlanmak zorunda olunan bir süreç niteliğindedir. Çeşitli uzmanlarca, birtakım analizlerle etkili kararlar alınması ve kötü kararların alınmasını azaltmayı hedefleyen çok kriterli karar verme (ÇKKV) teknikleri geliştirilmektedir. Bu ÇKKV teknikleri, karar verici/lerin karar verme noktasında zorlanabileceği, sözgelimi birbirleriyle çelişki içerisinde bulunan birtakım kriterlerin meydana getirdiği belirsizlik, karmaşıklık ve optimum iyi karar verilmesini sağlamakta olan tekniklerdir (Hahn, 2003: 445).

Bu çalışma kapsamında, otomobil tercihi problemine ilişkin kriterler AHP ile ağırlıklandırılmış olup, alternatif araç markaları TOPSIS, VIKOR, EDAS yöntemleriyle sıralamaları yapılmıştır. Bununla beraber elde edilen tüm sıralamaların COPELAND yöntemi ile birleştirilerek çözüm aranmıştır.

Bu çalışma için, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Sosyal ve Beşeri Bilimler Kurulu'ndan 21.12.2020 tarihli (Toplantı Sayısı: 17, Karar No:18) "Etik Kurul Onayı" alınmıştır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Literatürde tüketicilerin otomobil tercihlerine ve satın alma kararlarına ilişkin olarak gerçekleştirilmiş birtakım çalışmalara rastlamak mümkündür. Bunlardan bazıları verilmiştir.

Apak, Göğüş ve Karakadılar (2012) tarafından hazırlanan çalışmada, lüks otomobil tercihiyle ilintili olarak AHP tekniğinden yararlanılmış ve çalışma kapsamında kalite, güvenilirlik, teknoloji, marka imajı, esneklik, performans, fiyat ana kriterleriyle bunların alt kriterleri çerçevesinde alternatifler değerlendirilmiştir.

Ballı, Karasulu ve Körükoğlu (2013) tarafından yapılan çalışmada, otomobil tercihiyle ilişkin olarak aynı sınıftaki 1.4 benzinli, 70-90 beygir motor gücünde, 5 kapı, düz vitesli ve diğer isteğe bağlı özellikler dikkate alınmaksızın 7 farklı otomobil markasına yönelik fiyat, yakıt, performans ve güvenlik kriterleri Bulanık PROMETHEE I ve II teknikleri çerçevesinde değerlendirilerek elde edilen bulgular karşılaştırılmıştır.

Yavaş, Ersöz, Kabak ve Ersöz (2014) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, otomobil tercihiyle ilişkin olarak AHP ve ANP tekniklerinden faydalanılmıştır. Bu çalışmada temel kriterler olarak; donanım, tasarım, yakıt türü, motor hacmi, şanzıman türü, fiyat, satış sonrası hizmetler ve bu unsurlara bağlı alt kriterler saptanarak, üç alternatif değerlendirilmiştir.

Ömürbek, Karaatlı, Eren ve Şanlı (2014) tarafından yapılan çalışma kapsamında, AHP ve PROMETHEE teknikleriyle beyaz eşya servislerinde kullanılan hafif ticari araç tercihi üzerine çalışılmış ve süreç üzerinde etkisi bulunan kriterler ile bu kriterlerin arasında bulunan etkileşimler gerçekleştirilen anket çalışmasının neticesinde tespit edilmiştir. Bu bağlamda, AHP tekniğinden faydalanılarak kriter ağırlıklarıyla kriter değerleri, PROMETHEE tekniğinden yararlanılarak ise en uygun ticari araç tespit edilmiştir.

Patil, Bhale, Raikar ve Prabhakaran (2017) tarafından yapılan çalışmada, Bulanık AHP ve Gri İlişkisel Analiz tekniklerinden istifade edilerek otomobil tercihlerine yönelik karar alma süreçleri değerlendirilmiştir. Bu doğrultuda dış görünüş, iç görünüm, donanım, yol güvenliği, satış sonrası hizmet kriterleriyle bunlara bağlı alt kriterler çerçevesinde beş alternatifle ilgili olarak çalışma yapılmıştır.

Roy, Mohanty ve Mohanty (2018) tarafından gerçekleştirilmiş olan araştırma çerçevesinde, otomobil tercihiyle ilintili olarak maliyet, güvenlik ve otomobil sınıfı kriterleri Bulanık AHP ile PROMETHEE II teknikleri uygulanarak değerlendirilmiştir.

Yaykaşlı ve Ecemiş (2018) tarafından yapılan çalışma kapsamında, otomobil tercihinin ilişkin olarak, ana kriter şeklinde satın alma öncesi, satın alma sırası ve satın alma kriterleri tespit edilmiş, AHP tekniğiyle ana kriterler ve bunlara bağlı olan alt kriterlerin ağırlıkları belirlenmiş ve hiyerarşik yapı meydana getirilmiş, karar verme noktasında AHP, Multi-MOORA ve Gri İlişkisel Analiz teknikleriyle alternatifler sıralanmış, bu doğrultuda karar vericiler açısından önem sırası elde edilmiştir.

Singh ve Avikal (2019) tarafından Hindistan otomobil piyasasında sedan tipi otomobil tercihinin ilişkin olarak yapılan çalışma çerçevesinde Bulanık AHP ve TOPSIS tekniklerinden yararlanılmıştır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Bu çalışmada elde edilen kriterler sahada son tüketici ile doğrudan temas halinde olan uzmanlar ile çalışılarak elde edilmiş olup kullanılan araçlar ise yine aynı uzmanlar yardımı ile aynı segmentte sektörde C SUV olarak adlandırılan araçlar kullanılmıştır.

Benzer nitelikteki ürünleri kıyaslayabilmek için alternatifler dizel motor, otomatik vites türüne sahip araçlar ile oluşturulmuştur. Kriterlerin referans değerleri, markaların resmi internet sitesinde yayınlanan ve fabrika verilerinin yazılmış olduğu broşürlerden elde edilmiştir. Aynı şekilde MTV ve fiyat kriterleri markaların resmi internet sitelerinde yer alan “Haziran Ayı Tavsiye Edilen Perakende Fiyatları” tablosundan elde edilerek Tablo 1’de karar matrisi olarak verilmiştir. Otomobil markaları Arb_1, Arb_2, Arb_3,...,Arb_7 olarak kodlanmıştır.

Tablo 1. Karar Matrisi

| Alternatifler | Yakıt Tüketimi | Karbon Emisyonu | Hızlanma (0-100km/s) | Motor Gücü (HP) | Bagaj Hacmi | Kasa Uzunluğu | Maksimum Hız | MTV | Fiyat/Maliyet |
|---------------|----------------|-----------------|----------------------|-----------------|-------------|---------------|--------------|------|---------------|
| | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 | K7 | K8 | K9 |
| Arb_1 | 6,90 | 122,0 | 10,1 | 160 | 401 | 4394 | 198 | 2014 | 212.500 |
| Arb_2 | 5,10 | 117,0 | 9,7 | 130 | 520 | 4447 | 197 | 1156 | 266.400 |
| Arb_3 | 5,80 | 133,0 | 9,3 | 160 | 527 | 4489 | 210 | 2014 | 260.900 |
| Arb_4 | 5,70 | 129,0 | 8,2 | 180 | 580 | 4500 | 216 | 2014 | 264.500 |
| Arb_5 | 5,75 | 132,0 | 9,3 | 150 | 615 | 4486 | 200 | 2014 | 288.400 |
| Arb_6 | 5,40 | 123,0 | 9,0 | 150 | 521 | 4382 | 204 | 2014 | 249.900 |
| Arb_7 | 6,85 | 155,5 | 8,6 | 150 | 510 | 4363 | 198 | 2014 | 260.000 |

3.2. Metot

Çalışmada kriterleri ağırlıklandırmak için AHP yöntemi, alternatifleri sıralamak için TOPSIS, VIKOR ve EDAS yöntemleri ve sıralamaları birleştirmek için COPELAND yönteminin işlem adımları ayrıntılı bir şekilde verilmiştir.

3.2.1. AHP Yöntemi

Saaty (1980) tarafınca geliştirilmiş olan Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi, karmaşık karar problemlerinde alternatiflerle kriterlere karar vericilerin görüşleri ile önem verilmesi vasıtasıyla, yönetsel karar mekanizmasının çalıştırılması esasına dayanmaktadır. AHP tekniğinin en önemli

özelliği, karar vericilerin gerek objektif gerekse de sübjektif düşüncelerinin karar sürecine dâhil edilebiliyor olmasıdır (Kuruüzüm ve Atsan, 2001: 84).

Fertleri ne şekilde karar vermeleri gerektiği hususunda bir teknikten faydalanmaya zorunlu kılmanın aksine, kendi kararlarını alma imkânı tanıyarak daha etkin neticelerin elde edilebilmesini amaçlayan bir teknik olan AHP, nicel ve nitel unsurları bir araya getirme fırsatı veren kolay anlaşılır bir teknik niteliğine sahiptir (Bertolini ve Bevilacqua, 2006: 841). AHP yönteminin 6 temel aşaması vardır (Vaidya ve Kumar, 2006:1):

1. Adım: Hiyerarşik Yapının Oluşturulması

Önce çalışmanın amacı ve bu amacı gerçekleştirecek kriter ve alternatifler belirlenir. Daha sonra her bir kriter uygun alternatifler belirlenir. Bunun sonucunda karar için hiyerarşik bir yapı ortaya çıkmaktadır.

2. Adım: Nispi Önem Ölçeğinin Belirlenmesi

Otomobil seçimi probleminin hiyerarşik yapısı oluşturulduktan sonra ikili karşılaştırmalar yapılır. Bu adım bir sonraki adımda kullanılacak ikili karşılaştırma matrisinin elde edilmesi sağlanır. 1980 yılında Saaty tarafından literatüre kazandırılan “1-9 Ölçeği” kullanılır (Saaty, 1987:163).

3. Adım: Kriterlerin İkili Karşılaştırma Matrisinin Oluşturulması

İkili karşılaştırmalarla kullanılan bilgiler Saaty'nin ölçeği ile bir matris haline dönüşür özellik ile özelliğin ikili karşılaştırma değeri ve eşitliğinden elde edilmesine “karşılık olma özelliği” denir. İkili karşılaştırma matrisinin elde edilişi Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. AHP'nin İkili Karşılaştırma Matrisi

| Kriterler | 1 | 2 | 3 | ... | n |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----|-----------|
| 1 | 1 | w_1/w_2 | w_1/w_3 | ... | w_1/w_n |
| 2 | w_2/w_1 | 1 | w_2/w_3 | ... | w_2/w_n |
| 3 | w_3/w_1 | w_3/w_2 | 1 | ... | w_3/w_n |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| n | w_n/w_1 | w_n/w_2 | w_n/w_3 | ... | 1 |

(Kaynak: Aktaş vd., 2015:203)

Tablo 2’de ikili karşılaştırma matrisinin köşegen değerleri 1’dir. Çünkü köşegen elemanları, her bir elemanın kendisi ile kıyasıdır. Çalışmada kullanılan 9 kriter için karşılaştırma matrisi Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 3. Karşılaştırma Matrisi

| | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 | K7 | K8 | K9 |
|----|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| K1 | 1 | 5,53608810 | 0,68312301 | 0,61663395 | 3,15020753 | 2,26602117 | 1,16722694 | 1,02128012 | 0,27358231 |
| K2 | 0,1806330 | 1 | 0,21364219 | 0,16094611 | 0,59405259 | 0,68517764 | 0,35624323 | 0,43584124 | 0,21375897 |
| K3 | 1,4638652 | 4,68072342 | 1 | 0,31350254 | 1,19720567 | 1,86690908 | 1,57510376 | 0,60900339 | 0,33360950 |
| K4 | 1,6217077 | 6,21325983 | 3,18976687 | 1 | 3,84572482 | 2,80015294 | 1,56107712 | 0,41524365 | 0,23205907 |
| K5 | 0,3174394 | 1,68335265 | 0,83527837 | 0,26002901 | 1 | 1,04050322 | 0,33461290 | 0,33173012 | 0,18414458 |
| K6 | 0,4413021 | 1,45947554 | 0,53564473 | 0,35712335 | 0,96107344 | 1 | 0,27677664 | 0,22753282 | 0,20355124 |
| K7 | 0,8567314 | 2,80707091 | 0,63487881 | 0,64058334 | 2,98852794 | 3,61302163 | 1 | 0,72245709 | 0,52332959 |
| K8 | 0,9791633 | 2,29441345 | 1,64202698 | 2,40822469 | 3,01449866 | 4,39497040 | 1,38416525 | 1 | 0,42088813 |
| K9 | 3,6552071 | 4,67816633 | 2,99751652 | 4,30924757 | 5,43051566 | 4,91276786 | 1,91084168 | 2,37592827 | 1 |

4. Adım: Öncelik Vektörünün Oluşturulması

Bir önceki adımda elde edilen matris normalize edilir. Normalize matris (1) numaralı formül ile hesaplanarak (2) numaralı eşitlik şeklinde elde edilir.

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (1)$$

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

(1) numaralı formül yardımıyla karşılaştırma matrisinin her bir elemanı ilgili sütun toplamına bölünerek her bir elemanın normalize değeri aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

Normalize edilen karşılaştırma matrisi elde edildikten sonra matrisin satır değerlerinin ortalaması alınarak ağırlıklar elde edilir. Normalize edilen matris elemanları kullanılarak, her bir sıra için ortalamalar bulunur. Elde edilen bu ortalamalar her bir kriter için önem ağırlıkları olup (3) numaralı denklem ile hesaplanır. Sonra elde edilen ağırlık matrisi ile ait olduğu kriterin karşılaştırma matrisi ile çarpılması sonucu öncelik vektörü bulunur.

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n c_{ij}}{n} \quad (3)$$

Özvektör yöntemi Saaty tarafından geliştirilmiştir. Burada ağırlıkları, karşılaştırma matrisinin bir Perron vektörü olarak hesaplanması esasına dayanır. Normalize matrisi kullanılarak (4) numaralı denklem ile vektörü hesaplanır.

$$w = \lim_{k \rightarrow \infty} \frac{A^k e}{e^T A^k e} \quad (4)$$

ifadesi için hesap edilerek (0,1094715; 0,0336544; 0,0994411; 0,1463826; 0,0455207; 0,0421931; 0,1051985; 0,1430622; 0,2750760) bulunmuştur. Bu iterasyon işlemi 10. adımda kendini tekrar etmeye başladığı için istenilen vektörüne ulaşılmıştır. w (0,098903; 0,040904; 0,097907; 0,122502; 0,046123; 0,044452; 0,110026; 0,143011; 0,296173) ağırlıklar elde edilmiştir.

5. Adım: Tutarlılık Analizi

Kriterleri kıyaslarken arar vericinin tutarlı davranıp davranmadığını ölçmek için kullanılan Tutarlılık Göstergesi ve Tutarlılık Oranının hesaplanması (5), (6) ve (7) numaralı denklemlerde verilmiştir. Burada n kriter sayısına benzer olarak rasgele indeks verileri kullanılır. Elde değer 0,10'un altında çıkması oluşturulan karşılaştırma matrisinin tutarlı olduğu anlamına gelir. Elde değer 0,10'un altında çıkmaması durumunda karar matrisi yeniden düzenlenir.

$$\text{Tutarlılık Göstergesi (CI)} = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1} \quad (5)$$

$$\text{Tutarlılık Oranı (CR)} = \frac{\text{Tutarlılık Göstergesi (CI)}}{\text{Rassal Gösterge (RI)}} \quad (6)$$

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^n a_{ij} w_j / w_i \right) \quad (7)$$

(6) numaralı denklemde kullanılan rassallık göstergesi değerleri Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4. Rassallık Endeks Verileri

| | | | | | | | | | | |
|-----------|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|
| n | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| RI | 0 | 0 | 0,58 | 0,90 | 1,12 | 1,24 | 1,32 | 1,41 | 1,45 | 1,49 |

(Kaynak: Saaty ve Vargas, 2012: 9)

İlk önce karşılaştırma matrisi ile vektörü çarpılmıştır. $Aw^{(10)}$ değerleri (1.069305, 0.322095, 0.969961, 1.451062, 0.445056, 0.411594, 1.006972, 1.400834, 2.689287) olarak elde edilmiştir. Daha sonra (7) numaralı denklem kullanılarak λ_{max} değeri hesaplanmıştır.

$$\lambda_{max} = \left(\frac{1}{9}\right) \left\{ \frac{1,069305}{0,098903} + \frac{0,322095}{0,040904} + \frac{0,969961}{0,097907} + \frac{1,451062}{0,122502} + \frac{0,445056}{0,046123} + \frac{0,411594}{0,044452} + \frac{1,006972}{0,110026} + \frac{1,400834}{0,143011} + \frac{2,689287}{0,296173} \right\} = 9,708266$$

Sonra (5) numaralı denklem kullanılarak tutarlılık göstergesi hesaplanmıştır.

$$(CI) = \frac{9,708266 - 9}{9 - 1} = 0,088533$$

Daha sonra da (6) numaralı denklem kullanılarak tutarlılık oranı hesaplanmıştır. Formülde kullanılan rassallık göstergesi değeri Tablo 4'te n=9 için 1,45 olarak görünmektedir.

$$(CR) = \frac{0,088533}{1,45} = 0,061057$$

Hesaplanan $0,061057 < 0,1$ olduğu için karşılaştırma matrisinin son derece tutarlı olduğu söylenebilir.

6. Adım: Nihai Sıranın Belirlenmesi

Tüm hesaplamalar sonucunda elde edilen (0,098903; 0,040904; 0,097907; 0,122502; 0,046123; 0,044452; 0,110026; 0,143011; 0,296173) ağırlıklar için en önemli kriterin fiyat kriteri olduğu söylenebilir.

3.2.2. TOPSIS Yöntemi

Technique for Order Preference By Similarity to An Ideal Solution (TOPSIS) tekniği Hwang ve Yoon (1981) tarafından ortaya konulmuş (Chen ve Chen, 2010: 1985) ve Chen ve Hwang (1992) tarafından geliştirilmiştir (Wei, 2010: 182). TOPSIS tekniği, seçilen alternatif için ideal çözüme en yakın uzaklıkta ve negatif ideal çözüme en uzak bir çözüm belirlemektedir (Chen ve Chen, 2010: 1985). Uzlaşılan çözüm, ideal çözümden en kısa öklit mesafesi olan ve negatif ideal çözümden ise en uzak öklit mesafesinde olanın tercih edildiği çözüm şeklindedir (Tzeng ve Huang, 2011:68).

TOPSIS tekniğinde temel 6 adım bulunmaktadır. Bu adımlar şu şekildedir (Ertuğrul ve Karakaşoğlu, 2008: 706-707; Bircan vd., 2020(a): 333-335):

1. Adım: Karar Matrisinin Belirlenmesi

9 kriter ve 7 alternatiften oluşturulan karar matrisi Tablo 1'de verilmiştir.

2. Adım: Normalize Matrisin Oluşturulması

Vektörel normalizasyon prensiplerine göre (8) numaralı formül kullanılarak karar matrisinin elemanları normalize edilir.

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & \cdots & r_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad \text{ve} \quad r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad i = 1, \dots, m \quad j = 1, \dots, n \quad (8)$$

(8) numaralı formül ile karar matrisinin her bir sütununa ait kareler toplamı bulunmuştur. Matrisin her elemanı ilgili sütunun kareler toplamının kareköküne bölünerek normalize edilen değerlerden birinin elde edilmesi verilmiştir.

$$r_{11} = \frac{6,9}{\sqrt{248,895}} \cong 0,4374$$

3. Adım: Ağırlıklı Normalize Matrisinin Bulunması

Normalize matrisin elemanları (r_{ij}), ağırlıklar (w_j) ile çarpılıp ağırlıklı normalize karar matrisi (V) denklem (9) kullanılarak elde edilir.

$$v_{ij} = r_{ij} \cdot w_j \quad (9)$$

Ağırlık değerleri için AHP tekniği ile elde edilen ağırlıklar kullanılarak ağırlıklı normalize matrisinin elemanlarından birinin elde edilmesi aşağıda verilmiştir.

$$v_{11} = (0,4374) \cdot (0,098903) \cong 0,0433$$

4. Adım: Pozitif İdeal Çözüm ve Negatif İdeal Çözüm Değerlerinin Hesaplanması

Bu aşamada ideal pozitif (A^*) ve ideal negatif çözüm değeri (A^-) elde edilmesi gerekir. Kriter fayda özelliği taşıyorsa pozitif ideal değeri için her kriterdeki en büyük değer, negatif ideal değeri ise en küçük değer olur. Kriter maliyet özelliği taşıyorsa pozitif ideal değeri için her kriterdeki en küçük değer, negatif ideal değeri ise en büyük değerden oluşturulur.

Pozitif İdeal çözüm değerleri için denklem (10) kullanılarak elde edilir.

$$A^* = \{ \max_j v_{ij} : j = 1, \dots, p; i = 1, \dots, m \} \rightarrow A^* = \{ v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^* \} \quad (10)$$

Negatif ideal çözüm değerleri için denklem (11) kullanılarak elde edilir.

$$A^- = \{ \min_i v_{ij} : j = 1, \dots, p; i = 1, \dots, m \} \rightarrow A^- = \{ v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^- \} \quad (11)$$

Pozitif ideal ve negatif ideal çözüm değerleri için denklem (10) ve (11) kullanılarak hesaplanan pozitif ideal çözüm değerleri (0.032, 0.0138, 0.033, 0.0538, 0.0203, 0.017, 0.0442, 0.0326, 0.0921) ve negatif ideal çözüm değerleri (0.0433, 0.0184, 0.0407, 0.0389, 0.0132, 0.0165, 0.0403, 0.0557, 0.1249) olarak elde edilmiştir.

5. Adım: Pozitif İdeal ve Negatif İdeal Noktalara Olan Uzaklık Değerlerinin Hesaplanması

Tüm alternatifler için her iki ideal çözüme olan uzaklıklar (12) ve (13) numaralı denklem ile hesaplanır. Uzaklık hesaplamalar için Öklid uzaklığı formülü kullanılır.

$$\text{Pozitif İdeal Uzaklık: } S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad (12)$$

$$\text{Negatif İdeal Uzaklık: } S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (13)$$

Pozitif ideal ve negatif ideal noktalara olan uzaklık değerleri için (12) ve (13) numaralı formüller kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$S_{11}^* = (0,0433 - 0,032)^2 = 0,000127$$

$$S_{11}^- = (0,0433 - 0,0433)^2 = 0$$

6. Adım: İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Belirlenmesi

İdeal çözüme göreli yakınlık C_i^* ile gösterilir ve (14) numaralı denklem ile hesaplanır. Burada C_i^* değeri $[0,1]$ aralığında ve $C_i^* = 1$ olursa ilgili karar noktasının pozitif ideal çözüme mutlak çözüm yakın olduğunu, $C_i^* = 0$ olursa ilgili karar noktasının negatif ideal çözüme mutlak yakın olduğunu göstermektedir.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*} \quad (14)$$

İdeal çözüme göreli yakınlık değerleri için (14) numaralı denklem kullanılarak hesaplanıp Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 5. İdeal Çözüme Göre Yakınlıklar

| Alternatifler | S_i^* | S_i^- | C_i^* | Sıralanması |
|---------------|----------|----------|---------|-------------|
| Arb_1 | 0,028597 | 0,034312 | 0,5454 | 1. |
| Arb_2 | 0,028810 | 0,028095 | 0,4937 | 2. |
| Arb_6 | 0,030092 | 0,021318 | 0,4147 | 3. |
| Arb_4 | 0,032517 | 0,022487 | 0,4065 | 4. |
| Arb_3 | 0,032687 | 0,017525 | 0,3490 | 5. |
| Arb_7 | 0,034723 | 0,015383 | 0,3070 | 6. |
| Arb_5 | 0,041860 | 0,012307 | 0,2272 | 7. |

TOPSIS yöntemine göre, en uygun arabanın en büyük değerine sahip olan Arb_1 olduğu söylenebilir.

3.2.3. VIKOR Yöntemi

VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje (Çok Kriterli Optimizasyon ve Uzlaştırıcı Çözüm-VIKOR) tekniği çok kriterli kompleks sistemlerin optimizasyonu hususunda geliştirilmiş olan bir tekniktir (Tzeng ve Huang, 2011: 71). Trajkovic, Amakumovic ve Opricovic (1977) tarafınca geliştirilmiştir (Amiri vd., 2011: 67).

Uzlaşmacı çözümün temelleri Yu (1973) ve Zelrny (1973) tarafınca atılmış olup, ideale en yakın uygun çözüm olarak tanımlanmaktadır. Alternatiflerin her bir kriter çerçevesinde değerlendirilmekte olduğu göz önünde bulundurulduğunda, uzlaşma sıralaması ideal çözüm yakınlık ölçüsü karşılaştırılarak gerçekleştirilmektedir (Tayyar ve Arslan, 2013: 347). VIKOR tekniğinin adımları şu şekildedir (Opricovic ve Tzeng, 2004: 447; Bircan vd., 2020(b): 314-316):

1. Adım: En İyi ve En Kötü Kriter Değerlerinin Hesaplanması

Her kriter ($j = 1, 2, \dots, n$) için en iyi f_j^* ve en kötü f_j^- değerleri (15), (16), (17) ve (18) numaralı denklemler ile hesaplanır.

Kriter fayda yönlü ise;

$$f_j^* = \max(x_{ij}) \quad (15)$$

$$f_j^- = \min(x_{ij}) \quad (16)$$

Kriter maliyet yönlü ise;

$$f_j^* = \min(x_{ij}) \quad (17)$$

$$f_j^- = \max(x_{ij}) \quad (18)$$

Elde edilen veriler doğrultusunda en iyi ve kötü değerler (15), (16), (17) ve (18) numaralı denklemler kullanılarak f_i^* değerleri (5.10, 117, 8.2, 180, 615, 4500, 216, 1156, 212500) ve f_i^- değerleri (6.9, 155.5, 10.1, 130, 401, 4363, 197, 2014, 288400) olarak elde edilmiştir.

2. Adım: Karar Matrisinin Normalize Edilmesi

m satır (alternatif) ve n sütundan (kriter) oluşan X karar matrisi normalizasyon işlemi sonucunda R matrisine dönüşür. R matrisinin elemanları (r_{ij}) (19) numaralı denklem ile hesaplanır.

$$r_{ij} = \frac{f_j^* - x_{ij}}{f_j^* - f_j^-} \quad (19)$$

Lineer normalizasyon prensiplerine göre (19) numaralı denklem kullanılarak karar matrisi normalize değerleri aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

$$r_{11} = \frac{5,1 - 6,9}{5,1 - 6,9} = 1$$

3. Adım: Normalize Matrisin Ağırlıklandırılması

Kriter ağırlıkları (w_j) normalize edilen karar matrisindeki tüm elemanlarla çarpılarak ağırlıklandırılan normalize karar matrisi (V) elde edilir. Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi elemanları (20) numaralı denklem kullanılarak hesaplanır.

$$v_{ij} = r_{ij} \cdot w_j \quad (20)$$

Normalize karar matrisinin elemanlarının AHP yöntemi ile elde edilen kriterlerin önem dereceleri ile çarpılması sonucunda ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi değerlerden birinin elde edilişi verilmiştir.

$$v_{11} = (1) \cdot (0,098903) = 0,098903$$

4. Adım: S_i ve R_i Değerlerinin Hesaplanması

S_i : i . alternatiflerin toplamı (21) numaralı denklem ile hesaplanır.

$$S_i = \sum_{j=1}^n v_{ij} \quad (21)$$

R_i : en kötü grup skoru olup (22) numaralı denklem ile hesaplanır.

$$R_i = \max_j v_{ij} \quad (22)$$

S_i ve R_i değerleri (21) ve (22) numaralı denklemler kullanılarak hesaplanan S_i değerleri (0.5789, 0.5578, 0.5504, 0.3993, 0.7182, 0.5548, 0.7309) ve R_i değerleri (0.143, 0.210, 0.189, 0.203, 0.296, 0.146, 0.185) olarak elde edilmiştir.

5. Adım: Q_i Değerlerinin Hesaplanması

Q_i değerlerinin hesaplanabilmesi için de en öncelikli olarak S^* , S^- , R^* , R^- parametreleri (23), (24), (25) ve (26) numaralı denklemler ile hesaplanır.

$$S^* = \min_i S_i \quad (23)$$

$$S^- = \max_i S_i \quad (24)$$

$$R^* = \min_i R_i \quad (25)$$

$$R^- = \max_i R_i \quad (26)$$

İlgili denklemler kullanılarak $S^*=0,3993$, $S^-=0,7309$, $R^*=0,1430$ ve $R^-=0,2962$ değerleri bulunmuştur. Q_i değerlerinin hesaplanmasında kullanılan q parametresi, maksimum grup faydasını

$(1 - q)$ minimum pişmanlığın ağırlığını ifade eder. $q > 0,5$ ise uzlaşma, $q = 0,5$ konsensus ve $q < 0,5$ veto şeklinde yorumlanır.

Bu hesaplamalardan sonra Q_i değeri (27) numaralı denklem ile hesaplanır.

$$Q_i = q \cdot \left(\frac{S_i - S^*}{S^- - S^*} \right) + \left(\frac{(1-q) \cdot (R_i - R^*)}{R^- - R^*} \right) \quad (27)$$

Q_i değeri için (23), (24), (25), (26) ve (27) numaralı denklemler kullanılarak hesaplanan değerler Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Q_i Değerleri

| ALTERNATİFLER | S_i | R_i | Q_i | | | | |
|---------------|--------|-------|--------|----------|---------|----------|--------|
| | | | $q=0$ | $q=0,25$ | $q=0,5$ | $q=0,75$ | $q=1$ |
| Arb_1 | 0,579 | 0,143 | 0 | 0,1354 | 0,2707 | 0,4062 | 0,5415 |
| Arb_2 | 0,5578 | 0,210 | 0,4392 | 0,4490 | 0,4587 | 0,4685 | 0,4782 |
| Arb_3 | 0,5504 | 0,189 | 0,2996 | 0,3387 | 0,3776 | 0,4167 | 0,4557 |
| Arb_4 | 0,3993 | 0,203 | 0,3913 | 0,2934 | 0,1956 | 0,0978 | 0 |
| Arb_5 | 0,718 | 0,296 | 1 | 0,9905 | 0,9809 | 0,9713 | 0,9618 |
| Arb_6 | 0,5548 | 0,146 | 0,0198 | 0,1320 | 0,2444 | 0,3566 | 0,4687 |
| Arb_7 | 0,7309 | 0,185 | 0,2766 | 0,4575 | 0,6383 | 0,8192 | 1 |

6. Adım: Alternatiflerin Sıralanması ve Koşulların Denetlenmesi

S_i, R_i ve Q_i değerleri küçükten büyüğe doğru sıralanması sonucunda üç farklı sıralama listesi meydana getirilir. Bu sıralamanın doğruluğunun sınanması için Q_i değerlerine göre küçükten büyüğe doğru sıralama yapıldığında, en küçük Q_i değerine sahip karar alternatifinin iki koşulu sağlanması gerekir.

1. Kabul edilebilir avantaj koşulu:

Q_i değerleri küçükten büyüğe doğru sıralandığında en iyi karar alternatifi A_1 , ikinci sırada yer alan karar alternatifi A_2 ise (28) numaralı koşul sağlanmalıdır.

$$Q(A_2) - Q(A_1) \geq DQ \quad (28)$$

m : alternatif sayısı olmak üzere DQ değeri de (29) numaralı denklem ile hesaplanır.

$$DQ = 1/(m - 1) \quad (29)$$

2. Kabul edilebilir istikrar koşulu:

Q_i değerleri küçükten büyüğe doğru sıralandığında en küçük değere sahip karar alternatifi A_1 , S ve/veya R değerlerine göre de küçükten büyüğe doğru yapılan sıralamada da en düşük değere sahipse; A_1 en iyi karar alternatiftir. Bahsedilen iki koşuldan herhangi birinin gerçekleşmediği durumlarda uzlaşık çözüm kümesi olacaktır.

1. koşul sağlanmıyorsa; A_1, A_2, \dots, A_m karar alternatiflerinin tümü uzlaşık en iyi çözüm kümesinde kabul edilir. Bu da maksimum m için (30) numaralı koşul sağlanmalıdır.

$$Q(A_m) - Q(A_1) < DQ \quad (30)$$

2. koşul sağlanmıyorsa; A_1 ve A_2 karar alternatiflerinin her ikisi de en iyi uzlaşık çözüm kümesinde yer alır. Koşulların denetlenmesi Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7. Koşulların Denetlenmesi

| ALTERNATİFLER | S_i | R_i | Q_i | | | | |
|-------------------------|-------------|-------|---------|----------|---------|----------|---------|
| | | | $q = 0$ | $q=0,25$ | $q=0,5$ | $q=0,75$ | $q = 1$ |
| Arb_1 | 5 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 5 |
| Arb_2 | 4 | 6 | 6 | 5 | 5 | 5 | 4 |
| Arb_3 | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 |
| Arb_4 | 1 | 5 | 5 | 3 | 1 | 1 | 1 |
| Arb_5 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 6 |
| Arb_6 | 3 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 3 |
| Arb_7 | 7 | 3 | 3 | 6 | 6 | 6 | 7 |
| Koşulların Denetlenmesi | Q(A2) | | 0,0198 | 0,1354 | 0,2444 | 0,3566 | 0,4557 |
| | Q(A1) | | 0 | 0,1320 | 0,1956 | 0,0978 | 0 |
| | Q(A2)-Q(A1) | | 0,0198 | 0,0034 | 0,0487 | 0,2588 | 0,4557 |
| | DQ | | 0,1667 | 0,1667 | 0,1667 | 0,1667 | 0,1667 |

VIKOR tekniğiyle aynı segmentteki otomobil seçimi problemi ile 7 farklı karar alternatifi 9 değerlendirme kriterine göre değerlendirilerek sıralanmıştır. Koşulların denetlenmesi sonucunda maksimum grup faydası değerleri ile ortaya çıkan uzlaşık çözüm kümeleri ve yorumları Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8. $q=0.75$ için Uzlaşık Çözüm Kümesi

| $q = 0,75$ | | | |
|--|-------------------|---|-------|
| KOŞUL | | | DURUM |
| Kabul | Edilebilir | $Q(A2) - Q(A1) \geq DQ \rightarrow 0,2588 > 0,1667$ | DOĞRU |
| Avantaj | | | |
| Kabul | Edilebilir | Arb_4 alternatifi Q_i ve S_i sıralamasında ilk sırada | DOĞRU |
| İstikrar | | | |
| Sıralama: Arb_4>Arb_6>Arb_1>Arb_3>Arb_2>Arb_7>Arb_5 | | | |

$q = 0,75$ değeri için kabul edilebilir avantaj ve kabul edilebilir istikrar koşullarının ikisi de sağlandığı için Arb_4 karar alternatifi en iyi otomobil markası olduğu söylenebilir.

3.2.4. EDAS Yöntemi

ÇKKV’de kullanılan EDAS (Evaluation based on Distance from Average Solution - Ortalama Çözüm Uzaklığına Göre Değerlendirme) Ghorabae vd. (2015) tarafınca geliştirilmiş bir tekniktir. EDAS tekniğinde en iyi alternatif, alternatiflerin her bir kriter çerçevesinde ortalama çözüm uzaklıklarının hesaplanması suretiyle bulunur (Ghorabae vd., 2015: 439). Alternatifleri sıralamak için kullanılan EDAS yönteminin güçlü yönü, karmaşık hesaplamalar içermemesi ve uygulamasının kolay olmasıdır (Demir ve Kartal, 2020: 111).

EDAS tekniğinde, alternatiflerin kabul edilebilirliğiyle ilintili 2 ölçü mevcuttur. Bu ölçülerden ilki, ortalamadan pozitif uzaklık; ikincisi, ortalamadan negatif uzaklık şeklindedir. Alternatif değerlendirme işlemi, pozitif uzaklığın yüksek değerleri ve negatif uzaklığın düşük değerleri doğrultusunda gerçekleştirilmektedir. Bu bağlamda, pozitif uzaklığın daha yüksek değerleri ve/veya negatif uzaklığın daha düşük değerleri, çözümün ortalama çözümden daha iyi olduğunu belirtmektedir. Karar verici sayısının birden çok olduğu durumlarda tercih edilen EDAS adımları şu şekildedir (Ghorabae vd., 2015: 439-441; Işık ve Ersoy 2020: 69-89; Demir vd., 2021: 203-204):

1. Adım: *m* Sayıda Alternatifin Belirlenmesi

Arb_1, Arb_2, ..., Arb_7 araba markaları alternatifleri oluşturmaktadır.

2. Adım: Karar Vericilere Ait Karar Matrislerinin Oluşturulması

9 kriter, 7 alternatife ait teknik özelliklerin yer aldığı bilgi karar matrisi (X) Tablo 1’de verilmiştir.

3. Adım: Karar Matrisinin Oluşturulması

2. adımdaki karar matrisi probleme ait karar matrisi olarak kabul edilmiştir.

4. Adım: Ortalama Çözümün Belirlenmesi

(31) numaralı denklem yardımıyla kriterlere ait ortalama çözüm değerleri (V_j) hesaplanmıştır.

Ortalama Çözümler (AV_j) = $[av_j]_{1 \times n}$

$$AV_j = \frac{\sum_{i=1}^n x_{ij}}{n} \quad (31)$$

$$AV_1 = \frac{6,9 + 122 + 10,1 + 160 + 401 + 4394 + 198 + 2014 + 212500}{9} = 24422,8889$$

şeklinde tüm alternatiflere ait ortalama çözüm değerleri hesaplanmıştır.

5. Adım: Ortalamadan Pozitif (Pd_{ij}) ve Negatif (Nd_{ij}) Uzaklıkların Hesaplanması

Fayda yönlü kriterlerin ortalamadan pozitif (Pd_{ij}) ve negatif (Nd_{ij}) uzaklıkları için (32) numaralı denklem ve maliyet yönlü kriterlerin ortalamadan pozitif (Pd_{ij}) ve negatif (Nd_{ij}) uzaklıkları için (33) numaralı denklemler kullanılır.

j. kriter fayda yönlü ise;

$$Pd_{ij} = \frac{\max(0, (x_{ij} - AV_j))}{AV_j} \quad Nd_{ij} = \frac{\max(0, (AV_j - x_{ij}))}{AV_j} \quad (32)$$

j. kriter maliyet yönlü ise;

$$Pd_{ij} = \frac{\max(0, (AV_j - x_{ij}))}{AV_j} \quad Nd_{ij} = \frac{\max(0, (x_{ij} - AV_j))}{AV_j} \quad (33)$$

Hem maliyet hem de fayda özellikli kriterlerin ortalamadan pozitif uzaklık değerlerinin hesaplanması gösterilmiştir. K_1 maliyet özelliğinde olduğu için (33) numaralı denklem kullanılmıştır.

$$Pd_{11} = \frac{\max(0, (24422,8889 - 6,9))}{24422,8889} = 0,99972$$

şeklinde diğer maliyet özelliği taşıyan kriterlere ait pozitif uzaklık değerleri hesaplanmıştır. K_4 fayda özelliğinde olduğu için (32) numaralı denklem kullanılmıştır.

$$Pd_{14} = \frac{\max(0, (160 - 24422,8889))}{24422,8889} = 0$$

şeklinde diğer fayda özelliği taşıyan kriterlere ait pozitif uzaklık değerleri hesaplanmıştır. Hem maliyet hem de fayda özellikli kriterlerin ortalamadan negatif uzaklık değerlerinin hesaplanması gösterilmiştir. K_1 maliyet özelliğinde olduğu için (33) numaralı denklem kullanılmıştır.

$$Nd_{11} = \frac{\max(0, (6,9 - 24422,8889))}{24422,8889} = 0$$

şeklinde diğer maliyet özelliği taşıyan kriterlere ait negatif uzaklık değerleri hesaplanmıştır. K_4 fayda özelliğinde olduğu için (32) numaralı denklem kullanılmıştır.

$$Nd_{14} = \frac{\max(0, (24422,8889 - 160))}{24422,8889} = 0,99345$$

şeklinde diğer fayda özelliği taşıyan kriterlere ait negatif uzaklık değerleri hesaplanmıştır.

6. Adım: Pozitif ve Negatif Uzaklıkların Ağırlıklı Toplamlarının Bulunması

Pozitif uzaklıkların ağırlıkları toplamı için (34) numaralı denklem ve negatif uzaklıkların ağırlıkları toplamı için (35) numaralı denklemler kullanılır.

$$\text{Pozitif uzaklıkların ağırlıkları toplamı (SP}_i) = \sum_{j=1}^n w_j \cdot Pd_{ij} \quad (34)$$

$$\text{Negatif uzaklıkların ağırlıkları toplamı (NP}_i) = \sum_{j=1}^n w_j \cdot Nd_{ij} \quad (35)$$

AHP yöntemiyle elde edilen kriter ağırlıkları (0,098903; 0,040904; 0,097907; 0,122502; 0,046123; 0,046123; 0,110026; 0,143011; 0,296173) kullanılarak Pd_{ij} değerleriyle çarpılması neticesiyle bulunan ortalamadan pozitif uzaklıkların ağırlıklandırılmış karar matrisi (34) numaralı denklem yardımıyla hesaplanarak SP_i değerleri (0.36866, 0.37507, 0.37084, 0.37098, 0.37176, 0.37043, 0.37077) elde edilmiştir.

AHP yöntemiyle elde edilen kriter ağırlıkları (0,098903; 0,040904; 0,097907; 0,122502; 0,046123; 0,046123; 0,110026; 0,143011; 0,296173) kullanılarak Nd_{ij} değerleriyle çarpılması sağlanan ortalamadan negatif uzaklıkların ağırlıklandırılmış karar matrisi (35) numaralı denklem yardımıyla hesaplanarak NP_i değerleri (2.59343, 2.61967, 2.60860, 2.60870, 2.61578, 2.60665, 2.60995) elde edilmiştir.

7. Adım: SP_i ve NP_i Değerlerinin Normalize Değerlerinin Bulunması

Uzaklıkların ağırlıklı toplamlarının normalize değerlerinin bulunması için sırasıyla (36) ve (37) numaralı denklemler kullanılır.

$$SP_i^{(n)} = \frac{SP_i}{\max_k SP_k} \quad (36)$$

$$NP_i^{(n)} = 1 - \frac{NP_i}{\max_k NP_k} \quad (37)$$

Ortamadan pozitif uzaklıkların normalize değerleri için (36) numaralı denklem kullanılmıştır.

$$\begin{aligned} SP_i^{(1)} &= \frac{0,36866}{\max\{0,36866;0,37507;0,37084;0,37098;0,37176;0,37043;0,37077\}} \\ &= \frac{0,36866}{0,37507} = 0,98291 \end{aligned}$$

Ortamadan negatif uzaklıkların normalize değerleri için (37) numaralı denklem kullanılmıştır.

$$\begin{aligned} NP_i^{(1)} &= 1 - \frac{2,59343}{\max\{2,59343;2,61967;2,60860;2,60870;2,61578;2,60665;2,60999\}} \\ &= 1 - \frac{2,59343}{2,61967} = 0,01002 \end{aligned}$$

şeklinde diğer normalize değerleri de hesaplanmıştır.

8. Adım: Değerlendirme Puanlarının Hesaplanması

Değerlendirme puanları (AS_i) için (38) numaralı denklem kullanılarak hesaplanan değerlendirme puanları ve sıralamaları Tablo 13'de verilmiştir.

$$\begin{aligned} AS_i &= \frac{SP_i^{(n)} + NP_i^{(n)}}{2} \quad (38) \\ AS_j &= \frac{0,98291 + 0,01002}{2} = 0,49646 \end{aligned}$$

Tablo 13. Değerlendirme Puanları

| Alternatifler | AS_i | Sıralaması |
|---------------|---------|------------|
| Arb_1 | 0,49646 | 4. |
| Arb_2 | 0,500 | 1. |
| Arb_3 | 0,49647 | 3. |
| Arb_4 | 0,49664 | 2. |
| Arb_5 | 0,49633 | 5. |
| Arb_6 | 0,49629 | 6. |
| Arb_7 | 0,49611 | 7. |

EDAS yöntemine göre Arb_2 alternatifi en iyi alternatif olduğu söylenebilir.

3.2.5. COPELAND Yöntemi

COPELAND tekniği, alternatifleri üstünlükleri çerçevesinde kıyaslayarak sıralamaktadır. Bu kıyaslamayı gerçekleştirirken alternatiflere, her bir kriter hususunda diğer alternatiflere karşı galip veya mağlup olmasına göre 1 ve 0 puanını vermektedir (Çakır, 2017:45). Çok kriterli karar verme tekniklerinin uygulama adımlarında kullanılan formüller farklı olduğu için alternatiflerin sıralamalarında farklılıklar oluşabilir. Oluşan bu farklı sıralamaları tek sıralama şeklinde ifade edebilmek birleştirme yöntemi olarak kullanılmaktadır (Demir ve Kartal, 2020: 121). COPELAND tekniğindeki adımlar şu şekildedir (Fishburn, 1977: 469-489, Klamlar, 2003: 1-7):

1. Adım: İkili Karşılaştırma Matrisinin Hesaplanması

A_i ve A_j alternatifleri karşılaştırılarak alternatifi galip gelmiş ise (sıralamada üstte yer alıyorsa) “1”, değilse “0” puanı verilir. Karşılaştırmada skorlar (39) numaralı denklem ile bulunur.

$$f_k(i, j) = \begin{cases} 1 & r_k(A_i) < r_k(A_j) \text{ ve } i \neq j \\ 0 & r_k(A_i) > r_k(A_j) \text{ ve } i \neq j \\ \text{boş}(-) & r_k(A_i) = r_k(A_j) \text{ ve } i \neq j \end{cases} \quad (39)$$

(39) numaralı denklem kullanılarak TOPSIS, VIKOR ve EDAS yöntemlerinden elde edilen sıralamaların ikili karşılaştırmaları yapılarak Tablo 14’de verilmiştir.

Tablo 14. İkili Karşılaştırma Sonucunda Elde Edilen Puanlar

| Alternatifler | Yöntemler | Arb_1 | Arb_2 | Arb_3 | Arb_4 | Arb_5 | Arb_6 | Arb_7 |
|---------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Arb_1 | TOPSIS | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | VIKOR | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| | EDAS | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Arb_2 | TOPSIS | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | VIKOR | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| | EDAS | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Arb_3 | TOPSIS | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| | VIKOR | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| | EDAS | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| Arb_4 | TOPSIS | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| | VIKOR | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | EDAS | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Arb_5 | TOPSIS | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| | VIKOR | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |

| | | | | | | | | |
|-------|--------|---|---|---|---|---|---|---|
| | EDAS | 0 | 0 | 0 | 0 | | 1 | 1 |
| Arb_6 | TOPSIS | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | | 1 |
| | VIKOR | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | | 1 |
| | EDAS | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 1 |
| Arb_7 | TOPSIS | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | |
| | VIKOR | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | |
| | EDAS | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |

2. Adım: Alternatifler Arası Oy Sayım Sonuçlarının Hesaplanması

Her bir karar vericiye göre A_i alternatifinin A_j alternatifine göre her bir karar vericiden aldığı toplam oy sayısı ($S(i, j)$) (40) numaralı denklem ile bulunur.

$$S(i, j) = \sum_{k=1}^m f_k(i, j) \text{ ve } i \neq j \quad (40)$$

(40) numaralı denklem yardımıyla Tablo 14’ün toplam oy sayıları hesaplanmıştır.

3. Adım: Galibiyet, Mağlubiyet ve Beraberlik Matrisinin Hesaplanması

$S(i, j)$ değerleri yardımıyla (100) numaralı denklem kullanılarak gelip gelen “1”, mağlup olan “0” ve beraberlik durumunda “1/2” puan verilecektir.

$$G(i, j) = \begin{cases} 1 & S(i, j) > m - (S(i, j)), \quad i \neq j \\ \frac{1}{2} & S(i, j) = m - (S(i, j)), \quad i \neq j \\ -1 & S(i, j) < m - (S(i, j)), \quad i \neq j \end{cases} \quad (41)$$

m : karar verici sayısı ya da birleştirilecek yöntem sayısı

(41) numaralı denklem yardımıyla toplam oy sayıları kullanılarak galibiyet, mağlubiyet puanları hesaplanmıştır.

4. Adım: Galibiyet ve Mağlubiyet Puanlarının Hesaplanması

Hesaplamalar sonucunda bulunan 1 ve 1/2 puanlarına sahip $G(i, j)$ değerleri her bir alternatif için toplanarak galibiyet puanı (GP_i) ve -1 puanına sahip $G(i, j)$ değerleri her bir alternatif için toplanarak mağlubiyet puanı (YP_i) bulunur. Sırasıyla (42) ve (43) numaralı denklemler kullanılır.

$$GP_i = \sum_{i=1}^n G(i, j) \quad GP_i > 0 \quad (42)$$

$$YP_i = \sum_{i=1}^n G(i, j) \quad YP_i < 0 \quad (43)$$

(42) ve (43) numaralı denklemler kullanılarak alternatiflere ait GP_i (5, 5, 2, 5, 0, 3, 1) ve YP_i (-1, -1, -4, -1, -6, -3, -5) olarak elde edilmiştir.

5. Adım: Copeland Puanının Hesaplanması ve Sıralanması

Elde edilen GP_i ve YP_i değerlerinin toplanması ile Copeland Puanı (CP_i) değerleri hesaplanmış olur. Bunun için (44) numaralı denklem kullanılır.

$$CP_i = GP_i + YP_i \quad (44)$$

(44) numaralı denklem kullanılarak Tablo 35’e ait Copeland puanı hesaplanmış ve sıralanmaları yapılarak Tablo 15’de verilmiştir.

Tablo 15. Copeland Puanı ve Sıralanması

| Alternatifler | CP_i | Sıralaması |
|---------------|--------|--------------------|
| Arb_1 | 4 | 1. veya 2. veya 3. |
| Arb_2 | 4 | 2. veya 3. veya 1. |

| | | |
|-------|----|--------------------|
| Arb_3 | -2 | 5. |
| Arb_4 | 4 | 3. veya 1. veya 2. |
| Arb_5 | -6 | 7. |
| Arb_6 | 0 | 4. |
| Arb_7 | -4 | 6 |

COPELAND yöntemine göre Arb_1, Arb_2 veya Arb_4 en iyi alternatif olduğu söylenebilir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tüketici açısından en büyük harcamalardan biri bir otomobil satın almaktır. Bu nedenle doğru kararın verilmesi çok önemlidir. Sektörde oluşan değişim tüketicilerin otomobil tercihlerini çok etkilemektedir. Bu durumda otomobil seçimi, çok sayıda kriterle değerlendirilen çok kriterli karar verme problemine dönüşmüştür.

Bu çalışmada, otomobil tercihlerinde etkili olan kriterler bulunarak belirlenen alternatiflerin sıralaması yapılmıştır. Bunun için yakıt tüketimi, karbon emisyonu, hızlanma, motor gücü, bagaj hacmi, kasa uzunluğu, maksimum hız, motorlu taşıt vergisi ve fiyat olmak üzere 9 kriter ve bu kriterleri karşılayan Arb_1, Arb_2, Arb_3, Arb_4, Arb_5, Arb_6 ve Arb_7 olmak üzere 7 alternatif belirlenmiştir.

Karar verme teknikleri incelendiğinde daha önceden çalışılmış bir konu olmasına rağmen otomobil satın alma tercihlerine yeni kriterler eklenerek bu çalışma yapılmıştır. Literatürde alternatiflerin sıralamasını belirlemek için çok farklı teknikler tercih edilmiştir. Bunun için literatürde bir fikir birliği bulunmamaktadır. Belirlenen kriterlerin ikili karşılaştırma matrisinin tutarlı olup olmadığının tespiti için CR değeri hesaplanmıştır. Hesaplanan CR değeri (0,061057) 0,10 değerinden küçük olduğu için kriterler açısından karşılaştırma matrisinin tutarlı olduğu söylenebilir. AHP yöntemi uygulanarak kriterlerin ağırlık değerleri ise yakıt tüketimi (0,098903), karbon emisyonu (0,040904), hızlanma (0,097907), motor gücü (0,122502), bagaj hacmi (0,046123), kasa uzunluğu (0,046123), maksimum hız (0,110026), motorlu taşıt vergisi (mtv) (0,143011) ve fiyat (0,296173) olarak bulunmuştur. Hesaplanan kriterlerin ağırlık değerleri bakımından en önemli kriterin, fiyat (0,296173) kriteri olduğu ortaya çıkmıştır.

Belirlenen alternatiflerin sıralanmasında kullanılan TOPSIS yöntemine göre, en uygun arabanın en büyük C_i^* değerine sahip olan Arb_1 karar alternatifi en iyi alternatif olduğu söylenebilir. VIKOR yöntemine göre $q = 0,75$ değeri için kabul edilebilir avantaj ve kabul edilebilir istikrar koşullarının ikisi de sağlandığı için Arb_4 karar alternatifi en iyi alternatif olduğu söylenebilir. EDAS yöntemine göre Arb_2 alternatifi en iyi alternatif olduğu söylenebilir. Literatürdeki diğer çalışmalardan farklı olarak yapılan tüm sıralamaları birleştirerek tek bir sıralama elde etmek için kullanılan COPELAND yöntemine göre Arb_1, Arb_2 veya Arb_4 en iyi alternatif olduğu söylenebilir.

Bu çalışmada kullanılan yöntemlerle beraber farklı yöntemler kullanılarak karşılaştırmalı analizlerin yapılabilmesi mümkündür.

KAYNAKÇA

Aktaş, R., Doğanay, M. M., Gökmen, Y., Gazibey, Y. & Türen, U. (2015). Sayısal Karar Verme Yöntemleri, Beta Basım, İstanbul.

Akay, A. (2003). "Otomobil Pazarında Tüketici Davranışları: Satın Alma Kararlarını Etkileyen Faktörlerin Tespitine Yönelik Ampirik Bir Araştırma", Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

- Amiri, M., Ayazı, S. A., Olfat, L., & Moradi, J. S. (2011). "Group Decision Making Process for Supplier Selection with VIKOR Under Fuzzy Circumstance Case Study: An Iranian Car Parts Supplier", *International Bulletin of Business Administration*, 10(6): 66-75.
- Apak, S., Gogus, G. G., & Karakadılar, I. S. (2012). "An Analytic Hierarchy Process Approach with A Novel Frame Work For Luxury Car Selection", *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, (58): 1301-1308.
- Aritan, T., & Akyüz, A. M. (2015). "Tüketicilerin Otomobil Markalarına Yönelik Marka Sadakatleri ve Tercihleri Üzerine Bir Araştırma", *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 11(26): 195-220.
- Ballı, S., Karasulu, B., & Körükoğlu, S. (2013). "En Uygun Otomobil Seçimi Problemi için Bir Bulanık PROMETHEE Yöntemi Uygulaması", *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 22(1): 139-147.
- Bertolini, M., & Bevilacqua, M. (2006). "A Combined Goal Programming-AHP Approach to Maintenance Selection Problem", *Reliability Engineering and System Safety*, (91): 839-848.
- Bircan, H., Demir, G. & Dündar, S. (2020a). "Personel Seçimine Yönelik TOPSIS ve VIKOR Uygulamaları", *ATLAS International Refereed Journal On Social Sciences*, 6(27): 331-344.
- Bircan, H., Demir, G. & Güvendi, F. (2020b). "TOPSIS ve VIKOR Yöntemleriyle İkinci Dil Seçimi", *Ulakbilge Sosyal Bilimler Dergisi*, 46(3): 313-324.
- Chen, J. K., & Chen, S. (2010). "Using A Novel Conjunctive MCDM Approach Based on DEMATEL, Fuzzy ANP, and TOPSIS as An Innovation Support System for Taiwanese Higher Education", *Expert Systems With Applications*, (37): 1981-1990.
- Çakır, E. (2017). "Kriter Ağırlıklarının SWARA – COPELAND Yöntemi ile Belirlenmesi: Bir Üretim İşletmesinde Uygulama", *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 4(1): 42-56.
- Demir, G., Özyalçın, A.T. & Bircan, H. (2021). *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve ÇKKV Yazılımı ile Problem Çözümü*, Nobel Yayınevi, Ankara.
- Demir, G., & Kartal, M. (2020). *Güncel Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri*, Akademisyen Kitabevi, Ankara.
- Fishburn, P. (1977). "Condorcet Social Choice Functions", *SIAM Journal of Applied Mathematics*, 33(3): 469-489.
- Ghorabae, M. K., Zavadskas, E. K., Olfat, L., & Turskis, Z. (2015). "Multi-Criteria Inventory Classification Using A New Method of Evaluation Based on Distance From Average Solution (EDAS)", *Informatica*, 26(3): 435-451.
- Hahn, E. D. (2003). "Decision Making with Uncertain Judgements: A Stochastic Formulation of The Analytic Hierarchy Process", *Decision Sciences*, 444-486.
- Işık, Ö. & Ersoy, E. (2020). *Özel Sermayeli Mevduat Bankalarında Faiz Gelir ve Giderlerine Dayalı Performans Analizi: CRITIC ve EDAS Yöntemleri ile Bir Uygulama*. Karaca, S.S. ve Demireli E. (Yay. haz.), *Finans Teorisine Uygulamalı Katkıları -2 içinde* (s. 69-89), Ekin Yayınevi, Ankara.
- Klamler, C. (2003). "A Comparison of The Dodgson Method and The Copeland Rule", *Economics Bulletin*, 4(8): 1-7.
- Kuruuzum, A., & Atsan, N. (2001). "Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve İşletmecilik Alanındaki Uygulamaları", *Akdeniz İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (1): 83-105.

- Opricovic S., & Tzeng G. H. (2004). "Compromise Solution by MCDM Methods: A Comparative Analysis of VIKOR and TOPSIS", *European Journal of Operational Research*, (156): 445-455.
- Ömürbek, N., Karaatlı, M., Eren, H., & Şanlı, B. (2014). "AHP Temelli PROMETHEE Sıralama Yöntemi ile Hafif Ticari Araç Seçimi", *Süleyman Demirel University Journal of Faculty of Economics & Administrative Sciences*, 19(4): 47-64.
- 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.
- Roy, S., Mohanty, S., & Mohanty, S. (2018). "An Efficient Hybrid MCDM Based Approach for Car Selection in Automobile Industry", 2018 International Conference on Research in Intelligent and Computing in Engineering (RICE), 1-5. IEEE.
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, New York.
- Saaty, T. L. (1987). "The Analytic Hierarchy Process-What It is And How is Used", *Mat/d Modelling*, 9(3-5): 161-176.
- Saaty, T. L. & Vargas, L. G. (2012). *Models, Methods, Concepts & Applications of The Analytic Hierarchy Process*. International Series in Operations Research ve Management Science, Second Edition. Springer Science + Business Media, New York.
- Singh, R. & Avikal, R. S. (2019). A MCDM-Based Approach for Selection of A Sedan Car from Indian Car Market. In: Yadav N., Yadav A., Bansal J., Deep K., Kim J. (eds) *Harmony Search and Nature Inspired Optimization Algorithms*. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 741: 569-578.
- Tayyar, N. & Arslan, P. (2013). "Hazır Giyim Sektöründe En İyi Fason İşletme Seçimi İçin AHP ve VIKOR Yöntemlerinin Kullanılması", *Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 11(1): 340-358.
- Terzi, U., Hacaloğlu, S. E., & Aladağ, Z. (2006). "Otomobil Satın Alma Problemi İçin Bir Karar Destek Modeli", *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 5(10): 43-49.
- Tzeng, G. H., & Huang, J. J. (2011). *Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications*, CRC Press Taylor & Francis Group LLC, USA.
- Vaidya, O. S., & Kumar, S. (2006). "Analytic Hierarchy Process: An Overview of Applications", *European Journal of Operational Research*, (169): 1-29.
- Wei, J. (2010). "TOPSIS Method for Multiple Attribute Decision Making with Incomplete Weight Information in Linguistic Setting", *Journal of Convergence Information Technology*, 5(10): 181-187.
- Yavaş, M., Ersöz, T., Kabak, M., & Ersöz, F. (2014). "Otomobil Seçimine Çok Kriterli Yaklaşım Önerisi", *İşletme ve İktisat Çalışmaları Dergisi*, 2(4): 110-118.
- Yaykaşlı, M., & Ecemiş, O. (2018). "Otomobil Satın Alma Probleminde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleriyle Bir Uygulama", *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 10(26): 977-997.
- Yu, P. L. (1973). "A Class of Solutions for Group Decision Problems", *Management Science*, 19(8): 936-946.
- Zelrny, M. (1973). *Compromise Programming, in Multiple Criteria Decision Making*, J. L. Cochrane & M. Zeleny (Eds.), University of South Carolina Press, Colombia.