

## Omurilik Felçli Fiziksel Engelli Bireylere Yönelik Giyilebilir Teknoloji Ürünlerdeki Sensörlerin Sahip Olması Gereken Özelliklerin Değerlendirilmesi

Emre Yazıcı<sup>1\*</sup>, Mehmet Tan<sup>2</sup> ve Hacı Mehmet Alakaş<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Endüstri Mühendisliği /Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale Üniversitesi, Türkiye

<sup>2</sup> Endüstri Mühendisliği /Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale Üniversitesi, Türkiye

<sup>3</sup> Endüstri Mühendisliği /Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale Üniversitesi, Türkiye

\*(emreyazici92@hotmail.com)

**Özet** – Omurilik felçli engelliler, günlük yaşamda birçok engel ve problem ile karşılaşmaktadır. Bunlardan en önemlilerinden birisi, duyu bozukluğu oluşan omurilik felçli engellilerde his kaybı nedeniyle, vücutlarında meydana gelebilecek kanama, yanma ve yaralanma gibi durumları algılayamamalarıdır. Vücutlarında meydana gelebilecek bu ve benzeri durumları duyu kayıpları nedeniyle algılayamamalarına karşı, bu kayıpları telafi edecek alternatif bir giyilebilir teknolojik ürün arayışı bulunmaktadır. Yapılan bu çalışmada, omurilik felçli bireylerin vücutlarında meydana gelebilecek olumsuzlukları algılayacak bir sensörün üretilmesi halinde hangi özellikleri barındırması gerektiğine dair bir karar problemi ele alınmıştır. Üretilecek ürünlerdeki özelliklerinin belirlenmesinde etkili olacağı düşünülen kriterler uzmanlar aracılığıyla belirlenmiştir. Uzmanlar tarafından belirlenen kriterlerin ağırlıkları çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerinden analitik hiyerarşi prosesi (AHP) yöntemi ile hesaplanmıştır. Ardından ise sensörde olması gereken özelliklere ilişkin alternatifler ise TOPSIS ve PROMETHEE yöntemleri ile sıralanarak karşılaştırmalı bir analiz gerçekleştirilmiştir. Çalışmada AHP yöntemi ile elde edilen kriter ağırlıkları TOPSIS ve PROMETHEE yöntemlerinde veri olarak kullanılarak hibrit bir karar modeli önerilmiştir. Elde edilen sonuçlara kriterler arasında hayati riske sebebiyet verme kriteri önem düzeyi en yüksek kriter olarak belirlenmiştir. Sensörün bulundurulması gereken alternatif özellikler arasında ise TOPSIS ve PROMETHEE yöntemine göre vücutta meydana gelebilecek kanamaları algılama alternatifi birinci alternatif olarak belirlenmiştir. Çalışmanın elde edilen sonuçları fiziksel engellilere yönelik bu tarz ürün üretimi yapabilen sektör temsilcileri için kullanılabilir nitelikte olup aynı zamanda omurilik felçli fiziksel engelli bireylerin ise hayatlarını kolaylaştıracaktır.

**Anahtar Kelimeler** – Omurilik Felci, Sensör, Analitik Hiyerarşi Prosesi, TOPSIS, PROMETHEE, Giyilebilir teknoloji.

## 1. Giriş

İnsanlar doğal afetlerde, trafik kazalarında, yapılan spor aktivitelerinde, su sporlarında, yüksekte düşmelerde, saldırıya uğranılması sonucunda, sinir dokusu hastalıkları, kanama, fitik, tümör, radyasyona maruz kalınması, enfeksiyona bağlı olarak ya da başka aktiviteler sonucunda omurilik ve de sinir dokusunda tahribat meydana gelebilmesine bağlı olarak omurilik yaralanması olabilmektedir. Vücudun alt kısmında kas gücü azalması ya da kaybı, duyu fonksiyon kaybı ile beraber kollar ve bacaklarda tam ya da kısmi hareketsizlik, ayrıca hissizlik görülebilmektedir. Yaralanma bölgesine bağlı olarak o bölgenin altını hissetmezler ya da idrar yolu fonksiyonu sorunu olabilmekte ve de gaita kontrolünü sağlayamamaktadır. Ağrı ve ısıyı algılama, dokunma hissi kaybı, kas reflekslerinin kaybı ya da zayıflaması gelişebilmektedir.

Omurilik yaralanması yaşayan fiziksel engellilerin bu sıkıntılara ve yaşanan duyu kayıplarına karşı, bu duyguların kaybını telafi edecek alternatif bir giyilebilir teknolojik ürün arayışı hasil olmuştur. Geliştirilmesi beklenen bu giyilebilir teknolojik üründe, fiziksel engellinin vücudundaki hissedilmeyen bölgelerde; vücuda batan cismi algılayacak, vücutta meydana gelecek kanamaları, ciltte oluşan yaraları, kırıkları, kesikleri, kas yırtılmalarını, damar tıkanıklıklarını ve yanıkları algılayabilecek özelliklerden hangi özelliklerin daha öncelikli olduğu bu çalışmada değerlendirilmiştir. Bu denli geniş kapsamda özellikleri tespit edecek teknolojik ürün daha önce üretilmediği için, bu şekilde bir sensör geliştirme ihtiyacı hasil olmuş ve bu belirtilen özellikler tercih edilmiştir.

Sonuç olarak, fiziksel engellilerin maruz kaldığı bu sorunlardan dolayı bu çalışmada, engellilerin vücutlarında oluşan herhangi bir hasarı algılayamamasından dolayı yaşanan bir problemi ele alarak bu problemlerin ÇKKV'ye uygun bir problem olduğu tespit edilmiş ve bunun için giyilebilir teknolojik bir sensörde yer alması önerilen özelliklerin önceliğinin değerlendirilmesi problemi ele alınmıştır.

Bu çalışmada giyilebilir bir teknolojik ürün olan omurilik felçli sensöründe yer alması gereken özelliklerin önceliğinin sıralanmasında ÇKKV yöntemlerinden AHP, TOPSIS ve PROMETHEE yöntemleri kullanılarak değerlendirme yapılmıştır. Kriterlerin ağırlıkları AHP yöntemi ile hesaplanmıştır. Alternatiflerin sıralanması için ise, TOPSIS ve PROMETHEE yöntemleri kullanılarak karşılaştırmalı bir analizle yapılmıştır. Alternatifler sıralanırken, hibrit bir yaklaşım benimsenerek AHP yönteminden elde edilen kriter ağırlıkları, TOPSIS ve PROMETHEE yöntemlerine entegre edilmiştir.

Omurilik felçli sensörü özelliklerinin seçiminde hayati riske sebebiyet verme (HR), hareket kabiliyetini azaltma (HKA), vücut sıcaklığının yükselmesi (VS), kalp atım ritminin değişmesi (KA), baş dönmesi (BD), solunum güçlüğü (SG), uzuv Kaybı- fonksiyon azalması (FA) ve bilinç kaybı (BK) kriterleri belirlenmiştir. Yapılan bu çalışmada 5 (beş) yıl ve üzeri omurilik felçli fiziksel engellilerin değerlendirmeleri sonucunda kriter ağırlıkları belirlenmiş ve alternatiflerin sıralamaları yapılmıştır.

## 2. Literatür Araştırması

Literatür araştırmasında, yaşamları boyunca engellilere yardımcı olan sensörler ile ilgili sorunları ele alan çalışmalar incelenmiştir. Literatürde engellilere yönelik olarak sensörler ile ilgili yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmektedir. Zengin ve diğ. (2010), geliştirilen bir sensör ile ağrıyı algılama çalışmaları yapmıştır. Naranjo ve diğ. (2020), sensör teknolojisi sayesinde kronik ağrıyı algılama çalışmaları yapmıştır. Hani ve diğ. (2023), giyilebilir sensör ile boyun hareketlerine bağlı olarak meydana gelen boyun ağrısını inceleyen çalışmalar yapmıştır.

Dubin ve diğ. (2010), vücutta meydana gelebilecek sıcaklık, basınç ve yaralanmayla ilgili kimyasallardaki aşırılıkları saptayarak derideki sensör vasıtasıyla uyarılar oluştuğunu inceleyen çalışmalar yapmıştır. Pereira ve diğ. (2011), yatakta yer alan tekstil sensörü ile hastalardaki bası yarasının algılanması ile ilgili çalışmalar yapmıştır. De Pasquale ve diğ. (2019), giyilebilir sensörlerle gerçek

zamanlı olarak vücuttaki kalp atış hızı, kalp atış hızı değişkenliği, vücut hareketi, nefes alıp verme, cilt sıcaklığı algılama sistemleri ile ilgili incelemeler yapmıştır. Cañçelik ve diğ. (2022), giyilebilir sensörler vasıtasıyla bazı hastalıkların(vücut sıcaklığı, kalp atışı, kan basıncı vb.) erken teşhisi için kullanılan kablosuz vücut algılayıcı ağlar ile ilgili çalışmalar yapmıştır.

Tüylek ve diğ. (2017), farklı tipte biyosensörler vasıtasıyla dokuların yenilenmesi ve yaraların iyileşmesi gibi hastalıkların tedavisi için biyosensörlerin özelliklerini belirlemiştir. Konrath ve diğ. (2019), yaşlı bireylerde kas-iskelet modeli kullanımı ve optik hareket yakalanarak diz-eklem konusunda günlük yaşam aktivitelerini analiz eden çalışmalar yapmıştır. Bozomitu ve diğ. (2019), ağır engelli hastalarla iletişimi kolaylaştırmak ve sensörler aracılığıyla fizyolojik parametrelerini uzaktan izlemek için çalışmalar yapmıştır. Albani ve diğ. (2019), parkinson hastaları için, vücudun belirli bölümlerinin hareket analizine yönelik olarak, üst uzuvlar için düşük maliyetli optik cihazlar ve alt kısımlar için giyilebilir sensörler ile birlikte iki yaklaşımın entegrasyonundan oluşan çalışmalar yapmıştır. Feng ve diğ. (2019), hastanın bacak eklemine eklenen sensör sayesinde oturma ya da yatma sırasında alt ekstremitte hareketlerini incelemiştir. Marcos-Pablos ve diğ. (2019), özel bakıma ihtiyacı olan kişilere(yaşlılar, engelliler, kronik sağlık sorunları olan kişiler) bakım ve yardım hizmetlerinin sağlanmasının karmaşık bir iş olduğunu, sensör teknolojilerindeki son gelişmelerin, engelli insanlara yardımcı olmak için daha iyi ve daha güvenilir teknolojik çözümler ürettiğini anlatan çalışmaları incelemiştir.

Timmermann ve diğ. (2021), yaşlı yetişkinlerin akıllı sensörlerden gerçekten faydalanarak yaşam kalitelerinin artırılması için çalışmalar yapmıştır. Cortés-Pérez ve diğ. (2021), MS hastalarında VR tabanlı tedavi ile yorgunluğu azaltan ve yaşam kalitesini iyileştirmeye yönelik çalışmalar yapmıştır. Ferraris ve diğ. (2021), hemipleji hastalarının yürüyüş

modellerini tahmin etmek amacıyla sensörler kullanarak çalışma yapmıştır. Brunete ve diğ. (2021), nesnelerin interneti (IoT) cihazları ile engellilerin ev içinde; dokunmatik kontrol, gözle kontrol, hareket kontrolü, sesle kontrol ve artırılmış gerçeklik kontrolü ile cihazlar ile etkileşimini incelemiştir. Wang ve diğ. (2021), engelli hastaların yürüyüşlerindeki farklılıkları inceleyerek engelleri hakkında araştırmalar yapmıştır. Oigawa ve diğ. (2021), engellilerin bir cismi 10 saniyelik kavraması ve bırakması ile el becerisini değerlendiren çalışma yapmıştır. Merlo ve diğ. (2021), akut hastalardaki kas aktivitesindeki hareketlerin giyilebilir sensörlerle izlenmesine yönelik çalışmalar yapmıştır. Jamil ve diğ. (2021), insanların kaslarının ve sinirlerinin çalışma şeklini kısmen veya tamamen, kazalar veya tıbbi durumlar nedeniyle kayıp ederek felç olduğunu, engelli kişilerin genellikle ihtiyaç duydukları desteği, bakımlarının maliyetli olması nedeni ile alamadığını belirtmiş, engellilerin hareketliliklerini önemli ölçüde iyileştirerek bu hastaların yaşam kalitesini önemli ölçüde artırmayı vaat eden teknolojiyi inceleyen çalışmalar yapmıştır. Najafi ve diğ. (2021), giyilebilir sensörü kullanarak biyo-belirteçler ile hasta tarafından bildirilen semptomlar ve tedaviye verilen yanıtlar ile ilgili çalışmalar yapmıştır. Rum ve diğ. (2021), tekerlekli sandalye ile spor yapan fiziksel engellilerin spor aktivitesi sırasında atalet ve EMG cihazı gibi giyilebilir sensörler aracılığıyla, performanslarını değerlendiren çalışmalar yapmıştır. Ballardini ve diğ. (2021), felç sonrası iyileşme sürecinde ekstremitte hareketinde kinestetik geri bildirim almaya yönelik çalışmalar yapmıştır. Salinas-Bueno ve diğ. (2021), kamera tabanlı bir kafa takip sensörü ile boyun sırt hareketlerini incelemiştir. Luna-Perejón ve diğ. (2021), yalnız yaşayan yaşlı bireylere yönelik olarak, ayak bileğine yerleştirilen bir sensör yardımı ile günlük yaşam aktiviteleri ve düşme risklerini tespit eden çalışmalar yapmıştır.

Fu ve diğ. (2022), giyilebilir robotik dış iskeletler için hareket yardımı sağlamak, engellileri eski haline getirmek ve sağlıklı bireylerde performansı artırmak

için miyoelektrik kontrol sistemleri çalışmalarını incelemiştir. Moreira ve diğ. (2022), yaşlı bireylerin, yaşlanmaya maruz kalmasından kaynaklanan engellerini değerlendirmek ve izlemek için yeni giyilebilir cihazların geliştirilmesini desteklemek ve mevcut olanları ise iyileştirmeye yönelik çalışmaları incelemiştir. Zou ve diğ. (2022), Çin'deki yaşlı bireyler için, barsaktaki sesi algılayabilen sensörler vesilesi ile dışkılamayı tahmin edebilecek çalışmalar yapmıştır.

RaviChandran ve diğ. (2023), hedeflenen bir bölge üzerindeki şekil, boyut ve konumları modüle ederek kas gruplarını seçici olarak uyarabilen giyilebilir elektrot dizilerini inceleyen çalışmalar yapmıştır. Merlo ve diğ. (2023), akut hastalarda giyilebilir sensörler kullanılarak istemsiz kas hareketlerinin izlenerek değerlendirilmesi ve izlenmesi, böylece erken tedavinin yapılabileceğine dair çalışmalar yapmıştır.

Literatürde yapılan bazı çalışmalar engellilerin bazı kısmi sorunlarının tespitine yönelik çalışmaları hedeflerken, yapılan bu çalışmada diğer çalışmalardan farklı olarak aşağıdaki süreçler göz önünde bulundurulmuştur.

- Tüm engelli kategorisindeki bireyler değil, sadece tekerlekli sandalye kullanıcısı omurilik felçlilere yönelik olarak değerlendirmeler yapılmıştır.
- Çalışmayla birlikte bir sensörün ihtiva etmesi gereken algılamaların en önemlilerin hangisi olduğuna dair seçim yapılmıştır.
- Omurilik felçli sensörü özelliklerinin seçiminde ÇKKV yöntemlerinden AHP, TOPSIS ve PROMETHEE yöntemleri ile birlikte ilk kez değerlendirilme ve seçim yapılmıştır.

Sensörler, genel olarak ortamdaki herhangi bir değişikliği ya da olayı algılayabilen ve bu durumu tespit ettikten sonra bu bilgileri diğer cihazlara aktaran araçlardır. Bu çalışmada, omurilik felçli fiziksel engellilerin sorunlarını tespit etmek amacı ile geliştirilebilecek sensörlerde olması gereken özelliklerin değerlendirilmesi incelenmektedir. Bu sorunların tespiti amacıyla üretilmiş olan fakat, geniş kapsamda bir algılama yapmayan bazı giyilebilir teknoloji ürünleri ve mevcut özellikleri Çizelge 1' de yer almaktadır.

Çizelge 1. Giyilebilir Teknolojik Ürün Üreticileri

Üreticiler	Ürünler	Özellikler
Mbientlab	MMR – METAMOTIONR, MMC – METAMOTIONC	Sıcaklık algılama
Minew	B8 Social Distancing Wristband	Sıcaklık algılama
BlueMaestro	Tempo Disc Wireless Waterproof Temperature	Sıcaklık algılama
KKM Smart Solutions	K68 Body Temperature Beacon	Sıcaklık algılama
Maastricht Instruments	MOX1 Activity logger	Vücut pozisyonu algılama
Sensiedge	WearaBLE - SensiBLE v2.0	Sıcaklık, basınç ve nem algılama

### 3. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri

Çalışmada ele alınan problemin çözümü için AHP, TOPSIS ve PROMETHEE yöntemleri entegre bir şekilde kullanılmıştır. Kriter ağırlıklarının AHP metoduyla belirlenmesinden sonra, TOPSIS ve PROMETHEE yöntemleri ile alternatifler içinden nihai sıralama elde edilmiştir.

#### 3.1. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)

Bu çalışmada, karar problemleri içerisinde literatürde sıklıkla kullanılmakta olan ve etkin sonuçlar elde edilmesinde yardımcı olan AHP yöntemi çözüm için kullanılmaktadır. AHP yöntemi beş adımdan oluşan ve etkin sonuçların elde edilmesinde önemli rol oynayan AHP yöntemi çözüm için kullanılan yöntemlerdendir. AHP yönteminin adımları şu şekildedir (Özcan vd., 2019a, 2020).

*Adım 1:* Hiyerarşik yapının oluşturulması: AHP yönteminde ilk adım olarak, ele alınmakta olan soruna yönelik kriterler temelinde alternatiflerin hiyerarşik yapısının oluşturulmaktadır.

*Adım 2:* İkili karşılaştırma matrisleri ile kriterlerin karşılaştırılması: Adım 1’de hiyerarşik yapı oluşturulduktan sonra kriterler temelinde alternatiflerin birbiriyle karşılaştırılması ve her bir kriterin de kendi arasında ikili karşılaştırması sonucunda karar matrisleri oluşturulmaktadır. Karar matrisleri oluşturulurken, Çizelge 2’de gösterilen ve Saaty (1980) tarafından belirlenen önem skalası göz önünde bulundurularak değerler atanmaktadır.

Çizelge 2. Önem Skalası

Önem Değerleri	Değer Tanımları
Eşit önemli	1
Kısmen önemli	3
Çok önemli	5
Aşırı derece önemli	7
Kesinlikle önemli	9
Ara değerler	2, 4, 6, 8

*Adım 3:* Normalleştirme ve göreceli önem ağırlıklarının hesaplanması: Kullanılan her bir kriter için normalleştirme işlemi Eşitlik 1. kullanılarak yapılmakta ve devamında ise her bir kriterin ağırlığı Eşitlik 2. ile hesaplanmaktadır.

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

$$w_i = \frac{\sum_{i=1}^n b_{ij}}{n} \quad (2)$$

*Adım 4:* Tutarlılık oranının (CR) hesaplanması ve kontrolü: CR değerinin hesaplanabilmesi için Eşitlik 3. ve Eşitlik 4. kullanılarak öncelikle ikili karşılaştırma matrisinin en büyük özvektör değeri hesaplanmaktadır.

$$[a_{ij}]_{n \times n} * [w_i]_{m \times 1} = [d_i]_{n \times 1} \quad (3)$$

$$\lambda_{max} = \frac{(\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{w_i})}{n} \quad (4)$$

CR, tutarlılık indeksinin (CI) Eşitlik 6.’ya göre Çizelge 3’te verilen rassal indekse oranlanması sonucunda hesaplanmakta ve Eşitlik 5 ile tutarlılık indeksi hesaplanmaktadır.

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

$$CR_{max} = CI/RI \quad (6)$$

Eğer, CR<0,1 ise ikili karşılaştırma matrisinin problem için tutarlı olduğu anlamına gelmektedir. Bu şartın sağlanmaması durumunda, ikili karşılaştırmalar tekrar gözden geçirilmeli ve matristeki değerler yenilenerek hesaplamaların tekrar yapılması gerekmektedir.

Çizelge 3. RI değerleri

N	1	2	3	4	5	6	7	8
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41

*Adım 5:* AHP skorlarının analizi: En yüksek değere sahip alternatif en iyi alternatif olarak seçilmektedir.

### 3.2. TOPSIS Yöntemi

TOPSIS yöntemi ilk olarak Hwang ve Yoon [1] 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 [1]:

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

*Adım 2: Standart Karar Matrisi Belirlenir:* Eşitlik 7’deki formül vesilesi ile standart karar matrisi oluşturulmaktadır.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}} \quad (7)$$

*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 8 ve 9'da yer alan formül vesilesi ile matriste ideal ve negatif ideal çözüme olan uzaklıklar hesaplanmaktadır.

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n ((v_{ij} - v_j^*)^2)} \quad (8)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n ((v_{ij} - v_j^-)^2)} \quad (9)$$

*Adım 6: İdeal Çözümüne Göreli Yakınlığın Bulunması:* Eşitlik 10'te yer alan formül vesilesi ile ideal çözüme yakınlık hesaplanmaktadır.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*} \quad (10)$$

Negatif ideal ayrım ölçütü bulunurken, ilk olarak toplam toplam ayrım ölçütleri içerisinde yer alan pay hesaplanmaktadır.  $C_i^*$  değeri 0-1 birim aralığında değer almaktadır. Bu değer 1 olması ideal çözüme, 0 değeri olması ise negatif ideal çözüme mutlak yakınlığı göstermektedir [2].

### 3.3. PROMETHEE Yöntemi

PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation) yöntemi ilk olarak 1982 yılında Brans [3] tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntem diğer çok kriterli karar

verme yöntemlerine nazaran daha basittir. Bu yöntem 7 (yedi) adımda hesaplanmaktadır [4].

*Adım 1: Veri matrisinin belirlenir:* Öncelik ile alternatifler için alternatifteki ağırlıklar ve veri matrisi oluşturulmaktadır.

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

*Adım 3: Ortak tercih fonksiyonları oluşturulur:*

$$p(a, b) = \begin{cases} 0 & , f(a) \leq f(b) \\ p[f(a) - f(b)] & , f(a) > f(b) \end{cases} \quad (11)$$

*Adım 4: Tercih indeksleri oluşturulur:* Ortak tercih fonksiyonları belirlenir. Sonrasında ise her bir alternatif çiftinde yer alması gereken tercih indeksleri de oluşturulur. Eşitlik 12'de a ve b alternatifleri için tercih indeksi hesaplanmıştır.

$$\pi(a, b) = \frac{\sum_{i=1}^k w_i \cdot p_i(a, b)}{\sum_{i=1}^k w_i} \quad (12)$$

*Adım 5: Alternatifler için pozitif ( $\Phi^+$ ) ve negatif ( $\Phi^-$ ) üstünlüklerin oluşturulması:* Eşitlik 13 ve de 14'te gösterildiği üzere pozitif üstünlük ve negatif üstünlük hesaplanır.

$$\phi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum \pi(a, b) \quad (13)$$

$$\phi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum \pi(b, a) \quad (14)$$

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

1.durum: Eşitlik 15,16 ve 17'de yer alan hesaplamalardaki koşullar tutarlıysa a alternatifi b alternatifine tercih edilmektedir.

$$\phi^+(a) > \phi^+(b) \text{ ve } \phi^-(a) < \phi^-(b) \quad (15)$$

$$\phi^+(a) > \phi^+(b) \text{ ve } \phi^-(a) = \phi^-(b) \quad (16)$$

$$\phi^+(a) = \phi^+(b) \text{ ve } \phi^-(a) < \phi^-(b) \quad (17)$$

2.durum: Eğer Eşitlik 18 sağlanıyorsa, a alternatifi ile b alternatifi aynıdır.

$$\phi^+(a) = \phi^+(b) \text{ ve } \phi^-(a) = \phi^-(b) \quad (18)$$

3.durum: a alternatifi ile b alternatifinin karşılaştırılmayacağı durumu Eşitlik 19 veya 20'de yer alan denklemlerdeki koşullara bağlıdır.

$$\phi^+(a) > \phi^+(b) \text{ ve } \phi^-(a) > \phi^-(b) \quad (19)$$

$$\phi^+(a) < \phi^+(b) \text{ ve } \phi^-(a) < \phi^-(b) \quad (20)$$

7. Adım: PROMETHEE II ile alternatifler için tam önceliklerin belirlenir: Tam öncelikler, Eşitlik 21'de yer alan denklem ile hesaplandıktan sonra sıralama yapılmaktadır.

$$\phi(a) = \phi^+(a) + \phi^-(a) \quad (21)$$

Eşitlik 21'de hesaplanan öncelik değerleri sonucunda şu kararlar alınır:

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

Bu adımlar uygulanırken tercih fonksiyonları her bir kriter için belirlenmektedir. Bu adımlarda seçilen tercih fonksiyonları Çizelge 4'te yer almaktadır [5].

Çizelge 4. PROMETHEE Yönteminde Yer Alan Tercih Fonksiyonları

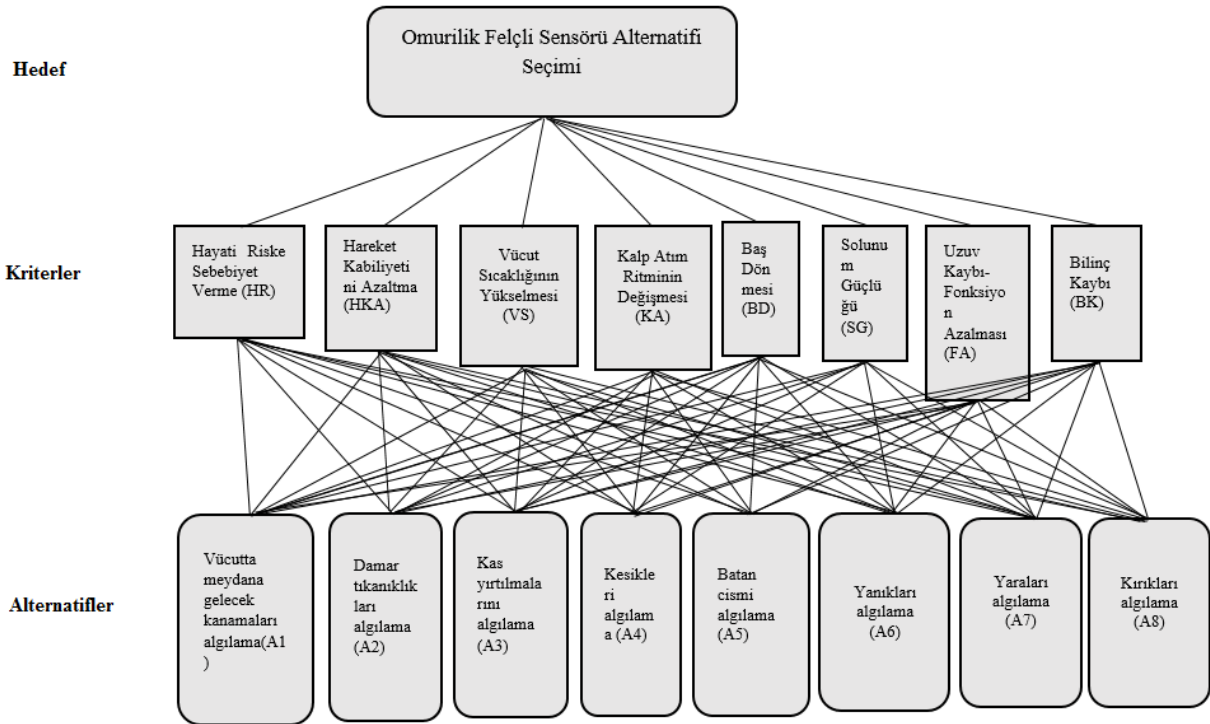
Tercih Fonksiyonu Tipi	Fonksiyon Tanımı	Parametre
Birinci Tip (Olağan)	$P(d) = \begin{cases} 0, & d \leq 0 \\ 1, & d > 0 \end{cases}$	-
İkinci Tip (U Tipi)	$P(d) = \begin{cases} 0, & d \leq q \\ 1, & d > q \end{cases}$	q
Üçüncü Tip (V Tipi)	$P(d) = \begin{cases} 0, & d \leq 0 \\ \frac{d}{p}, & 0 < d \leq p \\ 1, & d > p \end{cases}$	p
Dördüncü Tip (Seviyeli)	$P(d) = \begin{cases} 0, & d \leq q \\ \frac{1}{2}, & q < d \leq p \\ 1, & d > p \end{cases}$	p,q
Beşinci Tip (Lineer)	$P(d) = \begin{cases} 0, & d \leq q \\ \frac{d-s}{r}, & s \leq d \leq s+r \\ 1, & d \geq s+r \end{cases}$	s,r
Altıncı Tip (Gaussian)	$P(d) = \begin{cases} 0, & d \leq 0 \\ 1 - e^{-\frac{d^2}{2s^2}}, & d > 0 \end{cases}$	s

#### 4. Omurilik Felçli Sensörü Özelliklerinin Seçimi

Omurilik felçli engellilerde, kas gücü azalması ya da kaybı, duyu fonksiyon kaybı ile beraber kollar ve bacaklarda tam ya da kısmi hareketsizlik, ayrıca hissizlik görülebilmesi nedeniyle, bu sorunların tespitine yönelik olarak omurilik felçli sensörü geliştirme önemli bir ihtiyaç olmuştur. Yapılan bu çalışmada, omurilik felçli engellilere yönelik olarak tasarlanacak bir sensörde, bu sensörlerde yer alması gereken özellikler ve bu özelliklerin hangisinin daha da önemi haiz olduğu sorunu çözümlenmeye

çalışılmıştır. Problemin çözümü için AHP, TOPSIS ve PROMETHEE yöntemleri kullanılmıştır. Problemdaki kriter ağırlıklarının bulunabilmesi amacıyla AHP yöntemi kullanılmıştır. Bu omurilik felçli sensörlerinin seçimi sürecinde ise, AHP yöntemi ile hesaplanan ağırlıklar kullanılmış ve TOPSIS ve PROMETHEE yöntemlerinin çözümlerine ulaşılmıştır.

Omurilik felçli sensörü özelliklerinin seçiminin hiyerarşik yapısı Şekil 1’de gösterilmektedir.



Şekil 1. Omurilik felçli sensörü özelliklerinin seçiminin hiyerarşik yapısı

Omurilik felçli sensörü alternatifleri seçimi problemi için omurilik felçli fiziksel engelliler yardımı ile kriterler belirlenmiştir. Ayrıca bu problem ile ilgili nicel veriler omurilik felçli fiziksel engellilerin görüşleri doğrultusunda belirlenmiştir. Omurilik felçli sensörü özelliklerinin seçiminde Hayati riske sebebiyet verme (HR), Hareket kabiliyetini azaltma (HKA), Vücut sıcaklığının yükselmesi (VS), Kalp atım ritminin değişmesi (KA), Baş dönmesi (BD), Solunum güçlüğü (SG), Fonksiyon Azalması- Uzun

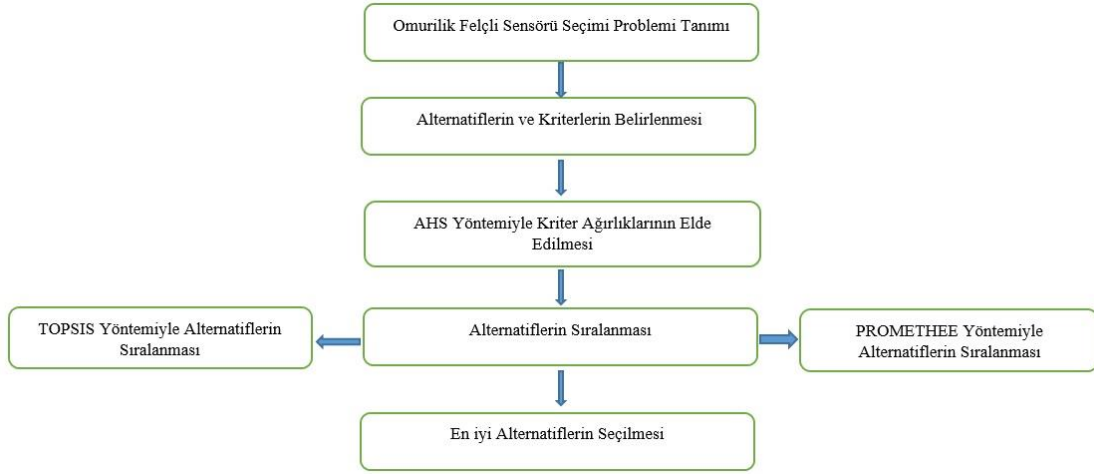
Kayıbı (FA) ve Bilinç kaybı (BK) kriterleri belirlenmiştir.

Çalışmada, omurilik felçli sensörü özelliklerinin seçiminin değerlendirilmesinde AHP yöntemi ile kriter ağırlıkları bulunmuştur. Sonrasında TOPSIS ve PROMETHEE yöntemleriyle alternatifler sıralanmış ve ortaya çıkan sonuçlar değerlendirilmiştir. Çalışmanın adımlarında, omurilik felçli sensörü özelliklerinin seçimi probleminin tanımlanması, alternatiflerin ve kriterlerin belirlenmesi, kriter ağırlıklarının elde edilmesi, son olarak ise



alternatiflerin sıralanarak en uygun alternatifin seçimi ve sonuçların değerlendirilmesi yer almaktadır.

Şekil 2’de çalışmanın uygulama adımları yer almaktadır.



Şekil 2. Araştırma metodolojisi

#### 4.1. Problemin tanımı

Omurilik felçli engellilerde, kas gücü azalması ya da kaybı, duyu fonksiyon kaybı ile beraber kollar ve bacaklarda tam ya da kısmi hareketsizlik, ayrıca hissizlik görülebilmesi nedeniyle, bu sorunların tespitine yönelik olarak omurilik felçli sensörü geliştirme önemli bir ihtiyaç olmuştur. Yapılan bu çalışmada, omurilik felçli engellilere yönelik olarak tasarlanacak bir sensörde, bu sensörlerde yer alması gereken özellikler ve bu özelliklerin hangisinin daha da önemi haiz olduğu sorunu çözümlenmeye çalışılmıştır. Problemin çözümü için AHP, TOPSIS ve PROMETHEE yöntemleri kullanılmıştır. Problemdaki kriter ağırlıklarının bulunabilmesi amacıyla AHP yöntemi kullanılmıştır. Bu omurilik felçli sensörü özelliklerinin seçimi sürecinde ise, AHP yöntemi ile hesaplanan ağırlıklar kullanmış ve TOPSIS ve PROMETHEE yöntemlerinin çözümlerine ulaşılmıştır.

#### 4.2. Alternatif ve Kriterlerin belirlenmesi

Omurilik felçli sensöründe yer alması gereken alternatiflerin seçimi problemi için tekerlekli sandalye kullanıcıları olan omurilik felçli parapleji ve

tetrapleji hastası olan kişilerden oluşan fiziksel engellilerin görüşleri alınarak oluşturulmuştur. 5 yılın üzerinde tekerlekli sandalye kullanıcısı uzmanlar tarafından grup karar verme tekniği ile oluşturulmuştur. Bahse konu uzman listesi Çizelge 5’te yer almaktadır.

Çizelge 5. Uzman Listesi

Uzman No	Mezuniyet Seviyesi	Tecrübe Yılı	Seçilme Nedeni
1	Lisans	26	Tekerlerli Sandalye Kullanıcısı (Parapleji)
2	Lisans	27	Tekerlerli Sandalye Kullanıcısı (Parapleji)
3	Ön Lisans	14	Tekerlerli Sandalye Kullanıcısı (Tetrapleji)
4	Lise	6	Tekerlerli Sandalye Kullanıcısı (Parapleji)
5	Lisans	6	Tekerlerli Sandalye Kullanıcısı (Tetrapleji)
6	Lisans	5	Tekerlerli Sandalye Kullanıcısı (Tetrapleji)

Ayrıca bu sensörde yer alması gereken alternatiflerin seçimi problemiyle ilgili nicel veriler tekerlekli

sandalye kullanıcısı fiziksel engellilerin görüşleri doğrultusunda belirlenmiştir. Çalışmada yer alan kriterler Çizelge 6'da özetlenmiştir.

Çizelge 6. Çalışmada Kullanılan Kriterler ile Bu Kriterlerin Açıklamaları

Kriterler	Açıklama
Hayati Riske Sebebiyet Verme (HR)	Kişinin vefatına kadar etki edebilecek kriterdir.
Hareket Kabiliyetini Azaltma (HKA)	Vücutta hareket kabiliyetini azaltabilecek kriterdir.
Vücut Sıcaklığının Yükselmesi (VS)	Vücut sıcaklığını yükselmesine sebep olacak kriterdir.
Kalp Atım Ritminin Değişmesi (KA)	Kalp atış hızını etkileyen kriterdir.
Baş Dönmesi (BD)	Baş dönmesine sebebiyet verecek kriterdir.
Solunum Güçlüğü (SG)	Solunum güçsüzlüğüne neden olabilecek kriterdir.
Uzuv Kaybı-Fonksiyon Azalması (FA)	Organlarda hasara sebebiyet verecek kriterdir.
Bilinç Kaybı (BK)	Bilinç kaybına neden olacak kriterdir.

Kriterlerin belirlenmesine yardımcı olan tekerlekli sandalye kullanıcıları tarafından omurilik felçli sensöründe yer alması gereken alternatifler sekiz adet olmak üzere, Vücutta meydana gelecek kanamaları algılama(A1), Damar tıkanıklıkları algılama (A2), Kas yırtılmalarını algılama (A3), Kesikleri algılama (A4), Batan cismi algılama (A5), Yanıkları algılama (A6), Yaraları algılama (A7), Kırıkları Algılama (A8) olarak belirlenmiştir. Tüm bu alternatifler aslında bir kriter olarak belirlenebilecek iken, piyasada birçok sensör var iken, fakat bizim için yeterli olabilecek tüm bu alternatifleri ihtiva eden bir sensör ürünü yer almadığı için, bu kriterler alternatiflere dönüştürülmüş olup, üretilecek bir sensörde yer alması gereken bu alternatifler için önem sırasını ortaya koyan bir çalışma yapılmıştır.

Varsayımlarımızda, üretilmesi beklenen sensörde yer alan algılamalar(alternatifler) sadece omurilik felçlilere yönelik olarak değerlendirilmiş olup, çalışmamızın amacı; omurilik felçlilerin böyle bir sensöre ihtiyacı olmasıdır. Bunun için de bir sensörde yer alması gereken özelliklerden hangisinin daha önemli olduğu belirlenmeye çalışılmıştır.

Bu çalışmada omurilik felçliler için giyilebilir teknoloji sensörlerinde yer alması gereken öncelikli alternatiflerin seçimi problemi ele alınmış, problem çözümünde öncelikle AHP, ikili karşılaştırma yöntemi ile ağırlıklar ve sonuç bulunarak, sonrasında

TOPSİS ve PROMETHEE yöntemi ile de problem ele alınmış ve bulunan tüm sonuçlar kıyaslanmıştır.

#### 4.3. AHP Yöntemi ile Kriter Ağırlıklarını Hesaplanması

Çalışmanın ilk aşamasında, daha önceden belirlediğimiz amaç doğrultusunda kriterler belirlenmiştir. Kriterlerin kriterler ile karşılaştırma matrisi Çizelge 7'de yer aldığı üzere oluşturulmuştur. Sonrasında hiyerarşik yapı oluşturulmuştur. AHP yöntemi ile kriter ağırlıkları bulunmuştur. Bu ağırlıklar Çizelge 8'de yer almakta olup, ağırlıklar kriterlerin ikili karşılaştırma matrisine dayanılarak hesaplanmıştır. AHP yöntemi sonucunda tutarlılık oranı 0,0137 olarak bulunmuştur. Yani çözüm sonucunun tutarlı olduğu tespit edilmiş ve elde edilen sonuçlara göre birinci öncelikli kriter HR kriteri, ikinci öncelikli kriter ise SG kriteri olmuştur. Bu kriterleri sırasıyla; FA, VS, KA, BK, HKA ve BD takip etmiştir. Çıkan sonuçlar değerlendirildiğinde, AHP yaklaşımıyla ortaya konulan omurilik felçli sensörü özelliklerinin seçiminde nihai sıralama damar tıkanıklıkları algılama (A2), vücutta meydana gelecek kanamaları algılama (A1), yanıkları algılama (A6), yaraları algılama (A7), kesikleri algılama (A4), kırıkları algılama (A8), batan cismi algılama (A5) ve kas yırtılmalarını algılama (A3) şeklinde elde edilmiştir.

Çizelge 7. Kriterlerin kriterler açısından ikili karşılaştırma matrisi

Kriterler	HR	HKA	VS	KA	BD	SG	FA	BK
HR	1	3	2	2	9	1	2	2
HKA	0,333	1	0,5	0,5	3	0,333	0,5	0,5
VS	0,5	2	1	2	6	0,5	0,5	2
KA	0,5	2	0,5	1	5	0,5	0,5	2
BD	0,111	0,333	0,166	0,2	1	0,125	0,142	0,25
SG	1	3	2	2	8	1	1	2
FA	0,5	2	2	2	7	1	1	2
BK	0,5	2	0,5	0,5	4	0,5	0,2	1

Uzmanların değerlendirilmesi sonrası AHP yöntemi adımları sırasıyla uygulanarak kriterlerin nihai ağırlıkları hesaplanır. Hesaplanan kriter ağırlıkları Çizelge 8’de özetlenmektedir.

Çizelge 8. Kriter ağırlıkları

Kriterler	Ağırlıklar
HR	0,221
HKA	0,064
VS	0,131
KA	0,108
BD	0,022
SG	0,197
FA	0,171
BK	0,072

#### 4.4. AHP-TOPSIS Yöntemi ile Alternatiflerin Sıralanması

AHP yöntemi ile elde ettiğimiz Çizelge 8’de yer alan nihai ağırlıklar TOPSIS yönteminde kullanılacaktır. Omurilik felçli sensöründe yer almasını istediğimiz alternatifler için sekiz adet kriter dikkate alınarak, en uygun alternatiflerin seçimini elde etmek için, bir önceki bölümde de yer verilen tekerlekli sandalye kullanıcılarının görüşlerine göre ve eldeki verilere göre oluşturulan karar matrisi aracılığıyla tespit edilmiş ve Çizelge 9’da sunulmuştur.

Çizelge 9. Karar matrisinde yer alacak olan veri çizelgesi

Alternatifler/Kriterler	HR	HKA	VS	KA	BD	SG	FA	BK
Vücutta meydana gelecek kanamaları algılama(A1)	7	8	1	8	8	6	9	9
Damar tıkanıklıkları algılama (A2)	9	2	1	5	7	8	5	7
Kas yırtılmalarını algılama (A3)	1	1	2	2	2	2	1	1
Kesikleri algılama (A4)	4	4	5	7	6	7	7	5
Batan cismi algılama (A5)	1	3	3	4	5	3	2	2
Yanıkları algılama (A6)	6	6	6	6	4	5	4	6
Yaraları algılama (A7)	5	7	7	3	3	4	6	4
Kırıkları algılama (A8)	2	7	2	2	2	2	4	1

AHP 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 hesaplanarak, ideal ve negatif ideal çözümlere yakınlıklar, yani omurilik felçli sensöründeki yer almasını istediğimiz alternatifler için öncelik sıralaması Çizelge 10’da elde edilmiştir.

Bu sonuçlardan, vücutta meydana gelecek kanamaları algılama(A1) alternatifinin birinci, damar tıkanıklıkları algılama(A2) alternatifinin ikinci, kesikleri algılama(A4) alternatifinin üçüncü, yanıkları algılama(A6) alternatifinin dördüncü, yaraları algılama(A7) alternatifinin beşinci, kırıkları

algılama(A8) alternatifinin altıncı, batan cismi algılama(A5) alternatifinin yedinci ve kas yırtılmalarını algılama(A3) alternatifinin sekizinci olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

#### 4.5. AHP-PROMETHEE Yöntemi ile Alternatiflerin Sıralanması

Çalışmada, alternatiflerin sıralamasını tespit etmek için, “Visual PROMETHEE” paket programından faydalanılmıştır. PROMETHEE yönteminde ilk adım veri matrisini oluşturmaktır. Veri matrisinin oluşturulduktan sonra ikinci adım ise PROMETHEE tercih fonksiyonları belirlenmelidir. Çalışmada yer alan kriterler için nicel kriterler yer almaktadır. Nicel kriterlerde karar matrisi 1-9 arasındaki tam sayılı

değerleri içerdiği ve belirli bir değer aralığı belirlendiği için kademeli fonksiyon (4. Tip) tercih edilmiştir. Karar matrisinin oluşturulmasından ve ortak tercih fonksiyonları belirlenmesinden sonra AHP yönteminde ortaya çıkarılan veriler “Visual PROMETHEE” programına girilmiştir. Karar matrisinde 1-9 değerleri girilmiştir. Kriterleri tamamladıktan sonra ise, 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.

Çizelge 10. Alternatiflerin öncelik sıralaması

Alternatifler	Öncelik Değeri	Öncelik Sırası
Vücutta meydana gelecek kanamaları algılama (A1)	0,658	1
Damar tıkanıklıkları algılama (A2)	0,636	2
Kesikleri algılama (A4)	0,586	3
Yanıkları algılama (A6)	0,573	4
Yaraları algılama (A7)	0,536	5
Kırıkları algılama (A8)	0,217	6
Batan cismi algılama (A5)	0,165	7
Kas yırtılmalarını algılama (A3)	0,056	8

Visual PROMETHEE Academic - PROMETHEE sonucu.vpgg (saved)

File Edit Model Control PROMETHEE-GAIA GDSS GIS Custom Assistants Snapshots Options Help

Scenario1	HR	HKA	VS	KA	BD	SG	FA	BK
Unit	unit	unit	unit	unit	unit	unit	unit	unit
Cluster/Group	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
<b>Preferences</b>								
Min/Max	max	max	max	max	max	max	max	max
Weight	0,22	0,06	0,13	0,11	0,02	0,20	0,17	0,07
Preference Fn.	Level	Level	Level	Level	Level	Level	Level	Level
Thresholds	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
- P: Preference	5,00	5,00	5,00	5,00	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
<b>Statistics</b>								
Minimum	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	1,00	1,00
Maximum	9,00	8,00	7,00	8,00	8,00	8,00	9,00	9,00
Average	4,38	4,75	3,38	4,63	4,63	4,63	4,75	4,38
Standard Dev.	2,74	2,44	2,18	2,12	2,12	2,12	2,44	2,74
<b>Evaluations</b>								
<input checked="" type="checkbox"/> A1	7,00	8,00	1,00	8,00	8,00	6,00	9,00	9,00
<input checked="" type="checkbox"/> A2	9,00	2,00	1,00	5,00	7,00	8,00	5,00	7,00
<input checked="" type="checkbox"/> A3	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00	1,00	1,00
<input checked="" type="checkbox"/> A4	4,00	4,00	5,00	7,00	6,00	7,00	7,00	5,00
<input checked="" type="checkbox"/> A5	1,00	3,00	3,00	4,00	5,00	3,00	2,00	2,00
<input checked="" type="checkbox"/> A6	6,00	6,00	6,00	6,00	4,00	5,00	4,00	6,00
<input checked="" type="checkbox"/> A7	5,00	7,00	7,00	3,00	3,00	4,00	6,00	4,00
<input checked="" type="checkbox"/> A8	2,00	7,00	2,00	2,00	2,00	2,00	4,00	1,00

Şekil 3. Visual PROMETHEE veri giriş görüntüsü

Tercih fonksiyonları ve veri girişleri oluşturulduktan sonra “Visual PROMETHEE” paket programıyla alternatifler sıralanmıştır. Pozitif üstünlükle negatif üstünlük değerleri “Visual PROMETHEE Academic Edition” paket programı yardımıyla bulunmuştur. Tam üstünlük değerleri ise pozitif üstünlük ve negatif üstünlük değerlerinin arasındaki farkın alınmasıyla bulunmuştur. Bu yönetime göre alternatiflerin sıralaması **Çizelge 11**’de verilmiştir. Bu sonuçlardan; vücutta meydana gelecek kanamaları algılama (A1) alternatifinin birinci, damar tıkanıklıklarını algılama (A2) ikinci alternatif ve kas yırtılmalarını algılama (A3) alternatifinin ise sekizinci olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Çizelge 11. PROMETHEE yöntemi ile bulunan sonuçlar

Sıralama	Alternatifler	Phi+	Phi-	Phi
1	Vücutta meydana gelecek kanamaları algılama (A1)	0,5007	0,0872	0,4134
2	Damar tıkanıklıkları algılama(A2)	0,4057	0,1397	0,2660
3	Kesikleri algılama(A4)	0,3682	0,1165	0,2517
4	Yanıkları algılama(A6)	0,3190	0,1166	0,2025

Çizelge 12. Yöntemlere göre alternatiflerin sıralanması

Sıralama	TOPSIS	PROMETHEE
1	Vücutta meydana gelecek kanamaları algılama(A1)	Vücutta meydana gelecek kanamaları algılama (A1)
2	Damar tıkanıklıkları algılama (A2)	Damar tıkanıklıkları algılama(A2)
3	Kesikleri algılama (A4)	Kesikleri algılama(A4)
4	Yanıkları algılama (A6)	Yanıkları algılama(A6)
5	Yaraları algılama (A7)	Yaraları algılama (A7)
6	Kırıkları algılama (A8)	Kırıkları algılama(A8)
7	Batan cismi algılama (A5)	Batan cismi algılama(A5)
8	Kas yırtılmalarını algılama (A3)	Kas yırtılmalarını algılama(A3)

## 5.SONUÇ

Bu çalışmada da omurilik felçli sensöründe yer alması gereken özelliklerden hangisinin daha uygun ve öncelikli olduğu seçimi problemi ele alınmıştır. Omurilik felçlisi fiziksel engelli vücudunda meydana gelebilecek sıkıntıları ve sorunları algılayabilmek istemektedir. Bu amaçla, omurilik felçli sensöründe yer alması gereken özelliklerin hangisinin daha uygun ve öncelikli olduğuna dair yapılacak seçimde, bu

5	Yaraları algılama (A7)	0,2769	0,1552	0,1217
6	Kırıkları algılama(A8)	0,0526	0,4071	-
7	Batan cismi algılama(A5)	0,0440	0,4134	-
8	Kas yırtılmalarını algılama(A3)	0,0	0,5314	-
				0,5314

Yapılan çalışmalar neticesinde elde edilen karşılaştırmalı sonuçlar Çizelge 12’de yer almaktadır. Her iki yönetime göre de alternatif sıralamaları aynı olarak belirlenmiştir. Bu yönüyle değerlendirmeler tutarlı olmuştur.

Elde edilen sonuçlara göre, kriterlerden HR ve SG yüksek önem düzeyine sahiptir. Bu nedenle, omurilik felçlinin ihtiyaçlarını karşılayabilecek nitelikte bir sensör özelliği seçmenin hayati önemi haiz olduğu düşünüldüğünde bahse konu kriterlerin büyük bir önem arz ettiği değerlendirilmektedir.

Yapılan bu çalışmada TOPSIS ve PROMETHEE yöntemleri ile alternatiflerin sıralanması için AHP yöntemi ile elde edilen kriter ağırlıkları kullanılmıştır. Bu yöntemler sonucunda elde edilen alternatif sıralamaları farklı çıkmıştır. TOPSIS yönteminde birinci alternatif “Vücutta meydana gelecek kanamaları algılama (A1)” çıkmıştır. PROMETHEE yönteminde de yine aynı şekilde birinci alternatif olarak “Vücutta meydana gelecek kanamaları algılama(A1)” belirlenmiştir. Bu alternatif iki farklı yöntemde de birinci olarak yer almaktadır. Bunun nedeni olarak ise bu alternatifin HR kriteri için skala değerinin yüksek çıkmış olmasından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.

Sonuç olarak, omurilik felçli fiziksel engellilerin taleplerinin, ihtiyaçlarının ve de kriterlerinin göz önünde tutulacağı kapsamlı çalışmalara ihtiyaç bulunmakta olup, sonraki çalışmalarda sensörlerde kullanılan giyilebilir teknolojiler dikkate alarak değerlendirmeler yapılabilir.

## Kaynakça

Albani, G., Ferraris, C., Nerino, R., Chimienti, A., Pettiti, G., Parisi, F., ... & Mauro, A. (2019). An integrated multi-sensor approach for the remote monitoring of Parkinson's disease. *Sensors*, 19(21), 4764.

Arıbaş, M., & Özcan, U. (2016). Akademik Araştırma Projelerinin AHP ve TOPSIS Yöntemleri Kullanılarak Değerlendirilmesi. *Politeknik Dergisi*, 19(2), 167-177.

Ballardini, G., Krueger, A., Giannoni, P., Marinelli, L., Casadio, M., & Scheidt, R. A. (2021). Effect of short-term exposure to supplemental vibrotactile kinesthetic feedback on goal-directed movements after stroke: a proof of concept case series. *Sensors*, 21(4), 1519.

Bozomitu, R. G., Niță, L., Cehan, V., Alexa, I. D., Ilie, A. C., Păsărică, A., & Rotariu, C. (2019). A new integrated system

for assistance in communicating with and telemonitoring severely disabled patients. *Sensors*, 19(9), 2026.

Brans, J. P., and Vincke, P. A. (1985). Preference Ranking Organization Method: The PROMETHEE Method for MCDM. *Management Science*, 31(6), 647-656.

Brunete, A., Gambao, E., Hernando, M., & Cedazo, R. (2021). Smart assistive architecture for the integration of IoT devices, robotic systems, and multimodal interfaces in healthcare environments. *Sensors*, 21(6), 2212.

Cançelik, M., & Kozanoğlu, P. *Wireless Body Sensor Networks And Its Applications*.

Cortés-Pérez, I., Sánchez-Alcalá, M., Nieto-Escámez, F. A., Castellote-Caballero, Y., Obrero-Gaitán, E., & Osuna-Pérez, M. C. (2021). Virtual reality-based therapy improves fatigue, impact, and quality of life in patients with multiple sclerosis. A systematic review with a meta-analysis. *Sensors*, 21(21), 7389.

Dağdeviren, M., ve Eraslan, E. (2008). Promethee Sıralama Yöntemi İle Tedarikçi Seçimi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23(1), 69-75.

De Pasquale, G., & Ruggeri, V. (2019). Sensing strategies in wearable bio-mechanical systems for medicine and sport: A review. *Journal of Micromechanics and Microengineering*, 29(10), 103001.

Dubin, A. E., & Patapoutian, A. (2010). Nociceptors: the sensors of the pain pathway. *The Journal of clinical investigation*, 120(11), 3760-3772.

El-Gohary, M., Pearson, S., McNames, J., Mancini, M., Horak, F., Mellone, S., & Chiari, L. (2013). Continuous monitoring of turning in patients with movement disability. *Sensors*, 14(1), 356-369.

Feng, Y., Wang, H., Vladareanu, L., Chen, Z., & Jin, D. (2019). New motion intention acquisition method of lower limb rehabilitation robot based on static torque sensors. *Sensors*, 19(15), 3439.

Ferraris, C., Cimolin, V., Vismara, L., Votta, V., Amprimo, G., Cremascoli, R., ... & Priano, L. (2021). Monitoring of gait parameters in post-stroke individuals: A feasibility study using rgb-d sensors. *Sensors*, 21(17), 5945.

Fu, J., Choudhury, R., Hosseini, S. M., Simpson, R., & Park, J. H. (2022). Myoelectric Control Systems for Upper Limb Wearable Robotic Exoskeletons and Exosuits—A Systematic Review. *Sensors*, 22(21), 8134.

Hani, H., Souchereau, R., Kachlan, A., Dufour, J., Aurand, A., Mageswaran, P., ... & Marras, W. (2023). Reliability of a

Wearable Motion Tracking System for the Clinical Evaluation of a Dynamic Cervical Spine Function. *Sensors*, 23(3), 1448.

Hwang, C. L., and Yoon, K. (1981). Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications.

Jamil, N., Belkacem, A. N., Ouhbi, S., & Lakas, A. (2021). Noninvasive electroencephalography equipment for assistive, adaptive, and rehabilitative brain–computer interfaces: a systematic literature review. *Sensors*, 21(14), 4754.

Konrath, J. M., Karatsidis, A., Schepers, H. M., Bellusci, G., de Zee, M., & Andersen, M. S. (2019). Estimation of the knee adduction moment and joint contact force during daily living activities using inertial motion capture. *Sensors*, 19(7), 1681.

Luna-Perejón, F., Muñoz-Saavedra, L., Civit-Masot, J., Civit, A., & Domínguez-Morales, M. (2021). AnkFall—Falls, falling risks and daily-life activities dataset with an ankle-placed accelerometer and training using recurrent neural networks. *Sensors*, 21(5), 1889.

Marcos-Pablos, S., & García-Peñalvo, F. J. (2019). Technological ecosystems in care and assistance: a systematic literature review. *Sensors*, 19(3), 708.

Merlo, A., Montecchi, M. G., Lombardi, F., Vata, X., Musi, A., Lusuardi, M., ... & Campanini, I. (2021). Monitoring involuntary muscle activity in acute patients with upper motor neuron lesion by wearable sensors: A feasibility study. *Sensors*, 21(9), 3120.

Merlo, A., & Campanini, I. (2023). Automatic Identification of Involuntary Muscle Activity in Subacute Patients with Upper Motor Neuron Lesion at Rest—A Validation Study. *Sensors*, 23(2), 866.

Moreira, J. S., Melo, A., Santos, R., & Sousa, A. S. (2022). Indicators and Instruments to Assess Components of Disability in Community-Dwelling Older Adults: A Systematic Review. *Sensors*, 22(21), 8270.

Najafi, B., Zahiri, M., Wang, C., Momin, A., Paily, P., & Burt, B. M. (2021). Digital Biomarkers for the Objective Assessment of Disability in Neurogenic Thoracic Outlet Syndrome. *Sensors*, 21(22), 7462.

Naranjo-Hernández, D., Reina-Tosina, J., & Roa, L. M. (2020). Sensor technologies to manage the physiological traits of chronic pain: a review. *Sensors*, 20(2), 365.

Oigawa, H., Musha, Y., Ishimine, Y., Kinjo, S., Takesue, Y., Negoro, H., & Umeda, T. (2021). Visualizing and evaluating finger movement using combined acceleration and contact-force sensors: a proof-of-concept study. *Sensors*, 21(5), 1918.

Özcan, E. C., Danişan, T., & Eren, T. (2019a). A mathematical model proposal for maintenance strategies optimization of the most critical electrical equipment groups of hydroelectric power plants. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 25, 498-506.

Özcan, E. C., Danişan, T., Yumuşak, R., & Eren, T. (2020). An artificial neural network model supported with multi criteria decision making approaches for maintenance planning in hydroelectric power plants. *Eksploracja i Niezawodność—Maintenance and Reliability*, 21(3), 400- 418.

Pereira, T., Silva, P., Carvalho, H., & Carvalho, M. (2011, April). Textile moisture sensor matrix for monitoring of disabled and bed-rest patients. In 2011 IEEE EUROCON-International Conference on Computer as a Tool (pp. 1-4). IEEE.

Rum, L., Sten, O., Vendrame, E., Belluscio, V., Camomilla, V., Vannozzi, G., ... & Bergamini, E. (2021). Wearable sensors in sports for persons with disability: a systematic review. *Sensors*, 21(5), 1858.

RaviChandran, N., Teo, M. Y., McDaid, A., & Aw, K. (2023). Conformable Electrode Arrays for Wearable Neuroprostheses. *Sensors*, 23(6), 2982.

Saaty, T. L. (1980). The analytic hierarchy process. McGraw-Hill Internationalbook Company, New York.

Salinas-Bueno, I., Roig-Maimó, M. F., Martínez-Bueso, P., San-Sebastián-Fernández, K., Varona, J., & Mas-Sansó, R. (2021). Camera-Based monitoring of neck movements for cervical rehabilitation mobile applications. *Sensors*, 21(6), 2237.

Timmermann, C., Ursin, F., Predel, C., & Steger, F. (2021). Aligning Patient's Ideas of a Good Life with Medically Indicated Therapies in Geriatric Rehabilitation Using Smart Sensors. *Sensors*, 21(24), 8479.

Tüylek, Z. (2017). Biyosensörler ve nanoteknolojik etkileşim. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6(2), 71-80.

Wang, F. C., Chen, S. F., Lin, C. H., Shih, C. J., Lin, A. C., Yuan, W., ... & Kuo, T. Y. (2021). Detection and classification of stroke gaits by deep neural networks employing inertial measurement units. *Sensors*, 21(5), 1864.

Zengin, A. T., Matsunaga, N., Okajima, H., & Kawaji, S. (2010, August). Pain perception model of human skin using multiple pain sensors. In Proceedings of SICE Annual Conference 2010 (pp. 471-476). IEEE.

Zou, Y., Wu, S., Zhang, T., & Yang, Y. (2022). Research on a Defecation Pre-Warning Algorithm for the Disabled Elderly

Based on a Semi-Supervised Generative Adversarial Network. *Sensors*, 22(17), 6704.