




Analistik Ağ Süreci, TOPSIS ve PROMETHEE Yöntemleri ile Fiziksel Engelliler için Aktif Tekerlekli Sandalye Seçimi

Mehmet Tan, Emre Yazıcı, Hacı Mehmet Alakaş*

Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği, Kırıkkale, Türkiye
tanmehmet66@outlook.com , emreyazici92@hotmail.com , *hmalagas@gmail.com 
Makale gönderme tarihi: 30.09.2022, Makale kabul tarihi:22.03.2023

Öz

Tekerlekli sandalye, fiziksel engelliler için günlük yaşamın vazgeçilmez unsurlardan birisidir. Tekerlekli sandalyeler dünya çapında kullanım amaçlarına göre birçok firma tarafından üretilmektedir. Çeşitliliğin çok olduğu bu sektörde, engelli bireyler için doğru sandalye seçimi engellilerin hem hayat kaliteleri hem de sağlıkları açısından önem arz etmektedir. Bu nedenle çalışmamızın amacı, fiziksel engellilere, kendileri için en uygun tekerlekli sandalyeyi önerebilmektir. Araştırmamızda, beş adet tekerlekli sandalye üreticisinin ürettiği aktif tekerlekli sandalyeler için 18 adet kriter eşliğinde çok kriterli karar verme yöntemleri (ÇKKV) ile değerlendirilme yapılmıştır. Bu yöntemler, Analitik Ağ Süreci (AAS), Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) ve The Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation (PROMETHEE)'dir. Çalışmada uzman görüşleri sonucunda, tekerlekli sandalye seçiminde nihai sıralamalar elde edilmiştir. Tekerlekli sandalye kullanıcısı fiziksel engelli bireyler için en uygun tekerlekli sandalye seçilerek hayat standartlarının yükseldiği ortaya konulmuştur.

Anahtar kelimeler: Engellilik, fiziksel aktivite, manual tekerlekli sandalye, çok kriterli karar verme

Active Wheelchair Selection for the Physical Disabled with Analytical Network Process, TOPSIS and PROMETHEE Methods

Abstract

Wheelchair is one of the indispensable elements of daily life for the physically disabled. Wheelchairs are produced by many companies around the world according to their intended use. This protection, where there is a lot of diversity, and the selection of the right chair for the disabled are important in terms of both their quality of life and their health. For this reason, the aim of our study is to suggest the most suitable wheelchair for the physically handicapped. In our research, active wheelchairs created by five wheelchair manufacturers were handled with multi-criteria decision making methods (MCDM) accompanied by 18 criteria. These methods are Analytical Network Process (ANP), Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) and The Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation (PROMETHEE). As a result of expert opinions in the study, final rankings were obtained in wheelchair selection. It has been demonstrated that the most suitable wheelchair for wheelchair users and physically disabled individuals has been selected and their living standards have increased.

Keywords: Disability, physical activity, manual wheelchair, multi criteria decision making.

GİRİŞ

Tekerlekli sandalye, fiziksel engelliler için günlük yaşamın vazgeçilmez unsurlardan birisidir. Fiziksel engelli bireyler hayatlarının önemli bir kısmını tekerlekli sandalye üzerinde geçirmekte ve birçok günlük aktiviteyi tekerlekli sandalye vasıtasıyla gerçekleştirmektedirler. Bu nedenle fiziksel engelliler için tekerlekli sandalyeler hayati önem taşıyan araçlardır.

Tekerlekli sandalye kullanıcısı olan fiziksel engelliler birçok sorun ile karşılaşabilmektedir. Ulaşım, sosyal yaşamda mekânların erişilebilirliği ve kişisel hayatın sürdürülebilmesinde çeşitli sorunlar yaşamaktadır.

Tekerlekli sandalye üzerinde hayatının çok büyük bir bölümünü geçirmekte olan engellilerin, tekerlekli sandalye seçimindeki tercihi doğru bir

şekilde yapması hayatlarını daha kolay bir şekilde sürdürmeleri için oldukça önemlidir. Bireylerin kendi fiziksel yapılarına, yaşadıkları fiziksel ortamlara ve çevredeki çeşitli unsurlara göre uygun tekerlekli sandalye seçimi fiziksel engelliler için önemli bir karar problemidir. Uygun tekerlekli sandalye seçiminin yapılmaması halinde başta kas-iskelet sistemine yönelik olarak omuz ve kas ağrıları, yere düşmeler, kalça ve sırt yaraları, kas ve kan dolaşımı bozuklukları gibi çeşitli problemler meydana gelebilmektedir. Bu nedenle ergonomik açıdan ve her bir fiziksel engellinin özel ihtiyaçlarını karşılayacak tekerlekli sandalye seçiminin yapılması gerekmektedir. Bu kapsamda başta ekonomik ve teknik olmak üzere çeşitli kriterler dikkate alınarak alternatifler değerlendirilmelidir.

Tekerlekli sandalyenin uygunluğu; tekerlekli sandalye kullanıcısının kendi ihtiyaçlarını karşılayabilmesi, vücuda uyum ve destek sağlaması, çevresel koşullara uygun, güvenli, uzun ömürlü, hafif, sağlam, ekonomik ve tekerlekli sandalye ile kolay manevra yapılabilmesidir. Ayrıca tekerlekli sandalyeler, tekerlekli sandalye kullanıcılarının mümkün mertebede çok sayıda etkinliğe katılmalarını sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır. Bir tekerlekli sandalyenin, tekerlekli sandalye kullanıcısının fiziksel gereksinimlerini karşılayacak şekilde ayarlanması veya kişiselleştirmesi olanağı, tekerlekli sandalyenin türüne ve tasarımına bağlı olarak değişmektedir. Tekerlekli sandalye üreticileri, bu gereksinimlere uygun olarak tekerlekli sandalye tasarımı ve üretimi gerçekleştirmektedir.

Bu kapsamda ele alınan çalışmada bir fiziksel engelli bireyin tekerlekli sandalye seçim problemi incelenmiştir. Fiziksel engellilerin tekerlekli sandalye tercihinde birden fazla alternatifin ve değerlendirme kriterlerinin çeşitlenmesi nedeniyle probleme ÇKKV problemi olarak dikkate alınmaktadır.

Çalışmada tekerlekli sandalyelerin seçimini etkileyen kriterler ve bu kriterlere ilişkin karşılaştırmalar altı uzman eşliğinde grup karar verme tekniği gerçekleştirilmiştir. Değerlendirmede kullanılan kriterler, literatür incelemesinden ve tekerlekli sandalye kullanıcısı omurilik felçli (parapleji) ve tetrapleji hastası olan ve tekerlekli sandalye kullanan dört birey ve iki tekerlekli sandalye satış temsilcisi olmak üzere

toplam altı uzman görüşü alınarak oluşturulmuştur. Tekerlekli sandalyelerin değerlendirilebilmesi için güvenlik, performans, ergonomiklik, bakım ve maliyet ana kriterleri belirlenmiştir. Bu ana kriterler altında ise 18 adet alt kriter belirlenmiştir.

Problemin çözümünde ÇKKV yöntemlerinden AAS, TOPSIS ve PROMETHEE yöntemleri kullanılmıştır. Kriter ağırlıklarının hesaplanması için AAS yöntemi tercih edilmiştir. Burada AAS yönteminin seçilmesinde kriterler arasındaki ilişkilerin bir ağ yapısı ile modellenme imkanı sunması nedeniyle AAS yöntemi tercih edilmiştir.

Alternatiflerin sıralanması için ise, TOPSIS ve PROMETHEE yöntemleri kullanılarak karşılaştırmalı bir analiz yapılmıştır. TOPSIS yöntemi pozitif uzaklık ile karar verici için en uygun alternatifi belirlerken negatif uzaklık operatörü ile de en kötü alternatiften uzaklaşmayı sunmaktadır. Bu nedenle TOPSIS yöntemi tercih edilen bir yöntemdir. Öte yandan PROMETHEE yönteminin tercih edilme nedeni ise her bir kriter nicel ve nitel olma özelliklerine göre tanımlanarak alternatifleri değerlendirme imkanı sunmasıdır.

Alternatifler sıralanırken, hibrit bir yaklaşım benimsenerek AAS yönteminden elde edilen kriter ağırlıkları, TOPSIS ve PROMETHEE yöntemlerine entegre edilmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde literatür araştırmasına yer verilmiştir. Üçüncü bölümde kullanılan yöntemler özetlenmiştir. Dördüncü bölümde problemin çözümü ve son bölümde ise sonuç bölümü yer almaktadır.

Literatür Araştırması

Literatür araştırmasında, tekerlekli sandalye tasarımı ve tekerlekli sandalye seçimindeki sorunları ele alan çalışmalar incelenmiştir. Çalışmaların bazıları ise ÇKKV yöntemleri ile problemin çözümüne katkıda bulunmuştur. Literatür araştırmasında, çalışmalar içerisinde yer alan kriterler ve yöntemler değerlendirilmiştir. Literatürdeki çalışmalarda, tekerlekli sandalye seçimi için dikkate alınan kriterlere ilişkin özet bilgiler Tablo 1’de sunulmaktadır. Tekerlekli sandalye seçim sorununu çözmek amacıyla incelenen çalışmaların çoğunda “güvenlik” kriteri kullanılmıştır. “Performans” kriteri de çalışmalarda önem arz eden diğer kriterlerden biridir.

Research article/Araştırma makalesi
 DOI:10.29132/ijpas.1182406

Literatürde tekerlekli sandalyelere yönelik çalışmaları, tekerlekli sandalye tasarımı ve tekerlekli sandalye seçimi olmak üzere iki başlık altında inceleyebiliriz. İlk olarak tekerlekli sandalye tasarımına yönelik olarak, Hambali (2008), çalışmasında tekerlekli sandalye tasarımında yanlış karar vermenin, ürünün yeniden tasarlanması ve üretilmesine sebebiyet vereceğini, bu nedenle doğru tasarımı seçmenin çok önemli olduğunu, en uygun tasarım konseptinin belirlenmesi için ise faydalı yöntem olarak Analitik Hiyerarşi Sürecinin (AHP) olduğunu belirtmiştir. “Ergonomiklik” ve “Performans” kriterlerini dikkate almıştır. AHP’yi karar verme sürecinde hemen hemen her uygulamada kullanmıştır. Yuan et al. (2014), tekerlekli sandalye kullanıcılarının ihtiyaçlarının farklı derecede olduğu, kişiselleştirilmiş tekerlekli sandalyelerin nasıl tasarlanması gerektiğini belirtmişlerdir. Tekerlekli sandalye kullanıcılarının talepleri doğrultusunda, tekerlekli sandalyelerin özelliklerine göre 20 uzman tekerlekli sandalye kullanıcısıyla değerlendirme yapmıştır. “Sürüş” kriterini yalnızca bir çalışmada dikkate almıştır. Ahmad et al. (2017), yaşlıların durumunun genellikle göz ardı edilmekte olduğunu ve dikkate alınmadığını ve bu nedenle, yaşlıların tekerlekli sandalyeye geçişi sırasında yaşadıkları sorunları belirlemek, mevcut tekerlekli

sandalyenin fiziksel yorgunluğunu azaltacak, yaşlıların bağımsızlığını veya kabiliyetini artıracak tasarımının iyileştirilmesi için bir çalışma yapmıştır. “Bakım”, “Performans”, “Güvenlik” ve “Maliyet” kriterlerini dikkate almıştır. Muqudimah (2019), tekerlekli sandalyenin erişilebilirliğinin, hareketliliğindeki bağımlılıkları ve engelleri çözmekte yardımcı olan az sayıda çalışmada “Ergonomiklik” kriteri önemli bir unsur olduğunu belirtmiştir.

Tekerlekli sandalye seçiminde yer alan kriterlere bakıldığında ise “güvenlik” ve “maliyet” kriterlerinin Tablo 1’de yer alan çalışmalarda da yer almaktadır. Desai et al. (2019), ayağa kaldırma özelliklerine sahip ayarlanabilir tekerlekli sandalyelerin, tekerlekli sandalye kullanıcılarının yaşam kalitelerini, güvenliklerini ve konforlarını arttırdığının ele alındığı bir çalışma yapmıştır. Mistarihi et al. (2020), tekerlekli sandalyenin ergonomik olarak analiz edildiğinde, vücut duruşlarının bozulma olasılığını azalttığını, tekerlekli sandalye tasarımında malzeme kalitesinin ağırlık olarak diğer kriterlere göre önemli olduğunu tespit ettiği bir çalışma yapmıştır.

Literatür araştırması kapsamında ÇKKV yöntemleri dâhilinde incelenen çalışmalara Tablo 1’de yer verilmiştir.

Tablo 1. Tekerlekli sandalye seçimi için literatürde kullanılan ÇKKV yöntemleri

Yazar/Kriterler	ER	KO	KT	AA	AK	AKY	KY	K	S	KDY	MA	A	D	KK	Yöntem
Hambali vd. (2008)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				✓		✓	✓	AHP
Yuan vd. (2014)								✓	✓	✓					AHP
Ahmad vd. (2017)		✓	✓	✓	✓	✓	✓				✓		✓	✓	AHP
Muqudimah (2018)	✓	✓	✓								✓	✓			AHP ve Delphi
Desai vd. (2019)												✓			AHP
Mistarihi vd. (2020)											✓			✓	AAS
Bu çalışma	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	

ER: Ergonomiklik, **KO:** Kolay onarım, **KT:** Kolay transfer, **AA:** Ayarlanabilir ayaklık, **AK:** Ayarlanabilir kolçak, **AKY:** Ayarlanabilir koltuk yüksekliği, **KY:** Kendiliğinde yürüme, **K:** Koltuk, **S:** Sırtlık, **KDY:** Kol dayama yeri, **MA:** Maliyet, **A:** Ağırlık, **D:** Denge, **KK:** Keskin kenar.

Ayrıca tekerlekli sandalye ile ilgili incelenen diğer çalışmalar aşağıda özetlenmektedir.

Kuvvetli (1995), tekerlekli sandalye tasarımını incelemiştir. Shirley (2001), tekerlekli sandalye karşılaştırması yapmıştır. DiGiovine (2000) manuel tekerlekli sandalyede sürüş konforu ve ergonomisinin kullanıcı değerlendirmesini yapmıştır. Batavia (2001) ve Woude (2001), bazı kriterlere göre en uygun tekerlekli sandalyeyi tespit etmiştir. DiGiovine (2003), tekerlekli sandalye minderi ve sırtlığı seçimi yapmıştır. Kwarciak (2004), tekerlekli sandalye süspansiyon analizi değerlendirmesi yapmıştır. Çınar (2008), konut içinde tekerlekli sandalye kullanıcılarının hayatlarının zorlandığı ve yaşam kalitelerinde de olumsuz yönde etkileşim yaparak, bazı fiziksel ve yaşamsal haklarının kullanılmasında engel olduğu durumları incelemiştir. Ulusoy (2008), okçuluk sporu için bedensel engelli olup olunmamasına göre fiziksel engellilerin performanslarındaki değişimleri gözlemiştir. Yılmazçoban (2009), 5 adet elektrik motorlu tekerlekli sandalyeyi baz alarak, bunlar içerisinde yer alan şasileri bilgisayar programı aracılığıyla tekerlekli sandalyenin önden çarpışma durumunda ne durumda olacağına dair simülasyonunu incelemiştir. Tosun (2010), tekerlekli sandalye ile banyo içinde hareket kabiliyetleri incelemiştir. Lemay (2011), tekerlekli sandalye kullanımında kabiliyeti arttırmayı amaçlamıştır. Stefanov (2015), bazı kriterlere göre en uygun tekerlekli sandalyeyi tespit etmiştir. Hong (2016), bazı kriterlere göre en uygun tekerlekli sandalye sırtlığını tespit etmiştir. Saltan (2017) ve Doruk (2019), tekerlekli sandalye kullanımı sırasında, tekerlekli sandalye kullanıcısının yetenekleriyle hayat standardına olan ilişkileri tespit etmiştir. Boz (2019), tekerlekli sandalye ile banyo içinde hareket kabiliyetleri incelemiştir. Mülâyim (2020), sosyal hayata adapte olabilme adına engellilerin yaşadığı sorunlara dair çözüm önerileri getirmiştir. Karabay (2021), çevresel engellerin ortadan kaldırılmasıyla tekerlekli sandalye kullanıcılarının hayatını kolaylaştırılabileceğini incelemiştir. Uyanık (2022), uzun süre boyunca tekerlekli sandalye üzerinde zaman geçiren tekerlekli sandalye kullanıcılarında meydana gelebilecek yaralanmaların önlenmesi amacıyla çalışmalar yapmıştır.

Literatürde yapılan bazı çalışmalar tekerlekli sandalyenin tasarımını hedeflerken, yapılan bu

çalışmada diğer çalışmalardan farklı olarak aşağıdaki süreçler göz önünde bulundurulmuştur:

- Tekerlekli sandalye tasarımı değil, tekerlekli sandalyenin son kullanıcıya yönelik olarak tekerlekli sandalyede yer alması gereken kriterlerle birlikte değerlendirilmiştir.

- Çalışmayla birlikte farklı tekerlekli sandalyeler içerisinde, diğer yapılan çalışmalardan farklı olarak birçok kriter eşliğinde en uygun tekerlekli sandalye seçimi yapılmıştır.

- Tekerlekli sandalye seçiminde ÇKKV yöntemlerinden AAS, TOPSIS ve PROMETHEE yöntemleri ile birlikte ilk kez değerlendirilme ve seçim yapılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Çalışmada problemin çözümü için kullanılan yöntemler bu başlık altında özetlenecektir.

Analitik ağ süreci (AAS)

Problemler, hiyerarşik yapıya sahip olmamalarına rağmen, problemin çözümünde ele alınan ana kriter, alt kriter ve alternatifler birbirleriyle etkileşim halinde olabilir. Karar vermede etkili olan kriterler arasındaki ilişkileri göz önünde bulunduran AAS yöntemi, Thomas L. Saaty (2006) tarafından geliştirilen AHP'nin genelleştirilmiş halidir Alptekin (2010). AAS, sayısal faktörlerin ifade edilemediği durumlarda iyi bir çözümleyicidir Yaralıoğlu (2010) ve AHP'ye kıyasla daha karmaşık karar verme problemlerine uygulanabilmektedir. AAS yönteminin uygulama adımları şu şekildedir Hamurcu ve Eren (2017):

Adım 1: Karar Verme Problemi Oluşturulması

Adım 2: İlişkilerin Belirlenmesi: Ana kriter ve alt kriterler arasındaki bağımlıklar belirlenmiştir.

Adım 3: Kriterler Arasındaki İkili Karşılaştırmaların Oluşturulması

Adım 4: Tutarlılık Oranının Hesaplanması: Her bir karşılaştırma matrisindeki tutarlılık oranı (CR) hesaplanmıştır. Hesaplama sonucu çıkan değer 0,10 oranından küçük olduğu takdirde tutarlıdır.

Adım 5: Süper Matrisler Sırasıyla Oluşturulmuştur

-Ağırlıklandırılmamış Süpermatris:
Süpermatrisler, problemi oluşturan ana kriter, alt kriter ve alternatifler arasındaki tüm bağımlılıkların hesaplanarak üstünlük vektörleriyle oluşturulan kare matristir Göktürk, vd. (2011).

Research article/Araştırma makalesi
 DOI:10.29132/ijpas.1182406

-Ağırlıklandırılmış Süpermatris:
 Ağırlıklandırılmamış süpermatrisin her bir sütun toplamı değerinin 1 birime eşit olduğu kriterdir Anık (2007).

-Limit Süpermatris: Ağırlıklandırılmış süpermatrisin satırlarındaki birimlerin değişmemesine kadar üslerinin alınmasıdır.

Adım 6: En İyi Alternatifin oluşturulması: Alternatifler, limit süpermatris ve kriter ağırlıklarının hesaplanmasıyla birlikte, bu hesaplanan değerlerden en yükseği alınarak alternatif seçilmektedir.

TOPSIS yöntemi

TOPSIS yöntemi ilk olarak Hwang ve Yoon (1981) tarafından uygulamaya alınmıştır. Karar verme sorunlarına çözüm ararken yapılan tespitler neticesinde pozitif ideal çözüme ve negatif ideal çözüme göre alternatifler seçilmektedir. TOPSIS yöntemi 6 adımdan oluşmaktadır Hwang ve Yoon (1981):

Adım 1: Karar Matrisi Belirlenir: Karar matrisindeki satırlarda üstünlüğü istenilecek alternatiflerle sütunlarda ise karar vermeye yardımcı olacak kriterler yer alır. Diğer adı ise başlangıç matrisidir.

Adım 2: Standart Karar Matrisi Belirlenir: Eşitlik 1.'deki formülün yardımıyla standart karar matrisi oluşturulmaktadır.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}} \quad (1)$$

Adım 3: Ağırlıklı Standart Karar Matrisi Belirlenir: Standart karar matrisindeki her bir kriterin ağırlık değeri ilgili kriterin çarpımıyla ağırlıklı standart karar matrisi elde edilmektedir.

Adım 4: İdeal (A*) ve Negatif İdeal (A-) Çözümleri Belirlenir: Ağırlıklı standart karar matrisinde yer alan değerler içerisinde maksimum ve minimum olanlar bulunur.

Adım 5: Ayrım Ölçütlerinin Hesaplanması: Eşitlik 2. ve 3.'te yer alan formülün yardımıyla matriste ideal ve negatif ideal çözüme olan uzaklıklar hesaplanmaktadır.

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n ((v_{ij} - v_j^*)^2)} \quad (2)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n ((v_{ij} - v_j^-)^2)} \quad (3)$$

Adım 6: İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Bulunması: Eşitlik 4.'te yer alan formülün aracılığıyla ideal çözüme yakınlık hesaplanmaktadır.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*} \quad (4)$$

Negatif ideal ayırım ölçütü bulunurken, ilk olarak toplam toplam ayırım ölçütleri içerisinde yer alan pay hesaplanmaktadır. C_i^* değeri 0-1 birim aralığında değer almaktadır. Bu değer 1 olması ideal çözümü, 0 değeri olması ise negatif ideal çözüme mutlak yakınlığı göstermektedir (Arıbaşı ve Özcan, 2016).

PROMETHEE yöntemi

PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation) yöntemi ilk olarak 1982 yılında Brans (1985) tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntem yedi adımda hesaplanmaktadır Dağdeviren ve Eraslan (2008).

Adım 1: Veri matrisi belirlenir: Öncelikle kriterler için kriterlerin ağırlığı ve veri matrisi oluşturulmaktadır.

Adım 2: Kriterler için tercih fonksiyonları oluşturulur: Kriterler için kullanılması gereken tercih fonksiyonları belirlenmektedir.

Adım 3: Ortak tercih fonksiyonları oluşturulur: a ve b alternatifler olmak üzere;

$$p(a, b) = \left\{ \begin{array}{l} 0, f(a) \leq f(b) \\ p[f(a) - f(b)], f(a) > f(b) \end{array} \right\} \quad (5)$$

Adım 4: Tercih indeksleri oluşturulur: Ortak tercih fonksiyonları belirlenir. Sonrasında ise her bir alternatif çiftinde yer alması gereken tercih indeksleri de oluşturulur. Eşitlik 6.'da a ve b alternatifleri için tercih indeksi hesaplanmıştır.

$$\pi(a, b) = \frac{\sum_{i=1}^k w_i \cdot p_i(a, b)}{\sum_{i=1}^k w_i} \quad (6)$$

Adım 5: Alternatifler için pozitif (Φ^+) ve negatif (Φ^-) üstünlüklerin oluşturulması: Eşitlik 7. ve 8.'de gösterildiği üzere pozitif üstünlük ve negatif üstünlük hesaplanır.

$$\phi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum \pi(a, b) \quad (7)$$

$$\phi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum \pi(b, a) \quad (8)$$

Adım 6: PROMETHEE I ile alternatifler için kısmi öncelikler oluşturulur. 3 durumda gösterilecek olan alternatiflerin tercih edilme durumları oluşturulacaktır.

1.durum: Eşitlik 9., 10. ve 11.'de yer alan hesaplamalardaki koşullar tutarlıysa a alternatifi b alternatifine tercih edilmektedir.

$$\phi^+(a) > \phi^+(b) \text{ ve } \phi^-(a) < \phi^-(b) \quad (9)$$

$$\phi^+(a) > \phi^+(b) \text{ ve } \phi^-(a) = \phi^-(b) \quad (10)$$

$$\phi^+(a) = \phi^+(b) \text{ ve } \phi^-(a) < \phi^-(b) \quad (11)$$

2.durum: Eğer Eşitlik 12. sağlanıyorsa, a alternatififiyle b alternatifi aynıdır.

$$\phi^+(a) = \phi^+(b) \text{ ve } \phi^-(a) = \phi^-(b) \quad (12)$$

3.durum: a alternatififiyle b alternatifinin karşılaştırılmayacağı durumu Eşitlik 13. veya Eşitlik 14.'te yer alan denklemlerdeki koşullara bağlıdır.

$$\phi^+(a) > \phi^+(b) \text{ ve } \phi^-(a) > \phi^-(b) \quad (13)$$

$$\phi^+(a) < \phi^+(b) \text{ ve } \phi^-(a) < \phi^-(b) \quad (14)$$

Adım 7: PROMETHEE II ile alternatifler için tam önceliklerin belirlenir: Tam öncelikler, Eşitlik 15'te yer alan denklemlerle hesaplandıktan sonra sıralama yapılmaktadır.

$$\phi^+(a) = \phi^+(a) + \phi^-(a) \quad (15)$$

Eşitlik 15.'te hesaplanan öncelik değerleri sonucunda şu kararlar alınır:

- $\phi(a) < \phi(b)$ ise a alternatifi b alternatifinden üstündür.
- $\phi(a) = \phi(b)$ ise a alternatififiyle b alternatifi aynıdır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmanın uygulama bölümü bu başlık altında özetlenmektedir. Problemin tanımlanmasının ardından alternatifler ve kriterler belirlenerek daha sonra problemin çözümü sunulmaktadır.

Problemin Tanımı

Tekerlekli Sandalye, fiziksel engellilerin hayati önemi haiz vazgeçilmez elemanlarından biridir. Tekerlekli sandalye kullanıcılarının günlük yaşamdan daha fazla verim alma beklentilerinin artmasıyla birlikte, tekerlekli sandalye kullanıcısının günlük yaşamının her alanında yer alan tekerlekli sandalyede de farklı tercihler ortaya çıkmaktadır. Tekerlekli sandalye sayesinde hayatın her alanına fiziksel engelli bireyin aktif olarak katılabilmesine imkân sağlanmaktadır. Tekerlekli sandalyenin, fiziksel engelli tekerlekli sandalye kullanıcısına yönelik olarak tasarlanmasının yanında, tekerlekli sandalye kullanıcısı da tasarlanan bu sandalyeler arasından nihai olarak kendisine en uygun olanı tercih etmektedir. Yapılan bu çalışmada fiziksel engelli tekerlekli sandalye kullanıcısı için tekerlekli sandalyeler arasından en uygun tekerlekli sandalyenin seçilmesi problemi ele alınmaktadır. Problemin çözümü için AAS, TOPSIS ve PROMETHEE yöntemleri kullanılmıştır. Kriter ağırlıklarının hesaplanabilmesi amacıyla AAS yöntemi kullanılmıştır. Tekerlekli sandalyelerin sıralanması sürecinde ise TOPSIS ve PROMETHEE yöntemleri ile sonuca ulaşılmıştır.

Alternatif ve kriterlerin belirlenmesi

Tekerlekli sandalye seçimi problemi için tekerlekli sandalye kullanıcıları olan omurilik felçli parapleji ve tetrapleji hastası olan dört kişi ve iki satış temsilcisinden oluşan toplam altı uzman görüşü alınarak grup karar verme tekniği ile oluşturulmuştur. Ayrıca tekerlekli sandalye seçimi problemiyle ilgili nicel veriler tekerlekli sandalye kullanıcısı fiziksel engellilerin görüşleri doğrultusunda belirlenmiştir. Tekerlekli sandalye seçiminde güvenlik ana kriteri altında, denge (D), keskin kenar (KK), transfer

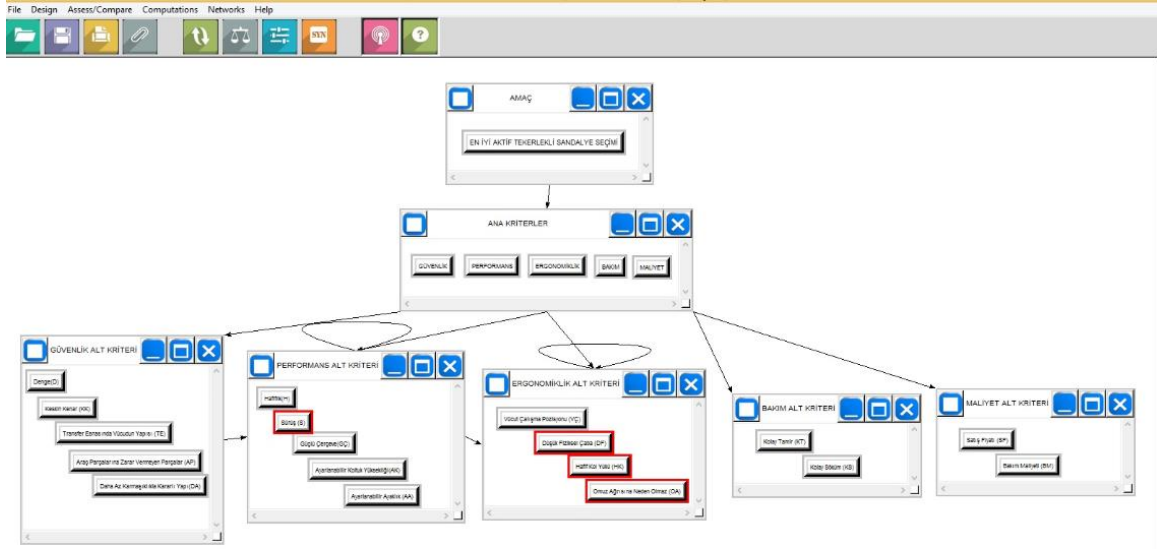
Research article/Araştırma makalesi
 DOI:10.29132/ijpas.1182406

esnasında vücudun yapısını bozmama (TE), araç parçalarına zarar vermeyen parçalar (AP), daha az karmaşıklıkla kararlı yapı (DA) alt kriterleri, performans ana kriteri altında, hafiflik (H), güçlü çerçeve (GÇ), sürüş (S), ayarlanabilir koltuk yüksekliği (AK), ayarlanabilir ayaklık (AA) alt kriterleri, ergonomiklik ana kriteri altında, vücut çalışma pozisyonu (VÇ), düşük fiziksel çaba (DF), hafif kol yükü (HK), omuz ağrısına neden olmama(OA) alt kriterleri, bakım ana kriteri altında, kolay tamir (KT), kolay söküm (KS) alt kriterleri, maliyet ana kriteri altında satış fiyatı (SF) ve bakım maliyeti (BM) alt kriterleri belirlenmiştir.

Alternatif tekerlekli sandalyeler beş adet olmak üzere, Quickie-Krypton R, Kuschall-K, Panthera-X, TiLite- ZRA ve RGK-Tiga FX olarak belirlenmiştir.

AAS yöntemi ile kriter ağırlıklarının hesaplanması

Kriter ağırlıklarının hesaplanması için beş ana kriter ile 18 alt kriterin için AAS yöntemi adımları sırasıyla uygulanmıştır. İlk olarak kriterlerin birbiri ile ilişkilerini gösteren ağ yapısı kurulmuştur. Bu ağ yapısı Şekil 1’de sunulmaktadır.



Şekil 1. Kriterler arası ilişkileri gösteren ağ yapısı

Şekil 1’deki ağ yapısındaki ilişkiler özetlenir ise; örnek olarak, performans alt kriterleri kendi arasında ilişkiliyken düşük fiziksel çabayla performans arasında ise tek yönlü bir ilişkisi söz konusudur. Ayrıca, ergonomiklik ana kriterinde hafif kol yükü ve düşük fiziksel çaba alt kriterlerinin kendi arasında da ilişkiler yer almaktadır. Kriterler arasındaki bu ağ yapısının tamamlanması sonrası AAS yönteminde kriterler birbirleriyle karşılaştırılmıştır. İkili karşılaştırmalarda ise, matrislerdeki tutarlılık

oranları 0,10’un altında çıktığından dolayı karşılaştırma matrisleri tutarlıdır.

AAS yöntemi ile kriterler arasındaki ilişkiler tanımlandıktan sonra karşılaştırmalar yapılarak ağırlıkları bulunmuştur. Super Decisions paket programında karşılaştırmalar 1-9 skalasına göre yapılmaktadır. Karşılaştırmalara ilişkin örnek bir ekran görüntüsü Şekil 2’de sunulmaktadır.

Research article/Araştırma makalesi
 DOI:10.29132/ijpas.1182406



Şekil 2. İkili karşılaştırma matrisi ekran görüntüsü

Kriterlerin ikili karşılaştırılması için AAS yöntemi vasıtasıyla elde edilen ana kriter ağırlıkları ve alt kriter ağırlıkları Tablo 2’de gösterilmiştir. Sonuç olarak, güvenlik ve performans ana kriterlerinin, diğer kriterlere göre daha yüksek düzeyde bir ağırlığa sahip olduğu tespit edilmiştir. Ana kriterler arasında güvenlik ve performans kriteri %34,96 kriter ağırlığıyla önem düzeyi en yüksek kriterdir. Bu kriterleri sırasıyla ergonomiklik, maliyet ve bakım takip etmektedir.

Tablo 2. Ana ve alt kriterlerin normalize ağırlıkları

Ana Kriterler	Alt Kriterler	Normalize Ağırlıklar
Güvenlik 0,34967	D	0,041
	KK	0,215
	TE	0,051
	AP	0,024
	DA	0,018
Performans 0,34967	H	0,111
	GÇ	0,045

BAKIM	S	0,163
ERGONOMİK-	AK	0,010
GÜVENLİK-	AA	0,020
MALİYET	VÇ	0,023
PERFORMANS	DF	0,085
	HK	0,034
	OA	0,045
Bakım	KT	0,040
0,05363	KS	0,013
Maliyet	SF	0,050
0,06042	BM	0,010
Toplam		1

AAS-TOPSIS yöntemi ile problemin çözümü

AAS yöntemi ile elde ettiğimiz Tablo 2’de yer alan nihai normalize ağırlıklar TOPSIS yönteminde kullanılacaktır.

Alternatif tekerlekli sandalyeler için beş ana kriter altında yer alan on sekiz alt kriter dikkate alınarak uygun tekerlekli sandalye seçimi elde etmek için oluşturulan karar matrisi aracılığıyla tespit edilmiş ve Tablo 3’te sunulmuştur.

Tablo 3. Karar matrisi

Alternatifler	Kriterler																	
	D	KK	TE	AP	DA	H (Kg)	GÇ	S	AK	AA	VÇ	DF	HK	OA	KT	KS	SF (TL)	BM (TL)
Quickie-Krypton R	2	7	1	2	2	6	2	1	2	5	1	5	5	1	2	1	25000	5000
Kuschall-K	3	6	3	1	3	10	3	3	3	3	2	4	4	2	3	2	10000	2000
Panthera-X	9	1	9	9	6	2	9	2	2	1	7	9	9	6	5	9	45000	10000
TiLite- ZRA	5	3	4	4	9	14	5	8	8	9	6	3	3	9	9	3	15000	3000
RGK-Tiga FX	1	9	2	5	1	14	2	6	4	2	4	2	2	3	1	5	15000	5000

AAS ile hesaplanan kriter ağırlıklarıyla karar matrisinin normalizasyonu sonucunda elde edilen normalize karar matrisi kullanılarak

ağırlıklandırılmış normalize matris oluşturulmuş ve ideal ve negatif ideal çözüm kümeleri hazırlanmıştır. Bu kümelere ayırım ölçütleri

Research article/Araştırma makalesi
 DOI:10.29132/ijpas.1182406

hesaplanarak, ideal ve negatif ideal çözümlere yakınlıklar, yani alternatif tekerlekli sandalyeler için öncelik sıralaması Tablo 4'te elde edilmiştir.

Tablo 4. Alternatiflerin öncelik sıralaması

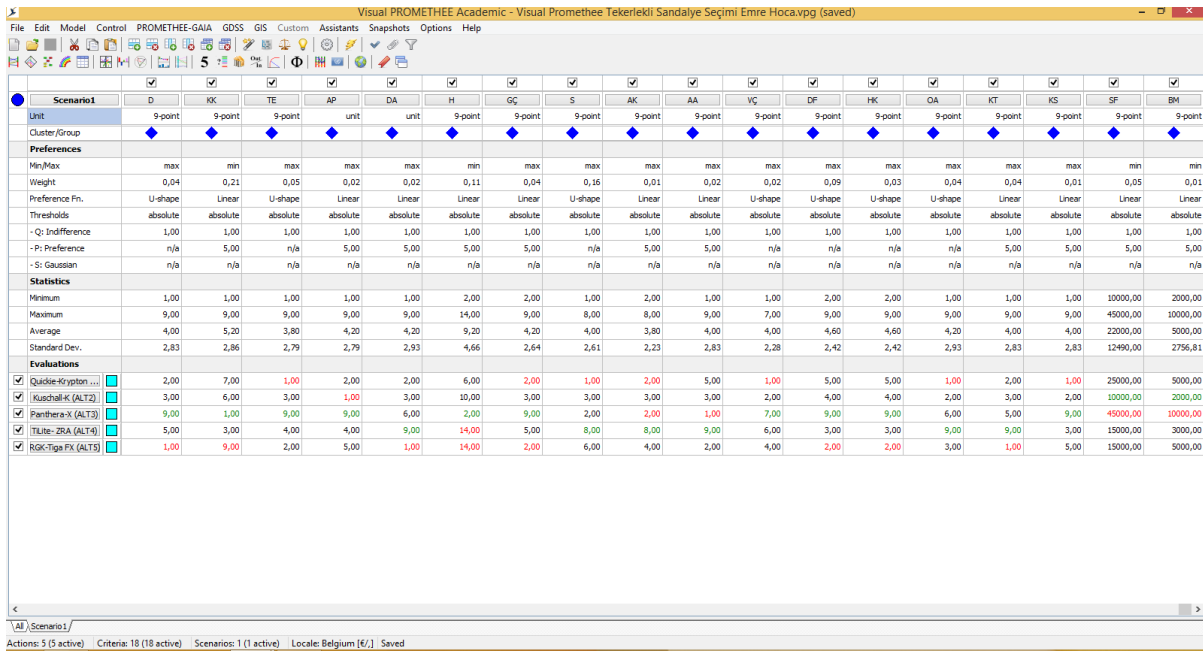
Alternatifler	Öncelik Değeri	Öncelik Sırası
TiLite- ZRA	0,6390	1
Panthera-X	0,6277	2
Kuschall-K	0,3416	3
RGK-Tiga FX	0,3269	4
Quickie-Krypton R	0,2630	5

Bu sonuçlara göre TiLite-ZRA alternatifinin birinci, Panthera-X alternatifinin ikinci, Kuschall-K alternatifinin üçüncü, RGK-Tiga FX alternatifinin dördüncü ve Quickie-Krypton R alternatifinin beşinci alternatif olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

AAS-PROMETHEE yöntemi ile problemin çözümü

PROMETHEE yönteminde ilk adım veri matrisini oluşturmaktır. Veri matrisinin oluşturulduktan sonra ikinci adım ise PROMETHEE tercih fonksiyonları belirlenmelidir. Tercih fonksiyonları belirlenirken kriterlerin nicel ve nitel olması gibi

özellikleri dikkate alınarak altı farklı tercih fonksiyonundan uygun olanı seçilir. Çalışmada yer alan bazı kriterler nicel bazıları ise nitel yapıda kriterlerdir. Nicel kriterlerde, bu kriterlerin özelliklerinin belirli bir ortalamının üstünde olması gerekliliğinden dolayı ve karar matrisi 1-9 arasındaki tam sayılı değerleri içerdiği için doğrusal (linear) fonksiyon (5. Tip), nitel kriterlerde ise U tipi (2. Tip) fonksiyon tercih edilmiştir. Kriterlerin yapısı ve kriterlerin alabileceği değerlerden yola çıkılarak tercih fonksiyonları belirlenmiştir. Nitel olarak ifade edilebilen kriterler için U tipi tercih fonksiyonu, nicel olarak ifade edilen kriterler için ise doğrusal (Linear) tercih fonksiyonu seçilmiştir. Karar matrisinin oluşturulmasından ve ortak tercih fonksiyonları belirlenmesinden sonra AAS yönteminde ortaya çıkarılan veriler “Visual PROMETHEE” programına girilmiştir. Kriterleri tamamladıktan sonra ise karar verici için, her bir kriterde minimum mu yoksa maksimum değerlerin mi daha iyi olduğunun tespiti yapılmıştır. “Max” olarak belirlenmesi durumunda karar verici için en büyük değer tercih edileceği, “Min” olarak belirlenmesi durumunda ise karar verici tarafından en küçük değer tercih edileceği görülmektedir. Visual PROMETHEE paket programında veri giriş ekranı Şekil 3'te gösterilmiştir.



Scenario1	D	KK	TE	AP	DA	H	GÇ	S	AK	AA	VÇ	DF	HK	OA	KT	KS	SF	BM
Unit	9-point	9-point	9-point	9-point	9-point	9-point	9-point	9-point	9-point	9-point	9-point	9-point	9-point	9-point	9-point	9-point	9-point	9-point
Cluster/Group	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
Preferences																		
Min/Max	max	min	max	max	max	min	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	min	min
Weight	0,04	0,21	0,05	0,02	0,02	0,11	0,04	0,16	0,01	0,02	0,02	0,09	0,03	0,04	0,04	0,01	0,05	0,01
Preference Fn.	U-shape	Linear	U-shape	Linear	Linear	Linear	Linear	U-shape	Linear	Linear	U-shape	U-shape	U-shape	U-shape	Linear	Linear	Linear	Linear
Thresholds	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute
-Q: Indifference	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
-P: Preference	n/a	5,00	n/a	5,00	5,00	5,00	5,00	n/a	5,00	5,00	n/a	n/a	n/a	n/a	5,00	5,00	5,00	5,00
-S: Gaussian	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Statistics																		
Minimum	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00	1,00	2,00	1,00	2,00	2,00	2,00	1,00	1,00	1,00	10000,00	2000,00
Maximum	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	14,00	9,00	8,00	8,00	9,00	7,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	45000,00	10000,00
Average	4,00	5,20	3,80	4,20	4,20	9,20	4,20	4,00	3,80	4,00	4,00	4,60	4,60	4,20	4,00	4,00	22000,00	5000,00
Standard Dev.	2,83	2,86	2,79	2,79	2,93	4,66	2,64	2,61	2,23	2,83	2,28	2,42	2,42	2,93	2,83	2,83	12490,00	2756,81
Evaluations																		
Quickie-Krypton ...	2,00	7,00	1,00	2,00	2,00	6,00	2,00	1,00	2,00	5,00	1,00	5,00	5,00	1,00	2,00	1,00	25000,00	5000,00
Kuschall-K (ALT2)	3,00	6,00	3,00	1,00	3,00	10,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00	4,00	4,00	2,00	3,00	2,00	10000,00	2000,00
Panthera-X (ALT3)	9,00	1,00	9,00	9,00	6,00	2,00	9,00	2,00	2,00	1,00	7,00	9,00	9,00	6,00	5,00	9,00	45000,00	10000,00
TiLite-ZRA (ALT4)	5,00	3,00	4,00	4,00	9,00	14,00	5,00	8,00	8,00	9,00	6,00	3,00	3,00	9,00	9,00	3,00	15000,00	3000,00
RGK-Tiga FX (ALT5)	1,00	9,00	2,00	5,00	1,00	14,00	2,00	6,00	4,00	2,00	4,00	2,00	2,00	3,00	1,00	5,00	15000,00	5000,00

Şekil 3. Visual PROMETHEE Veri Giriş Görüntüsü

Research article/Araştırma makalesi
 DOI:10.29132/ijpas.1182406

Tercih fonksiyonları ve veri girişleri oluşturulduktan sonra “Visual PROMETHEE” paket programıyla alternatifler sıralanmıştır. Pozitif üstünlükle negatif üstünlük değerleri “Visual PROMETHEE” paket programı yardımıyla bulunmuştur. Tam üstünlük değerleri ise pozitif üstünlük ve negatif üstünlük değerlerinin arasındaki farkın alınmasıyla bulunmuştur. Bu

yönteme göre alternatiflerin sıralaması Tablo 5’te verilmiştir. Bu sonuçların ardından, Panthera-X alternatifinin birinci, TiLite-ZRA alternatifinin ikinci, Kuschall-K alternatifinin üçüncü, Quickie-Krypton R alternatifinin dördüncü ve RGK-Tiga FX alternatifinin beşinci alternatif olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 5. PROMETHEE yöntemi ile bulunan sonuçları

Sıralama	Alternatifler	Phi+	Phi-	Phi
1	Panthera-X	0,6420	0,1772	0,4648
2	TiLite-ZRA	0,5382	0,2051	0,3330
3	Kuschall-K	0,2268	0,3743	-0,1475
4	Quickie-Krypton R	0,1719	0,4833	-0,3114
5	RGK-Tiga FX	0,1864	0,5253	-0,3390

SONUÇLAR

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) verilerine göre, engellilerin sayısının günümüzde artmaya başlamasıyla günlük yaşamda ihtiyaçlarına yönelik düzenlemeler ve seçimler yapmak önem arz etmektedir (<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/disability-and-health>). Bu seçimlerden birisi de fiziksel engellilerin en temel ihtiyaçlarından olan tekerlekli sandalyelerin seçimidir. Tekerlekli sandalye seçiminde farklı kriterler etkili olmaktadır. Bu seçim probleminde tekerlekli sandalye kullanıcılarının karar vermesine katkı sağlamak için ÇKKV yöntemleri de kullanılabilir. Bu

Bu çalışmada da tekerlekli sandalye seçimi problemi ele alınmıştır. Tekerlekli sandalye kullanıcısı taleplerini karşılayabilecek en iyi tekerlekli sandalyeyi seçmek istemektedir. Bu amaçla, çalışmada tekerlekli sandalye seçimi problemi için kriterler belirlenmiş ve en uygun alternatif ÇKKV yöntemleri aracılığıyla tespit edilmiştir. Çalışmada kriter ağırlıkları için AAS yönteminden faydalanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, ana kriterlerden güvenlik ve performans %34,96 ergonomiklik %18,6 bakım %5,3 maliyet %6 önem düzeyine sahiptir. Tekerlekli sandalye kullanıcısının ihtiyaçlarını karşılayabilecek nitelikte tekerlekli sandalye seçiminin hayati öneme sahip olduğu düşünüldüğünde güvenlik ve performans ana kriterinin büyük bir önem arz ettiği değerlendirilmektedir. Bu sonuçlara göre tekerlekli sandalye seçiminde, tekerlekli sandalye seçimini

etkileyen kriterlerden bakım ana kriteri altında, kolay söküm ve kolay tamir alt kriterlerinin önem düzeyi daha düşük çıkmıştır. Elde edilen kriter ağırlıkları değerlendirildiğinde ise keskin kenar ve güçlü çerçeve kriterlerinin ağırlıklarının yüksek olduğu görülmektedir.

Yapılan bu çalışmada TOPSIS ve PROMETHEE yöntemleri ile alternatiflerin sıralanması için AAS yöntemi ile elde edilen kriter ağırlıkları kullanılmıştır. Bu yöntemler sonucunda elde edilen alternatif sıralamaları aynı çıkmıştır. TOPSIS birinci alternatif TiLite-ZRA çıkmıştır. Bu alternatifin en güçlü alternatif olduğunun görülmesinin sebebi ise, TiLite-ZRA tekerlekli sandalyesinin keskin kenar sayısının az olması, daha hafif olması ve güçlü çerçeve ağırlığının daha yüksek çıkmış olmasıdır. PROMETHEE yönteminde ise Panthera-X birinci alternatif olarak belirlenmiştir. Bu iki alternatif iki farklı yöntemle göre birinci ve ikinci alternatif olarak değişmektedir. Bunun neden olarak ise PROMETHEE yönteminde kriterlere göre tercih fonksiyonunun değişmesinden kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.

Sonuç olarak, hayatının çok büyük bir bölümünü tekerlekli sandalye üzerinde geçirmekte olan fiziksel engelliler için tekerlekli sandalyelerin seçiminde, fiziksel engellilerin taleplerinin, ihtiyaçlarının ve de kriterlerinin göz önünde tutulacağı kapsamlı çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır. Sonraki çalışmalarda tekerlekli sandalyelerde kullanılan teknolojiler dikkate alarak değerlendirmeler yapılabilir. Aynı zamanda

Research article/Araştırma makalesi
 DOI:10.29132/ijpas.1182406

bireylerin çalışma hayatları dikkate alınarak farklı kullanıcılar için alternatiflerin değerlendirilmesi ve karşılaştırmaların yapılması önerimizdir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarlar bu makale ile ilgili herhangi bir çıkar çatışması bildirmemektedir.

ARAŞTIRMA VE YAYIN ETİĞİ BEYANI

Yazarlar bu çalışmanın araştırma ve yayın etiğine uygun olduğunu beyan eder.

KAYNAKLAR

- Ahmad, M. N., Maidin, N., Rahman, M. ve Osman, M. (2017). Conceptual Design Selection of Manual Wheelchair for Elderly by Analytical Hierarchy Process (AHP) Method: A Case Study. *International Journal of Applied Engineering*, 12(17), 6710-6719.
- Alptekin, N. (2010). Analitik Ağ Süreci Yaklaşımı ile Türkiye’de Beyaz Eşya Sektörünün Pazar Payı Tahmini. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 11(1), 18-27.
- Aly, M. F., Attia, H. A. ve Mohammed, A. M. (2013). Integrated Fuzzy (GMM) -TOPSIS Model for Best Design Concept and Material Selection Process. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 2(11), 6464-6486.
- Anık, Z. (2007). Nesne Yönelimli Yazılım Dillerinin Analitik Hiyerarşi ve Analitik Network Prosesi ile Karşılaştırılması ve Değerlendirilmesi. *Basılmamış Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri.
- Arıbaş, M. ve Özcan, U. (2016). Akademik Araştırma Projelerinin AHP ve TOPSIS Yöntemleri Kullanılarak Değerlendirilmesi. *Politeknik Dergisi*, 19(2), 167-177.
- Batavia, M. (2001). Changing chairs: anticipating problems in prescribing wheelchairs. *disability and rehabilitation*, 23(12), 539-548.
- Boz, Ö. (2019). Engelsiz tasarım bağlamında tekerlekli sandalye kullanıcılarına yönelik mutfak tasarım önerisi (Doctoral dissertation, Marmara Üniversitesi (Turkey)).
- Brans, J. P. ve De Smet, Y. (2016). PROMETHEE Methods. *Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys*, 187-219.
- Brans, J. P. ve Vincke, P. A. (1985). Preference Ranking Organization Method: The PROMETHEE Method for MCDM. *Management Science*(31), 647-656.
- Çınar, H. (2008). Yaşam hakkı: tekerlekli sandalye kullanıcılarının konut iç mekan donatı elemanları ve mobilya kullanımı. *Politeknik Dergisi*, 11(2), 0-0.

- Dağdeviren, M. ve Eraslan, E. (2008). Promethee Sıralama Yöntemi İle Tedarikçi Seçimi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23(1), 69-75.
- Desai, S., Mantha, S. ve Phalle, V. (2019). TRIZ and AHP in Early Design Stage of a Novel Reconfigurable Wheelchair. *Journal of Mechanical Engineering*, 16(3), 123-141.
- DiGiovine, C. P. (2003). Whole-Body Vibration During Manual Wheelchair Propulsion With Selected Seat Cushions and Back Supports. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 11(3), 311-322.
- DiGiovine, M. M. (2000). User Assessment of Manual Wheelchair Ride Comfort and Ergonomics. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 81(4), 490-494.
- Doruk, M. (2019). Tekerlekli Sandalye Basketbol Oyuncularında Core Kas Dayanıklılığı ile Aerobik Kapasite, Hız, Çeviklik ve Spora Özgü Beceriler Arasındaki İlişkinin İncelenmesi. *Spor Bilimleri Dergisi*, 30(3), 96-106.
- Göktürk, İ. F., Eryılmaz, A. Y., Yörür, B. ve Yuluğkural, Y. (2011). Bir İşletmenin Tedarikçi Değerlendirme ve Seçim Probleminin Çözümünde AAS Ve Vikor Yöntemlerinin Kullanılması. *Journal of Science and Technology of Dumlupınar University*, (025), 61-74.
- Guan, T. M., Qin, M. C. ve Yuan, Y. L. (2012). The evaluation of wheelchair comfort based on analytic hierarchy process. *In Advanced Materials Research*, 415, 1055-1059.
- Hambali, A. (2008). Use of Analytical Hierarchy Process (AHP) for Selecting The Best Design Concept. *Jurnal Teknologi*(49(A)), 1-18.
- Hamurcu, M. ve Eren, T. (2017). Raylı Sistem Projeleri Kararında AHS-HP ve AAS-HP Kombinasyonu. *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 3(3), 1-13.
- Hong, E. K. (2016). Improving the comfort of manual wheelchair back supports (Doctoral dissertation, University of Pittsburgh).
<http://www.superdecisions.com/> (accessed 15 February 2023).
<https://www.who.int/newsroom/factsheets/detail/disability-and-health/> (accessed 15 February 2023).
- Hwang, C. L. ve Yoon, K. (1981). Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications.
- Iksan, M. N. (2021). Design of a Multi-Functional Wheelchair Based Fuzzy Analytical Hierarchy Process. *Journal of Ocean, Mechanical and Aerospace*, 65(1), 8-13.
- Karabay, İ., Fırat M. ve Şenlikçi, H. B. (2021). Türkiye’de Tekerlekli Sandalye Kullanıcılarının Karşılaştıkları Sorunlar ve İlişkili Faktörler. *Journal of Physical Medicine and Rehabilitation Sciences*, 24(1), 9-52.

Research article/Araştırma makalesi
 DOI:10.29132/ijpas.1182406

- Kazançoğlu, Y. ve Ada, E. (2010). Perakende Sektöründe Tedarikçi Seçiminin Bulanık AHP ile Gerçekleştirilmesi. Savunma Bilimleri Dergisi, 9(1), 29-52.
- Kuvvetli, V. (1995). Ortopedik özürümler için Tekerlekli Sandalye tasarımı: Tekerlekli Sandalyenin verimliliğinin artırılması için bir araştırma (Doctoral dissertation, Marmara Üniversitesi (Turkey)).
- Kwarciak, A. M. (2004). Performance analysis of suspension manual wheelchairs (Doctoral dissertation, University of Pittsburgh).
- Lemay, V. (2011). Relationships between wheelchair skills, wheelchair mobility and level of injury in individuals with spinal cord injury. Spinal Cord, 50(1), 37-41.
- Mistarihi, M. Z., Okour, R. A. ve Mumani, A. A. (2020). An integration of a QFD model with Fuzzy-ANP approach for determining the importance weights for engineering characteristics of the proposed wheelchair design. Applied Soft Computing, 90.
- Muqodimah, F. N., Susmartini, S. ve Priadythama, I. (2019, April). Designing an Assistive Devices for Transferring a Wheelchair Users with Comparative Study using AHP Method and Delphi Method. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, IOP Publishing, 495(1).
- Mülayim, A. (2020). Tekerlekli Sandalye Kullanan Engellilerin Sosyal Hayata Katılımında En Büyük Engel; Yapılı Çevrede Yaşanan Problemler Ve Çözüm Önerileri. Sosyal Politika Çalışmaları Dergisi, 357-382.
- Rizzuti, S. ve De Napoli, I. (2016). The challenging phase of concept selection integrated with the customers' judgement noticed by the kano model. Proceedings of the 18th International Conference on Engineering and Product Design Education (E&PDE16), Design Education: Collaboration and Cross-Disciplinarity, Aalborg, Denmark, 8th-9th September 2016, 460-465.
- Saaty T. L. ve Vargas L. G. (2006). Decision Making with the Analytic Network Process. Springer Science, (282).
- Saltan, A. ve Ergün, N. (2017). Kadın Tekerlekli Sandalye Basketbolcularında Fonksiyonel Bağımsızlık, Yaşam Kalitesi Ve Tekerlekli Sandalye Becerilerinin Araştırılması. Fizyoterapi Rehabilitasyon, 28(2), 60-67.
- Shirley, G. (2001). Comparison of Fatigue Life for 3 Types of Manual Wheelchairs. Archives of physical medicine and rehabilitation, 82(10), 1484-1488.
- Stefanov, D. (2015). The development and testing of a system for wheelchair stability measurement. Medical Engineering & Physics, 37(11), 1061-1069.
- Tosun, G. (2010). Tekerlekli Sandalye Kullanıcılarına Yönelik Banyo Sağlık Gereçlerinin İşlevsellik Analizi (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Ulusoy, S. (2008). Bedensel engelli okçularda fiziksel performansın değerlendirilmesi (Master's thesis, Sağlık Bilimleri Enstitüsü).
- Uyanık, M. (2022). Tekerlekli sandalye kullanan kişilerin antropometrik ölçümlerinin tekerlekli sandalyeye uygunluğu. Sağlık ve Toplum, 12(1), 66-71.
- Üstün, Ö., Özdemir, M. S. ve Demirtaş, E. A. (2005). Kıbrıs Sorunu Çözüm Önerilerini Değerlendirmede Analitik Serim Süreci Yaklaşımı. Endüstri Mühendisliği Dergisi, 16(4), 2-13.
- Woude, L. V. (2001). Biomechanics and physiology in active manual wheelchair propulsion. Medical Engineering & Physics, 23(10), 713-733.
- Yaralıoğlu, K. (2010). Karar Verme Yöntemleri. Detay Yayıncılık. Ankara.
- Yılmazçoban, İ. K. (2009). Engelli araçlarının sonlu elemanlar metodu yardımı ile çevresel şartlara uygunluğunun incelenmesi (Doctoral dissertation, Sakarya Üniversitesi (Turkey)).
- Yuan, Y. ve Guan, T. (2014). Design of Individualized Wheelchairs Using AHP and Kano Model. Hindawi Publishing Corporation Advances in Mechanical Engineering, 6.