



EDAS ve WASPAS yöntemleriyle tıbbi malzeme tedarikçisi belirleme

Determination of the right medical equipment supplier using the EDAS and WASPAS methods

Aşır Özbek^{1,*} , Muhammet Arif Özbek² 

¹ Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Teknolojileri Bölümü, 71451, Kırıkkale Türkiye

² İstanbul Medipol Üniversitesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Bölümü, 34214, İstanbul, Türkiye

Öz

Bu çalışmanın amacı bir sağlık kuruluşunda yapılan boyun fitiği, bel fitiği ve omurga ameliyatlarında kullanılacak olan tıbbi malzemeler için en uygun tedarikçi firmayı belirlemektir. Bu süreçte malzemelerin uygun şekilde tedarikine ilave olarak tedarikçi firmanın da hizmet vermesi gerekmektedir. Bu nedenle kuruluş için, hekim ve hasta memnuniyetini en üst seviyeye çıkaracak tedarikçiyi belirlemek çok önemli olmaktadır. Bu süreç çok kriterli karar verme (ÇKKV) problemi olarak da görülmektedir. Bu nedenle problemi çözmek için ÇKKV yöntemlerinden Step-Wise Weight Assessment Ratio Analysis (SWARA), Evaluation based on Distance from Average Solution (EDAS) ve Weighted Aggregated Sum Product Assessment (WASPAS) yöntemleri bütünlük olarak kullanılarak en uygun tedarikçi firma belirlenmiştir. SWARA ile kriter ağırlıkları belirlenirken, EDAS ve WASPAS yöntemleri ile tedarikçiler, kriterler dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Ayrıca duyarlılık analizi yapılarak kriter ağırlıklarının tedarikçi seçimindeki olası etkileri ortaya çıkarılmıştır. Yöntemlerin uygulanması neticesinde en uygun tedarikçinin EDAS'a göre T1, WASPAS'a göre ise T2 olduğu belirlenmiştir. T3 her iki yönteme göre de son sırada yer almıştır.

Anahtar kelimeler: Çok kriterli karar verme, Tıbbi malzeme, SWARA, EDAS, WASPAS

1 Giriş

Vücudumuzun temel yapı taşlarından olan omurgamız, konjenital ve edinsel sebeplere bağlı olarak birtakım hasarlara maruz kalmaktadır. Bu hasarların giderilebilmesi için vida, protez, implant gibi tıbbi malzemelere ihtiyaç duyulabilmektedir. Hastaneler, kurumlarında yapılan boyun fitiği, bel fitiği, omurga düzeltme vb. ameliyatlarda belirtilen tıbbi malzemeleri tedarik etmek durumundadırlar.

Spinal cerrahide kullanılan enstrümanlar; cerrahinin etkinliğinin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Omurgayı stabilize etmek amacıyla çeşitli vida, çubuk, kanca, plak ve kafesler kullanılmaktadır. Bu materyallerin büyük çoğunluğu titanyum veya titanyum alaşımlarından oluşmaktadır. Karbonfiber veya hidroksi apatiti takviyeli kompozit enstrümanlar son yıllarda kullanılmaya başlanmış olup paslanmaz çeliğin kullanımı giderek azalmıştır. Bu

Abstract

The aim of this study was to determine the most appropriate supplier for the medical equipment to be used in cervical disc herniation, lumbar disc herniation, and spine surgeries in a health institution. The supplier was also to provide maintaining services. Thus, determination of the proper supplier was of great importance for the health institution to maximize the satisfaction of the physicians and the patients. It was considered to be a Multi-Criteria Decision Making (MCDM) problem, so the Step-Wise Weight Assessment Ratio Analysis (SWARA), Evaluation based on Distance from Average Solution (EDAS), and Weighted Aggregated Sum Product Assessment (WASPAS) methods were used in an integrated way in the determination process. While the SWARA method was employed in determining the weights for the criteria, the EDAS and WASPAS methods were used in the evaluation process. A sensitivity analysis was also made to reveal the possible effects of the weights on supplier selection. The results demonstrated that the best supplier was T1 according to EDAS, and T2 according to WASPAS, while T3 was in the last place according to both methods.

Keywords: Multi-Criteria decision making, Medical equipment, SWARA, EDAS, WASPAS

maddeler seçilirken büyük çalışmalardan geçirilmektedir. Maddenin vücuda uyumu, mikrobiyolojik etkileri, vücut sıvısı veya organ ile etkileşimin yanıtları, enstrümana yüklenecek kuvvet ve ağırlığa olan dayanıklılığı incelenmektedir. Cerrahi uygulamalarda nihai hedef bozulan yapı ve fonksiyonlarının yeniden tesis edilmesidir. Bu süreçte implant seçimi cerrahi başarıda büyük rol oynamaktadır.

Ameliyat yapılan hastanın sağlığına kavuşarak yaşamını sorunsuz bir şekilde sürdürebilmesinde ameliyatı gerçekleştiren hekimlerin başarısı yanında kullandıkları malzemenin kalitesine ek olarak tedarikçi firmanın sunduğu hizmetin seviyesi ve kalitesi de bu süreci ciddi şekilde etkilemektedir. Bu nedenlerden dolayı hastaların sağlıklarına kavuşmasına etki eden faktörlere ilave olarak en uygun tedarikçi firmayı belirlemek çok önemli olmaktadır.

* Sorumlu yazar / Corresponding author, e-posta / e-mail: ozbek@kku.edu.tr (A. Özbek)

Geliş / Received: 20.02.2022 Kabul / Accepted: 05.12.2022 Yayımlanma / Published: 15.01.2023

doi: 10.28948/ngumuh.1076387

Sağlık sektöründe temel amaç, hedef ve vizyonuna uygun olarak tedarikçilerin seçilmesi, hastane ve hasta iyileşmesinde etkinliği artıran temel faktörlerdir. Sağlık kuruluşları açısından en uygun tedarikçinin seçimi, birbirlerini etkileyen nicel ve nitel birçok faktörü bünyesinde tutan ÇKKV problemi olarak görülebilmektedir. Tedarikçi seçiminin en temel amacı; tedarikçi işletmenin sağlık kuruluşu ile uyum içinde çalışması ve malzemeyi makul maliyetle ve gerektiği zamanda temin etmesidir. Sağlık kuruluşları açısından uygun tedarikçiyi belirleme stratejileri ileriye dönük hedefleri doğrultusunda çok önemli olmaktadır. Ancak kuruluşlar, uzun vadeli hizmet ve ürün alacağı uygun tedarikçiyi bulmakta zaman zaman zorlanabilmektedir.

Araştırmacıların birçoğu, işletmelerin tedarikçi seçme sorununun ÇKKV problemi olarak değerlendirmiş ve problemin çözümlüne yönelik olarak çok farklı uygulamalar geliştirmişlerdir. İşletmeler, tedarikçiler ile uzun süreli stratejik bir ilişki içerisine girmelerinden dolayı tedarikçi belirleme sürecinde çok dikkatli bir yaklaşım sergilemeleri önemli olmaktadır.

En uygun tedarikçiyi seçme ve analiz etme konusunda literatürde birçok çalışmanın yer aldığı görülmektedir. Yine yapılan literatür araştırmalarında aynı ya da benzer konular çalışılırken çok farklı kriterin ve birçok farklı yöntemin diğer metotlarla birlikte entegre olarak ya da tek başına kullanıldığı görülmektedir. Dickson [1] tarafında 273 satın alma müdürü ve yetkilisi ile yüz yüze görüşme yöntemiyle yapılan anket çalışması, tedarikçi değerlendirme alanında gerçekleştirilen çalışmaların en önemlilerinden ve ilklerinden sayılmaktadır. Tedarikçi değerlendirilmesi, seçimi ve analizi üzerinde yapılan çalışmalarda Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS), Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS), Analitik Ağ Süreci (AAS), VİseKriterijumsa Optimizacija I Kompromisno Resenje (VIKOR), The Multi-Objective Optimization by Ratio Analysis Method (MOORA), Veri Zarflama Analiz (VZA), Additive Ratio Assessment (ARAS), Weighted Aggregated Sum Product Assessment (WASPAS), Fuzzy Inference System (FIS), Hedef Programlama (HP), Doğrusal Programlama (DP), Çok Seçimli Hedef Programlama (MCGP) gibi yöntemlerin yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir. Kriter ağırlıklarını belirlemede ise özellikle son yıllarda Best Worst Method'un (BWM) tercih edildiği anlaşılmaktadır.

Chai vd. [2], tedarikçi seçimi ile ilgili 2008 ve 2012 yılları arasında yapılan 123 çalışmayı incelemişler ve 26 farklı ÇKKV yönteminin kullanıldığı sonucuna varmışlardır. AHS ile yapılan çalışmaların toplam çalışma içerisinde yaklaşık olarak %24'ünü oluşturduğunu ortaya koymuşlardır. Yapılan araştırmada ÇKKV yöntemlerinin tedarikçi seçim probleminde tek başına uygulanabildiği gibi farklı yöntemlerle birlikte kullanıldığı da görülmüştür.

Tong vd. [3], küçük ve orta ölçekli işletmeler için tedarikçi seçiminde The Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation (PROMETHEE) II yöntemini kullanmışlardır.

Baki [4], bulanık ARAS yöntemini kullanarak yeşil tedarikçi seçiminde sekiz ana kriter ve 27 alt kriter

kullanarak 6 tedarikçi arasında en uygun olanı seçmek için bir model geliştirmiştir. Bu model için 254 katılımcıya anket uygulanmıştır.

Kaushik vd. [5], moda sektöründe e-ticaret yapan bir firmanın *operasyonel yetkinlik, ürün niteliği, lojistik, depolama, etik, statü, iş yetkinlikleri ve çok yönlülük* olmak üzere yedi ana kriter ve 38 alt kriterle dayalı tedarikçi seçiminde BWM ve VIKOR yöntemini kullanmışlardır.

Hoseini vd. [6], İran inşaat sektöründe tedarikçi seçim probleminde BWM ve TOPSIS yöntemlerini kullanmışlardır. Çalışmada 4 tedarikçi 9 kriterle göre analiz edilmiştir. Çıkan sonuçları AHS ve Simple Additive Weighting (SAW) yöntemleriyle karşılaştırmış ve önerilen modelin sıralamaları ile benzeştiğini tespit etmişlerdir.

Savaşkan vd. [7], kuru kayısı sektöründe bulunan işletmelerin tedarikçi seçim problemlerine çözüm için bir model geliştirmişlerdir. Bu amaçla kuru kayısı tedarikçilerinin seçiminde 5 ana 34 alt kriter göz önünde bulundurulmuştur. Tedarikçi seçimi Bulanık TOPSIS yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Afrasiabi vd. [8], üretim endüstrisinde tedarikçi seçiminde bulanık BWM, Gri İlişkisel Analiz (GİA) ve TOPSIS yöntemlerini entegre olarak kullanmışlardır. Kriter ağırlıklarını belirlemede bulanık BWM kullanılırken tedarikçilerin seçiminde GİA ve TOPSIS yöntemleri kullanılmıştır. Bulanık sayılar üçgen bulanık sayılar ile temsil edilmiştir. On altı değerlendirme kriteri tanımlanmış ve bunlar *ekonomik, çevresel ve sosyal* başlıkları altında sınıflandırılmıştır,

Aouadni ve Euchı [9], BWM, MMD-TOPSIS ve doğrusal programlama yöntemlerine dayalı bir tedarikçi seçim modeli önermişlerdir. Bu önerilen modeli Tunus Elektrik Derneği tedarikleri için uygulamışlardır.

Mohammed vd. [10], The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory (DEMATEL), VIKOR, TOPSIS, Multi-Attributive Border Approximation Area Comparison (MABAC) ve Operational Competitiveness Rating Analysis (OCRA) yöntemlerinin entegre olarak kullanıldığı tedarikçi modeli önermişlerdir

Nguyen vd. [11], çalışmalarında rüzgâr enerjisi projelerinde rüzgâr türbini tedarikçi seçimi için bulanık kümelere dayalı bir ÇKKV modeli önermişlerdir. Önerilen modelde kriter ağırlıkları AHS ile belirlenirken en uygun tedarikçi seçimi WASPAS ile yapılmıştır. Çalışmada 5 tedarikçi arasından en uygun tedarikçi 4 ana kriter ve 11 alt kriterle göre değerlendirilmiştir.

Yazdani vd. [12], gıda tedarik zincirlerinde tedarikçi seçimi probleminde kriterlerin ağırlıklarını belirlemede D-sayıları ile birlikte SWARA ve level based weight assessment (LBWA) yöntemlerini kullanmışlardır. Çalışmada beş tedarikçi arasından en uygun tedarikçiyi belirleme sekiz kriterle göre Measurement of Alternatives and Ranking according to Compromise Solution (MARCOS)-D yöntemi ile gerçekleştirmişlerdir.

Lau vd. [13], Hong Kong'da organik gıda tedarikçisi seçim problemi için bulanık AHS, TOPSIS ve ELECTRE yöntemlerini kullanarak oyun teorisi tabanlı bir karar verme modeli geliştirmişlerdir. Çalışmada *ürün kalitesi, organik güvenlik, izleme maliyeti, fiyat, teslimat, hizmetlerin*

mevcudiyeti, ticari pozisyon, tedarikçi ilişkisi, risk faktörleri ve sosyal sorumluluk kriterleri kullanılmıştır.

Fu [14], yemek endüstrisinde gıda tedarikçisi seçimi için AHS ve ARAS yöntemlerini kullanan çok seçenekli bir hedef programlama modeli önermiştir. Modelde beş adet tedarikçi, *yemek kalitesi, hizmet süresi, teslim süresi, firma imajı ve besin güvenliği* kriterlerine göre analiz edilmiştir.

Wu vd. [15], kimya endüstrisinde tedarikçi seçim problemini çözmek için bulanık GİA, Failure Mode and Effects Analysis (FMEA), entropy weight method (EWM) ve TOPSIS yöntemlerine dayalı bir model önermiştir. Modelde *ekonomik, sosyal ve çevre* ana kriterleri altında 13 alt kriterlere göre altı tedarikçi firma değerlendirilmiştir.

Liu vd. [16] tıbbi tedarikçi seçimi sürecinde kriter ağırlıklarını belirlemek için BWM yöntemini kullanırken, en uygun tedarikçiyi belirlemede ELECTRE yöntemi ile Distance from Average Solution (EDAS) yöntemini temel alan MAGDM adını verdikleri bir yöntem önerilmiştir.

Sağlık sektörü özelinde ise yapılan tedarikçi seçim çalışmalarının bazıları şu şekildedir:

Doğan ve Akbal [17], bir üniversite hastanesi için medikal malzeme tedarikçisini seçmede AHS yöntemini kullanmışlardır. *Fiyat, teknik yeterlilik, hizmet kalitesi, tamir hizmeti ve garanti politikası* kriterlerine göre üç tedarikçi firma değerlendirilmiştir.

Stević vd. [18], 21 kriteri dikkate alarak sağlık sektörü için sürdürülebilir bir tedarikçi seçiminde MACROS yöntemini kullanmışlardır.

Miah vd. [19], sağlık tedarik zinciri yönetimi için bir satın alma karar destek yaklaşımı geliştirmişlerdir. Yeni Zelanda'da 61 hastanenin satın alma yöneticilerine anket uygulamışlardır. Bu ankette dikkate aldıkları kriterler *ürün kalitesi, fiyat, müşteri servisi, geçmiş deneyim, dönüş hızı ve teslim süresi* olmuştur.

Mehralian vd. [20], *kalite, teslimat, teknoloji, imaj, çevre işleri, esneklik, bilgi sistemi, fiyat ve çevresel riskler* kriterlerini kullanarak İran ilaç şirketleri için uygun tedarikçi seçiminde bulanık TOPSIS yöntemini kullanmışlardır.

Fashoto vd. [21], gelişmekte olan ülkelerdeki üniversitelerin sağlık hizmetlerinde tedarikçilerin değerlendirilmesi ve seçimi için bir karar destek modeli geliştirmişlerdir. Bu modelde *fiyat, servis, teslimat, risk ve kalite* kriterleri kullanılmış ve ağırlıkları AHS ile belirlenmiştir. Yapay sinir ağı (YSA) yöntemi ile de tedarikçiler değerlendirmiştir.

Ahmadi vd [22], sağlık sistemlerindeki tedarik yönetimi problemlerini çözmek için bir optimizasyon yaklaşımı geliştirmişlerdir. Bu yöntemde *satın alma fiyatı, kalite, tepki süresi, teslimatta güvenilirlik ve son kullanma tarihi* kriterleri dikkate alınmıştır. Optimizasyon VZA yöntemi ile gerçekleştirilmiştir.

Bahadori vd. [23], yapay sinir ağı ve bulanık VIKOR yöntemlerini kullanarak hastaneler için bir tedarikçi seçim modeli geliştirmişlerdir. Geliştirilen modelde *fiyat, kalite, zamanında teslimat, ödeme koşulları, tedarikçinin geçmişi, paketleme ve nakliye kalitesi* kriterleri kullanılmıştır.

Ishtiaq vd. [24], Pakistan'ın Karaçi şehrindeki bir hastanenin atık yönetimi için tedarikçi seçim probleminin çözümünde *atık yönetim maliyeti, tedarikçi ayrıntıları, atık*

işleme prosedürü ve atık arıtma kriterlerini dikkate alarak AHS yöntemi ile bir çözüm önerisi sunmuşlardır.

Pourghahreman ve Qhatari [25], ajan bazlı bir farmasötik tedarik zincirinde tedarikçi seçim probleminde dikkate alınan kriterlerin önceliklerini belirlemek için TOPSIS ve PROMETHEE II yöntemlerini bütünleşik olarak kullanan bir model geliştirmişlerdir. Bu çalışmada, ilk olarak uzman görüşleri dikkate alınarak on kriter seçilmiş, kriterlerin sıralanması için nicel ve nitel olmak üzere iki kategori belirlenmiş ve ardından TOPSIS ve PROMETHEE II yöntemleri uygulanarak kriterlerin sıralaması yapılmıştır.

Alinezad vd [26], bir ilaç firması için 17 kriteri dikkate alarak beş tedarikçi firma arasından en uygun tedarikçiyi seçme ve değerlendirmede kalite fonksiyon dağılımı ve bulanık AHS yöntemlerini bütünleşik olarak kullanmışlardır.

Badi ve Ballem [27], *fiyat, maliyetler, kalite, tedarikçi profili, teslimat ve esneklik* kriterlerini dikkate alarak üç tıbbi tedarikçi arasından en uygun olanı belirlemek için BWM and MAIRCA (Multi-Attribute Ideal-Real Comparative Analysis) yöntemlerini kullanmışlardır.

Tedarikçi seçimi ve değerlendirilmesi ilgili yapılan çalışmalardan bazıları **Tablo 1**'de verilmiştir.

Bu çalışmada bir vakıf üniversite hastanesinin beyin sinir cerrahisi bölümünde görevli öğretim üyeleri ve asistanlar tarafından önem sırasına göre sıralanan ve puanlanan kriterlerin ağırlıkları SWARA yöntemi ile belirlenmiştir. En doğru tedarikçiyi seçmede EDAS ve WASPAS yöntemleri kullanılmıştır. SWARA yöntemi diğer metotlarla karşılaştırıldığında kıyaslama sayısının daha az olması nedeniyle bu yöntemin çok daha tutarlı sonuçlar vermesine sebep olmaktadır. SWARA tekniğinde, kriterlerin uygulayıcılar tarafından değerlendirilmesi için herhangi bir ölçüğe gerek duyulmamaktadır [66]. EDAS ve WASPAS yöntemlerinin birçok çalışmada başarılı olarak uygulanması ve doğru sonuçlar vermesi ayrıca WASPAS yönteminin, duyarlılık analizi yaparak alternatiflerin sıralanmasındaki tutarlılığı kontrol edebilmesinden dolayı tercih edilmiştir [67]. Yapılan bu çalışmanın sağlık kuruluşlarında ihtiyaç duyulan tıbbi malzeme tedarikçisi seçim probleminde SWARA-EDAS-WASPAS bütünleşik modelin uygulanması ve diğer alanlardaki ÇKKV problemlerin çözümüne farklı bir seçenek sunmasından dolayı literatürdeki boşluğu dolduracağı düşünülmektedir.

Dört ana bölümden oluşan bu çalışmanın ilk bölümü olan giriş kısmında konun kavramsal boyutuna değinilmiştir. Tedarikçi değerlendirmesi ve seçimi ile ilgili literatür taraması da yine bu bölümde yapılmıştır. İkinci bölümde ise kullanılan yöntemler olan SWARA, EDAS ve WASPAS teknikleri detaya girmeden tanıtılmıştır. Üçüncü bölümde SWARA ile kriter ağırlıkları, EDAS ve WASPAS yöntemi ile de tedarikçi seçimi yapılarak bulgulara ve tartışmalara yer verilmiştir. Bu bölümde ayrıca kriterlerin sonuçları etkileyip etkilemediğini görmek açısından duyarlılık analizi yapılmıştır. Son kısım olan sonuç kısmında ise yapılan çalışma analiz edilmiş ve ileride yapılacak çalışmalara yönelik olarak araştırmacılara öneriler sunulmuştur.

Tablo 1. Tedarikçi seçim çalışmaları

| Yazar | ÇKKV Yöntemi | Endüstri |
|------------------------------------|--|-----------------------------------|
| Pramanik vd. [28] | Fuzzy AHS-RAS | Otomotiv üretimi |
| Xiong vd. [29] | Fuzzy BWM- WASPAS- TOPSIS | Açıklayıcı örnek |
| Hasan vd. [30] | Fuzzy DSS- MCGP | Lojistik |
| Mohammed [31] | Grey DEMATEL- VIKOR | Kimyasal üretim |
| Piprani vd. [32] | Fuzzy AHS | Tekstil üretim |
| Parkouhi vd. [33] | Grey DEMATEL- SAW | Ahşap ve kâğıt |
| Davoudabadi vd. [34] | PCA-VZA | Açıklayıcı örnek |
| Amindoust [35] | FIS-VZA | Alaşım üretimi |
| Pramanik vd. [36] | Fuzzy AHS- TOPSIS-QFD | Genel imalat |
| PrasannaVenkatesan and Goh [37] | Fuzzy AHS- PROMETHEE | Sayısal deney |
| Sahu vd [38] | Fuzzy VIKOR | Ampirik örnek |
| Haldar vd [39] | Fuzzy AHS-QFD | Varsayımsal durum |
| Vinodh vd [40] | Fuzzy AAS | Elektronik üretimi |
| Kumar vd. [41] | Yeşil VZA | Otomobil yedek parçaları |
| Girubha vd. [42] | NP, ELECTRE II & VIKOR | Elektronik anahtar imalat |
| Sang and Liu [43] | TODIM | Otomobil üreticisi |
| Shabanpour vd. [44] | Goal Programming & DEA | Çelik imalat |
| Su vd. [45] | DEMATEL | Elektronik imalat |
| Fallahpour vd. [46] | AHS, Preference Programming & TOPSIS | Örme kumaş üretim |
| Luthra vd. [47] | AHS & VIKOR | Otomobil endüstri |
| Song vd. [48] | DEMATEL | Güneş kliması |
| Abdel-Basset vd [49] | DEMATEL | Plastik boru parçaları |
| Awasthi vd. [50] | AHS & VIKOR | Elektronik eşya imalat şirketi |
| Azimifard vd. [51] | AHS-TOPSIS | Çelik endüstrisi |
| Lu vd. [52] | ELECTRE | Sayısal test |
| Song and Li [53] | TOPSIS | İlaç işletmesi |
| Khan vd. [54] | Method of moments | Yeşil tedarik |
| Abdel-Baset vd. [55] | AHS & VIKOR | İthalatçı firma |
| Alikhani vd. [56] | VIKOR-VZA | Süpermarket zinciri |
| Rashidi & Cullinane [57] | VZA-TOPSIS | Lojistik hizmet sağlayıcı |
| Fei vd. [58] | VIKOR | Sayısal örnek |
| Zolfani and Chatterjee [59] | SWARA- BWM | Ev döşeme malzemeleri |
| Stević vd. [18] | MARCOS | Sağlık hizmeti |
| Jain vd. [60] | AHS-TOPSIS | Demir ve çelik endüstrileri |
| Rouyendegh vd. [61] | TOPSIS | Sayısal örnek |
| Wen vd. [62] | VIKOR | Otomobil parçası imalatı |
| Ecer and Pamucar [63] | BWM-CoCoSo | Ev aletleri imalatı |
| Yazdani vd. [64] | DEMATEL & BWM & EDAS | Sağlık tedarikçisi |
| Yazdani vd. [65] | CoCoSo | İnşaat firmaso |
| Ishtiaq vd. [24] | AHS | Hastane atık yönetimi |

2 Materyal ve metot

Bu çalışmada üç farklı yöntem entegre olarak uygulanmıştır. Kriterler SWARA yöntemi ile ağırlıklandırılırken, tedarikçilerin değerlendirilmesi EDAS ve WASPAS yöntemleri ile ayrı ayrı gerçekleştirilmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

2.1 SWARA yöntemi

SWARA yöntemi, Zavadskas, Turskis ve Keršulienė tarafından 2010 yılında ÇKKV problemlere çözüm bulmak amacıyla geliştirilmiş bir tekniktir. Grup çalışmasını desteklemesi ve uygulanmasının çok kolay olması gibi nedenlerden dolayı hızlı bir şekilde kabul görmüş ve bugüne kadar birçok çalışmada başarı ile uygulanmıştır [66, 68-70].

Bu yöntemde kriterler, karar vericiler tarafından ilk olarak çok önemliden daha az önemliye doğru yani önem sırasına göre azalan şekilde sıralanır. Böylece karar verici adedince kriter önem sırası vektörünü ortaya çıkar. Kriterlerin genel önem sıralaması, uzmanların yaptığı kriter önem sıralamalarının aritmetik veya bazı durumlarda geometrik ortalaması alınarak belirlenir. Her bir karar verici, genel sıralamayı dikkate alarak kriterleri $j+1$. kriterden başlayarak j . kriter (bir önceki) ile kıyaslar ve bu kıyaslama neticesinde SWARA yöntemine göre kriterlerin önem katsayıları belirlenir. Sonuçta ne kadar karar verici varsa o kadar kriter önem katsayı vektörü elde edilir. Bu elde edilen kriter önem katsayı vektörlerinin aynı indisli elemanlarının aritmetik ortalaması alınarak nihai öncelik katsayıları bulunur [68, 71-72].

Literatür incelendiğinde son yıllarda birçok çalışmanın SWARA yöntem ile yapıldığı görülmektedir. Bu çalışmalara örnek olarak şunlar verilebilir: Tedarikçi seçimi [73-74], personel seçimi [68, 75-78], faktöring şirketlerin değerlendirilmesi [70], lojistik işletmelerin değerlendirilmesi [71,79], ambalaj ve ürün tasarımı [24,80].

SWARA yöntemi şu adımlardan oluşmaktadır [24-66,81]:

2.1.1 SWARA işlem adımları

- 1. Adım:** Kriterler önemine göre azalan seviyede sıralanır.
- 2. Adım:** j . kriter ile $(j + 1)$. kriter ile kıyaslanır ve j . kriterin önemini yüzde olarak ifade eden s_{j+1} parametresi belirlenir.
- 3. Adım:** Denklem (1) ile gösterilen k_j değeri, kriterlerin ikili olarak karşılaştırılmasıyla elde edilen ve j . kriterin $(j + 1)$. kritere göre önemini yüzde olarak ifade eden parametreye 1 ilave edilmiş değişkendir.

$$k_j = \begin{cases} 1 & j = 1 \\ s_j + 1 & j > 1 \end{cases} \quad (1)$$

- 4. Adım:** q_j parametresi 0-1 arasında bir değer alır ve Denklem (2)'de gösterildiği gibi hesaplanır.

$$q_j = \begin{cases} 1 & j = 1 \\ \frac{q_{j-1}}{k_j} & j > 1 \end{cases} \quad (2)$$

- 5. Adım:** Kriterlerin göreceli ağırlıkları w_j Denklem (3)'de gösterildiği gibi belirlenir.

$$w_j = \frac{q_j}{\sum_{k=1}^n q_k} \quad (3)$$

2.2 EDAS yöntemi

ÇKKV yöntemlerinden olan EDAS metodu, Keshavarz Ghorabae ve arkadaşları tarafından 2015 yılında geliştirilmiştir. EDAS yöntemi, seçeneklerden en uygun olanı belirlemede ortalama çözümü dikkate almaktadır [82]. EDAS, geliştirici yazarları tarafından diğer ÇKKV yöntemlerinden SAW Complex Proportional Assessment (COPRAS), TOPSIS, VIKOR ile karşılaştırılmış ve geçerliliği test edilmiştir [66]. Bu yöntem 6 adımdan oluşmaktadır.

2.2.1 EDAS işlem adımları

Yöntemin işlem adımları [66,82];

1. *Adım*: Başlangıç matrisinin (X) oluşturulması. Seçeneklerin kriterlere göre aldığı değerlerin gösterildiği başlangıç karar matrisi [Denklem \(4\)](#) ile formüle edildiği gibi oluşturulur. x_{ij} , i. seçeneğin j. kriterine göre aldığı değeri göstermektedir. m, seçenek; n ise kriter sayısını belirtmektedir.

$$X = [X_{ij}]_{m \times n} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{i1} & x_{i2} & \dots & x_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (4)$$

2. *Adım*: Tüm kriterlere göre ortalama değerler matrisinin (AV) belirlenmesi. Her bir kriterine göre seçeneklerin ortalama değeri [Denklem \(5a\)](#) yardımıyla elde edilir. AV_j , j. kriterin ortalamasını göstermektedir.

$$AV_j = \frac{\sum_i^m X_{ij}}{m} \quad (5a)$$

$$AV = [AV_j]_{1 \times n} \quad (5b)$$

3. *Adım*: Ortalamadan pozitif uzaklık (PDA) ve negatif uzaklık (NDA) matrisinin oluşturulması. [Denklem \(6\)](#) ile formüle edilen PDA ve [Denklem \(7\)](#) ile formüle edilen NDA matrisleri fayda yönlü olduklarında (8) ve (9) numaralı [Denklemler](#) ile maliyet yönlü oldukları zaman ise (10) ve (11) numaralı [Denklemler](#) ile oluşturulur.

$$PDA = [PDA_{ij}]_{m \times n} \quad (6)$$

$$NDA = [NDA_{ij}]_{m \times n} \quad (7)$$

$$PDA_{ij} = \frac{\max(0, (X_{ij} - AV_j))}{AV_j} \quad (8)$$

$$NDA_{ij} = \frac{\max(0, (AV_j - X_{ij}))}{AV_j} \quad (9)$$

$$PDA_{ij} = \frac{\max(0, (AV_j - X_{ij}))}{AV_j} \quad (10)$$

$$NDA_{ij} = \frac{\max(0, (X_{ij} - AV_j))}{AV_j} \quad (11)$$

4. *Adım*: PDA ve NDA matrislerinin ağırlıklandırılması ve seçeneklerin değerlerinin hesaplanması. Her bir seçeneğin kriterlere göre ağırlıklandırılmış değerleri toplanır. Toplam pozitif uzaklık (SP) değerleri [Denklem \(12\)](#), toplam negatif uzaklık (SN) değerleri ise [Denklem \(13\)](#) kullanılarak hesaplanır [83].

$$SP_i = \sum_{j=1}^n v_j PDA_{ij} \quad (12)$$

$$SN_i = \sum_{j=1}^n v_j NDA_{ij} \quad (13)$$

5. *Adım*: Seçeneklerin SP ve SN değerlerinin normalize edilmesi. Her bir seçeneğin normalize SP ve normalize SN değerleri, [Denklem \(14\)](#) ve (15) kullanılarak hesaplanır.

$$NSP_i = \frac{SP_i}{\max_i(SP_i)} \quad (14)$$

$$NSN_i = 1 - \frac{SN_i}{\max_i(SN_i)} \quad (15)$$

6. *Adım*: Sıralama puanının hesaplanması. [Denklem \(16\)](#) ile formülüne edildiği gibi her bir seçeneğin normalize toplam pozitif (NSP) ve normalize toplam negatif (NSN) puanlarının ortalaması alınarak seçeneklerin nihai performansı (AS) elde edilir.

$$AS_i = \frac{1}{2} (NSP_i + NSN_i) \quad (16)$$

AS_i değeri, $0 \leq AS_i \leq 1$ koşulunu sağlamalıdır.

Seçenekler, AS puanına göre azalan düzeyde sıralanır. En yüksek değere sahip birinci sıradaki seçenek en uygun alternatif olarak değerlendirilir.

2.3 WASPAS yöntemi

ÇKKV yöntemlerinden olan WASPAS, Zavadskas vd. tarafından 2012 yılında geliştirilen Weighted Product Model (WPM) ve Weighted Sum Model (WSM) tekniklerine dayanmaktadır [80]. WASPAS yöntemi, ÇKKV problemlerinin çözümünde kriter ağırlıklarını dikkate alarak alternatiflerin kriterlere göre nihai performansını hesaplamaktadır. Yöntemin uygulanması neticesinde alternatifler en yüksekte en düşüğe doğru sıralanmaktadır. Ayrıca yöntem, yüksek tutarlılığa erişmek için ağırlıklandırılmış ve entegre edilmiş fonksiyonu optimize etmektedir [83,84]. WASPAS yöntemi birçok çalışmada başarı ile uygulanmıştır. Örnek olarak bu çalışmalara şunlar verilebilir: Kamu binalarında cephe giydirmesi [85], alışveriş merkezi yeri seçimi [80,86], tedarikçi seçimi [74,87-88], sağlık ve güvenlik çözümlerinin değerlendirilmesi [89],

personel seçimi [77], Türkiye'deki şehirlerin yaşanabilirliğinin değerlendirilmesi [83] ve robot seçimi [90] gibi çalışmalar son yıllarda WASPAS yöntemiyle yapılan çalışmalardan birkaçını oluşturmaktadır.

Bu yöntemin uygulanmasında öncelikle $m \times n$ boyutunda bir matris oluşturulur. Karar matrisi olarak adlandırılan bu matriste seçeneklerin kriterlere göre değerleri yer alır. Matriste m , seçenekleri ($A_i, i = 1, 2, \dots, m$) ve n ise kriterleri ($K_j, j = 1, 2, \dots, n$) gösterirken, w_j , kriterlerin ağırlığını ifade etmektedir.

2.3.1 WASPAS işlem adımları

WASPAS yönteminin adımları şu şekilde özetlenebilir [76, 84].

1. *Adım*: İlk olarak karar matrisi (X) oluşturulur. Denklem (17) ile gösterilen bu matriste; x_{ij} ; i . seçeneğin j . kritere göre değerini göstermektedir.

$$X = [X_{ij}]_{m \times n} = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_{i1} & X_{i2} & \dots & X_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_{m1} & X_{m2} & \dots & X_{mn} \end{bmatrix} \quad (17)$$

2. *Adım*: Kriterlerin fayda veya maliyet yönlü oluşlarına göre karar matrisi normalize edilir. Normalizasyon işlemi fayda yönlü kriterler için (18), maliyet yönlü kriterler için (19) numaralı Denklem ile gerçekleştirilir.

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\max_i x_{ij}} \quad (18)$$

$$x_{ij}^* = \frac{\min_i x_{ij}}{x_{ij}} \quad (19)$$

3. *Adım*: Her bir seçenğin nisbi performansı, kriter ağırlıkları ile seçeneğin kriterlere göre performansının çarpımının toplamı ile elde edilir. Bu durum Denklem (20) ile formülize edilmiştir.

$$P_i^{(1)} = \sum_{j=1}^n x_{ij}^* w_j \quad (20)$$

4. *Adım*: Her bir seçenğin nisbi performansı, seçeneklerin kriterlere göre kuvvetlerinin çarpımı alınarak bulunur. Denklem (21) ile bu durum ifade edilmiştir.

$$P_i^{(2)} = \prod_{j=1}^n (x_{ij}^*)^{w_j} \quad (21)$$

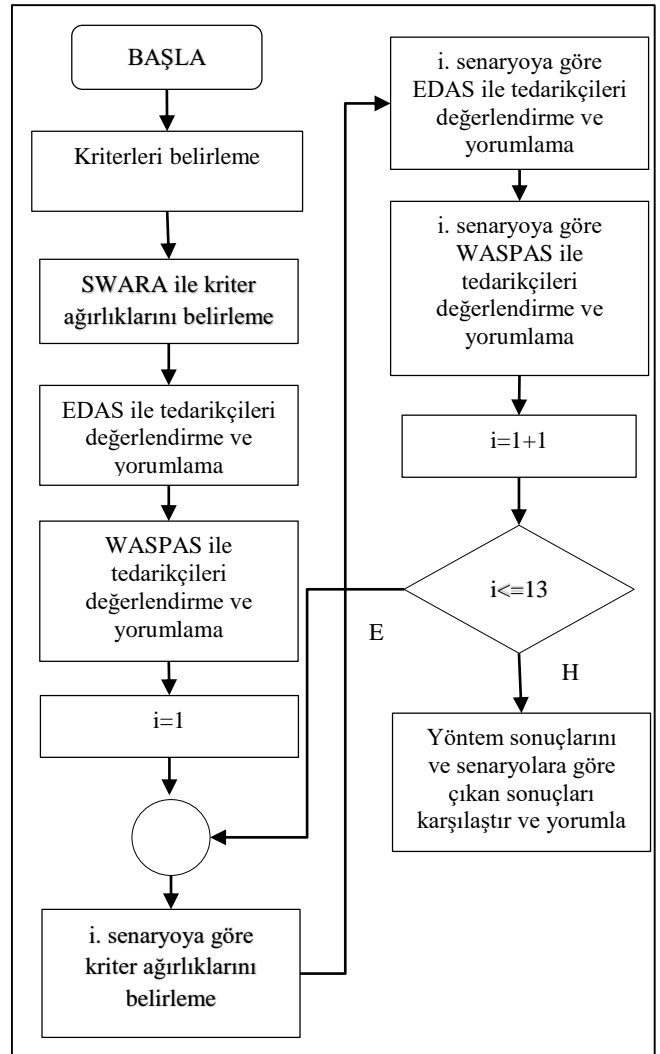
5. *Adım*: Seçeneklerin genel sıralamadaki pozisyonlarını gösteren nihai performansı P_i , Denklem (20) ve (21)'e göre hesaplanan göreceli performanslarının toplanmasıyla bulunur. Denklem (22) ile bu durum ifade edilmiştir.

$$P_i = 0.5P_i^{(1)} + 0.5P_i^{(2)} \quad (22)$$

Karar verme sürecinin etkinliğini ve doğruluğunu artırmak için Denklem (23) kullanılabilir. α , 0 ile 1 arasında değer alabilen bir parametredir. WASPAS yöntemi, $\alpha=0$ olarak belirlendiğinde WPM yöntemine; $\alpha=1$ olarak belirlendiğinde ise WSM yöntemine dönüşmektedir. Karar verici, α değerini istediği gibi belirleyebilmektedir. Zavadskas vd. α değeri için 0,5 değerini belirlemelerine rağmen α için en uygun değerini hesaplanmasını önermektedirler [98].

$$P_i = \alpha P_i^{(1)} + (1 - \alpha) P_i^{(2)} \quad (23)$$

6. *Adım*: Alternatiflerin nihai sıralamada yerlerini belirlemek için P_i değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanır. İlk sıradaki alternatif en uygun seçenek olarak değerlendirilir.



Şekil 1. Tedarikçi seçim modeli

3 Bulgular ve tartışma

3.1.1 Tedarikçi seçim modeli

Sağlık sektörü için tedarikçi belirleme modeli Şekil 1'de gösterilmiştir. Modelin ilk aşamasında kriterler, literatür

taraması, vakıf üniversite hastanesi beyin sinir cerrahisi bölümü öğretim elemanları ve asistanlarının (karar vericiler) görüşleri doğrultusunda belirlenmiştir. Bir sonraki aşamada ise her bir karar vericinin kriterleri önem sırasına göre azalan seviyede sıralamaları neticesinde SWARA yöntemi ile kriter ağırlıkları tespit edilmiştir. Kriter ağırlıkları belirlendikten sonra tedarikçilerin değerlendirilmesine geçilmiştir. İlk olarak EDAS ile tedarikçiler değerlendirilmiş ve yorumlanmıştır. Bir sonraki adımda tedarikçiler WASPAS ile değerlendirilmiş ve yorumlanmıştır. Çalışmanın son adımında 13 adet senaryo geliştirilmiş ve her bir senaryoya göre kriter ağırlıkları tekrar belirlenmiş ve tedarikçiler EDAS ve WASPAS'a göre değerlendirilmiştir. Son aşamada ise senaryolu ve senaryosuz durumlara göre çıkan sonuçlar analiz edilmiş ve aralarındaki farklar ve benzerlikler ortaya konmuştur.

3.1.2 SWARA ile kriter ağırlıklarının belirlenmesi

Literatür incelemesi sonucunda tedarikçi seçiminde kalite, maliyet, güvenilirlik ve teslimat kriterlerinin en önemli ölçütler olduğu görülmektedir. Ancak sağlık işletmeleri, tedarikçi seçim sürecinde tedarik edeceği ürüne göre ek kriterleri de dikkate alması gerekmektedir. Sağlık sektörü tedarikçi seçiminde kullanılan kriterler Tablo 2'de gösterilmiştir.

Karar vericilerin görüşleri ve literatür taraması neticesinde sağlık kuruluşlarında malzeme tedarikçi seçiminde aşağıda verilen kriterler tespit edilmiştir:

- Malzemelerin ameliyata hazır hale getirilmesi (K1)
- Malzemelerin kullanımının kolay olması (K2)
- Maliyet (K3)
- Teslimatın hızlı gerçekleştirilmesi (K4)
- Kullanılacak malzemenin kalitesi (çelik alaşım, titanyum alaşım) (K5)
- Arınlık şartlarının yerine getirilmesi (K6)
- Güvenirlik (K7)
- Farklı anatomik yapılar uygun ürün çeşitliliği (K8)
- Vidaların sağlamlığı, güvenilirliği ve kontrollü olarak uygulanabilirliği (K9)
- Vücuta uygunluk ve uyum (K10).

Öncelikle kriterler karar vericiler tarafından bireysel olarak önemine göre puanlanır. Puanlamada 1-10 arası ölçek kullanılır. 1, kriterin çok önemli olduğunu gösterirken 10, öneminin oldukça az olduğunu ifade eder. Karar vericiler tarafından yapılan puanlamanın kriter bazında geometrik ortalaması alınır ve küçükten büyüğe doğru (önemliden daha az önemliye doğru) sıralanır. Bu sıralama analize temel teşkil edecek dizilimdir. Tablo 3'de karar vericilerin puanlamaları ve belirlenen sıralamalar verilmiştir.

Kriterler, elde edilen nihai sıralama temel alınarak (j+1). kriterden başlayarak k. (bir önceki) kriter ile karar vericiler tarafından önem derecesine göre kıyaslanır. k. kriterin (j+1). kriterden ne kadar önemli olduğu yüzde olarak belirlenir ve (j+1). kriterin bulunduğu satıra s_j değeri olarak eklenir. Her bir karar verici kriterlerin kıyaslamasını tek başına yapar. Karar vericilerin kriterleri kıyaslama sonuçları Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 2. Sağlık sektörü tedarikçi seçim kriterleri

| |
|---|
| Fiyat, teknik yeterlilik, hizmet kalitesi, tamir hizmeti ve garanti politikası [15] |
| Ekonomik, çevresel ve sosyal [18] |
| Kalite, fiyat, müşteri servisi, geçmiş deneyimi, dönüş hızı ve teslim süresi [19] |
| Kalite, teslimat, teknoloji, imaj, çevre işleri, esneklik, bilgi sistemi, fiyat ve çevresel riskler [20] |
| Fiyat, servis, teslimat, risk ve kalite [21] |
| Satın alma fiyatı, kalite, tepki süresi, teslimatta güvenilirlik, son kullanma tarihi [22] |
| Fiyat, kalite, zamanında teslimat, ödeme koşulları, tedarikçinin geçmiş, paketleme ve nakliye kalitesi [23] |
| Atık yönetim maliyeti, tedarikçi ayrıntıları, atık işleme prosedürü, atık arıtma [24] |
| Kalite, zamanında teslimat, güven, itibar, esneklik, önceki işbirliği deneyimi, mali durum, fiyat, teslim süresi, sağlanabilecek malzeme miktarı [25] |
| Maliyet, tedarikçi durumu, teslim süresi, kalite [26] |
| Fiyat ve maliyetler, kalite, tedarikçi profili, teslimat, esneklik [27] |
| Satın alma maliyeti, ürün kalitesi, finansal istikrar, teslimat performansı, bina ve tesis, personel [92] |
| Fiyat, teslimat, servis, esneklik ve ilişki [93] |
| Maliyet, kalite, hizmetler, teslimat, tedarikçi profili [94] |
| Maliyet, kalite, hizmetler, diğer, tedarikçi profili, risk [95] |
| Kalite, maliyet, mevzuata uygunluk, hizmet güvenilirliği, risk yönetimi, tedarikçi profili, yeşil satın alma [96] |
| Tedarik kapasitesi, üretim kapasitesi, tepki süresi, üretim teknolojisi, fiyat, garanti, prosedürel uygunluk, satın alma işlemi, iletişim sistemi, kalite, tamamlanan sevkiyat belgesi, miktar, zamanında teslimat, mali durum, yer, itibar, yönetim ve organizasyon [97] |

Tablo 3. Kriterlerin puanlanması ve sıralama

| Kriterler | UZ 1 | UZ 2 | UZ 3 | UZ 4 | GEO | Sıra |
|-----------|------|------|------|------|-------|------|
| K1 | 9 | 9 | 4 | 10 | 7.545 | 10 |
| K2 | 7 | 6 | 5 | 5 | 5.692 | 7 |
| K3 | 10 | 1 | 10 | 4 | 4.472 | 4 |
| K4 | 8 | 8 | 2 | 9 | 5.826 | 8 |
| K5 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1.189 | 1 |
| K6 | 6 | 7 | 3 | 8 | 5.635 | 6 |
| K7 | 5 | 10 | 9 | 6 | 7.208 | 9 |
| K8 | 3 | 3 | 7 | 3 | 3.708 | 2 |
| K9 | 2 | 5 | 8 | 7 | 4.865 | 5 |
| K10 | 4 | 4 | 6 | 2 | 3.722 | 3 |

Karar vericiler tarafından kriterlerin kendi aralarında karşılaştırılması sonucunda ortaya çıkan değerler **Tablo 4**'de gösterilmiştir. Kriter ağırlıkları SWARA metoduna göre hesaplanmış ve **Tablo 5**'de verilmiştir. Sonuçta karar verici sayısı kadar kriter ağırlık vektörü elde edilmiştir.

Tablo 4. Kriterlerin karar vericiler tarafından kıyaslanması

| Kriterler | Sıra | KV1 | KV2 | KV3 | KV4 |
|-----------|------|------|------|------|------|
| K5 | 1 | | | | |
| K8 | 2 | 0.20 | 0.10 | 0.20 | 0.20 |
| K10 | 3 | 0.30 | 0.20 | 0.20 | 0.20 |
| K3 | 4 | 0.20 | 0.15 | 0.10 | 0.10 |
| K9 | 5 | 0.10 | 0.00 | 0.15 | 0.00 |
| K6 | 6 | 0.10 | 0.05 | 0.50 | 0.10 |
| K2 | 7 | 0.20 | 0.10 | 0.20 | 0.20 |
| K4 | 8 | 0.00 | 0.10 | 0.10 | 0.10 |
| K7 | 9 | 0.10 | 0.10 | 0.00 | 0.00 |
| K1 | 10 | 0.00 | 0.00 | 0.10 | 0.10 |

Tedarikçileri değerlendirmek için gerekli olan nihai kriter ağırlıklar, **Tablo 5**'de verilen sıralamalarda aynı indisli kriterlerin aritmetik ortalaması alınarak belirlenmiştir. **Tablo 5**'e bakıldığında en önemli kriterin 0.169 değeri ile K5 olduğu anlaşılmaktadır. K8; 0.145 değeri ile ikinci önemli kriter olmuştur. Sıralamanın en sonunda 0.061 değeri ile K1 yer almıştır. Kriterlerin sıralanması **Tablo 5**'de görülebileceği gibi $K5 > K8 > K10 > K3 > K9 > K6 > K2 > K4 > K7 > K1$ şeklinde gerçekleşmiştir.

Tablo 5. SWARA yöntemine göre kriterlerin ağırlıkları

| Kriterler | UZ1 | UZ2 | UZ3 | UZ4 | A.ORT |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| K1 | 0.071 | 0.049 | 0.065 | 0.061 | 0.061 |
| K2 | 0.086 | 0.059 | 0.078 | 0.071 | 0.074 |
| K3 | 0.099 | 0.122 | 0.103 | 0.107 | 0.108 |
| K4 | 0.078 | 0.053 | 0.071 | 0.067 | 0.068 |
| K5 | 0.151 | 0.193 | 0.164 | 0.177 | 0.169 |
| K6 | 0.094 | 0.071 | 0.094 | 0.083 | 0.086 |
| K7 | 0.071 | 0.053 | 0.071 | 0.062 | 0.065 |
| K8 | 0.137 | 0.161 | 0.136 | 0.151 | 0.145 |
| K9 | 0.099 | 0.106 | 0.103 | 0.099 | 0.103 |
| K10 | 0.114 | 0.134 | 0.114 | 0.123 | 0.121 |

3.1.3 WASPAS İle tedarikçi seçimi

Üç adet tedarikçi firma, karar vericiler tarafından belirlenen kriterlere göre puanlanmıştır. Değerlendirmede 1-10 arası puanlama ölçeği kullanılmıştır (1: çok çok kötü, 10: çok çok iyi). Karar vericilerin tedarikçileri kriterlere göre değerlendirmesi sonucunda ortaya çıkan değerler geometrik ortalama yöntemiyle tek bir tabloda birleştirilmiştir. Bu tablo, WASPAS ve EDAS yöntemi uygulamasında kullanılan temel parametreler olmakta ve başlangıç karar matrisi olarak adlandırılmaktadır. Bu veriler **Tablo 6**'da gösterilmiştir.

Tablo 6. Başlangıç karar matrisi

| Kriterler | T1 | T2 | T3 |
|-----------|-------|-------|-------|
| K1 | 8.132 | 9.240 | 8.000 |
| K2 | 8.132 | 8.972 | 7.238 |
| K3 | 6.620 | 6.435 | 6.435 |
| K4 | 9.212 | 8.712 | 7.737 |
| K5 | 8.239 | 8.485 | 7.238 |
| K6 | 9.487 | 9.740 | 8.739 |
| K7 | 9.147 | 8.149 | 7.737 |
| K8 | 8.207 | 8.239 | 8.000 |
| K9 | 8.712 | 9.240 | 8.239 |
| K10 | 8.207 | 8.452 | 7.969 |

WASPAS yöntemi ile **Tablo 6**'da gösterilen verilerin analizi sonucunda **Tablo 7**'de görüldüğü gibi T2 tedarikçisi en uygun tedarikçi olarak belirlenmiştir. İkinci sırayı T1 olarak sembolize edilen tedarikçi almıştır. Son sıraya ise T3 adlı tedarikçi konumlanmıştır. Tedarikçilerin dizilimi $T2 > T1 > T3$ şeklinde olmuştur. Bu sıralamaya göre sağlık kuruluşu için en doğru tedarikçinin T2 olduğu, en uygun olmayan tedarikçinin de T3 olduğu ortaya konmuştur.

Tablo 7. WASPAS yöntemi sonuçları ve sıralama

| | T1 | T2 | T3 |
|----------|-------|-------|-------|
| Puan | 0.965 | 0.989 | 0.900 |
| Sıralama | 2 | 1 | 3 |

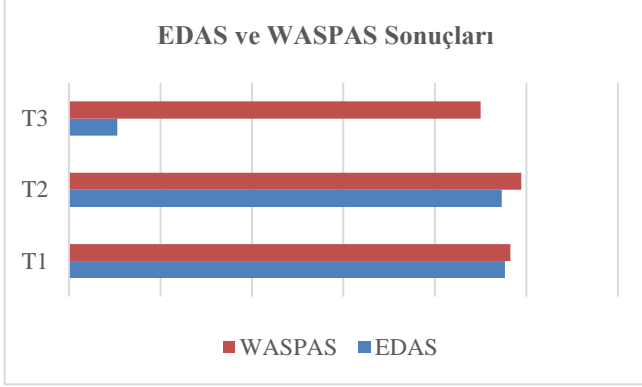
3.1.4 EDAS İle tedarikçi seçimi

EDAS yöntemi ile **Tablo 6**'da gösterilen verilerin analizi sonucunda **Tablo 8**'de gösterilen tedarikçi sıralaması elde edilmiştir. Analiz neticesinde en doğru tedarikçinin T1 olduğu anlaşılmıştır. 2. sırada T2 tedarikçisi yer almıştır. T3 tedarikçisi ise son sıraya konumlanmıştır. EDAS yöntemi analizine göre sağlık kuruluşu için en doğru tedarikçinin T1 olduğu belirlenmiştir.

Tablo 8. EDAS yöntemi sonuçları ve sıralama

| | T1 | T2 | T3 |
|----------|--------|--------|--------|
| Puan | 0.9528 | 0.9464 | 0.1058 |
| Sıralama | 1 | 2 | 3 |

Tablo 7, **Tablo 8** ve **Şekil 2** birlikte analiz edildiğinde her iki yöntem sonuçlarına göre T3 tedarikçisi son sırada yer almıştır. T1 tedarikçisi EDAS yöntemi sonuçlarına göre 1. sırada konumlanırken, WASPAS yöntemi sonuçlarına göre 2. sırada yer almıştır. T2 tedarikçisi EDAS yöntemi sonuçlarına göre 2. sırada konumlanırken, WASPAS yöntemi sonuçlarına göre 1. sırada yer almıştır.



Şekil 2. EDAS ve WASPAS sonuçları

3.1.5 Duyarlılık analizi

Çalışmanın bu bölümünde kapsamlı bir duyarlılık analizi yapılmıştır. Bu amaçla kriterlerin ağırlık değerleri değiştirilmiş ve bu farklı ağırlıkların EDAS ve WASPAS yöntemleri kullanılarak elde edilen sıralama sonuçlarına olası etkileri incelenmiştir. Ağırlıkları değiştirerek yeni değerleri belirlemek için Kahraman [99] tarafından önerilen yöntem dikkate alınmıştır. Yöntemin uygulanması neticesinde senaryo olarak tanımlanan 13 farklı kriter ağırlıkları elde edilmiştir. Bu değerler Tablo 9'da gösterilmiştir.

Duyarlılık analizinde ilk olarak esneklik ağırlık katsayıları Denklem (24) kullanılarak hesaplanır.

$$\alpha_i = \frac{w_i^0}{\sum_{i \in I} w_i^0}, \quad I = (N - S - U) \quad (24)$$

Δx parametresi, ilişkili ağırlık esneklik katsayısına göre ağırlık kümesine uygulanan değişiklik miktarını temsil eder. Δx değişkeninin sınırı, parametrik durum için aşağıdaki (25) numaralı Eşitsizlik kullanılarak hesaplanabilir:

$$-w_s^0 \leq \Delta x \leq \min \frac{w_i^0}{\alpha_i}, \quad \forall i \in I \quad (25)$$

Duyarlılık ağırlığındaki değişikliğin sınırı, Denklem (26) ile de ayarlanabilir.

$$-w_s^0 \leq \Delta x \leq \sum_{i \in I} w_i^0 \quad (26)$$

Karar verici duyarlılık analizi için ayarlanan parametrelere göre yeni ağırlıkları hesaplar. Yeni ağırlıklar Denklem (27), (28) ve (29) kullanılarak hesaplanabilir.

$$w_s = w_s^0 + \alpha_s \Delta x \quad s \in S \quad (27)$$

$$w_i = w_i^0 - \alpha_i \Delta x \quad i \in I \quad (28)$$

$$w_u = w_u^0 + \alpha_u \Delta x \quad u \in SU \quad (29)$$

Tablo 9. Senaryolara göre yeni kriter ağırlıkları

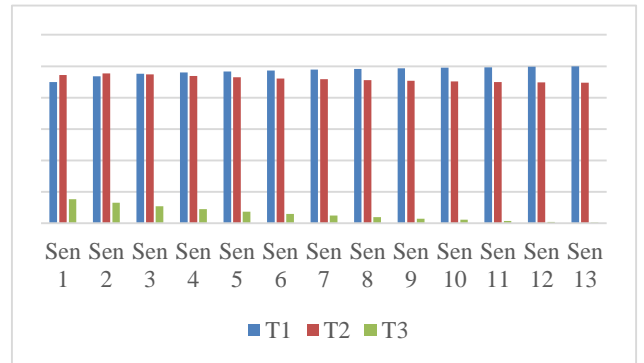
| Senaryolar | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | w_1 | w_2 | w_3 | w_4 | w_5 |
| Senerayo-1 | 0.0734 | 0.0890 | 0.1300 | 0.0818 | 0.0000 |
| Senerayo-2 | 0.0675 | 0.0819 | 0.1196 | 0.0753 | 0.0800 |
| Senerayo-3 | 0.0617 | 0.0748 | 0.1092 | 0.0687 | 0.1600 |
| Senerayo-4 | 0.0558 | 0.0677 | 0.0988 | 0.0622 | 0.2400 |
| Senerayo-5 | 0.0499 | 0.0606 | 0.0884 | 0.0556 | 0.3200 |
| Senerayo-6 | 0.0440 | 0.0534 | 0.0780 | 0.0491 | 0.4000 |
| Senerayo-7 | 0.0382 | 0.0463 | 0.0676 | 0.0426 | 0.4800 |
| Senerayo-8 | 0.0323 | 0.0392 | 0.0572 | 0.0360 | 0.5600 |
| Senerayo-9 | 0.0264 | 0.0321 | 0.0468 | 0.0295 | 0.6400 |
| Senerayo-10 | 0.0206 | 0.0249 | 0.0364 | 0.0229 | 0.7200 |
| Senerayo-11 | 0.0147 | 0.0178 | 0.0260 | 0.0164 | 0.8000 |
| Senerayo-12 | 0.0088 | 0.0107 | 0.0156 | 0.0098 | 0.8800 |
| Senerayo-13 | 0.0029 | 0.0036 | 0.0052 | 0.0033 | 0.9600 |

Tablo 9. Senaryolara göre yeni kriter ağırlıkları (devam)

| Senaryolar | K6 | K7 | K8 | K9 | K10 |
|-------------|--------|--------|--------|--------|----------|
| | w_6 | w_7 | w_8 | w_9 | w_{10} |
| Senerayo-1 | 0.1035 | 0.0782 | 0.1745 | 0.1239 | 0.1456 |
| Senerayo-2 | 0.0952 | 0.0720 | 0.1605 | 0.1140 | 0.1340 |
| Senerayo-3 | 0.0869 | 0.0657 | 0.1466 | 0.1041 | 0.1223 |
| Senerayo-4 | 0.0787 | 0.0594 | 0.1326 | 0.0942 | 0.1107 |
| Senerayo-5 | 0.0704 | 0.0532 | 0.1187 | 0.0843 | 0.0990 |
| Senerayo-6 | 0.0621 | 0.0469 | 0.1047 | 0.0744 | 0.0874 |
| Senerayo-7 | 0.0538 | 0.0407 | 0.0907 | 0.0645 | 0.0757 |
| Senerayo-8 | 0.0455 | 0.0344 | 0.0768 | 0.0545 | 0.0641 |
| Senerayo-9 | 0.0373 | 0.0282 | 0.0628 | 0.0446 | 0.0524 |
| Senerayo-10 | 0.0290 | 0.0219 | 0.0489 | 0.0347 | 0.0408 |
| Senerayo-11 | 0.0207 | 0.0156 | 0.0349 | 0.0248 | 0.0291 |
| Senerayo-12 | 0.0124 | 0.0094 | 0.0209 | 0.0149 | 0.0175 |
| Senerayo-13 | 0.0041 | 0.0031 | 0.0070 | 0.0050 | 0.0058 |

3.1.6 Senaryolara göre EDAS uygulaması

EDAS yönteminin Tablo 9'da verilen yeniden düzenlenmiş kriter ağırlıklarına göre uygulanması neticesinde Tablo 10'da gösterilen sıralamalar elde edilmiştir. Tablo 10 ve Şekil 3 birlikte incelendiğinde tedarikçilerin sıralamalarında sadece 1. ve 2. senaryolarda sıralamanın değiştiği görülmektedir. 3. senaryodan itibaren senaryosuz uygulama neticesinde görüldüğü gibi sıralama T1>T2>T3 şeklinde gerçekleşmiştir.



Şekil 3. Senaryolara göre EDAS yöntemi uygulanması

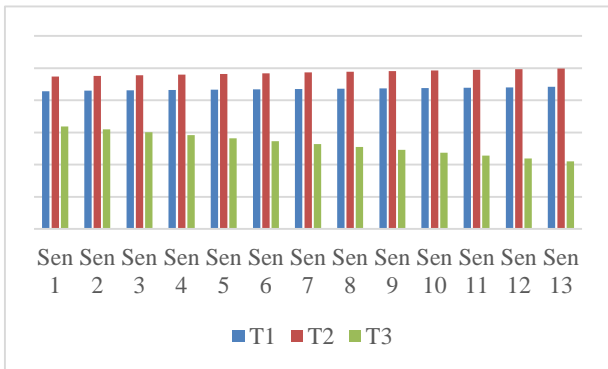
Tablo 10. Senaryolara göre EDAS yöntemi uygulaması

| Senaryolar | T1 | T2 | T3 |
|-------------|-------|-------|-------|
| Orijinal | 0.953 | 0.946 | 0.106 |
| Sıralama | 1 | 2 | 3 |
| Senerayo-1 | 0.899 | 0.944 | 0.152 |
| Sıralama | 2 | 1 | 3 |
| Senerayo-2 | 0.935 | 0.954 | 0.130 |
| Sıralama | 2 | 1 | 3 |
| Senerayo-3 | 0.952 | 0.948 | 0.108 |
| Sıralama | 1 | 2 | 3 |
| Senerayo-4 | 0.960 | 0.938 | 0.089 |
| Sıralama | 1 | 2 | 3 |
| Senerayo-5 | 0.967 | 0.929 | 0.073 |
| Sıralama | 1 | 2 | 3 |
| Senerayo-6 | 0.973 | 0.922 | 0.059 |
| Sıralama | 1 | 2 | 3 |
| Senerayo-7 | 0.978 | 0.916 | 0.047 |
| Sıralama | 1 | 2 | 3 |
| Senerayo-8 | 0.983 | 0.911 | 0.037 |
| Sıralama | 1 | 2 | 3 |
| Senerayo-9 | 0.987 | 0.907 | 0.029 |
| Sıralama | 1 | 2 | 3 |
| Senerayo-10 | 0.990 | 0.903 | 0.021 |
| Sıralama | 1 | 2 | 3 |
| Senerayo-11 | 0.993 | 0.900 | 0.014 |
| Sıralama | 1 | 2 | 3 |
| Senerayo-12 | 0.996 | 0.897 | 0.008 |
| Sıralama | 1 | 2 | 3 |
| Senerayo-13 | 0.999 | 0.894 | 0.003 |
| Sıralama | 1 | 2 | 3 |

3.1.7 Senaryolara göre WASPAS uygulaması

WASPAS yönteminin Tablo 9’da verilen yeniden düzenlenmiş kriter değerlerine göre uygulanması neticesinde Tablo 11’de gösterilen sıralamalar elde edilmiştir. Tablo 11 ve Şekil 4 birlikte incelendiğinde tedarikçilerin sıralamalarında hiçbir değişiklik olmadığı görülmektedir. Senaryolu ve senaryosuz (orijinal) uygulamalar neticesinde görüldüğü gibi sıralama $T2 > T1 > T3$ şeklinde gerçekleşmiştir.

WASPAS uygulaması neticesinde çıkan sonuçların senaryolu EDAS uygulamasının ilk iki senaryosu ile örtüştüğü görülmektedir. Netice itibariyle her iki yöntemin uygulanması neticesinde senaryolu ve senaryosuz analizler arasında anlamlı bir fark olmadığı ortaya konmuştur.



Şekil 4. Senaryolara göre WASPAS yöntemi uygulaması

Tablo 11. Senaryolara göre WASPAS yöntemi uygulaması

| Senaryolar | T1 | T2 | T3 |
|-------------|-------|-------|-------|
| Orijinal | 0.965 | 0.989 | 0.900 |
| Sıralama | 2 | 1 | 3 |
| Senerayo-1 | 0.964 | 0.987 | 0.909 |
| Sıralama | 2 | 1 | 3 |
| Senerayo-2 | 0.965 | 0.988 | 0.905 |
| Sıralama | 2 | 1 | 3 |
| Senerayo-3 | 0.965 | 0.989 | 0.900 |
| Sıralama | 2 | 1 | 3 |
| Senerayo-4 | 0.966 | 0.990 | 0.896 |
| Sıralama | 2 | 1 | 3 |
| Senerayo-5 | 0.966 | 0.991 | 0.891 |
| Sıralama | 2 | 1 | 3 |
| Senerayo-6 | 0.967 | 0.992 | 0.887 |
| Sıralama | 2 | 1 | 3 |
| Senerayo-7 | 0.967 | 0.993 | 0.882 |
| Sıralama | 2 | 1 | 3 |
| Senerayo-8 | 0.968 | 0.994 | 0.878 |
| Sıralama | 2 | 1 | 3 |
| Senerayo-9 | 0.969 | 0.995 | 0.873 |
| Sıralama | 2 | 1 | 3 |
| Senerayo-10 | 0.969 | 0.996 | 0.869 |
| Sıralama | 2 | 1 | 3 |
| Senerayo-11 | 0.970 | 0.997 | 0.864 |
| Sıralama | 2 | 1 | 3 |
| Senerayo-12 | 0.970 | 0.998 | 0.860 |
| Sıralama | 2 | 1 | 3 |
| Senerayo-13 | 0.971 | 0.999 | 0.855 |
| Sıralama | 2 | 1 | 3 |

4 Sonuçlar

Vücudumuzun diğer organlarında olduğu gibi omurgamızda da zaman zaman farklı sebeplerden ötürü hasarlar meydana gelebilmektedir. İşte bu hasarların tedavi edilmesi için vida, çubuk, kanca, plaka ve kafes gibi tıbbi malzemelere ihtiyaç duyulabilmektedir. Sağlık kuruluşları, belirtilen bu malzemeleri miktar, kalite, fiyat, zaman ve hizmet gibi temel faktörleri dikkate alarak en uygun şekilde tedarik etmek durumundadır. Sağlık kuruluşlarının ve uzman hekimlerin performansını, kendi kabiliyetlerinin yanısıra tedarikçi firmanın gösterdiği performans da etkilemektedir.

Bu çalışma ile bir vakıf üniversitesi hastanesi beyin-sinir cerrahisi bölümünün ameliyatlarda kullanacağı malzeme ihtiyaçlarını temin etmek amacıyla literatür incelemesi ve öğretim elemanları görüşleri doğrultusunda tespit edilen on kritere göre üç adet tedarikçi firma analiz edilmiştir. Kriter ağırlıkları, öğretim elemanlarının kriterleri önemine göre yaptığı sıralamalar neticesinde SWARA yöntemi ile

hesaplanmıştır. Yöntemin uygulanması neticesinde 0.169 ile K5 kriteri en önemli ölçüt olmuştur. K5 kriterini K8 ve K10 takip etmiştir. En son sırada ise K1 yer almıştır. Kriterlerin önem sıralaması $K5 > K8 > K10 > K3 > K9 > K6 > K2 > K4 > K7 > K1$ şeklinde gerçekleşmiştir. Üç tedarikçi firma, öğretim elemanlarından oluşan dört kişilik karar vericiler tarafından belirlenen kriter ağırlıkları dikkate alınarak puanlanmıştır. Değerlendirme sürecinde 1-10 arası puanlama ölçeği kullanılmıştır. Ortaya çıkan veriler EDAS ve WASPAS yöntemi ile analiz edilmiştir. Neticede en uygun tedarikçi firmanın EDAS uygulamasına göre T1, WASPAS uygulamasına göre ise T2 olduğu belirlenmiştir. Her iki yöntemin uygulanmasında T3 tedarikçisi son sıralarda yer almıştır. EDAS uygulamasına göre tedarikçilerin sıralaması $T1 > T2 > T3$ şeklinde olurken WASPAS uygulamasında $T2 > T1 > T3$ şeklinde gerçekleşmiştir.

Bu çalışmada çok kapsamlı bir duyarlılık analizi yapılmıştır. Kriter değerleri Kahraman'ın [99] önerdiği yöneme göre yeniden düzenlenmiş ve senaryo olarak adlandırılan 13 farklı kriter ağırlık vektörü ortaya çıkmıştır. EDAS uygulamasına göre ilk iki senaryonun dışında sıralama değişmemiştir. WASPAS uygulamasında da orijinal kriter ağırlıkları ile çıkan sonuçlardan farklı bir sıralama olmamıştır.

Bu ve benzeri konular üzerinde araştırmacılar tarafından yapılacak çalışmalarda AAS, MOORA, AHS, ARAS gibi çok farklı yöntemler kullanılabilir ve çıkan sonuçlar yapılan bu çalışma ile karşılaştırılabilir. Ayrıca sağlık kuruluşunun stratejisi doğrultusunda kriterler yeniden düzenlenebilir veya yeni kriterler analize dahil edilebilir. Kriter ağırlıkları SWARA yerine AHS, BWM gibi farklı metotlarla da hesaplanabilir.

Çıkar çatışması

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Benzerlik oranı (iThenticate): %12

Kaynaklar

- [1] G. W. Dickson, An analysis of vendor selection systems and decisions, *Journal of Purchasing* 2, 1, 5-17, 1996. <https://doi.org/10.1111/j.1745493X.1966.tb00818.x>
- [2] J. Chai, J.N.K. Liu and E.W.T Ngal, Application of Decision Making Techniques In Supplier Selection: A Systematic Review of Literature, *Experts Systems with Applications*, 40, 3872–3885, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.12.040>
- [3] L.Z. Tong, Wang, J. and Z. Pu, Sustainable supplier selection for SMEs based on an extended PROMETHEE II approach. *Journal of Cleaner Production*, 330, 129830, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129830>
- [4] R. Baki, An Integrated Multi-criteria Structural Equation Model for Green Supplier Selection. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 1-14, 2022. <https://doi.org/10.1007/s40684-021-00415-7>
- [5] V. Kaushik, A. Kumar, H. Gupta, H. And G. Dixit, A hybrid decision model for supplier selection in Online Fashion Retail (OFR). *International Journal of Logistics Research and Applications*, 25, 1, 27-51, 2022. <https://doi.org/10.1080/13675567.2020.1791810>
- [6] S. A. Hoseini, S. Hashemkhani Zolfani, P. Skačkauskas, A. Fallahpour and S. Saberi, A Combined Interval Type-2 Fuzzy MCDM Framework for the Resilient Supplier Selection Problem. *Mathematics*, 10, 1, 44, 2022. <https://doi.org/10.3390/math10010044>
- [7] A. G. Savaşkan, M. Deste and Ş. Ekinçi, Kayısı Sektöründeki İşletmelerde Bulanık TOPSİS İle Tedarikçi Seçimi. *Sakarya İktisat Dergisi*, 10(4), 449-466, 2021.
- [8] A. Afrasiabi, M. Tavana and D. Di Caprio, An extended hybrid fuzzy multi-criteria decision model for sustainable and resilient supplier selection. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-24, 2022. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17851-2>
- [9] S. Aouadni and J. Euchı, Using Integrated MMD-TOPSIS to Solve the Supplier Selection and Fair Order Allocation Problem: A Tunisian Case Study. *Logistics*, 6, 1, 8, 2022. <https://doi.org/10.3390/logistics6010008>
- [10] A. Mohammed, M. Yazdani, A. Oukil, E. S. Gonzalez, A Hybrid MCDM Approach towards Resilient Sourcing. *Sustainability* 13, 2695, 2021. <https://doi.org/10.3390/su13052695>
- [11] V. T. Nguyen, N. H. Hai and N. T. K. Lan, Spherical Fuzzy Multicriteria Decision-Making Model for Wind Turbine Supplier Selection in a Renewable Energy Project. *Energies*, 15, 3, 713, 2022. <https://doi.org/10.3390/en15030713>
- [12] M. Yazdani, D. Pamucar, P. Chatterjee and A. E. Torkayesh, A multi-tier sustainable food supplier selection model under uncertainty. *Operations Management Research*, 1-30, 2021. <https://doi.org/10.1007/s12063-021-00186-z>
- [13] H. Lau, P. K. Shum, D. Nakandala, Y. Fan and C. Lee, A game theoretic decision model for organic food supplier evaluation in the global supply chains. *J Clean Prod* 242:118536, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118536>
- [14] Y. K. Fu, An integrated approach to catering supplier selection using AHP-ARAS-MCGP methodology. *J Air Transp Manag* 75, 164–169, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2019.01.011>
- [15] C. Wu, Y. Lin and D. Barnes, An integrated decision-making approach for sustainable supplier selection in the chemical industry. *Expert Systems with Applications*, 184, 115553, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.115553>
- [16] P. Liu, X. Wang, P. Wang, F. Wang and F. Teng, Sustainable medical supplier selection based on multi-granularity probabilistic linguistic term sets. *Technological and Economic Development of Economy*, 1-38, 2022. <https://doi.org/10.3846/tede.2022.15940>

- [17] N. Ö. Doğan H. Akbal, Sağlık sektöründe tedarikçi seçim kararının ahp yöntemi ile incelenmesi: bir üniversite hastanesi Örneği. *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 17, 4, 440-456. 2019. <https://doi.org/10.18026/cbayarsos.664380>
- [18] Z. Stević, D. Pamučar, A. Puška and P. Chatterjee P, Sustainable supplier selection in healthcare industries using a new MCDM method: Measurement of Alternatives and Ranking according to COmpromise Solution (MARCOS). *Comput Ind Eng* 140, 106231, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.106231>
- [19] S. J. Miah, K. Ahsan, and K. A. B. Msimangira, An Approach of purchasing decision support in healthcare supply chain management. *Operations and Supply Chain Management*, 6(2), 43–53. 2013. <http://doi.org/10.31387/oscm0140087>
- [20] G. Mehralian, A. R. Gatari, M. Morakabati, M. and H. Vatanpoura, Developing a suitable model for supplier selection based on supply chain risks: An empirical study from Iranian. *Pharmaceutical Companies. Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 11(1), 209–219, 2012.
- [21] S. G. Fashoto, B. Akinnuwesi, O. Owolabi, and D. Adelekan, Decision support model for supplier selection in healthcare service delivery using analytical hierarchy process and artificial neural network. *African Journal of Business Management*, 10(9), 209–232, 2016. doi: 10.5897/AJBM2016.8030
- [22] A. Ahmadi, M. S. Pishvae and S. A. Torabi, Procurement management in healthcare systems. *Operations Research Applications in Health Care Management*, 569–598, 2017. https://doi.org/10.1007/978-3-319-65455-3_22
- [23] M. Bahadori, S. M. Hosseini, E. Teymourzadeh, R. Ravangard, M. Raadabadi and K. Alimohammadzadeh, A supplier selection model for hospitals using a combination of artificial neural network and fuzzy VIKOR. *International Journal of Healthcare Management*, 13(4), 286-294, 2020. <https://doi.org/10.1080/20479700.2017.1404730>
- [24] P. Ishtiaq, S. A. Khan and M. U. Haq, A multi-criteria decision-making approach to rank supplier selection criteria for hospital waste management: A case from Pakistan. *Waste Management & Research*, 36(4), 386-394, 2018. <https://doi.org/10.1177/0734242X18755894>
- [25] N. Pourghahreman and A. Qhatari, Supplier selection in an agent based pharmaceutical supply chain: An application of TOPSIS and PROMETHEE II. *Uncertain Supply Chain Management*, 3(3), 231-240, 2015. <http://dx.doi.org/10.5267/j.uscm.2015.4.001>
- [26] A. Alinezad, A., A. Seif and N. Esfandiari, Supplier evaluation and selection with QFD and FAHP in a pharmaceutical company. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 68(1–4), 355–364, 2013. <http://dx.doi.org/10.1007/s00170-0134733-3>
- [27] I. Badi and M. Ballem, Supplier selection using the rough BWM-MAIRCA model: A case study in pharmaceutical supplying in Libya. *Decision Making: Applications in Management and Engineering*, 1(2), 16–33, 2018. <https://doi.org/10.31181/dmame1802016b>
- [28] D. Pramanik, S. C. Mondal and A. Haldar, Resilient supplier selection to mitigate uncertainty: Soft-computing approach. *J. Model. Manag.*, 15, 1339–1361, 2020. <http://dx.doi.org/10.1108/JM2-01-2019-0027>
- [29] L. Xiong, S. Zhong, S. Liu, X. Zhang and Y. Li, An Approach for Resilient-Green Supplier Selection Based on WASPAS, BWM, and TOPSIS under Intuitionistic Fuzzy Sets. *Math. Probl. Eng.*, 1–18, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/1761893>
- [30] M. Hasan, D. Jiang, A. S. Ullah, N. E. Alam, Resilient supplier selection in logistics 4.0 with heterogeneous information. *Expert Syst. Appl.*, 139, 112799, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2019.07.016>
- [31] A. Mohammed, Towards ‘gresilient’ supply chain management: A quantitative study. *Resour. Conserv. Recycl.* 155, 104641, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104641>
- [32] A. Z. Piprani, N. I. Jaafar and S. M. Ali, Prioritizing resilient capability factors of dealing with supply chain disruptions: An analytical hierarchy process (AHP) application in the textile industry. *Benchmarking Int. J.*, 27, 2537–2563, 2020. <https://doi.org/10.1108/BIJ-03-2019-0111>
- [33] S. V. Parkouhi, A. S. Ghadikolaei and H. F. Lajimi, Resilient supplier selection and segmentation in grey environment. *J. Clean. Prod.* 207, 1123–1137, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.007>
- [34] R. Davoudabadi, S. M. Mousav and E. Sharifiba, An integrated weighting and ranking model based on entropy, DEA and PCA considering two aggregation approaches for resilient supplier selection problem. *J. Comput. Sci.* 40, 101074, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jocs.2019.101074>
- [35] A. Amindoust, A resilient-sustainable based supplier selection model using a hybrid. *Comput. Ind. Eng.*, 126, 122–135, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.09.031>
- [36] D. Pramanik, A. Haldar, S. C. Mondal, S. K. Naskar and A. Ray, Resilient supplier selection using AHP-TOPSIS-QFD under a fuzzy environment. *Int. J. Manag. Sci. Eng. Manag.*, 12, 1–10, 2016. <https://doi.org/10.1080/17509653.2015.1101719>
- [37] S. PrasannaVenkatesan and M. Goh, Multi-objective supplier selection and order allocation under disruption risk. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 95, 124-142, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2016.09.005>
- [38] A. K. Sahu, S. Datta and S. Mahapatra, Evaluation and selection of resilient suppliers in fuzzy environment Exploration of Fuzzy VIKOR. *Benchmarking Int. J.*, 23, 651–673, 2016. <https://doi.org/10.1108/BIJ-11-2014-0109>
- [39] A. Haldar, A. Ray, D. Banerjee and S. Ghosh, A hybrid MCDM model for resilient supplier selection. *Int. J. Manag. Sci. Eng. Manag.*, 7, 284–292, 2013. <https://doi.org/10.1080/17509653.2012.10671234>

- [40] S. Vinodh, R. Anesh Ramiya and S. Gautham, Application of fuzzy analytic network process for supplier selection in a manufacturing organization. *Expert Syst. Appl.*, 38, 272–280, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.06.057>
- [41] A. Kumar, V. Jain and S. Kumar, A comprehensive environment friendly approach for supplier selection. *Omega* 42, 1, 109–123, 2014 <https://doi.org/10.1016/j.omega.2013.04.003>
- [42] R. J. Girubha and S. Vinodh, Application of fuzzy VIKOR and environmental impact analysis for material selection of an automotive component, *Materials & Design*, 37, 478–486, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2012.01.022>
- [43] X. Sang and X. Liu, An interval type-2 fuzzy sets-based TODIM method and its application to green supplier selection. *J Oper Res Soc* 67, 5, 722–734, 2016. <https://doi.org/10.1057/jors.2015.86>
- [44] H. Shabanpour H, S. Yousef and R. F. Saen, Future planning for benchmarking and ranking sustainable suppliers using goal programming and robust double frontiers DEA. *Transp Res Part D: Transp Environ* 50, 129–143, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2016.10.022>
- [45] C. M. Su, D. J. Horng, M. L. Tseng, A. S. Chiu, K. J. Wu and H. P. Chen, Improving sustainable supply chain management using a novel hierarchical grey-DEMATEL approach. *J Clean Prod* 134, 469–481, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.05.080>
- [46] A. Fallahpour, E. U. Olugu, S. N. Musa, K. Y. Wong and S. Noori, A decision support model for sustainable supplier selection in sustainable supply chain management. *Comput Ind Eng* 105, 391–410, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2017.01.005>
- [47] S. Luthra, K. Govindan, D. Kannan, S. K. Mangla and C. P. Garg, An integrated framework for sustainable supplier selection and evaluation in supply chains. *J Clean Prod* 140, 1686–1698, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.078>
- [48] W. Song, Z. Xu and H. C. Liu, Developing sustainable supplier selection criteria for solar air-conditioner manufacturer: An integrated approach. *Renew Sustain Energy Rev* 79, 1461–1471, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.081>
- [49] M. Abdel-Basset, G. Manogaran, A. Gamal and F. Smarandache, A hybrid approach of neutrosophic sets and DEMATEL method for developing supplier selection criteria. *Design Automation for Embedded Systems*, 22, 3, 257–278, 2018. <https://doi.org/10.1007/s10617-018-9203-6>
- [50] A. Awasthi, K. Govindan and S. Gold, Multi-tier sustainable global supplier selection using a fuzzy AHP-VIKOR based approach. *Int J Prod Econ* 195, 106–117, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.10.013>
- [51] A. Azimifard, S. H. Moosavirad and S. Ariafar, Selecting sustainable supplier countries for Iran's steel industry at three levels by using AHP and TOPSIS methods. *Resour Policy* 57, 30–44, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2018.01.002>
- [52] H. Lu, S. Jiang, W. Song and X. Ming, A Rough Multi-Criteria Decision-Making Approach for Sustainable Supplier Selection under Vague Environment. *Sustainability* 10, 8, 2622, 2018. <https://doi.org/10.3390/su10082622>
- [53] Y. Song and G. Li, A large-scale group decision-making with incomplete multi-granular probabilistic linguistic term sets and its application in sustainable supplier selection. *J Oper Res Soc* 1–15, 2018. <https://doi.org/10.1080/01605682.2018.1458017>
- [54] S. A. R. Khan, Y. Zhang, M. Anees, H. Golpîra, A. Lahmar and D. Qianli, Green supply chain management, economic growth and environment: A GMM based evidence. *J Clean Prod* 185, 588–599, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.226>
- [55] M. Abdel -Baset, V. Chang, A. Gamal and F. Smarandache, An integrated neutrosophic ANP and VIKOR method for achieving sustainable supplier selection: A case study in importing field. *Comput Ind* 106, 94–110, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.12.017>
- [56] R. Alikhani, S. A. Torabi and N. Altay, Strategic supplier selection under sustainability and risk criteria. *Int J Prod Econ* 208, 69–82, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.11.018>
- [57] K. Rashidi and K. Cullinane, A comparison of fuzzy DEA and fuzzy TOPSIS in sustainable supplier selection: Implications for sourcing strategy. *Expert Syst Appl* 121, 266–281, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2018.12.025>
- [58] L. Fei, Y. Deng and Y. Hu, DS-VIKOR: A new multi-criteria decision-making method for supplier selection. *Int J Fuzzy Syst* 21, 1, 157–175, 2019. <https://doi.org/10.1007/s40815-018-0543-y>
- [59] S. H. Zolfani and P. Chatterjee, Comparative evaluation of sustainable design based on Step-Wise Weight Assessment Ratio Analysis (SWARA) and Best Worst Method (BWM) methods: a perspective on household furnishing materials. *Symmetry* 11, 1, 74, 2019. <https://doi.org/10.3390/sym11010074>
- [60] N. Jain, A. R. Singh and R. K. Upadhyay, Sustainable supplier selection under attractive criteria through FIS and integrated fuzzy MCDM techniques. *Int J Sustain Eng*, 1–22, 2020. <https://doi.org/10.1080/19397038.2020.1737751>
- [61] B. D. Rouyendegh, A. Yildizbasi and P. Üstünyer, Intuitionistic fuzzy TOPSIS method for green supplier selection problem. *Soft Comput* 24,3,2215–2228,2020. <https://doi.org/10.1007/s00500-019-04054-8>
- [62] T. C. Wen, K. H. Chang and H. H. Lai, Integrating the 2-tuple linguistic representation and soft set to solve supplier selection problems with incomplete information. *Eng Appl Artif Intell* 87,103248, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2019.103248>
- [63] F. Ecer and D. Pamucar, Sustainable supplier selection: A novel integrated fuzzy best worst method (F-BWM) and fuzzy CoCoSo with Bonferroni (CoCoSo'B) multi-

- criteria model. *J Clean Prod* 266, 121981. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121981>
- [64] M. Yazdani, P. Chatterjee and A. E. Torkayesh, An Integrated AHPQFD-Based Compromise Ranking Model for Sustainable Supplier Selection. In *Handbook of Research on Interdisciplinary Approaches to Decision Making for Sustainable supply chains*, 32–54, IGI Globa, 2020. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-9570-0>
- [65] M. Yazdani, P. Zarate, E. Kazimieras Zavadskas and Z. Turskis, A Combined Compromise Solution (CoCoSo) method for multi-criteria decision-making problems. *Manag Decis* 57, 9, 2501–2519, 2019. <https://doi.org/10.1108/MD-05-2017-0458>
- [66] D. Stanujkic, D. Karabasevic and E. K. Zavadskas, A framework for the selection of a packaging design based on the SWARA method, *Inzinerine Ekonomika-Engineering Economics*, 26, 2, 181-187, 2015. <http://dx.doi.org/10.5755/j01.ee.26.2.8820>
- [67] A. Özbek, Çok kriterli karar verme yöntemleri ve Excel ile problem çözümü, Seçkin Yayıncılık, 3. Baskı, Ankara, 2021.
- [68] S. Chakraborty and E.K. Zavadskas, Applications of WASPAS method in manufacturing decision making, *Informatica*, 25, 1, 1–20, 2014.
- [69] V. Keršulienė and Z. Turskis, Integrated Fuzzy Multiple Criteria Decision Making Model For Architect Selection, *Technological And Economic Development Of Economy*, 17,4, 645-666, 2011. <https://doi.org/10.3846/20294913.2011.635718>
- [70] A. Özbek ve E. Erol, AHS ve SWARA Yöntemleri İle Yem Sektöründe İş Sağlığı Ve Güvenliği Kriterlerinin Ağırlıklandırılması, *AKÜ İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 20, 2, 51-66, 2018. <https://doi.org/10.33707/akuiibfd.451969>
- [71] A. Özbek, BİST'te İşlem Gören Faktoring Şirketlerinin Mali Yapılarının Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri İle Değerlendirilmesi, *Manisa Celal Bayar Üniversitesi İ.İ.B.F Yönetim Ve Ekonomi Dergisi*, 25, 1, 29-53, 2018a. <https://doi.org/10.18657/yonveek.306188>
- [72] A. Özbek, Fortune 500 Listesinde Yer Alan Lojistik Firmaların Değerlendirilmesi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 20, 1, 13-26, 2018b.
- [73] S. H. Zolfani, E. K. Zavadskas and Z. Turskis, Design Of Products With Both International And Local Perspectives Based On Yin-Yang Balance Theory And SWARA Method, *Economic Research-Ekonomiska Istraživanja*, 26,2, 153-166, 2013. <https://doi.org/10.1080/1331677X.2013.11517613>
- [74] M. Alimardani, S. Hashemkhani Zolfani, M. H. Aghdaie and J. Tamošaitienė, A novel hybrid SWARA and VIKOR methodology for supplier selection in an agile environment. *Technological and economic development of economy*, 19, 3, 533-548, 2013. <http://dx.doi.org/10.3846/20294913.2013.814606>
- [75] E. A. Adalı ve A. T. Işık, Bir Tedarikçi Seçim Problemi için SWARA ve WASPAS Yöntemlerine Dayanan Karar Verme Yaklaşımı, *International Review of Economics and Management*, 5,4, 56-77, 2017. <https://doi.org/10.18825/iremjournal.335408>
- [76] J. Heidary Dahooie, E. Beheshti Jazan Abadi, A. S. Vanaki and H. R. Firoozfar, Competency-based IT personnel selection using a hybrid SWARA and ARAS-G methodology. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 28, 1, 5-16, 2018. <https://doi.org/10.1002/hfm.20713>
- [77] E. Çakır, Kentsel Dönüşüm Kapsamında Müteahhit Firmanın SWARA–Gri İlişkisel Analiz Yöntemiyle Seçilmesi, *The Journal Of International Scientific Researches*, 2, 6, 79-95, 2017.
- [78] D. Karabašević, D. Stanujkić, S. Urošević and M. Maksimović, An Approach To Personnels Election Based On SWARA And WASPAS Methods, *Bizinfo (Blace) Journal Of Economics, Management and Informatics*, 7, 1, 1-11, 2016. <https://doi.org/10.5937/bizinfo1601001K>
- [79] S. H. Zolfani and S. S. A. Banhashemi, Personnel Selection Based On A Novel Model Of Game Theory And MCDM Approaches, In *Proc Of 8th International Scientific Conference Business And Management*, 191-198, 2014. <https://doi.org/10.3846/bm.2014.024>
- [80] A. Özbek ve İ. Demirkol, Lojistik sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin SWARA ve GİA yöntemleri ile analizi. *Kırıkkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 8, 1, 71-86, 2018.
- [81] S. H Zolfani, M. H. Aghdaie, A. Derakhti, E. K. Zavadskas and M. H. M. Varzandeh, Decision making on business issues with foresight perspective; an application of new hyrid MCDM model in shopping mall locating. *Expert systems with applications*, 40, 17, 7111-7121, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2013.06.040>
- [82] A. Ruzgys, R. Volvačiovas, Čignatavičius amd Z. Turskis, Integrated evaluation of external wall insulation in residential buildings using SWARATODIM MCDM method. *Journal of Civil Engineering and Management*, 20, 1, 103-110, 2014. <https://doi.org/10.3846/13923730.2013.843585>
- [83] M. Keshavarz Ghorabae, E. K. Zavadskas, L. Olfat ve Z. Turskis, Multi-criteria inventory classification using a new method of evaluation based on distance from average solution (EDAS). *Informatica*, 26,3, 435-451, 2015.
- [84] A. Özbek, Türkiye'deki İllerin EDAS ve WASPAS Yöntemleri İle Yaşanabilirlik Kriterlerine Göre Sıralanması, *Kırıkkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 9, 1, 2019.
- [85] S. Lashgari, J. Antuchevičienė, A. Delavari and O. Kheirikhah, Using QSPM and WASPAS methods for determining outsourcing strategies, *Journal of Business Economics and Management*, 15, 4, 729-743, 2014. <https://doi.org/10.3846/16111699.2014.908789>
- [86] E. K. Zavadskas, J. Antuchevičienė, J. Šaparauskas and Z. Turskis, Multi-criteria assessment of facades' alternatives: Peculiarities of ranking methodology, *Procedia Engineering* 57, 107–112, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.04.016>

- [87] Z. Turskis, E. K. Zavadskas, J. Antucheviciene and N. Kosareva, A hybrid model based on fuzzy AHP and fuzzy WASPAS for construction site selection. *International Journal of Computers Communications & Control*, 10, 6, 113-128, 2015.
- [88] M. K. Ghorabae, E. K. Zavadskas, M. Amiri and A. Esmaili, Multi-criteria evaluation of green suppliers using an extended WASPAS method with interval type-2 fuzzy sets, *Journal of Cleaner Production*, 137, 213-229, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.031>
- [89] G. Stojić, Ž. Stević, J. Antuchevičienė, D. Pamučar and M. Vasiljević, A Novel Rough WASPAS Approach for Supplier Selection in a Company Manufacturing PVC Carpentry Products. *Information*, 9, 5, 121, 2018. <http://dx.doi.org/10.3390/info9050121>
- [90] T. Dėjus and J. Antuchevičienė, Assessment of health and safety solutions at a construction site, *Journal of Civil Engineering and Management*, 19, 5, 728-737, 2013. <https://doi.org/10.3846/13923730.2013.812578>
- [91] P. Karande, E.K. Zavadskas and S. Chakraborty, A study on the ranking performance of some MCDM methods for industrial robot selection problems, *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 7, 3, 399-42, 2016. <https://doi.org/10.5267/j.ijiec.2016.1.001>
- [92] V. G. Venkatesh., R. Dubey, P. Joy, M. Thomas, V. Vijeesh and A. Moosa, Supplier selection in blood bags manufacturing industry using TOPSIS model. *International Journal of Operational Research*, 24(4), 461, 2015.
- [93] M. Palanisamy and R. Ranganathan, An Efficient supplier selection Model for Hospital Pharmacy through Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS. *International Journal of Services and Operations Management* 33(4), 468-493,2019.
- [94] A. Forghani, S. J. Sadjadi, and B. Farhang Moghadam, B., A supplier selection model in pharmaceutical supply chain using PCA, Z-TOPSIS and MILP: A case study. *PloS one*, 13(8), 2018. e0201604. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0201604>
- [95] K. Kirytopoulos, V. Leopoulos and D. Voulgaridou, Supplier selection in pharmaceutical industry. Benchmarking: An International Journal, 15(4), 494–516,2008. <https://doi.org/10.1108/14635770810887267>
- [96] C. I. Enyinda, E. Dunu and J. Bell-Hanyes, A model for quantifying strategic supplier selection: Evidence from a generic pharmaceutical firm supply chain. *International Journal of Business, Marketing, and Decision Sciences*, 3(2), 25–44, 2010.
- [97] B. E. Rouyendegh and T. E. Saputro, Supplier selection using integrated fuzzy TOPSIS and MCGP: A case study. *Procedia-Social and Behavioral Sciences* 116, 3957–3970, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.874>
- [98] E. K. Zavadskas, Z. Turskis, J. Antucheviciene and A. Zakarevicius, Optimization of weighted aggregated sum product assessment. *Elektronika ir elektrotechnika*, 122(6), 3-6, 2012. <https://doi.org/10.5755/j01.eee.122.6.1810>
- [99] Y. R. Kahraman, Robust sensitivity analysis for multi-attribute deterministic hierarchical value models. *Air Force Inst of Tech Wright-Patterson afb OH*, 2002.

