



T.C.
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ İLE AKTİF
TEKERLEKLİ SANDALYE SEÇİMİ VE SENSÖR
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ: OMURİLİK FELÇLİLER
İÇİN BİR UYGULAMA**

MEHMET TAN

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS

DANIŞMAN

Doç. Dr. Hacı Mehmet ALAKAŞ

KIRIKKALE-2023



T.C.
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ İLE AKTİF
TEKERLEKLİ SANDALYE SEÇİMİ VE SENSÖR
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ: OMURİLİK FELÇLİLER
İÇİN BİR UYGULAMA**

MEHMET TAN

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS

DANIŞMAN

Doç. Dr. Hacı Mehmet ALAKAŞ

KIRIKKALE-2023

KABUL ve ONAY

Mehmet TAN tarafından hazırlanan “ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ İLE AKTİF TEKERLEKLİ SANDALYE SEÇİMİ VE SENSÖR ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ: OMURİLİK FELÇLİLER İÇİN BİR UYGULAMA” adlı tez çalışması, aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Kırıkkale Üniversitesi Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Hacı Mehmet ALAKAŞ

İmza

Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Kırıkkale Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Başkan: Doç. Dr. Mehmet PINARBAŞI

İmza

Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Kırıkkale Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Mustafa DEMİRBİLEK

İmza

Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gaziantep İslam Bilim ve Teknoloji Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Tez Savunma Tarihi: 09/06/2023

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

Prof. Dr. Recep ÇALIN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Omurilik felçli olan evladının, yıllar süren emekler sonucunda hem yüksek mühendis hem de hukukçu olmasına en büyük vesile olan, bilinmezlerle dolu bu zorlu hikâyenin cefakârı ve başkahramanı, bütün dünyasını ve hayatını ve rahatını evladı için feda eden validem Nuriye TAN'a, can öziim ablam Mehtap TAN'a...

Bir merhem olarak ise tüm engelli kardeşlerime...

ETİK BEYANI

Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Mehmet TAN

09.06.2023

ÖZET

ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ İLE AKTİF TEKERLEKLİ SANDALYE SEÇİMİ VE SENSÖR ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ: OMURİLİK FELÇLİLER İÇİN BİR UYGULAMA

Kırıkkale Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Hacı Mehmet ALAKAŞ

Haziran 2023, 103 sayfa

Günlük yaşantı içerisinde özellikle fiziksel engelliler çeşitli zorluk ve sıkıntılar ile karşılaşabilmektedirler. Bu engellilerden, hayatlarını tekerlekli sandalye üzerinde sürekli olarak idame ettirmek zorunda kalanlar da bulunmaktadır. Gün içerisinde saatlerce tekerlekli sandalyede oturmak ve bu sandalyeyle yolculuk yapmak, bir yerden bir yere transfer olmak ve herhangi bir uğraşta bulunmak gerekebilmektedir. Bu nedenle, engelli ile adeta ayrılmaz bir parça haline gelen tekerlekli sandalye ve bu sandalyeyi oluşturan parçaların, her koşulda, fiziksel engelli bireyler için, seyahat sırasında ve günlük yaşamda ergonomik ve her türlü durumda kullanılabilir aktif bir ölçü ve yapıda olması gerekmektedir. Ayrıca yine fiziksel engelli kişinin maruz kalacağı sıkıntılardan dolayı kendi bedenine uygun yardımcı aparat olarak kullanılabilecek giyilebilir teknolojiler de büyük önem arz etmektedir.

Bu çalışmada; fiziksel engellilere, kendileri için en uygun tekerlekli sandalyeyi önerebilmek amaçlanmıştır. Araştırmamızda, beş adet aktif tekerlekli sandalye üreticisinin ürettiği aktif tekerlekli sandalyeler için beş adet ana kriter ve 18 adet alt kriter eşliğinde çok kriterli karar verme yöntemleri (ÇKKV) ile değerlendirilme yapılmıştır. Analitik Ağ Süreci (AAS) yöntemi ile bulunan kriter ağırlıkları, Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) ve The Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation (PROMETHEE)

yöntemlerinde kullanılmıştır. Çalışmaya katılan fiziksel engelli bireylerin tercihleri sonucunda, aktif tekerlekli sandalye seçiminde nihai sıralamalar elde edilmiştir. Bu sıralamalar elde edilirken güvenlik ve performans ana kriterleri ile keskin kenar ve güçlü çerçeve alt kriterlerinin büyük önem arz ettiği görülmüştür. Tekerlekli sandalye kullanıcısı fiziksel engelli bireylerin, kendilerine en uygun aktif tekerlekli sandalyeyi seçmesi sonucunda ergonomik olarak hayat standartlarının yükseldiği ortaya konulmuştur.

Ayrıca bu çalışmada, doğal afetler, kazalar, ihmaller veyahut çeşitli hastalıklar neticesinde omurilik felçli fiziksel engellilerin vücutlarının bazı yerlerinde meydana gelen sıkıntıları algılayamıyor olmalarından dolayı, bu algılamaları yapacak bir sensöre ihtiyaç duyulmuş ve bu sensörlerde yer alması gereken en uygun algılama özelliklerinin seçimine katkı sağlamak için de ÇKKV yöntemleri kullanılmıştır. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) ile bulunan kriter ağırlıkları, TOPSIS ve PROMETHEE yöntemlerinde kullanılmıştır. Sensörlerde yer alması gereken en uygun algılama özelliklerinin seçiminde, hayati risk ve solunum güclüğü kriterlerinin önem arz ettiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Engellilik, Fiziksel Aktivite, Manual Tekerlekli Sandalye, Çok Kriterli Karar Verme, Sensör, Giyilebilir Teknoloji.

ABSTRACT

SELECTION OF ACTIVE WHEELCHAIRS AND DETERMINATION OF SENSOR PROPERTIES WITH MULTI-CRITERIA DECISION MAKING METHODS: A CASE FOR SPINAL CORD PARALYZED

Kırıkkale University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Industrial Engineering, Master's Thesis

Supervisor: Assoc. Prof. Hacı Mehmet ALAKAŞ

June 2023, 103 pages

In daily life, especially physically disabled people may encounter various difficulties and difficulties. There are also some of these disabled people who have to stay in a wheelchair for the rest of their lives. It may be necessary to sit and travel in a wheelchair for hours during the day, to transfer from one place to another, and to engage in any occupation. For this reason, the wheelchairs that come as a separating part from the disabled and the wheelchair must be in an active size and structure that can be used in all conditions, ergonomically, and in every situation for physically disabled people, during travel and in daily life. In addition, wearable technologies, which are used as auxiliary aids suitable for their body, are also critical due to the limitations of exposure to physically disabled people.

In this study; It is aimed to suggest the most suitable wheelchair for the physically handicapped. In our research, active wheelchairs produced by five active wheelchair manufacturers were evaluated with multi-criteria decision-making methods (MCDM) with five main criteria and 18 sub-criteria. The criterion weights found by the Analytical Network Process (ANP) method were used in the Order Preference Technique by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) and the Order of Preference Organization Method for Enrichment Evaluation (PROMETHEE) methods. As a result of the preferences of the physically disabled individuals participating in the study, the

final rankings were obtained in selecting active wheelchairs. While getting these rankings, security and performance main criteria and sharp edge and strong frame sub-criteria are very important. It has been demonstrated that wheelchair users, physically disabled people, choose the most suitable active wheelchair for them, increasing ergonomic life standards.

In addition, in this study, as a result of natural disasters, accidents, negligence, or various diseases, spinal cord paralyzed physically disabled people are unable to perceive the problems occurring in some parts of their bodies; a sensor is needed to make these perceptions and to contribute to the selection of the most appropriate sensing features that should be included in these sensors, MCDM methods were used. Criteria weights found by Analytic Hierarchy Process (AHP) were used in TOPSIS and PROMETHEE methods. It has been concluded that the criteria of vital risk and respiratory distress are essential in selecting the most appropriate sensing features that should be included in the sensors.

Key Words: Disability, Physical Activity, Manual Wheelchair, Multi Criteria Decision Making, Sensor, Wearable technology.

TEŞEKKÜR

Engellilere olan hassasiyetini, duyarlılığını ve desteklerini her zaman gördüğüm kıymetli Rektörüm Sayın Prof. Dr. Ersan ASLAN başta olmak üzere, tez yazım sürecim boyunca, yardımlarını esirgemeyen danışmanım Sayın Doç. Dr. Hacı Mehmet ALAKAŞ'a ve YÖK 100/2000 Doktora Bursiyeri Emre YAZICI hocama teşekkürlerimi saygıyla sunarım.



İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET.....	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiv
KISALTMALAR DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	5
2.1. Tekerlekli Sandalye Seçimi.....	5
2.2. Omurilik Felçli Sensörü Özelliklerinin Seçimi	8
3. ENGELLİLERİN SORUNLARI.....	12
4. YÖNTEMLER	13
4.1. Analitik Ağ Süreci.....	13
4.2. Analitik Hiyerarşi Süreci.....	14
4.3. TOPSIS Yöntemi.....	17

4.4. PROMETHEE Yöntemi	19
5. OMURİLİK FELÇLİ BİREYLER İÇİN AKTİF TEKERLEKLİ SANDALYE SEÇİMİ	22
5.1. Problemi Tanımlanması	22
5.2. Kriterler	23
5.3. Alternatifler	25
5.3.1. Quickie-Krypyton R	25
5.3.2. Kuschall-K	25
5.3.3. Panthera-X	26
5.3.4. TiLite-ZRA	27
5.3.5. RGK-Tiga FX	27
5.4. Problemin Çözümü.....	28
5.4.1. AAS Yöntemi ile Problemin Çözümü	28
5.4.2. AAS-TOPSIS Yöntemi ile Problemin Çözümü.....	32
5.4.3. AAS-PROMETHEE Yöntemi ile Problemin Çözümü.....	39
5.5. Sayısal Sonuçların Değerlendirilmesi	41
6. OMURİLİK FELÇLİ BİREYLER İÇİN SENSÖR ÖZELLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ	43
6.1. Problemin Tanımı.....	43
6.2. Kriterler	45
6.3. Alternatifler	47
6.4. Problemin Çözümü.....	47
6.4.1. AHS Yöntemi ile Problemin Çözümü	47
6.4.2. AHS-TOPSIS yöntemi ile problemin çözümü	56
6.4.3. AHS-PROMETHEE Yöntemi ile Problemin Çözümü.....	62
6.5. Sayısal Sonuçların Değerlendirilmesi	64
7. SONUÇ VE GELECEK ÇALIŞMA ÖNERİLERİ.....	66
KAYNAKLAR	68
EKLER.....	78
EK-1 Alt Kriterlerin İlişki Matrisi.....	78

EK-2 Ana Kriterler Karşılaştırması Super Desicions Ekran Görüntüsü	79
EK-3 Güvenlik Ana Kriteri Karşılaştırması Super Desicions Ekran Görüntüsü ...	80
EK-4 Performans Ana Kriteri Karşılaştırması Super Desicions Ekran Görüntüsü	81
EK-5 Ergonomiklik Ana Kriteri Karşılaştırması Super Desicions Ekran Görüntüsü	82
EK-6 Bakım Ana Kriteri Karşılaştırması Super Desicions Ekran Görüntüsü.....	83
EK-7 Maliyet Ana Kriteri Karşılaştırması Super Desicions Ekran Görüntüsü.....	84
EK-8 Denge Alt Kriteri Karşılaştırması Super Desicions Ekran Görüntüsü	85
EK-9 Keskin Kenar Alt Kriteri Karşılaştırması Super Desicions Ekran Görüntüsü	86
EK-10 Transfer Esnasında Vücudun Yapısını Bozmama Alt Kriteri Karşılaştırması Super Desicions Ekran Görüntüsü	87
EK-11 Araç Parçalarına Zarar Vermeyen Parçalar Alt Kriteri Karşılaştırması Super Desicions Ekran Görüntüsü.....	88
EK-12 Daha Az Karmaşıklıkla Kararlı Yapı Alt Kriteri Karşılaştırması Super Desicions Ekran Görüntüsü.....	89
EK-13 Hafiflik Alt Kriteri Karşılaştırması Super Desicions Ekran Görüntüsü	90
EK-14 Sürüş Alt Kriteri Karşılaştırması Super Desicions Ekran Görüntüsü.....	91
EK-15 Güçlü Çerçeve Alt Kriteri Karşılaştırması Super Desicions Ekran Görüntüsü	92
EK-16 Ayarlanabilir Koltuk Yüksekliği Alt Kriteri Karşılaştırması Super Desicions Ekran Görüntüsü.....	93
EK-17 Ayarlanabilir Ayaklık Alt Kriteri Karşılaştırması Super Desicions Ekran Görüntüsü	94
EK-18 Vücut Çalışma Pozisyonu Alt Kriteri Karşılaştırması Super Desicions Ekran Görüntüsü.....	95
EK-19 Düşük Fiziksel Çaba Alt Kriteri Karşılaştırması Super Desicions Ekran Görüntüsü	96
EK-20 Hafif Kol Yüğü Alt Kriteri Karşılaştırması Super Desicions Ekran Görüntüsü	97
EK-21 Omuz Ağrısına Neden Olmama Alt Kriteri Karşılaştırması Super Desicions Ekran Görüntüsü.....	98
EK-22 Kolay Tamir Alt Kriteri Karşılaştırması Super Desicions Ekran Görüntüsü	99
EK-23 Kolay Söküm Alt Kriteri Karşılaştırması Super Desicions Ekran Görüntüsü	100
EK-24 Satış Fiyatı Alt Kriteri Karşılaştırması Super Desicions Ekran Görüntüsü	101

EK-25 Bakım Maliyeti Alt Kriteri Karşılaştırması Super Desicions Ekran Görüntüsü	102
ÖZGEÇMİŞ	103



ÇİZELGELER DİZİNİ

ÇİZELGE

Sayfa

2.1. Tekerlekli sandalye seçimi için literatürde kullanılan ÇKKV yöntemleri.....	7
4.1. Önem skalası	16
4.2. RI değerleri.....	17
4.3. PROMETHEE yönteminde yer alan tercih fonksiyonları.....	21
5.1. Çalışmada kullanılan kriterler ile bu kriterlerin açıklamaları	24
5.2. Aktif tekerlekli sandalye seçimi ana ve alt kriterlerin normalize ağırlıklıkları ..	32
5.3. Aktif tekerlekli sandalye seçimi karar matrisinde yer alacak olan veri çizelgesi	33
5.4. Aktif tekerlekli sandalye seçimi standart matrisi	35
5.5. Aktif tekerlekli sandalye seçimi ağırlıklı standart matrisi	36
5.6. Aktif tekerlekli sandalye seçimi ideal ve negatif ideal çözüm değerleri	37
5.7. Aktif tekerlekli sandalye seçimi ayırım ölçütleri	38
5.8. Aktif tekerlekli sandalye seçimi alternatiflerin öncelik sıralaması	38
5.9. Aktif tekerlekli sandalye seçimi PROMETHEE yöntemi ile bulunan sonuçları	41
5.10. Aktif tekerlekli sandalye seçiminin yöntemlere göre sıralanması	42
6.1. Çalışmada kullanılan kriterler	46
6.2. Kriterlerin kriterler açısından ikili karşılaştırma matrisi.....	48
6.3. Hayati riske sebebiyet verme kriteri için ikili karşılaştırma matrisi	48
6.4. Hareket kabiliyetini azaltma kriteri için ikili karşılaştırma matrisi	49
6.5. Vücut sıcaklığının yükselmesi kriteri için ikili karşılaştırma matrisi	49
6.6. Kalp atım ritminin değişmesi kriteri için ikili karşılaştırma matrisi	50
6.7. Baş dönmesi kriteri için ikili karşılaştırma matrisi	51
6.8. Solunum güçlüğü kriteri için ikili karşılaştırma matrisi	51
6.9. Uzun kayı-Fonksiyon azalması kriteri için ikili karşılaştırma matrisi	52
6.10. Bilinç kaybı kriteri için ikili karşılaştırma matrisi	53
6.11. Alternatiflerin özvektörleri.....	54
6.12. Kriterlerin özvektörleri.....	55
6.13. Omurilik felçli sensörü seçimi kriterlerin normalize ağırlıklıkları	56
6.14. Omurilik felçli sensörü AHS yöntemi alternatiflerin sıralaması.....	56
6.15. Omurilik felçli sensörü seçimi karar matrisinde yer alacak olan veri çizelgesi	57
6.16. Omurilik felçli sensörü seçimi standart matrisi	58
6.17. Omurilik felçli sensörü seçimi ağırlıklı standart matrisi	59
6.18. Omurilik felçli sensörü seçimi ideal ve negatif ideal çözüm değerleri	60
6.19. Omurilik felçli sensörü seçimi ayırım ölçütleri.....	61
6.20. Alternatiflerin öncelik sıralaması	61
6.21. PROMETHEE yöntemi ile bulunan sonuçlar	64
6.22. Omurilik felçli sensörünün yöntemlere göre alternatiflerin sıralanması.....	65

ŞEKİLLER DİZİNİ

ŞEKİL	Sayfa
4.1. AHS yöntemi.....	14
4.2. AHS uygulama adımları.....	15
5.1. Araştırma metodolojisi.....	23
5.3. Quickie-Krypton R aktif tekerlekli sandalye	25
5.4. Kuschall-K aktif tekerlekli sandalye	26
5.5. Panthera-X aktif tekerlekli sandalye	26
5.6. TiLite-ZRA aktif tekerlekli sandalye	27
5.7. RGK-Tiga FX aktif tekerlekli sandalye	28
5.8. Aktif tekerlekli sandalye seçimi Super Desicions ağ yapısı	29
5.9. Aktif tekerlekli sandalye seçimi ikili karşılaştırma matrisi.....	30
5.10. Aktif tekerlekli sandalye seçimi Visual PROMETHEE veri giriş görüntüsü ...	40
6.1. Omurilik felçli sensörü seçiminin hiyerarşik yapısı.....	44
6.2. Araştırma metodolojisi.....	45
6.3. Omurilik felçli sensörü Visual PROMETHEE veri giriş görüntüsü	63

KISALTMALAR DİZİNİ

A	Ağırlık
AA	Ayarlanabilir Ayaklık
AAS	Analitik Ağ Süreci
AHS	Analitik Hiyerarşi Süreci
AK	Ayarlanabilir Kolçak
AKY	Ayarlanabilir Koltuk Yüksekliği
ALT1	Quickie-Krypton R
ALT2	Kuschall-K
ALT3	Panthera-X
ALT4	TiLite- ZRA
ALT5	RGK-Tiga FX
AP	Araç Parçalarına Zarar Vermeyen Parçalar
BM	Bakım Maliyeti
BD	Baş Dönmesi
BK	Bilinç Kaybı
CI	Tutarlılık İndeksi
CR	Tutarlılık Oranı
ÇKKV	Çok Kriterli Karar Verme
D	Denge
DA	Daha Az Karmaşıklıkla Kararlı Yapı
DF	Düşük Fiziksel Çaba

ER	Ergonomiklik
FA	Uzuv Kaybı-Fonksiyon Azalması
GÇ	Güçlü Çerçeve
H	Hafiflik
HK	Hafif Kol Yüğü
HKA	Hareket Kabiliyetini Azaltma
HR	Hayati Riske Sebebiyet Verme
K	Koltuk
KA	Kalp Atım Ritminin Değişmesi
Kg	Kilogram
KK	Keskin Kenar
KDY	Kol Dayama Yeri
KO	Kolay Onarım
KS	Kolay Söküm
KT	Kolay Tamir
KTR	Kolay Transfer
KY	Kendiliğinde Yürüme
MA	Maliyet
OA	Omuz Ağrısına Neden Olmama
PROMETHEE	The Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation
S	Sürüş
SF	Satış Fiyatı
SG	Solunum Güçlüğü
SK	Sırtlık

TE	Transfer Esnasında Vücutun Yapısını Bozmama
TL	TÜRK Lirası
TOPSIS	Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
VÇ	Vücut Çalışma Pozisyonu
VS	Vücut Sıcaklığının Yükselmesi



1. GİRİŞ

Günümüzde birçok kategoride (görme, işitme, zihinsel vb.) engelli birey bulunmaktadır. Bu kategorilerde yer alan fiziksel engelliler içinde ise özellikle omurilik felçli engellilerin hayatı boyunca karşılaştığı bazı sıkıntılar yer almaktadır. Fiziksel engelliler; ulaşım, sosyal yaşamda mekânların erişilebilirliği ve kişisel hayatın sürdürülebilmesinde çeşitli sorunlar yaşamaktadır. Bu sıkıntılardan en önemlilerinden birisi de fiziksel engellinin günlük yaşamının vazgeçilmez unsurlardan birisi olan aktif tekerlekli sandalye seçimidir. Kişi kendi durumuna uygun olarak, en önemli parçaların oluşturduğu sandalyeyi seçebilmesi sayesinde günlük yaşantısını daha kaliteli ve huzurlu geçirebilecek, günlük hayatında birçok engeli aşabilecek duruma gelebilecektir.

Tekerlekli sandalye üzerinde hayatının çok büyük bir bölümünü geçirmekte olan engellilerin, tekerlekli sandalye seçimindeki tercihi doğru bir şekilde yapması önemlidir. Çünkü tekerlekli sandalyeyi doğru bir şekilde kullanmama durumunda günlük hayatta tekerlekli sandalye üzerinde oturmakta olan fiziksel engellilerde iskelet-kas sistemine yönelik olarak omuz ve kas ağrıları, yere düşmeler, kalça ve sırt yaraları, kas ve kan dolaşımı bozuklukları meydana gelebilmektedir. Bu nedenle ergonomik açıdan ve her bir fiziksel engellinin özel ihtiyaçlarını karşılayacak tekerlekli sandalye seçimi ve tekerlekli sandalyedeki unsurlar önem arz etmektedir.

Tekerlekli sandalyenin uygunluğu; tekerlekli sandalye kullanıcısının kendi ihtiyaçlarını karşılayabilmesi, tekerlekli sandalyenin vücuda destek sağlaması, çevresel koşullara uygun, vücuda uyumlu, 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. Fiziksel engellilerin tekerlekli sandalye tercihinde alternatiflerin ve değerlendirme kriterlerinin fazla olmasından dolayı, ÇKKV problemi olarak dikkate alınabilmektedir.

Bu çalışmada engellilerin yaşamında önemli bir yere sahip olan ve yaşam kalitesini etkileyen en önemli faktörlerden olan aktif tekerlekli sandalyeler ÇKKV yöntemlerinden AAS, TOPSIS ve PROMETHEE yöntemleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Kriterlerin ağırlıkları AAS yöntemi ile hesaplanmıştır. Alternatiflerin sıralanması için ise, TOPSIS ve PROMETHEE yöntemleri kullanılarak karşılaştırmalı bir analizle yapılmıştır. Alternatifler sıralanırken, hibrit bir yaklaşım benimsenerek AAS yönteminden elde edilen kriter ağırlıkları, TOPSIS ve PROMETHEE yöntemlerine entegre edilmiştir.

Değerlendirmede kullanılan kriterler, literatür incelemesinden ve tekerlekli sandalye kullanıcısı omurilik felçli parapleji ve tetrapleji hastası olan beş kişiden oluşan fiziksel engellilerin görüşleri alınarak oluşturulmuştur. Aktif tekerlekli sandalye üreticilerinin ürettiği tekerlekli sandalyelerin değerlendirilebilmesi için güvenlik, performans, ergonomiklik, bakım ve maliyet ana kriterleri belirlenmiştir. Bu ana kriterler altında ise 18 adet alt kriter belirlenmiştir. Bu kriterler tekerlekli sandalye kullanıcılarının, tekerlekli sandalyelerden en iyi şekilde faydalanmaları üzerine yapılan araştırmalar sonucunda belirlenmiştir. Kriterler, tekerlekli sandalye çeşitlerinden aktif tekerlekli sandalyelerin özellikleri dikkate alınarak belirlenmiştir. Bu kriterleri doğru değerlendirmek ve doğru sonuçlar elde etmek için değerlendiricilerin tekerlekli sandalye konusunda tecrübeli olması gerekmektedir. Yapılan bu çalışmada beş yıl ve üzerinde sandalye kullanan tekerlekli sandalye kullanıcılarının değerlendirmeleri sonucunda kriter ağırlıkları belirlenmiş ve alternatiflerin sıralamaları yapılmıştır.

İnsanlar; doğal afetlerde, trafik kazalarında, yapılan spor aktivitelerinde, su sporlarında, yüksekten düşmelerde, saldırıya uğranılması sonucunda, sinir dokusu hastalıkları, kanama, fitik, tümör, radyasyona maruz kalınması, enfeksiyona bağlı olarak ya da başka aktiviteler sonucunda omurilik ve sinir dokusunda tahribat meydana gelebilmesine bağlı olarak omurilik yaralanması yaşayabilmektedir. 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 gaita kontrolünü (büyük abdest yapamama) sağlayamayabilmektedirler. 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 hasıl 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 hasıl olmuş ve bu belirtilen özellikler tercih edilmiştir.

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

Omurilik felçli sensörü 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 beş yıl ve üzeri omurilik felçli fiziksel engellilerin değerlendirmeleri sonucunda kriter ağırlıkları belirlenmiş ve alternatiflerin sıralamaları yapılmıştır.



2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bu çalışmada, aktif tekerlekli sandalye seçimi ve omurilik felçli sensörü ile ilgili literatür araştırmasındaki çalışmalar incelenmiştir.

2.1. Tekerlekli Sandalye Seçimi

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 Çizelge 2.1’de sunulmaktadır. Tekerlekli sandalye seçim sorununu çözmek amacıyla incelenen çalışmalarda “güvenlik” ve “performans” kriteri önem arz eden kriterlerdendir.

Literatürde tekerlekli sandalyelere yönelik çalışmaları, tekerlekli sandalye tasarımı ve tekerlekli sandalye seçimi olmak üzere iki başlık altında inceleyebiliriz. İlk olarak tekerlekli sandalye tasarımıya yönelik olarak, Ariff ve diğ. (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 AHS olduğunu belirtmiştir. “Ergonomiklik” ve “Performans” kriterlerini dikkate almıştır. AHS’yi karar verme sürecinde hemen hemen her uygulamada kullanmıştır. Yuan ve diğ. (2014), tekerlekli sandalye kullanıcılarının ihtiyaçlarının farklı derecede olduğu, kişiselleştirilmiş tekerlekli sandalyelerin nasıl tasarlanması gerektiğini belirtmiştir. Tekerlekli sandalye kullanıcılarının talepleri doğrultusunda, tekerlekli sandalyelerin özelliklerine göre 20 uzman tekerlekli sandalye kullanıcısıyla değerlendirme yapmıştır. “Sürüş” kriterini yalnızca bir çalışmada dikkate almıştır.

Ahmad ve diğ. (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. Muqadimah (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 Çizelge 2.1’de yer alan çalışmalarda da yer almaktadır. Desai ve diğ. (2019), ayağa kaldırma özelliklerine sahip ayarlanabilir tekerlekli sandalyelerin, tekerlekli sandalye kullanıcılarının yaşam kalitelerini, güvenliklerini ve konforlarını arttırdığının ele alındığı bir çalışma yapmıştır. Mistarihi ve diğ. (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 Çizelge 2.1’de yer verilmiştir.

Ayrıca tekerlekli sandalye ile ilgili incelenen diğer çalışmalar aşağıda özetlenmektedir.

Çizelge 2.1. Tekerlekli sandalye seçimi için literatürde kullanılan ÇKKV yöntemleri

Yazar/Kriterler	ER	KO	KTR	AA	AK	AKY	KY	K	SK	KDY	MA	A	D	KK	ÇKKV Yöntemleri
A. Hambali vd. (2008)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				✓		✓	✓	AHS
Y. Yuan vd. (2014)								✓	✓	✓					AHS
M. N. Ahmad vd. (2017)		✓	✓	✓	✓	✓	✓				✓		✓	✓	AHS
F. N. Muqodimah (2018)	✓	✓	✓								✓	✓			AHS ve Delphi
S. Desai vd. (2019)												✓			AHS
M.Z. Mistarihi vd. (2020)											✓			✓	AAS
Bu Çalışmada Dikkate Alınan Kriterler	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	AAS, TOPSIS ve PROMETHEE

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

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), beş 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 kullanıcısına yönelik olarak tekerlekli sandalyede yer alması gereken kriterlerle birlikte değerlendirilmiştir.
- Çalışmayla birlikte farklı tekerlekli sandalyeler içerisinde, diğer yapılan çalışmalardan farklı olarak sürüş, düşük fiziksel çaba, hafif kol yükü vb. 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.

2.2. Omurilik Felçli Sensörü Özelliklerinin Seçimi

Sensörler, genel olarak ortamdaki herhangi bir değişikliği ya da olayı algılayabilen ve bu durumu tespit ettikten sonra bu bilgileri diğer cihazlara aktaran cihazlardır. Bu çalışmamızda ise, omurilik felçli fiziksel engellilerin sorunlarını tespit etmek amacı ile geliştirilmesi istenen sensörler ele alınacaktır. Bu sorunların tespiti amacıyla üretilmiş olan fakat geniş kapsamda bir algılama yapmayan giyilebilir teknolojik markalar ve ürettiği ürünler yer almaktadır. Literatür araştırmasında, yaşamları boyunca engellilere yardımcı olan sensörler ile ilgili sorunları ele alan çalışmalar incelenmiştir. Literatürde engellilere yönelik olarak sensörler ile ilgili yapılan çalışmalarda;

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. Cançelik 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 ekstremitelerde 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:

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

3. ENGELLİLERİN SORUNLARI

Dünyada birçok kategoride olmak üzere çeşitli sınıflardan engelliler hayatını idame ettirmektedir. Görme, işitme, zihinsel ve fiziksel olmak üzere birçok engellilik çeşidi yer almaktadır. Özellikle fiziksel engelliler birçok sorun ile karşılaşabilmekte ve bunların üstesinden gelmek zorunda kalabilmektedir. Fiziksel engelliler hayatlarını idame ettirebilmek için çeşitli araçlara ihtiyaç duymaktadır. Fiziksel engelliler içerisinde yer alan omurilik felçlilerin en önemli ihtiyaçlarından birisi ise tekerlekli sandalyedir. Gün içerisinde saatlerce oturmak ve hayatını tekerlekli sandalye üzerinde geçirmek zorunda olan fiziksel engellilerin ihtiyaç duyduğu tekerlekli sandalyeler fiziksel engelliye uygun olarak imal edilmelidir. Uygun olmayan tekerlekli sandalyeler fiziksel engelli bireyin sırtında veya kalçasında yaralara sebep olmakta, omurga ağrısına neden olmakta, bir yerden bir yere transfer olurken vücudun çeşitli yerlerinde kırıklara sebep olmak dışında birçok soruna da sebep olabilmektedir. İşte bu gibi sıkıntıların yer alması sonucunda bu çalışmada fiziksel engelliler için aktif tekerlekli sandalye seçimi hususuna dikkat çekilmiştir.

Yine vücutlarının belli kısımlarında hissizlik ve duyu kaybı oluşan omurilik felçlisi fiziksel engelliler günlük yaşamda birçok sıkıntı yaşayabilmektedir. Omurilik felçlisi fiziksel engelli ayağını hissedemediği için, ayakkabısı içerisinde yer alan çivi nedeniyle kanama yaşayabilmekte ve bunu uzun süre algılamayabilmektedir. Isınmak amacıyla soba karşısında uzun süre durmaktan dolayı bacağının yandığını hissedemeyebilmektedir. Yanlış bir hareket sonucunda dizinde veya ayağında meydana gelmiş olan kırığın farkına uzun süre varamayabilmektedir. Yine uzun süre yatmaktan dolayı vücudunun belli bölgelerinde yaralar oluşabilmekte ve bunun farkına varamayan fiziksel engellinin hayati riski meydana gelebilmektedir. İşte yaşanılabilen bu sorunlar nedeniyle bu çalışmada, omurilik felçlisinin yaşamış olduğu bu sıkıntıları algılayabilecek bir omurilik felçlisi sensöründe yer alması gereken özelliklerden hangilerinin öncelikli olduğunun değerlendirilmesi yapılmıştır.

4. YÖNTEMLER

Yapılan bu çalışmada yöntem olarak AAS, AHS, TOPSIS ve PROMETHEE uygulaması yapılmıştır. Kriter ağırlıklarının AAS ve AHS metoduyla belirlenmesinden sonra, TOPSIS ve PROMETHEE yöntemleri ile alternatifler içinden nihai sıralama elde edilmiştir.

4.1. Analitik Ağ Süreci

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 AHS'nin genelleştirilmiş halidir (Alptekin, 2010). AAS, sayısal faktörlerin ifade edilemediği durumlarda da iyi bir çözümleyicidir (Yaralıoğlu, 2010) ve AHS'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 bağımlılıklar 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.

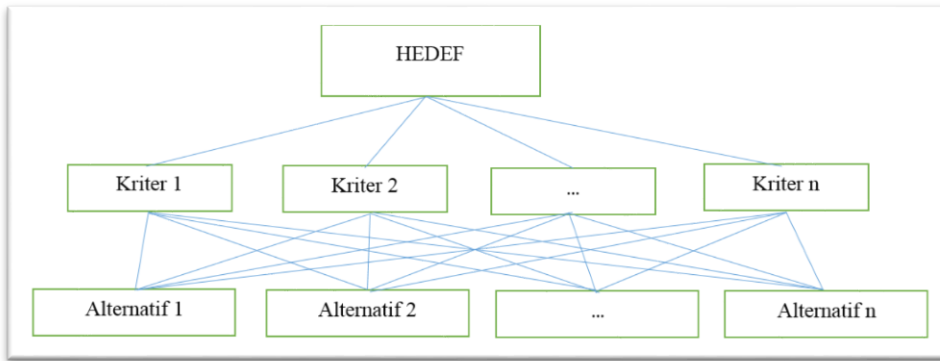
Adım 5: Süper Matrisler Sırasıyla Oluşturulmuştur

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

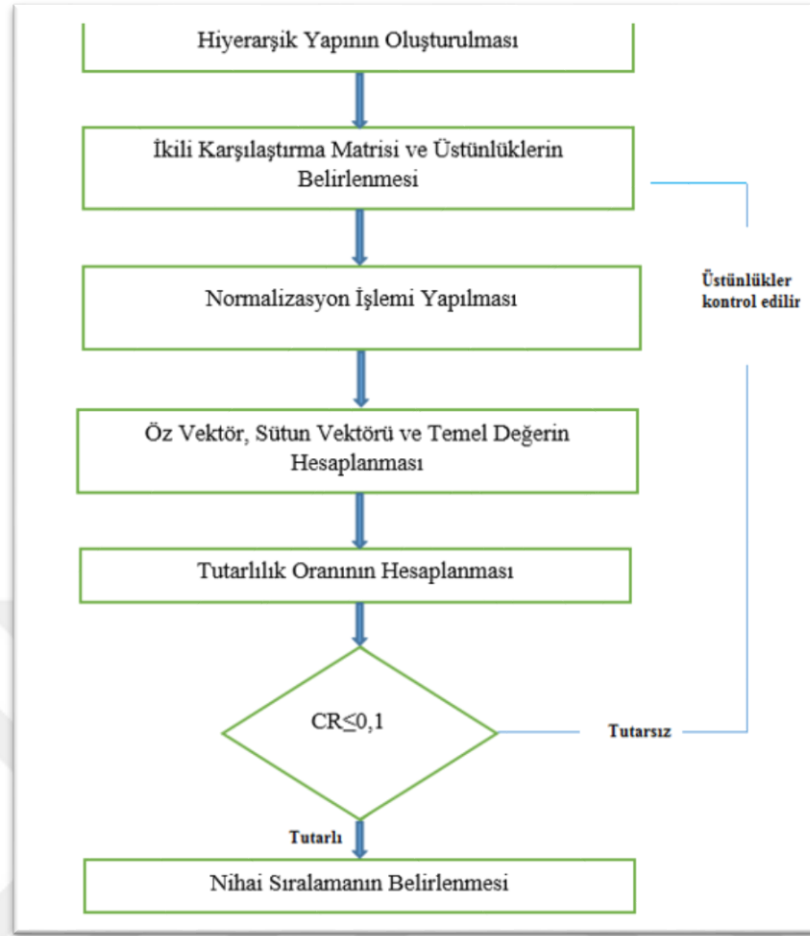
Adım 6: En İyi Alternatifin oluşturulması: Alternatifler, limit süpermatris ve kriter ağırlıklarının hesaplanmasıyla birlikte, bu hesaplanan değerlerden en yükseği alınarak alternatif seçilmektedir.

4.2. Analitik Hiyerarşi Süreci

Bu çalışmada, karar problemleri içerisinde literatürde sıklıkla kullanılmakta olan ve etkin sonuçlar elde edilmesinde yardımcı olan AHS yöntemi çözüm için kullanılmaktadır. Beş adımdan oluşan ve etkin sonuçların elde edilmesinde önemli rol oynayan AHS yöntemi çözüm için kullanılan yöntemlerdendir. AHS'nin genel gösterimi Şekil 4.1'de, uygulama adımları ise Şekil 4.2'de gösterilmiş olup, AHS yönteminin adımları şu şekildedir (Özcan ve diğ., 2019a, 2020).



Şekil 4.1. AHS yöntemi



Şekil 4.2. AHS uygulama adımları

Adım 1: Hiyerarşik yapının oluşturulması: AHS yönteminde ilk adım olarak, ele alınmakta olan soruna yönelik kriterler temelinde alternatiflerin hiyerarşik yapısı 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 4.1’de gösterilen ve Saaty (1980) tarafından belirlenen önem skalası göz önünde bulundurularak değerler atanmaktadır.

Çizelge 4.1. 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 4.1 kullanılarak yapılmakta ve devamında ise her bir kriterin ağırlığı Eşitlik 4.2 ile hesaplanmaktadır.

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (4.1)$$

$$w_i = \frac{\sum_{i=1}^n b_{ij}}{n} \quad (4.2)$$

Adım 4: Tutarlılık oranının (CR) hesaplanması ve kontrolü: CR değerinin hesaplanabilmesi için Eşitlik 4.3. ve Eşitlik 4.4 kullanılarak öncelikle ikili karşılaştırma matrisinin en büyük özvektör değeri hesaplanmaktadır.

$$[a_{ij}]_{n \times m} * [w_i]_{m \times 1} = [d_i]_{n \times 1} \quad (4.3)$$

$$\lambda_{max} = \frac{(\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{w_i})}{n} \quad (4.4)$$

CR, tutarlılık indeksinin (CI) Eşitlik 4.6'ya göre Çizelge 4.2'de verilen rassal indekse oranlanması sonucunda hesaplanmakta ve Eşitlik 4.5 ile tutarlılık indeksi hesaplanmaktadır.

$$CI = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n-1)} \quad (4.5)$$

$$CR_{max} = CI/RI \quad (4.6)$$

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 4.2. RI değerleri

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

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

Yapılan bu çalışmada yöntem olarak AAS, TOPSIS ve PROMETHEE uygulaması yapılmıştır. Kriter ağırlıklarının AAS metoduyla belirlenmesinden sonra, TOPSIS ve PROMETHEE yöntemleri ile alternatifler içinden nihai sıralama elde edilmiştir.

4.3. 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 4.7'deki formülün yardımıyla standart karar matrisi oluşturulmaktadır.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}} \quad (4.7)$$

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 4.8 ve 4.9'da yer alan formülün yardımıyla matriste ideal ve negatif ideal çözüme olan uzaklıklar hesaplanmaktadır.

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n ((v_{ij} - v_j^*)^2)} \quad (4.8)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n ((v_{ij} - v_j^-)^2)} \quad (4.9)$$

Adım 6: İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Bulunması: Eşitlik 4.10'da yer alan formülü aracılığıyla ideal çözüme yakınlık hesaplanmaktadır.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*} \quad (4.10)$$

Negatif ideal ayırım ölçütü bulunurken, ilk olarak 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 (Arıbaş ve Özcan, 2016).

4.4. PROMETHEE Yöntemi

PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation) yöntemi ilk olarak 1982 yılında Brans (1985) tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntem 7 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;

$$p(a, b) = \begin{cases} 0 & , f(a) \leq f(b) \\ p[f(a) - f(b)] & , f(a) > f(b) \end{cases} \quad (4.11)$$

Adım 4: Tercih indeksleri oluşturulur: Ortak tercih fonksiyonları belirlenir. Sonrasında ise her bir alternatif çiftinde yer alması gereken tercih indeksleri de oluşturulur. Eşitlik 4.12’de a ve b alternatifleri için tercih indeksi hesaplanmıştır.

$$\pi(a, b) = \frac{\sum_{i=1}^k w_i \cdot p_i(a, b)}{\sum_{i=1}^k w_i} \quad (4.12)$$

Adım 5: Alternatifler için pozitif (Φ^+) ve negatif (Φ^-) üstünlüklerin oluşturulması: Eşitlik 4.13 ve 4.14’te gösterildiği üzere pozitif üstünlük ve negatif üstünlük hesaplanır.

$$\phi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum \pi(a, b) \quad (4.13)$$

$$\phi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum \pi(b, a) \quad (4.14)$$

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

1.durum: Eşitlik 4.15, 4.16 ve 4.17’de yer alan hesaplamalardaki koşullar tutarlıysa a alternatifi b alternatifine tercih edilmektedir.

$$\phi^+(a) > \phi^+(b) \text{ ve } \phi^-(a) < \phi^-(b) \quad (4.15)$$

$$\phi^+(a) > \phi^+(b) \text{ ve } \phi^-(a) = \phi^-(b) \quad (4.16)$$

$$\phi^+(a) = \phi^+(b) \text{ ve } \phi^-(a) < \phi^-(b) \quad (4.17)$$

2.durum: Eğer Eşitlik 4.18 sağlanıyorsa, a alternatifiyle b alternatifi aynıdır.

$$\phi^+(a) = \phi^+(b) \text{ ve } \phi^-(a) = \phi^-(b) \quad (4.18)$$

3.durum: a alternatifiyle b alternatifinin karşılaştırılamayacağı durumu Eşitlik 4.19 veya Eşitlik 4.20’deki yer alan denklemlerdeki koşullara bağlıdır.

$$\phi^+(a) > \phi^+(b) \text{ ve } \phi^-(a) > \phi^-(b) \quad (4.19)$$

$$\phi^+(a) < \phi^+(b) \text{ ve } \phi^-(a) < \phi^-(b) \quad (4.20)$$

Adım 7: PROMETHEE II ile alternatifler için tam önceliklerin belirlenir: Tam öncelikler, Eşitlik 4.21’de yer alan denklemle hesaplandıktan sonra sıralama yapılmaktadır.

$$\phi(a) = \phi^+(a) + \phi^-(a) \quad (4.21)$$

Eşitlik 4.21’de hesaplanan öncelik değerleri sonucunda şu kararlar alınır:

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

Bu adımlar uygulanırken tercih fonksiyonları her bir kriter için belirlenmektedir. Bu adımlarda seçilen tercih fonksiyonları Çizelge 4.3’te yer almaktadır (Brans, 2016).

Çizelge 4.3. 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

5. OMURİLİK FELÇLİ BİREYLER İÇİN AKTİF TEKERLEKLİ SANDALYE SEÇİMİ

5.1. Problemi Tanımlanması

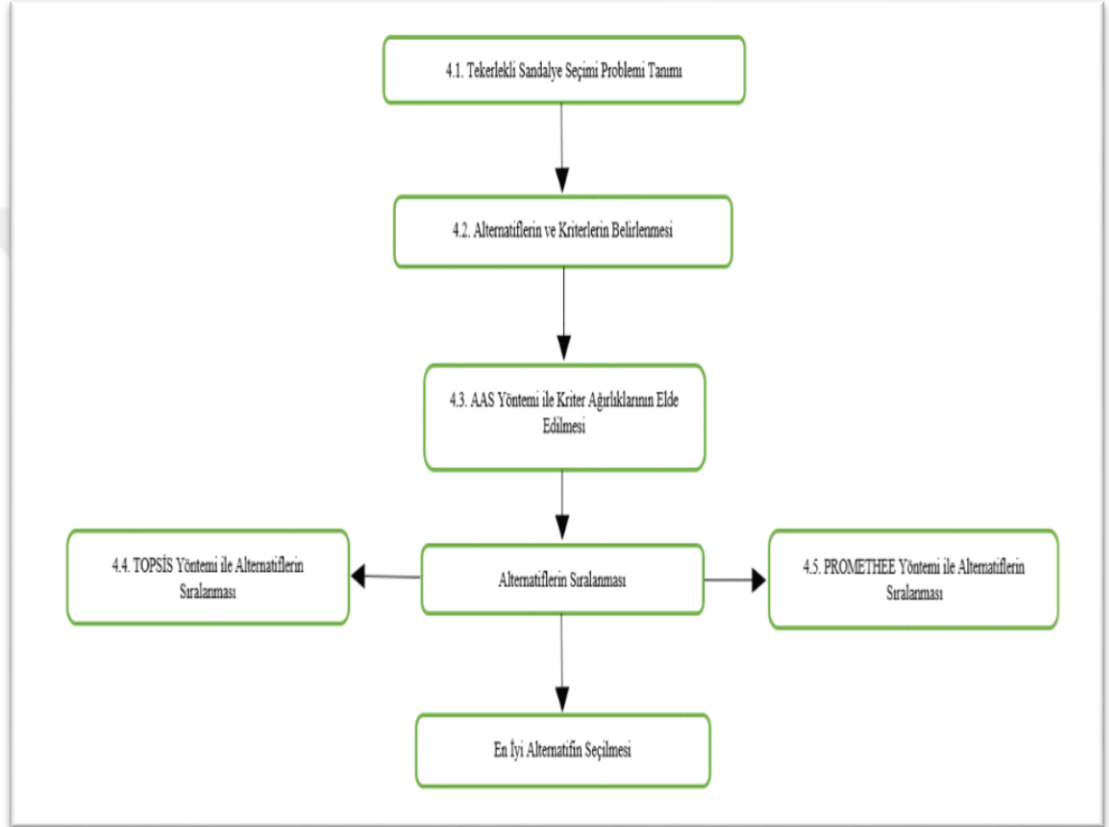
Tekerlekli sandalye, fiziksel engellilerin hayati önemi haiz vazgeçilmez elemanlarından biridir. Tekerlekli sandalye kullanıcılarının günlük yaşamdan daha fazla verim alma beklentilerinin artmasıyla birlikte, tekerlekli sandalye kullanıcısının günlük yaşamının her alanında yer alan tekerlekli sandalyede 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 dünyanın önde gelen önemli tekerlekli sandalye üreticilerinin ürettiği aktif tekerlekli sandalyelerin hangisinin seçilmesinin daha uygun olacağını tespit etmek için ÇKKV yöntemleri kullanılmıştır. Fiziksel engelli tekerlekli sandalye kullanıcısının kullanılabilecek tekerlekli sandalyeler arasından en uygun aktif tekerlekli sandalyenin seçilmesi sorunu çözümlenmeye çalışılmıştır. Problemin çözümü için AAS, TOPSIS ve PROMETHEE yöntemleri kullanılmıştır.

Bu seçimde beş adet tekerlekli sandalye, bu sandalyelere bağlı olarak beş adet ana kriter ve 18 adet alt kriter değerlendirme için belirlenmiştir. Bu kriterler, tekerlekli sandalye kullanıcılarının, aktif tekerlekli sandalyelerden en iyi şekilde faydalanmaları üzerine yapılan araştırmalar sonucunda belirlenmiştir.

Çalışmada aktif tekerlekli sandalyelerin seçiminin değerlendirilmesinde AAS yöntemi ile kriter ağırlıkları bulunmuştur. Sonrasında TOPSIS ve PROMETHEE yöntemleri ile alternatifler sıralanmış ve ortaya çıkan sonuçlar değerlendirilmiştir. Çalışmanın adımlarında, aktif tekerlekli sandalye 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 5.1’de çalışmanın uygulama adımları yer almaktadır. Çalışmada problemin tanımlanmasının ardından belirlenen kriterlerin ağırlıkları, AAS yöntemi ile “Super Decisions” paket programı vasıtasıyla bulunmuştur.



Şekil 5.1. Araştırma metodolojisi

5.2. Kriterler

Tekerlekli sandalye seçimi problemi için tekerlekli sandalye kullanıcıları olan omurilik felçli parapleji ve tetrapleji hastası olan beş kişinin görüşleri alınarak kriterler 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 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/Kilogram(Kg)), 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/TÜRK Lirası(TL)) ve bakım maliyeti (BM/TÜRK Lirası(TL)) alt kriterleri belirlenmiştir.

Kriterlere yönelik hazırlanan bilgiler Çizelge 5.1’de özetlenmiştir.

Çizelge 5.1. Çalışmada kullanılan kriterler ile bu kriterlerin açıklamaları

Kriter	Alt Kriterler	Açıklamalar
Güvenlik	Denge (D)	Tekerlekli sandalyenin kullanımında, tekerlekli sandalye kullanıcısına zarar vermemenin değerlendirilmesi.
	Keskin Kenar (KK)	
	Transfer Esnasında Vücudun Yapısını Bozmama (TE)	
	Araç Parçalarına Zarar Vermeyen Parçalar (AP)	
	Daha Az Karmaşıklıkla Kararlı Yapı (DA)	
Performans	Hafiflik (H)	Tekerlekli sandalyenin, tekerlekli sandalye kullanıcısına sağladığı etkilerin değerlendirilmesi.
	Güçlü Çerçeve (GÇ)	
	Sürüş (S)	
	Ayarlanabilir Koltuk Yüksekliği (AK)	
	Ayarlanabilir Ayaklık (AA)	
Ergonomiklik	Vücut Çalışma Pozisyonu (VÇ)	Tekerlekli sandalyenin, tekerlekli sandalye kullanıcısının vücudu ile olan uygunluğunun değerlendirilmesi.
	Düşük Fiziksel Çaba (DF)	
	Hafif Kol Yükü (HK)	
	Omuz Ağrısına Neden Olmama (OA)	
Bakım	Kolay Tamir (KT)	Tekerlekli sandalyenin onarımının tekerlekli sandalye kullanıcısı açısından değerlendirilmesi.
	Kolay Söküm (KS)	
Maliyet	Satış Fiyatı (SF)	Tekerlekli sandalyenin satış fiyatı ve bakım maliyeti açısından değerlendirilmesi.
	Bakım Maliyeti (BM)	

5.3. Alternatifler

Uzmanlar tarafından dünyanın önde gelen tekerlekli sandalye üreticilerinin üretmiş olduğu alternatif aktif tekerlekli sandalyeler beş adet olmak üzere, Quickie-Krypton R (ALT1), Kuschall-K (ALT2), Panthera-X (ALT3), TiLite- ZRA (ALT4) ve RGK-Tiga FX (ALT5) olarak belirlenmiştir.

5.3.1. Quickie-Krypton R

Karbon malzemeden yapılmış rijit (katlanmayan) aktif tekerlekli sandalyedir. Şekil 5.3'te gösterilmektedir.



Şekil 5.3. Quickie-Krypton R aktif tekerlekli sandalye

5.3.2. Kuschall-K

Rijit aktif tekerlekli sandalye olup, Şekil 5.4'te gösterilmektedir.



Şekil 5.4. Kuschall-K aktif tekerlekli sandalye

5.3.3. Panthera-X

Karbon malzemedan yapılmış aktif tekerlekli sandalye olup, Şekil 5.5’ te gösterilmektedir.



Şekil 5.5. Panthera-X aktif tekerlekli sandalye

5.3.4. TiLite-ZRA

Titanyum malzemeden yapılmış aktif tekerlekli sandalye olup, Şekil 5.6’da gösterilmektedir.



Şekil 5.6. TiLite-ZRA aktif tekerlekli sandalye

5.3.5. RGK-Tiga FX

Alüminyum malzemeden yapılmış katlanabilir aktif tekerlekli sandalye olup, Şekil 5.7’de gösterilmektedir.

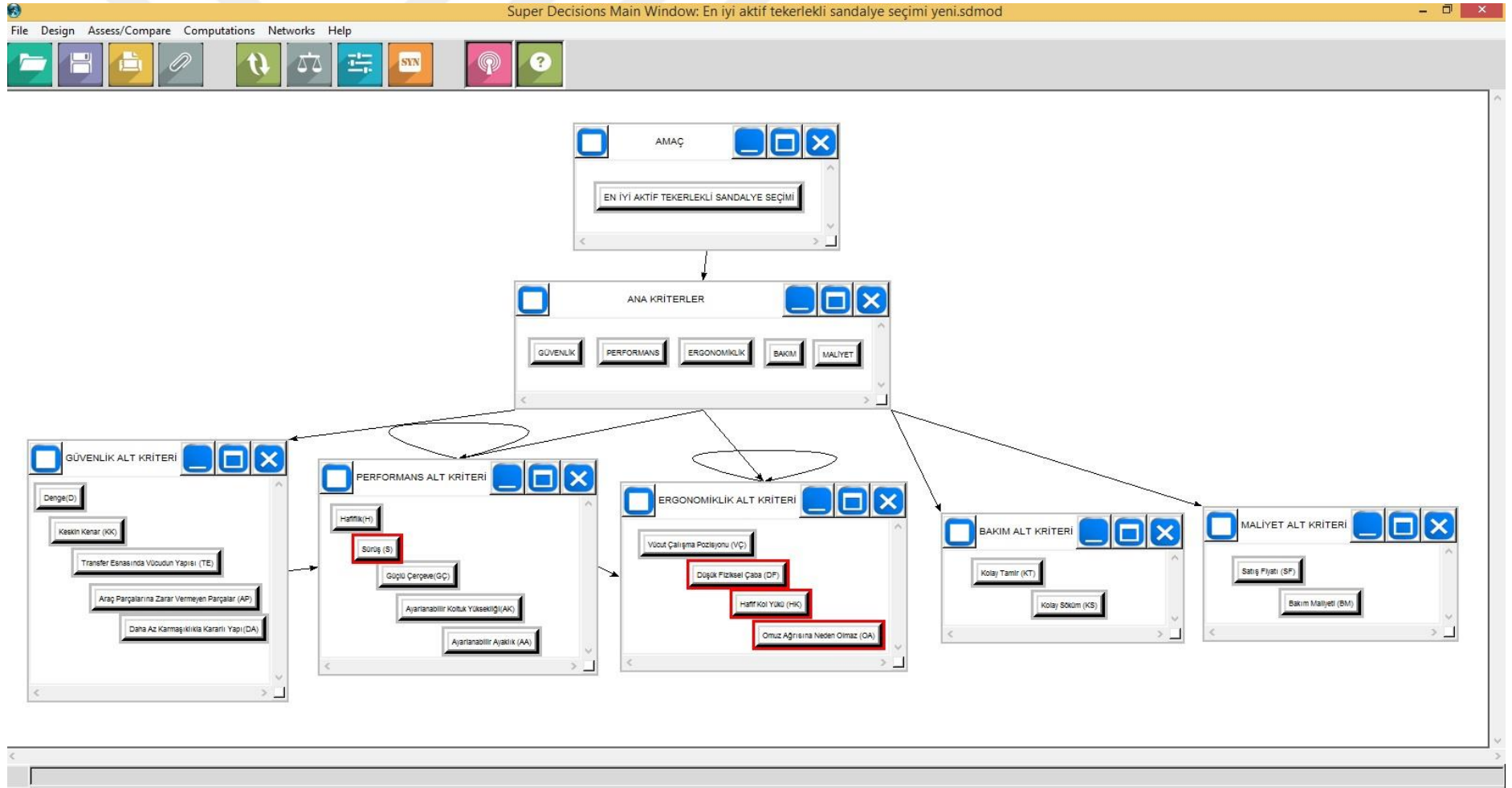


Şekil 5.7. RGK-Tiga FX aktif tekerlekli sandalye

5.4. Problemin Çözümü

5.4.1. AAS Yöntemi ile Problemin Çözümü

Çalışmanın ilk aşamasında daha önceden belirlediğimiz kriterler kümelenmiştir. Öncelikle kriterlerde sınıflandırma ve adlandırmalar yapılmıştır. Ağ yapısı oluşturulurken bu ürünlerdeki ana kriterler ve alt kriterler alınarak AAS yöntemi için karar modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan ağ yapısı Şekil 5.8’de ve alt kriterler arasındaki ilişki matrisi ise Çizelge 5.2’de gösterilmiştir.

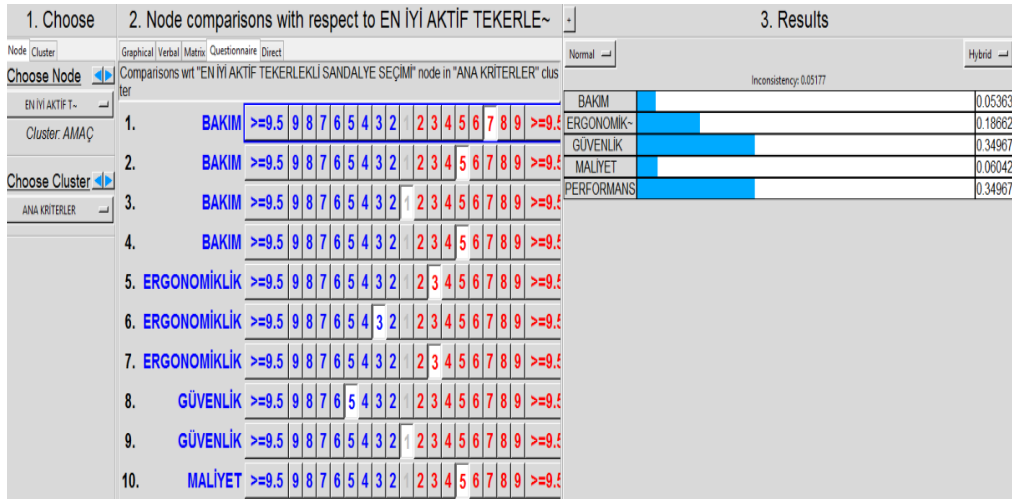


Şekil 5.8. Aktif tekerlekli sandalye seçimi Super Decisions ağ yapısı

Ana kriterlerin bileşen, alt kriterlerin ise eleman olarak alındığı bu uygulamada, kriterler arası etkileşimin tespit edilmesi gerekmektedir. Tekerlekli sandalye kullanıcıları tarafından yapılan istişareler ve daha önce yapılan çalışmalar vasıtasıyla ilişki matrisi tespit edilmiştir. Sonrasında ise karar modeli, bir paket program olan ve AAS yöntemi ile karar vermeye yönelik olarak hazırlanan paket programında oluşturulmuştur (Üstün ve diğ., 2005). Bileşenler ve elemanlar için ise karar modelinde kodlamalar yapılmıştır.

En uygun aktif tekerlekli sandalye seçimini etkileyebilecek olan kriterler ise Bölüm 5.2’de yer almaktadır. AAS yönteminde, kriterlerin öncelik değerleri hesaplanarak kriterler arasında yer alan ilişkiler oluşturulmuştur. Örnek olarak, performans alt kriterleri kendi arasında ilişkiliyken düşük fiziksel çabayla performans arasında ise tek yönlü bir ilişki ortaya çıkmıştır. Ayrıca, ergonomiklik ana kriterinde hafif kol yükü ve düşük fiziksel çaba alt kriterlerinin kendi arasında da ilişkiler yer almaktadır.

Uzmanların görüşleri doğrultusunda hazırlanan ikili karşılaştırma matrisi Şekil 5.9’da gösterilmiştir.



Şekil 5.9. Aktif tekerlekli sandalye seçimi ikili karşılaştırma matrisi

Kriterler arasındaki bu ağ yapısının tamamlanması sonrası AAS yönteminde kriterler birbirleriyle ayrıca karşılaştırılmıştır. AAS modeli çerçevesinde oluşturulmuş bu kriterler için yapılan karşılaştırmalardan sonra “Super Decisions” paket programı yardımıyla kriterlerin ağırlıkları ortaya çıkarılmıştır. İkili karşılaştırmalarda ise, matrislerdeki tutarlılık oranları (inconsistency) 0,10’un altında çıktığından dolayı veriler tutarlı sayılmaktadır.

Hiyerarşik yapının tamamlayıcısı olan kriter ve alternatifleri belirledikten sonra, anılan 18 adet alt kriterin birbirlerine karşı önceliklerinin ifade edilmesi için bir matris olması gerekmektedir. beş yılın üzerinde tekerlekli sandalye kullanıcısı uzmanlar tarafından grup karar verme tekniği ile oluşturulan önceliklendirmelerde söz konusu puanlama, kullanıcı kolaylığı açısından Saaty tarafından geliştirilen ve Çizelge 4.1’de verilmiş olan ve 1-10 arası ölçeklendirme oluşturulmuştur. Paket programda puanlar 1-9 arası ölçeklendirme ya da doğrudan farklı bir ölçekte de yapılabilmektedir. Burada, puanlar doğrudan girilmiştir. Çok sayıda kriter ve alternatif için paket programdan faydalanılarak çözüm yapılmıştır.

Kriterlerin ikili karşılaştırılması için AAS yöntemi vasıtasıyla elde edilen ana kriter ağırlıkları ve alt kriter ağırlıkları Çizelge 5.2’de gösterilmiştir. Sonuç olarak elde edilmiş olan, güvenlik ve performans ana kriterlerinin, diğer kriterlere göre ise 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 etmekte, ayrıca hesaplama menüsü sayesinde küme matrisi, ağırlıksız matris, ağırlıklı matris ve limit matrise ulaşılmıştır. Paket programdan çıkan sonuçlar değerlendirildiğinde, AAS yaklaşımıyla ortaya konulan aktif tekerlekli sandalye seçiminde nihai sıralama Panthera-X (ALT3), TiLite-ZRA (ALT4), Quickie-Krypton R (ALT1), Kuschall-K (ALT2) ve RKG-Tiga FX (ALT5) şeklinde elde edilmiştir.

Çizelge 5.2. Aktif tekerlekli sandalye seçimi ana ve alt kriterlerin normalize ağırlıklıkları

Ana Kriterler (Kriter Ağırlıkları)	Alt Kriterler	Normalize Ağırlıklar
Güvenlik (0,3496)	<i>D</i>	0,04
	<i>KK</i>	0,214
	<i>TE</i>	0,051
	<i>AP</i>	0,024
	<i>DA</i>	0,018
Performans (0,3496)	<i>H</i>	0,11
	<i>GÇ</i>	0,045
	<i>S</i>	0,163
	<i>AK</i>	0,01
	<i>AA</i>	0,02
Ergonomiklik (0,1866)	<i>VÇ</i>	0,023
	<i>DF</i>	0,085
	<i>HK</i>	0,034
	<i>OA</i>	0,045
Bakım (0,0536)	<i>KT</i>	0,04
	<i>KS</i>	0,013
Maliyet (0,0604)	<i>SF</i>	0,05
	<i>BM</i>	0,01

5.4.2. AAS-TOPSIS Yöntemi ile Problemin Çözümü

AAS yöntemi ile elde ettiğimiz Çizelge 5.2’de yer alan nihai normalize ağırlıklar TOPSIS yönteminde kullanılacaktır.

Alternatif aktif tekerlekli sandalyeler için beş ana kriter altında yer alan 18 alt kriter dikkate alınmıştır. Aktif tekerlekli sandalye seçimi karar matrisinde yer alacak olan veri çizelgesi, bir önceki bölümde de yer verilen uzmanların görüşlerine göre ve eldeki verilere göre oluşturulan karar matrisi aracılığıyla tespit edilmiş ve Çizelge 5.3’te sunulmuştur.

Çizelge 5.3. Aktif tekerlekli sandalye seçimi karar matrisinde yer alacak olan veri çizelgesi

Alternatifler	Kriterler																		
		<i>D</i>	<i>KK</i>	<i>TE</i>	<i>AP</i>	<i>DA</i>	<i>H (Kg)</i>	<i>GÇ</i>	<i>S</i>	<i>AK</i>	<i>AA</i>	<i>VÇ</i>	<i>DF</i>	<i>HK</i>	<i>OA</i>	<i>KT</i>	<i>KS</i>	<i>SF (TL)</i>	<i>BM (TL)</i>
	Quickie-Krypton R (ALT1)	2	7	1	2	2	6	2	1	2	5	1	5	5	1	2	1	25000	5000
	Kuschall-K (ALT2)	3	6	3	1	3	10	3	3	3	3	2	4	4	2	3	2	10000	2000
	Panthera-X (ALT3)	9	1	9	9	6	2	9	2	2	1	7	9	9	6	5	9	45000	10000
	TiLite- ZRA (ALT4)	5	3	4	4	9	14	5	8	8	9	6	3	3	9	9	3	15000	3000
	RGK-Tiga FX (ALT5)	1	9	2	5	1	14	2	6	4	2	4	2	2	3	1	5	15000	5000

TOPSIS yöntemi ile yapılan hesaplamalar sonucunda bulunan standart karar matrisi Çizelge 5.4'te yer almaktadır.

Standart karar matrisi elemanları ile AAS yöntemi ile elde edilen ağırlıklar çarpılarak ağırlıklı standart karar matrisi elde edilmiştir. Ağırlıklı standart karar matrisi Çizelge 5.5'te yer almaktadır.

İdeal ve negatif ideal çözümlerin elde edilmesi için, İdeal olan (A+) değerler için ağırlıklı karar matrisi sütunlarda yer alan maksimum değerleri alınırken, Negatif İdeal (A-) değer için ağırlıklı standart karar matrisi sütunlarında yer alan minimum değerler alınmıştır. Keskin kenar, hafiflik, satış fiyatı ve bakım maliyeti değerleri minimum değerler olarak alınırken, diğer kriterler ise maksimum değerler olarak alınmıştır. Hesaplanmış olan İdeal ve Negatif İdeal çözüm değerleri Çizelge 5.6'da yer almaktadır.

Bulunan ayırım ölçütleri değerleri Çizelge 5.7'de yer almaktadır.

Çizelge 5.4. Aktif tekerlekli sandalye seçimi standart matrisi

	Standart karar matrisi oluşturulması																	
	<i>D</i>	<i>KK</i>	<i>TE</i>	<i>AP</i>	<i>DA</i>	<i>H</i>	<i>GÇ</i>	<i>S</i>	<i>AK</i>	<i>AA</i>	<i>VÇ</i>	<i>DF</i>	<i>HK</i>	<i>OA</i>	<i>KT</i>	<i>KS</i>	<i>SF</i>	<i>BM</i>
Quickie-Krypton R (ALT1)	0,182	0,527	0,094	0,177	0,174	0,260	0,180	0,093	0,203	0,456	0,097	0,430	0,430	0,087	0,182	0,091	0,441	0,391
Kushall-K (ALT2)	0,273	0,452	0,284	0,088	0,262	0,433	0,270	0,280	0,304	0,273	0,194	0,344	0,344	0,174	0,273	0,182	0,176	0,156
Panthera-X (ALT3)	0,821	0,075	0,854	0,798	0,524	0,086	0,811	0,187	0,203	0,091	0,679	0,774	0,774	0,524	0,456	0,821	0,795	0,783
TiLite- ZRA (ALT4)	0,456	0,226	0,379	0,354	0,786	0,606	0,450	0,749	0,812	0,821	0,582	0,258	0,258	0,786	0,821	0,273	0,265	0,234
RGK-Tiga FX (ALT5)	0,091	0,678	0,189	0,443	0,087	0,606	0,180	0,561	0,406	0,182	0,388	0,172	0,172	0,262	0,091	0,456	0,265	0,391

Çizelge 5.5. Aktif tekerlekli sandalye seçimi ağırlıklı standart matrisi

	<i>D</i>	<i>KK</i>	<i>TE</i>	<i>AP</i>	<i>DA</i>	<i>H</i>	<i>GÇ</i>	<i>S</i>	<i>AK</i>	<i>AA</i>	<i>VÇ</i>	<i>DF</i>	<i>HK</i>	<i>OA</i>	<i>KT</i>	<i>KS</i>	<i>SF</i>	<i>BM</i>
Quickie-Krypton R (ALT1)	0,007	0,113	0,004	0,004	0,003	0,028	0,008	0,015	0,002	0,009	0,002	0,036	0,014	0,003	0,007	0,001	0,022	0,003
Kushall-K (ALT2)	0,011	0,097	0,014	0,002	0,004	0,048	0,012	0,045	0,003	0,005	0,004	0,029	0,011	0,007	0,011	0,002	0,008	0,001
Panthera-X (ALT3)	0,033	0,016	0,043	0,019	0,009	0,009	0,036	0,030	0,002	0,001	0,015	0,065	0,026	0,023	0,018	0,011	0,040	0,007
TiLite- ZRA (ALT4)	0,018	0,048	0,019	0,008	0,014	0,067	0,020	0,122	0,008	0,016	0,013	0,021	0,008	0,035	0,033	0,003	0,013	0,002
RGK-Tiga FX (ALT5)	0,003	0,145	0,009	0,010	0,001	0,067	0,008	0,091	0,004	0,003	0,008	0,014	0,005	0,011	0,003	0,006	0,013	0,003

Çizelge 5.6. Aktif tekerlekli sandalye seçimi ideal ve negatif ideal çözüm değerleri

	İdeal ve Negatif İdeal çözümleri																	
	<i>D</i>	<i>KK</i>	<i>TE</i>	<i>AP</i>	<i>DA</i>	<i>H</i>	<i>GÇ</i>	<i>S</i>	<i>AK</i>	<i>AA</i>	<i>VÇ</i>	<i>DF</i>	<i>HK</i>	<i>OA</i>	<i>KT</i>	<i>KS</i>	<i>SF</i>	<i>BM</i>
İdeal Çözüm	0,033	0,016	0,043	0,019	0,014	0,009	0,036	0,012	0,008	0,016	0,015	0,065	0,026	0,035	0,033	0,011	0,008	0,001
Negatif İdeal Çözüm	0,003	0,145	0,004	0,002	0,001	0,067	0,008	0,015	0,002	0,001	0,002	0,014	0,005	0,003	0,003	0,001	0,04	0,007

Çizelge 5.7. Aktif tekerlekli sandalye seçimi ayırım ölçütleri

Uzaklıkların bulunması			
S1 POZİTİF=	0,016	S1 NEGATİF=	0,059
S2 POZİTİF=	0,138	S2 NEGATİF=	0,072
S3 POZİTİF=	0,099	S3 NEGATİF=	0,166
S4 POZİTİF=	0,088	S4 NEGATİF=	0,157
S5 POZİTİF=	0,169	S5 NEGATİF=	0,082

Özet olarak, 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 kümelerden ayırım ölçütleri hesaplanarak, ideal ve negatif ideal çözümlere yakınlıklar elde edilmiştir. Son olarak negatif ve pozitif ayırım ölçütlerinin toplamından elde edilen değer, negatif ayırım ölçütlerinden elde edilen değer bölünerek C değerleri yani ideal çözüme göre yakınlık değerleri bulunmuş olup, alternatif tekerlekli sandalyeler için elde edilen öncelik sıralaması Çizelge 5.8’de yer almaktadır.

Çizelge 5.8. Aktif tekerlekli sandalye seçimi alternatiflerin öncelik sıralaması

Alternatifler	Öncelik Değeri	Öncelik Sırası
TiLite-ZRA (ALT4)	0,638	1
Panthera-X (ALT3)	0,627	2
Kuschall-K (ALT2)	0,341	3
RGK-Tiga FX (ALT5)	0,327	4
Quickie-Krypton R (ALT1)	0,263	5

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

5.4.3. AAS-PROMETHEE Yöntemi ile Problemin Çözümü

Yapılan bu 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 bazı kriterler için nicel kriterlere bazıları için ise nitel kriterler olarak yer almaktadır. Nicel kriterlerde, bu kriterlerin özelliklerinin belirli bir ortalamanın üstünde olması gerekliliğinden dolayı ve karar matrisi 1-9 arasındaki tam sayılı değerleri içerdiği için doğrusal fonksiyon (5. Tip), nitel kriterlerde ise U tipi (2. Tip) fonksiyon tercih edilmiştir. Kriterlerin yapısı ve kriterlerin alabileceği değerlerden yola çıkılarak tercih fonksiyonları belirlenmiştir. Karar matrisinin oluşturulmasından ve ortak tercih fonksiyonları belirlenmesinden sonra AAS yönteminde ortaya çıkarılan veriler programa girilmiştir. Karar matrisinde 1-9 değerleri 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 değerin tercih edileceği, “Min” olarak belirlenmesi durumunda ise karar verici tarafından en küçük değerin tercih edileceği görülmektedir. Paket programda veri giriş ekranı Şekil 5.10’da gösterilmiştir.

Visual PROMETHEE Academic - Visual Promethee Tekerlekli Sandalye Seçimi Emre Hoca.vpg (saved)																			
File Edit Model Control PROMETHEE-GAIA GDSS GIS Custom Assistants Snapshots Options Help																			
☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒																			
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	unit	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
Cluster/Group	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
Preferences																			
Min/Max	max	min	max	max	max	min	max	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	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	Linear
Thresholds	absolute	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	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	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	n/a
Statistics																			
Minimum	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00	1,00	2,00	1,00	1,00	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																			
☒ Quiddie-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	
☒ TLite- 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 5.10. Aktif tekerlekli sandalye seçimi Visual PROMETHEE veri giriş görüntüsü

Tercih fonksiyonları ve veri girişleri oluşturulduktan sonra paket programla alternatifler sıralanmıştır. Pozitif üstünlükle negatif üstünlük değerleri paket program yardımıyla bulunmuştur. Tam üstünlük değerleri ise pozitif üstünlük ve negatif üstünlük değerlerinin arasındaki farkın alınmasıyla PROMETHEE ile tam sonuçlar bulunmuştur. Bu yöntemle göre alternatiflerin sıralaması Çizelge 5.9’da 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.

Çizelge 5.9. Aktif tekerlekli sandalye seçimi PROMETHEE yöntemi ile bulunan sonuçları

Sıralama	Alternatifler	Phi+	Phi-	Phi
1	Panthera-X	0,642	0,177	0,464
2	TiLite-ZRA	0,538	0,205	0,333
3	Kuschall-K	0,226	0,374	-0,147
4	Quickie-Krypton R	0,171	0,483	-0,311
5	RGK-Tiga FX	0,186	0,525	-0,339

5.5. Sayısal Sonuçların Değerlendirilmesi

Bu çalışmada aktif tekerlekli sandalye seçimi problemi ele alınmıştır. Tekerlekli sandalye kullanıcısı taleplerini karşılayabilecek en iyi aktif tekerlekli sandalyeyi seçmek istemektedir. Bu amaçla, çalışmada aktif 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 ve maliyet %6 önem düzeyine sahiptir. Tekerlekli sandalye kullanıcısının ihtiyaçlarını karşılayabilecek nitelikte tekerlekli sandalye seçmenin hayati öneme sahip olduğu düşünüldüğünde güvenlik ve performans ana kriterinin büyük bir önem arz ettiği değerlendirilmektedir. Bu sonuçlara göre aktif 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 alt 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 sonuçları Çizelge 5.10'da yer almaktadır. TOPSIS yönteminde birinci alternatif TiLite-ZRA, PROMETHEE yönteminde ise birinci alternatif Panthera-X aktif tekerlekli sandalyesi çıkmıştır. Bu alternatifin en güçlü alternatif olduğunun görülmesinin sebebi ise, TiLite-ZRA ve Panthera-X aktif tekerlekli sandalyesinin keskin kenar sayısının az olması, daha hafif olması ve güçlü çerçeve ağırlığının daha yüksek çıkmış olmasıdır. Bu iki alternatif iki farklı yönetime göre birinci ve ikinci alternatif olarak değişmektedir. Bunun nedeni olarak ise PROMETHEE yönteminde kriterlere göre tercih fonksiyonunun değişmesinden kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.

Çizelge 5.10. Aktif tekerlekli sandalye seçiminin yöntemlere göre sıralanması

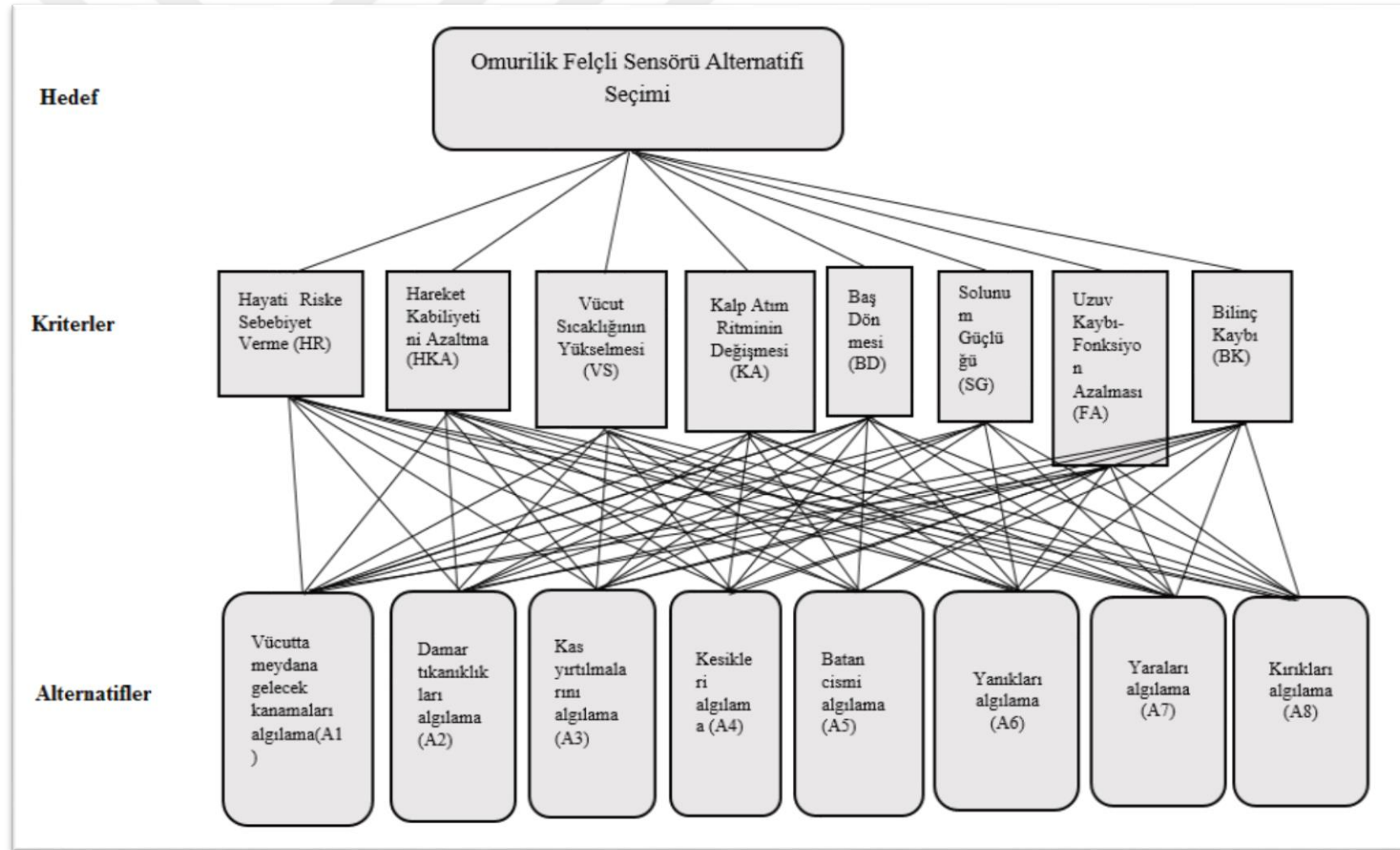
Sıralama	AAS	TOPSIS	PROMETHEE
1	Panthera-X	TiLite-ZRA	Panthera-X
2	TiLite-ZRA	Panthera-X	TiLite-ZRA
3	Kuschall-K	Kuschall-K	Kuschall-K
4	Quickie-Krypton R	Quickie-Krypton R	Quickie-Krypton R
5	RGK-Tiga FX	RGK-Tiga FX	RGK-Tiga FX

6. OMURİLİK FELÇLİ BİREYLER İÇİN SENSÖR ÖZELLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

6.1. 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 AHS, TOPSIS ve PROMETHEE yöntemleri kullanılmıştır. Omurilik felçli sensöründe yer alması gereken alternatiflerden hangisinin daha uygun olacağını tespit etmek için ÇKKV yöntemleri kullanılmıştır. Problemdeki kriter ağırlıklarının bulunabilmesi amacıyla AHS yöntemi kullanılmıştır. Bu sensörlerde yer alması gereken özelliklerin seçimi sürecinde ise, AHS yöntemi ile hesaplanan ağırlıklar kullanmış ve TOPSIS ve PROMETHEE yöntemlerinin çözümlerine ulaşılmıştır.

Bu seçimde sekiz adet alternatif sensör ve bu alternatiflere bağlı olarak sekiz adet kriter değerlendirme için belirlenmiştir. Bu kriterler, omurilik felçli fiziksel engellilerin, sağlık sorunlarına en iyi şekilde müdahale etmek üzerine yapılan araştırmalar sonucunda belirlenmiş olup Şekil 6.1’de hiyerarşik yapı ifade edilmiştir.

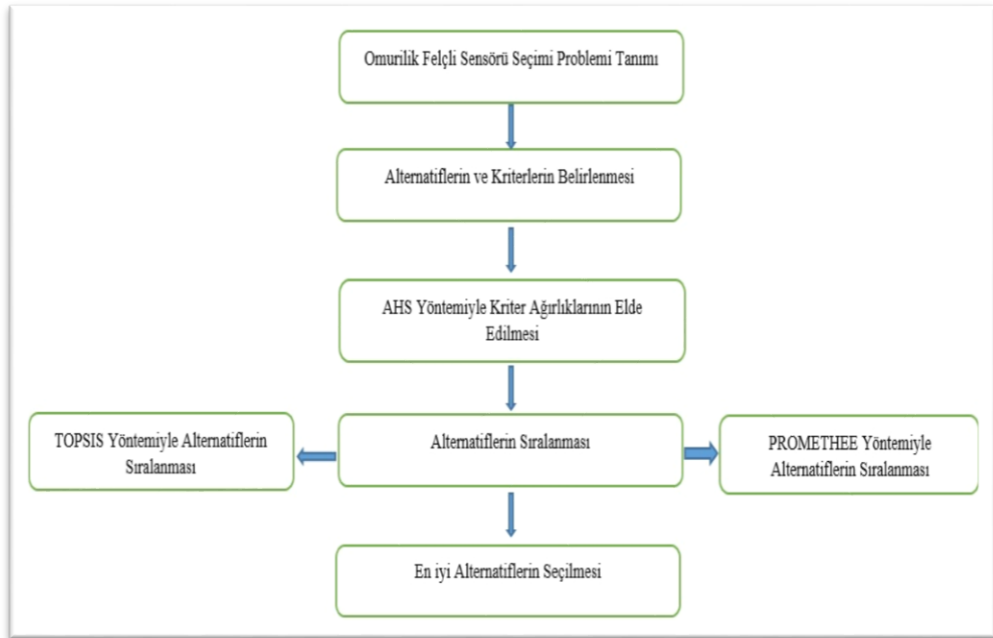


Şekil 6.1. Omurilik felçli sensörü seçiminin hiyerarşik yapısı

Omurilik felçli sensörü alternatifleri seçimi problemi için omurilik felçli fiziksel engelliler yardımı ile kriterler belirlenmiştir.

Çalışmada, omurilik felçli sensörü seçiminin değerlendirilmesinde AHS yöntemi ile kriter ağırlıkları bulunmuştur. Sonrasında TOPSIS ve PROMETHEE yöntemleriyle alternatifler sıralanmış ve ortaya çıkan sonuçlar değerlendirilmiştir. Çalışmanın adımlarında, omurilik felçli sensörü 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 6.2’de çalışmanın uygulama adımları yer almaktadır.



Şekil 6.2. Araştırma metodolojisi

6.2. Kriterler

Omurilik felçli sensöründe yer alması gereken kriterler beş yılın üzerinde tekerlekli sandalye kullanıcıları olan omurilik felçli parapleji ve tetrapleji hastası olan kişilerden oluşan uzman fiziksel engellilerin görüşleri alınarak oluşturulmuştur.

Ayrıca bu sensörde yer alması gereken kriterlerin seçimi problemiyle ilgili nicel veriler tekerlekli sandalye kullanıcısı uzman fiziksel engellilerin görüşleri doğrultusunda belirlenmiştir. Omurilik felçli sensörü 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), Uzun kayıp-Fonksiyon azalması (FA), Bilinç kaybı (BK) kriterleri belirlenmiştir.

Çalışmada yer alan kriterler Çizelge 6.1’de sunulmuştur.

Çizelge 6.1. Çalışmada kullanılan kriterler

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.
Uzun Kayıp-Fonksiyon Azalması (FA)	Organlarda hasara sebebiyet verecek kriterdir.
Bilinç Kaybı (BK)	Bilinç kaybına neden olacak kriterdir.

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 AHS’nin ikili karşılaştırma yöntemi ile ağırlıklar ve sonuç bulunarak, sonrasında TOPSIS ve PROMETHEE yöntemi ile de problem ele alınmış ve bulunan tüm sonuçlar kıyaslanmıştır.

6.3. Alternatifler

Kriterlerin belirlenmesine yardımcı olan uzman fiziksel engelliler tarafından omurilik felçli sensöründe yer alması gereken alternatifler sekiz adet olmak üzere, Vücutta meydana gelecek kanamaları algılama (A1), Damar tıkanıklıklarını algılama (A2), Kas yırtılmalarını algılama (A3), Kesikleri algılama (A4), Batan cismi algılama (A5), Yanıkları algılama (A6), Yaraları algılama (A7), Kırıkları Algılama (A8) olarak belirlenmiştir.

6.4. Problemin Çözümü

6.4.1. AHS Yöntemi ile Problemin Çözümü

AHS yönteminin ilk aşamasında Kriterlerin kriterler açısından olan ikili karşılaştırma matrisi ağırlıklandırılmıştır. Saaty'nin geliştirmiş olduğu ve Çizelge 4.1'de yer alan önem skalası ile bu ağırlıklandırmalar oluşturulmuştur.

Belirlenmiş olan sekiz adet ana kriter için yapılan ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 6.2'de yer almakta olup, tutarlılık oranı 0,013 olarak bulunmuştur.

Hayati riske sebebiyet verme (HR) kriteri için oluşturulmuş olan ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 6.3'te yer almakta olup, tutarlılık oranı 0,047 olarak bulunmuştur.

Çizelge 6.2. Kriterlerin kriterler açısından ikili karşılaştırma matrisi

Kriterler	Hayati Riske Sebebiyet Verme	Hareket Kabiliyetini Azaltma	Vücut Sıcaklığının Yükselmesi	Kalp Atım Ritminin Değişmesi	Baş Dönmesi	Solunum Güçlüğü	Uzuv Kaybı-Fonksiyon Azalması	Bilinç Kaybı
Hayati Riske Sebebiyet Verme	1	3	2	2	9	1	2	2
Hareket Kabiliyetini Azaltma	0,333	1	0,5	0,5	3	0,333	0,5	0,5
Vücut Sıcaklığının Yükselmesi	0,5	2	1	2	6	0,5	0,5	2
Kalp Atım Ritminin Değişmesi	0,5	2	0,5	1	5	0,5	0,5	2
Baş Dönmesi	0,111	0,333	0,166	0,2	1	0,125	0,142	0,25
Solunum Güçlüğü	1	3	2	2	8	1	1	2
Uzuv Kaybı-Fonksiyon Azalması	0,5	2	2	2	7	1	1	2
Bilinç Kaybı	0,5	2	0,5	0,5	4	0,5	0,2	1

Çizelge 6.3. Hayati riske sebebiyet verme kriteri için ikili karşılaştırma matrisi

Hayati Riske Sebebiyet Verme	Vücutta meydana gelecek kanamaları algılama (A1)	Damar tıkanıklıklarını algılama (A2)	Kas yırtılmalarını algılama (A3)	Kesikleri algılama (A4)	Batan cismi algılama (A5)	Yanıkları algılama (A6)	Yaraları algılama (A7)	Kırıkları algılama (A8)
Vücutta meydana gelecek kanamaları algılama (A1)	1	0,333	5	3	5	2	2	4
Damar tıkanıklıklarını algılama (A2)	3	1	7	5	7	5	5	6
Kas yırtılmalarını algılama (A3)	0,2	0,142	1	0,2	1	0,2	0,2	0,5
Kesikleri algılama (A4)	0,333	0,2	5	1	2	0,2	0,2	4
Batan cismi algılama (A5)	0,2	0,142	1	0,2	1	0,333	0,333	0,5
Yanıkları algılama (A6)	0,5	0,2	5	5	3	1	2	4
Yaraları algılama (A7)	0,5	0,2	5	1	3	0,5	1	4
Kırıkları algılama (A8)	0,25	0,166	2	0,25	2	0,25	0,25	1

Hareket Kabiliyetini Azaltma(HKA) kriteri için oluşturulmuş olan ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 6.4'te yer almakta olup, tutarlılık oranı 0,025 olarak bulunmuştur.

Çizelge 6.4. Hareket kabiliyetini azaltma kriteri için ikili karşılaştırma matrisi

Hareket Kabiliyetini Azaltma	Vücutta meydana gelecek kanamaları algılama (A1)	Damar tıkanıklıklarını algılama (A2)	Kas yırtılmalarını algılama (A3)	Kesikleri algılama (A4)	Batan cismi algılama (A5)	Yanıkları algılama (A6)	Yaraları algılama (A7)	Kırıkları algılama (A8)
Vücutta meydana gelecek kanamaları algılama (A1)	1	7	5	5	5	3	2	2
Damar tıkanıklıklarını algılama (A2)	0,142	1	0,5	0,5	0,5	0,333	0,333	0,333
Kas yırtılmalarını algılama (A3)	0,2	0,5	1	1	1	0,333	0,142	0,142
Kesikleri algılama (A4)	0,2	2	1	1	1	0,333	0,142	0,142
Batan cismi algılama (A5)	0,2	2	1	1	1	0,2	0,2	0,2
Yanıkları algılama (A6)	0,333	3	3	3	5	1	0,5	0,5
Yaraları algılama (A7)	0,5	3	7	7	5	2	1	1
Kırıkları algılama (A8)	0,5	3	7	7	5	2	1	1

Vücut Sıcaklığının Yükselmesi (VS) kriteri için oluşturulmuş olan ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 6.5'te yer almakta olup, tutarlılık oranı 0,045 olarak bulunmuştur.

Çizelge 6.5. Vücut sıcaklığının yükselmesi kriteri için ikili karşılaştırma matrisi

Vücut Sıcaklığının Yükselmesi	Vücutta meydana gelecek kanamaları algılama (A1)	Damar tıkanıklıklarını algılama (A2)	Kas yırtılmalarını algılama (A3)	Kesikleri algılama (A4)	Batan cismi algılama (A5)	Yanıkları algılama (A6)	Yaraları algılama (A7)	Kırıkları algılama (A8)
Vücutta meydana gelecek kanamaları algılama (A1)	1	1	0,5	0,166	0,25	0,142	0,125	0,5
Damar tıkanıklıklarını algılama (A2)	1	1	0,5	0,166	0,25	0,142	0,125	0,5
Kas yırtılmalarını algılama (A3)	2	2	1	0,5	0,2	0,166	0,142	1
Kesikleri algılama (A4)	6	6	2	1	2	0,333	0,25	2

Çizelge 6.5. (devamı...) Vücut sıcaklığının yükselmesi kriteri için ikili karşılaştırma matrisi

Vücut Sıcaklığının Yükselmesi	Vücutta meydana gelecek kanamaları algılama (A1)	Damar tıkanıklıklarını algılama (A2)	Kas yırtılmalarını algılama (A3)	Kesikleri algılama (A4)	Batan cismi algılama (A5)	Yanıkları algılama (A6)	Yaraları algılama (A7)	Kırıkları algılama (A8)
Batan cismi algılama (A5)	4	4	5	0,5	1	0,25	0,2	5
Yanıkları algılama (A6)	7	7	6	3	4	1	0,5	6
Yaraları algılama (A7)	8	8	7	4	5	2	1	7
Kırıkları algılama (A8)	2	2	1	0,5	0,2	0,166	0,142	1

Kalp Atım Ritminin Değişmesi (KA) kriteri için oluşturulmuş olan ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 6.6’da yer almakta olup, tutarlılık oranı 0,029 olarak bulunmuştur.

Çizelge 6.6. Kalp atım ritminin değişmesi kriteri için ikili karşılaştırma matrisi

Kalp Atım Ritminin Değişmesi	Vücutta meydana gelecek kanamaları algılama (A1)	Damar tıkanıklıklarını algılama (A2)	Kas yırtılmalarını algılama (A3)	Kesikleri algılama (A4)	Batan cismi algılama (A5)	Yanıkları algılama (A6)	Yaraları algılama (A7)	Kırıkları algılama (A8)
Vücutta meydana gelecek kanamaları algılama (A1)	1	2	4	0,5	2	0,5	3	4
Damar tıkanıklıklarını algılama (A2)	0,5	1	3	0,5	2	0,5	2	3
Kas yırtılmalarını algılama (A3)	0,25	0,333	1	0,25	0,5	0,333	0,5	1
Kesikleri algılama (A4)	2	2	4	1	2	2	2	4
Batan cismi algılama (A5)	0,5	0,5	2	0,5	1	0,333	0,5	2
Yanıkları algılama (A6)	2	2	3	0,5	3	1	2	3
Yaraları algılama (A7)	0,333	0,5	2	0,5	2	0,5	1	2
Kırıkları algılama (A8)	0,25	0,333	1	0,25	0,5	0,333	0,5	1

Baş Dönmesi (BD) kriteri için oluşturulmuş olan ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 6.7’de yer almakta olup, tutarlılık oranı 0,012 olarak bulunmuştur.

Çizelge 6.7. Baş dönmesi kriteri için ikili karşılaştırma matrisi

Baş Dönmesi	Vücutta meydana gelecek kanamaları algılama (A1)	Damar tıkanıklıklarını algılama (A2)	Kas yırtılmalarını algılama (A3)	Kesikleri algılama (A4)	Batan cismi algılama (A5)	Yanıkları algılama (A6)	Yaraları algılama (A7)	Kırıkları algılama (A8)
Vücutta meydana gelecek kanamaları algılama (A1)	1	2	4	2	2	3	4	4
Damar tıkanıklıklarını algılama (A2)	0,5	1	3	2	2	2	3	3
Kas yırtılmalarını algılama (A3)	0,25	0,333	1	0,333	0,5	0,5	0,5	1
Kesikleri algılama (A4)	0,5	0,5	3	1	1	2	3	3
Batan cismi algılama (A5)	0,5	0,5	2	1	1	2	2	2
Yanıkları algılama (A6)	0,333	0,2	2	0,5	0,5	1	2	2
Yaraları algılama (A7)	0,25	0,333	2	0,333	0,5	0,5	1	2
Kırıkları algılama (A8)	0,25	0,333	1	0,333	0,5	0,5	0,5	1

Solunum Güçlüğü (SG) kriteri için oluşturulmuş olan ikili karşılaştırma matrisi

Çizelge 6.8’de yer almakta olup, tutarlılık oranı 0,022 olarak bulunmuştur.

Çizelge 6.8. Solunum güçlüğü kriteri için ikili karşılaştırma matrisi

Solunum Güçlüğü	Vücutta meydana gelecek kanamaları algılama (A1)	Damar tıkanıklıklarını algılama (A2)	Kas yırtılmalarını algılama (A3)	Kesikleri algılama (A4)	Batan cismi algılama (A5)	Yanıkları algılama (A6)	Yaraları algılama (A7)	Kırıkları algılama (A8)
Vücutta meydana gelecek kanamaları algılama (A1)	1	0,5	3	0,5	2	2	2	3
Damar tıkanıklıklarını algılama (A2)	2	1	4	2	3	2	2	4
Kas yırtılmalarını algılama (A3)	0,333	0,25	1	0,25	0,5	0,333	0,333	1
Kesikleri algılama (A4)	2	0,5	4	1	3	2	2	4

Çizelge 6.8. (devamı...) Solunum güçlüğü kriteri için ikili karşılaştırma matrisi

Solunum Güçlüğü	Vücutta meydana gelecek kanamaları algılama (A1)	Damar tıkanıklıklarını algılama (A2)	Kas yırtılmalarını algılama (A3)	Kesikleri algılama (A4)	Batan cismi algılama (A5)	Yanıkları algılama (A6)	Yaraları algılama (A7)	Kırıkları algılama (A8)
Batan cismi algılama (A5)	0,5	0,333	2	0,333	1	0,5	0,5	2
Yanıkları algılama (A6)	0,5	0,5	3	0,5	2	1	2	3
Yaraları algılama (A7)	0,5	0,5	3	0,5	2	0,5	1	3
Kırıkları algılama (A8)	0,333	0,25	1	0,25	0,5	0,333	0,333	1

Uzuv Kaybı-Fonksiyon Azalması (FA) kriteri için oluşturulmuş olan ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 6.9’da yer almakta olup, tutarlılık oranı 0,003 olarak bulunmuştur.

Çizelge 6.9. Uzuv kaybı-Fonksiyon azalması kriteri için ikili karşılaştırma matrisi

Uzuv Kaybı-Fonksiyon Azalması	Vücutta meydana gelecek kanamaları algılama (A1)	Damar tıkanıklıklarını algılama (A2)	Kas yırtılmalarını algılama (A3)	Kesikleri algılama (A4)	Batan cismi algılama (A5)	Yanıkları algılama (A6)	Yaraları algılama (A7)	Kırıkları algılama (A8)
Vücutta meydana gelecek kanamaları algılama (A1)	1	2	9	2	4	2	2	2
Damar tıkanıklıklarını algılama (A2)	0,5	1	5	0,5	2	1	0,5	1
Kas yırtılmalarını algılama (A3)	0,111	0,2	1	0,142	0,333	0,25	0,166	0,25
Kesikleri algılama (A4)	0,2	2	7	1	3	2	1	2
Batan cismi algılama (A5)	0,25	0,5	3	0,333	1	0,5	0,333	0,5
Yanıkları algılama (A6)	0,5	1	4	0,5	2	1	0,5	1
Yaraları algılama (A7)	0,5	2	6	1	3	2	1	2
Kırıkları algılama (A8)	0,5	1	4	0,5	2	1	0,5	1

Bilinç Kaybı (BK) kriteri için oluşturulmuş olan ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 6.10’da yer almakta olup, tutarlılık oranı 0,021 olarak bulunmuştur.

Çizelge 6.10. Bilinç kaybı kriteri için ikili karşılaştırma matrisi

Bilinç Kaybı	Vücutta meydana gelecek kanamaları algılama (A1)	Damar tıkanıklıklarını algılama (A2)	Kas yırtılmalarını algılama (A3)	Kesikleri algılama (A4)	Batan cismi algılama (A5)	Yanıkları algılama (A6)	Yaraları algılama (A7)	Kırıkları algılama (A8)
Vücutta meydana gelecek kanamaları algılama (A1)	1	2	9	2	4	2	2	9
Damar tıkanıklıklarını algılama (A2)	0,5	1	7	2	3	1	2	7
Kas yırtılmalarını algılama (A3)	0,111	0,142	1	0,166	0,2	0,166	0,25	1
Kesikleri algılama (A4)	0,5	0,5	6	1	3	1	2	6
Batan cismi algılama (A5)	0,25	0,333	5	0,333	1	0,333	0,5	5
Yanıkları algılama (A6)	0,5	1	6	1	3	1	2	6
Yaraları algılama (A7)	0,5	0,5	4	0,5	2	0,5	1	4
Kırıkları algılama (A8)	0,111	0,142	1	0,166	0,2	0,166	0,25	1

Yapılan tüm hesaplamalarda tutarlılık oranının 0,10'dan küçük olduğu bulunmuş olup, Çizelge 4.2'de yer alan değerlerde, sekiz adet alternatif olduğu için CR'de rassallık oranı 1,41 olarak bulunmuştur. Tüm bu hesaplamalar sonucunda ortaya çıkan alternatiflerin özvektörleri Çizelge 6.11'de yer almaktadır.

Çizelge 6.11. Alternatiflerin özvektörleri

Alternatiflerin Özvektörleri	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)	Bilinç Kaybı (BK)
Vücutta meydana gelecek kanamaları algılama (A1)	0,157	0,291	0,028	0,175	0,266	0,152	0,253	0,269
Damar tıkanıklıklarını algılama (A2)	0,342	0,039	0,028	0,129	0,192	0,24	0,107	0,188
Kas yırtılmalarını algılama (A3)	0,027	0,037	0,047	0,047	0,053	0,045	0,024	0,024
Kesikleri algılama (A4)	0,060	0,046	0,124	0,233	0,148	0,204	0,169	0,153
Batan cismi algılama (A5)	0,030	0,046	0,120	0,079	0,126	0,073	0,058	0,074
Yanıkları algılama (A6)	0,132	0,124	0,253	0,191	0,086	0,129	0,104	0,164
Yaraları algılama (A7)	0,082	0,207	0,349	0,095	0,071	0,109	0,177	0,101
Kırıkları algılama (A8)	0,040	0,207	0,047	0,047	0,053	0,045	0,104	0,024

Kriterlerin özvektörleri Çizelge 6.12’de yer almaktadır.

Çizelge 6.12. Kriterlerin özvektörleri

Kriterlerin Özvektörleri		
Hayati	Riske	
Sebebiyet	Verme	0,221
(HR)		
Hareket		
Kabiliyetini		0,064
Azaltma (HKA)		
Vücut Sıcaklığının		0,131
Yükselmesi (VS)		
Kalp Atım Ritminin		0,108
Değişmesi (KA)		
Baş Dönmesi (BD)		0,022
Solunum Güçlüğü		0,197
(SG)		
Uzuv	Kayıbı-	
Fonksiyon		0,171
Azalması (FA)		
Bilinç Kaybı (BK)		0,072

Çalışmanın ilk aşamasında, daha önceden belirlediğimiz amaç doğrultusunda kriterler belirlenmiştir. Sonrasında hiyerarşik yapı oluşturulmuştur. AHS yöntemi ile kriter ağırlıkları bulunmuştur. Bu ağırlıklar Çizelge 6.13’te yer almakta olup, ağırlıklar kriterlerin ikili karşılaştırma matrisine dayanılarak hesaplanmıştır. AHS 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, AHS yaklaşımıyla ortaya konulan omurilik felçli sensörü seçiminde seçiminde nihai sıralama A2, A1, A7, A6, A4, A5, A8, A3 şeklinde elde edilmiştir. Elde edilen sıralama Çizelge 6.14 ‘te verilmiştir.

Çizelge 6.13. Omurilik felçli sensörü seçimi kriterlerin normalize ağırlıklıkları

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

Çizelge 6.14. Omurilik felçli sensörü AHS yöntemi alternatiflerin sıralaması

Alternatifler	Öncelik Değeri	Öncelik Sırası
Damar tıkanıklıklarını algılama (A2)	0,180	1
Vücutta meydana gelecek kanamaları algılama (A1)	0,175	2
Yaraları algılama (A7)	0,1489	3
Yanıkları algılama (A6)	0,1487	4
Kesikleri algılama (A4)	0,142	5
Batan cismi algılama (A5)	0,067	6
Kırıkları algılama (A8)	0,063	7
Kas yırtılmalarını algılama (A3)	0,036	8

6.4.2. AHS-TOPSIS yöntemi ile problemin çözümü

AHS yöntemi ile elde ettiğimiz Çizelge 6.13'te yer alan nihai ağırlıklar TOPSIS yönteminde kullanılacaktır.

Omurilik felçli sensöründe yer almasını istediğimiz alternatifler için sekiz adet kriter dikkate alınarak, en uygun alternatifler seçilmiştir. Bölüm 6.4.1'de yer verilen tekerlekli sandalye kullanıcılarının görüşlerine ve eldeki verilere göre oluşturulan karar matrisi aracılığıyla özellikler tespit edilmiş ve Çizelge 6.15'te sunulmuştur.

Çizelge 6.15. Omurilik felçli sensörü seçimi karar matrisinde yer alacak olan veri çizelgesi

Alternatifler/ Kriterler	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)	Bilinç Kaybı (BK)
Vücutta meydana gelecek kanamaları algılama (A1)	7	8	1	8	8	6	9	9
Damar tıkanıklıklarını 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

Sütundaki her bir eleman, bir önceki aşamada yer alan sütun elemanlarının kareleri toplamının kareköküne bölünerek standart karar matrisi oluşturulur. Bu hesaplamalar sonucunda bulunan standart karar matrisi Çizelge 6.16’da yer almaktadır. Standart karar matrisi elemanları ile AHS yöntemi ile elde edilen ağırlıklar çarpılarak ağırlıklı standart karar matrisi elde edilmiştir. Ağırlıklı standart karar matrisi Çizelge 6.17’de yer almaktadır.

Çizelge 6.16. Omurilik felçli sensörü seçimi standart matrisi

	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)	Bilinç Kaybı (BK)
Vücutta meydana gelecek kanamaları algılama (A1)	0,479	0,529	0,088	0,556	0,556	0,417	0,596	0,616
Damar tıkanıklıklarını algılama (A2)	0,616	0,132	0,088	0,347	0,486	0,556	0,331	0,479
Kas yırtılmalarını algılama (A3)	0,068	0,066	0,176	0,139	0,139	0,139	0,066	0,068
Kesikleri algılama (A4)	0,274	0,264	0,440	0,486	0,417	0,486	0,463	0,342
Batan cismi algılama (A5)	0,068	0,198	0,264	0,278	0,347	0,208	0,132	0,137
Yanıkları algılama (A6)	0,411	0,397	0,528	0,417	0,278	0,347	0,264	0,411
Yaraları algılama (A7)	0,342	0,463	0,616	0,208	0,208	0,278	0,397	0,274
Kırıkları algılama (A8)	0,137	0,463	0,176	0,139	0,139	0,139	0,264	0,068

Çizelge 6.17. Omurilik felçli sensörü seçimi ağırlıklı standart matrisi

	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)	Bilinç Kaybı (BK)
Vücutta meydana gelecek kanamaları algılama (A1)	0,106	0,033	0,011	0,060	0,012	0,082	0,102	0,044
Damar tıkanıklıklarını algılama (A2)	0,136	0,008	0,011	0,037	0,010	0,109	0,056	0,034
Kas yırtılmalarını algılama (A3)	0,015	0,004	0,023	0,015	0,003	0,027	0,011	0,004
Kesikleri algılama (A4)	0,060	0,016	0,057	0,053	0,009	0,095	0,079	0,024
Batan cismi algılama (A5)	0,015	0,012	0,034	0,030	0,007	0,041	0,022	0,009
Yanıkları algılama (A6)	0,091	0,025	0,069	0,045	0,006	0,068	0,045	0,029
Yaraları algılama (A7)	0,075	0,029	0,080	0,022	0,004	0,054	0,068	0,019
Kırıkları algılama (A8)	0,030	0,029	0,023	0,015	0,003	0,027	0,045	0,004

İdeal ve negatif ideal çözümlerin elde edilmesi için, İdeal olan (A+) değerler için ağırlıklı karar matrisi sütunlarda yer alan maksimum değerleri alınırken, Negatif İdeal (A-) değer için ağırlıklı standart karar matrisi sütunlarında yer alan minimum değerler alınmıştır. Bu çözümde tüm kriterler maksimum değerler olarak alınmıştır. Hesaplanmış olan İdeal ve Negatif İdeal çözüm değerleri Çizelge 6.18’de yer almaktadır.

Çizelge 6.18. Omurilik felçli sensörü seçimi ideal ve negatif ideal çözüm değerleri

	İdeal ve Negatif İdeal çözümler							
	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)	Bilinç Kaybı (BK)
İdeal Çözüm	0,136	0,033	0,080	0,060	0,012	0,109	0,102	0,044
Negatif İdeal Çözüm	0,015	0,004	0,011	0,015	0,003	0,027	0,011	0,004

Ayrım ölçütlerini hesaplamak için, ağırlıklı standart karar matrisinde yer alan sütun değerlerinden, bulunan ideal çözüm değerleri çıkarılarak ardından kareleri alınır. Sonrasında ise kareleri alınan bu değerler toplandıktan sonra karekökü alınır ve S pozitif değerleri ortaya çıkarılır. Yine aynı şekilde, ağırlıklı standart karar matrisinde yer alan sütun değerlerinden, bulunan negatif ideal çözüm değerleri çıkarılarak ardından kareleri alınır. Sonrasında ise kareleri alınan bu değerler toplandıktan sonra karekökü alınır ve S negatif değerleri ortaya çıkarılır. Bulunan ayrım ölçütleri değerleri Çizelge 6.19’de yer almaktadır.

Çizelge 6.19. Omurilik felçli sensörü seçimi ayırım ölçütleri

Uzaklıkların bulunması			
S1 POZİTİF=	0,08	S1 NEGATİF=	0,155
S2 POZİTİF=	0,09	S2 NEGATİF=	0,158
S3 POZİTİF=	0,194	S3 NEGATİF=	0,011
S4 POZİTİF=	0,087	S4 NEGATİF=	0,124
S5 POZİTİF=	0,174	S5 NEGATİF=	0,034
S6 POZİTİF=	0,087	S6 NEGATİF=	0,118
S7 POZİTİF=	0,099	S7 NEGATİF=	0,115
S8 POZİTİF=	0,168	S8 NEGATİF=	0,046

AHS 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 6.20’de elde edilmiştir.

Çizelge 6.20. Alternatiflerin öncelik sıralaması

Alternatifler	Öncelik Değeri	Öncelik Sırası
Vücutta meydana gelecek kanamaları algılama (A1)	0,658	1
Damar tıkanıklıklarını 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

Çizelge 6.20. (devamı...) Alternatiflerin öncelik sıralaması

Alternatifler	Öncelik Değeri	Öncelik Sırası
Batan cismi algılama (A5)	0,165	7
Kas yırtılmalarını algılama (A3)	0,056	8

Bu sonuçlardan, Hayati Riske Sebebiyet Verme (HR) ve Solunum Güçlüğü (SG) kriterlerinin ağırlıklarının yüksek çıkmış olması nedeniyle, vücutta meydana gelecek kanamaları algılama (A1) alternatifinin birinci, damar tıkanıklıklarını 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.

6.4.3. AHS-PROMETHEE Yöntemi ile Problemin Çözümü

Yapılan bu 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 AHS yönteminde ortaya çıkarılan veriler programa 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. Paket programda veri giriş ekranı Şekil 6.3 ‘te gösterilmiştir.

Scenario1	HR	HKA	VS	KA	BD	SG	FA	BK
Unit	9-point	9-point	9-point	9,00	9,00	9-point	9-point	9-point
Cluster/Group	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
Preferences								
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
Statistics								
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
Evaluations								
✓ A1	G	G-VG	VB	G-VG	G-VG	A-G	VG	VG
✓ A2	VG	VB-B	VB	A	G	G-VG	A	G
✓ A3	VB	VB	VB-B	VB-B	VB-B	VB-B	VB	VB
✓ A4	B-A	B-A	A	G	A-G	G	G	A
✓ A5	VB	B	B	B-A	A	B	VB-B	VB-B
✓ A6	A-G	A-G	A-G	A-G	B-A	A	B-A	A-G
✓ A7	A	G	G	B	B	B-A	A-G	B-A
✓ A8	VB-B	G	VB-B	VB-B	VB-B	VB-B	B-A	VB

Şekil 6.3. Omurilik felçli sensörü Visual PROMETHEE veri giriş görüntüsü

Tercih fonksiyonları ve veri girişleri oluşturulduktan sonra paket program ile alternatifler sıralanmıştır. Pozitif üstünlükle negatif üstünlük değerleri paket programı yardımıyla bulunmuştur. Tam üstünlük değerleri ise pozitif üstünlük ve negatif üstünlük değerlerinin arasındaki farkın alınmasıyla bulunmuştur. Bu yöntemle göre alternatiflerin sıralaması Çizelge 6.21’de verilmiştir. Bu sonuçlardan; vücutta meydana gelecek kanamaları algılama (A1) alternatifinin birinci, damar tıkanıklıklarını 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.

Çizelge 6.21. PROMETHEE yöntemi ile bulunan sonuçlar

Sıralama	Alternatifler	Phi+	Phi-	Phi
1	Vücutta meydana gelecek kanamaları algılama (A1)	0,500	0,087	0,413
2	Damar tıkanıklıklarını algılama (A2)	0,407	0,137	0,269
3	Kesikleri algılama (A4)	0,369	0,115	0,253
4	Yanıkları algılama (A6)	0,318	0,116	0,201
5	Yaraları algılama (A7)	0,276	0,156	0,120
6	Kırıkları algılama (A8)	0,051	0,408	-0,357
7	Batan cismi algılama (A5)	0,044	0,413	-0,369
8	Kas yırtılmalarını algılama (A3)	0	0,530	-0,530

6.5. Sayısal Sonuçların Değerlendirilmesi

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

Kullanılan yöntemler sonucunda elde edilen alternatif sıralamalarında farklılıklar görülmüştür. TOPSIS ve PROMETHEE yönteminde birinci alternatif A1 alternatifi

çıkmiştir. AHS yönteminde ise birinci sırada A2 alternatifi çıkmıştır. Yine tüm yöntemler değerlendirildiğinde, A3 alternatifi son sırada yer almaktadır.

Yapılan çalışmalar neticesinde elde edilen sonuçlar Çizelge 6. 22’de yer almaktadır.

Çizelge 6.22. Omurilik felçli sensörünün yöntemlere göre alternatiflerin sıralanması

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

7. SONUÇ VE GELECEK ÇALIŞMA ÖNERİLERİ

Dünya üzerinde artmaya devam eden fiziksel engellilikler nedeniyle buna bağlı olarak fiziksel engellilerin ihtiyacı olan ve gereksinim duyduğu malzeme, donanım ve araçlara da talepler artmaktadır. Bu taleplerin karşılanabilmesi amacıyla bu çalışma kapsamında değerlendirmeler yapılmıştır. Bu taleplerin en önemlilerinden birisi olan aktif tekerlekli sandalye seçimi ve yine en önemlilerinden olan omurilik felçli sensörü özelliklerinin seçimi bu çalışma kapsamında ele alınmış ve değerlendirmeler yapılmıştır.

Bu çalışmada ÇKKV yöntemleri aracılığıyla yapılan aktif tekerlekli sandalye seçimi probleminde aktif tekerlekli sandalyeler için güvenlik ve performans ana kriterlerinin en önemli ana kriterlerden biri olduğu ve TiLite-ZRA ve Panthera-X aktif tekerlekli sandalyeleri birinci ve ikinci alternatif olarak değerlendirilmiştir.

Yine bu çalışmada, ÇKKV yöntemleri aracılığıyla omurilik felçli sensörü özelliklerinin seçiminde, omurilik felçli fiziksel engellilerin Hayati Risk (HR) ve Solunum Güçlüğü (SG) kriterlerinin omurilik felçli sensörü içinde yer alması gereken önemli kriterler olduğu değerlendirilmiştir.

Aktif Tekerlekli sandalye seçimi problemi ve omurilik felçli sensörünün özelliklerinin seçimi fiziksel engelliler için hayati önemi haiz konular arasındadır. Hayatının çok büyük bir bölümünü tekerlekli sandalye üzerinde geçirmekte olan fiziksel engelliler için tekerlekli sandalyelerin seçiminde, fiziksel engellilerin taleplerinin, ihtiyaçlarının ve kriterlerinin göz önünde tutulacağı kapsamlı çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır. Literatür araştırmalarında aktif tekerlekli sandalye seçimi ile ilgili çalışmalar mevcut olmakla birlikte tekerlekli sandalye seçimi problemlerinde AAS, AAS-TOPSIS ve AAS-PROMETHEE yöntemlerinin birlikte kullanıldığı çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada, Dünya’da aktif tekerlekli sandalye üreticisi olan üreticilerin üretmiş olduğu

aktif tekerlekli sandalyeler arasından, fiziksel engelliler için en uygun olan aktif tekerlekli sandalye seçimi ÇKKV yöntemleri ile yapılmıştır. Sonraki çalışmalarda tekerlekli sandalyelerde kullanılan teknolojiler dikkate alınarak değerlendirmeler yapılabilir. Aynı zamanda fiziksel engelli bireylerin günlük yaşam ve çalışma hayatları dikkate alınarak farklı kullanıcılar için alternatifler değerlendirilebilir ve karşılaştırmalar yapılabilir.

Vücudunun çoğu bölgesini hissetmeyen omurilik felçli fiziksel engellilerin taleplerinin, ihtiyaçlarının ve kriterlerinin de göz önünde tutulacağı kapsamlı çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır. Literatürde omurilik felçli sensörü seçimi problemlerinde AHS, AHS-TOPSIS ve AHS-PROMETHEE yöntemlerinin birlikte kullanıldığı çalışmaya rastlanmamıştır.

Sonraki çalışmalarda tıp ve giyilebilir teknolojide kullanılan teknolojiler dikkate alınarak omurilik felçli engellilerin hayati önemi haiz ihtiyaçları ve talepleri de dikkate alınarak değerlendirmeler yapılabilir.

KAYNAKLAR

Ahmad, M. N., Maidin, N. A., Rahman, M. A., & Osman, M. H. (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.

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.

Alptekin, N. (2010). Analitik Ağ Süreci Yaklaşımı ile TÜRKİYE’de Beyaz Eşya Sektörünün Pazar Payı Tahmini. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 11(1), 18-27.

Aly, M. F., Attia, H. A., & 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 Enstitüsü, Ankara..

Arıbaş, M., & Özcan, U. (2016). Akademik Araştırma Projelerinin AHP ve TOPSIS Yöntemleri Kullanılarak Değerlendirilmesi. *Politeknik Dergisi*, 19(2), 163-173.

Ariff, H., Salit, M. S., Ismail, N., & Nukman, Y. (2008). Use of analytical hierarchy process (AHP) for selecting the best design concept. *Jurnal Teknologi*, 1-18.

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.

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)).

Bozomitu, R. G., Niță, L., Cehan, V., Alexa, I. D., Ilie, A. C., Pășărică, 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., & De Smet, Y. (2016). PROMETHEE Methods. Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys, 187-219.

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.

Çınar, H., & Erdem, H. E. (2008). Yaşam hakkı: tekerlekli sandalye kullanıcılarının konut iç mekan donatı elemanları ve mobilya kullanımı. *Politeknik Dergisi*, 11(2), 169-174.

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.

Desai, S., Mantha, S., ve Phalle, V. (2021). TRIZ and AHP in Early Design Stage of a Novel Reconfigurable Wheelchair. Journal of Mechanical Engineering, 16(3), 123-141.

DiGiovine, C. P., Cooper, R. A., Fitzgerald, S. G., Boninger, M. L., Wolf, E. J., & Guo, S. (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., Cooper, R. A., Boninger, M. L., Lawrence, B. M., VanSickle, D. P., & Rentschler, A. J. (2000). User assessment of manual wheelchair ride comfort and ergonomics. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 81(4), 490-494.

Doruk, M., Mustafaoğlu, R., Yıldız, A., & Öztürk, M. (2019). Tekerlekli sandalye basketbol oyuncularında core kas dayanıklılığı ile aerobik kapasite, hız, çeviklik ve spora özgü beceriler arasındaki ilişkinin incelenmesi. Spor Bilimleri Dergisi, 30(3), 96-106.

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.

Fitzgerald, S. G., Cooper, R. A., Boninger, M. L., & Rentschler, A. J. (2001). Comparison of fatigue life for 3 types of manual wheelchairs. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 82(10), 1484-1488.

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.

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., & Yuan, Y. L. (2012). The evaluation of wheelchair comfort based on analytic hierarchy process. In *Advanced Materials Research*, 415, 1055-1059.

Hamurcu, M., ve Eren, T. (2017). Raylı Sistem Projeleri Kararında AHS-HP ve AAS-HP Kombinasyonu. *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 3(3), 1-13.

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.

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

Iksan, M. N., & Susilawati, A. (2021). Design of a Multi-Functional Wheelchair Based Fuzzy Analytical Hierarchy Process. Journal of Ocean, Mechanical and Aerospace-science and engineering-, 65(1), 8-13.

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.

Karabay, İ., Fırat M., ve Şenlikçi, H. B., Ersöz, M., & Akkuş, S. (2021). TÜRKİYE’de Tekerlekli Sandalye Kullanıcılarının Karşılaştıkları Sorunlar ve İlişkili Faktörler. Journal of Physical Medicine and Rehabilitation Sciences, 24(1), 9-52.

Kazançoğlu, Y., ve Ada, E. (2010). Perakende Sektöründe Tedarikçi Seçiminin Bulanık AHP ile Gerçekleştirilmesi. Savunma Bilimleri Dergisi, 9(1), 29-52.

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.

Kuvvetli, V. (1995). Ortopedik özürlüler 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., Routhier, F., Noreau, L., Phang, S. H., & Martin Ginis, K. A. (2012). Relationships between wheelchair skills, wheelchair mobility and level of injury in individuals with spinal cord injury. *Spinal cord*, 50(1), 37-41.

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.

Mistarihi, M. Z., Okour, R. A., and 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.

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.

Muqodimah, F. N., Susmartini, S., and 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., & Azsöz, G. P. (2020). Tekerlekli sandalye kullanan engellilerin sosyal hayata katılımında en büyük engel; yapıli çevrede yaşanan problemler ve çözüm önerileri. Sosyal politika çalışmaları dergisi, 357-382.

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. Eksploatacja 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.

Rizzuti, S., & De Napoli, L. (2016). The challenging phase of concept selection integrated with the customers' judgement noticed by the kano model. In *DS 83: 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, (pp. 460-465).

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

Saaty T. L., and Vargas L. G. (2006). *Decision Making with the Analytic Network Process*. Springer Science, (282).

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.

Saltan, A., Ergün, N. (2017). Kadın Tekerlekli Sandalye Basketbolcularında Fonksiyonel Bağımsızlık, Yaşam Kalitesi ve Tekerlekli Sandalye Becerilerinin Araştırılması. *Fizyoterapi Rehabilitasyon*, 28(2), 60-67.

Stefanov, D., Avtanski, A., Shapcott, N., Magee, P., Dryer, P., Fielden, S., ... & Moody, L. (2015). The development and testing of a system for wheelchair stability measurement. *Medical Engineering & Physics*, 37(11), 1061-1069.

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.

Tosun, G. (2010). *Tekerlekli Sandalye Kullanıcılarına Yönelik Banyo Sağlık Gereçlerinin İşlevsellik Analizi* (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).

Tüylek, Z. (2017). *Biyosensörler ve nanoteknolojik etkileşim*. Bitlis Eren Üniversitesi

Fen Bilimleri Dergisi, 6(2), 71-80.

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.

Uyanık, M., Bumin, G., Düger, T., & Kayıhan, H. (2002). 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, 16(4), 2-13.

Van der Woude, L. H. V., Veeger, H. E. J., Dallmeijer, A. J., Janssen, T. W. J., & Rozendaal, L. A. (2001). Biomechanics and physiology in active manual wheelchair propulsion. Medical engineering & physics, 23(10), 713-733.

Vincke, J. P., & Brans, P. (1985). A preference ranking organization method. The PROMETHEE method for MCDM. Management Science, 31(6), 647-656.

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.

Yaralıoğlu, K. (2010). Karar Verme Yöntemleri. Detay Yayıncılık.

Yılmazçoban, İ. K. (2009). Engelli araçlarının sonlu elemanlar metodu yardımı ile çevresel şartlara uygunluğunun incelenmesi (Doctoral dissertation, Sakarya Üniversitesi (Turkey)).

Yuan, Y., & Guan, T. (2014). Design of Individualized Wheelchairs Using AHP and Kano Model. Hindawi Publishing Corporation Advances in Mechanical Engineering, 6.

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.

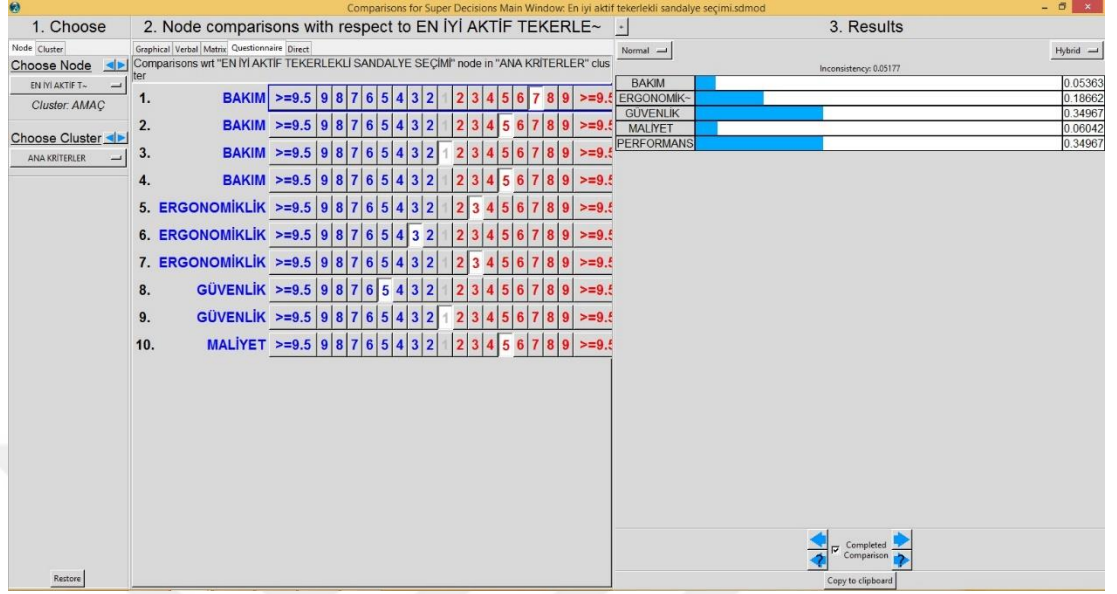
Zou, Y., Wu, S., Zhang, T., & Yang, Y. (2022). Research on a Defecation Pre-Warning Algorithm for the Disabled Elderly Based on a Semi-Supervised Generative Adversarial Network. *Sensors*, 22(17), 6704.

EKLER

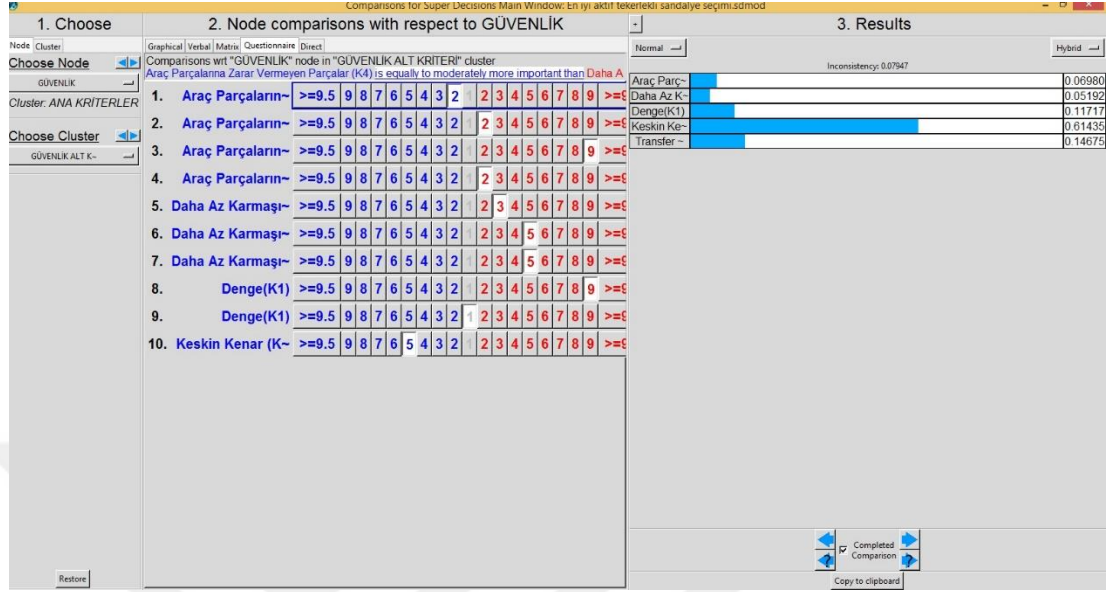
EK-1 Alt Kriterlerin İlişki Matrisi

	D	KK	TE	AP	DA	H	GÇ	S	AK	AA	VÇ	DF	HK	OA	KT	KS	SF	BM
D	-	✓	✓	✓	✓			✓										
KK		-	✓	✓	✓													
TE			-	✓	✓													
AP				-	✓													
DA					-													
H						-	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓				
GÇ							-	✓	✓	✓								
S								-	✓	✓								
AK									-	✓	✓							
AA										-	✓							
VÇ											-	✓	✓	✓				
DF												-	✓	✓				
HK													-	✓				
OA														-				
KT															-	✓		
KS																-		
SF																	-	✓
BM																		-

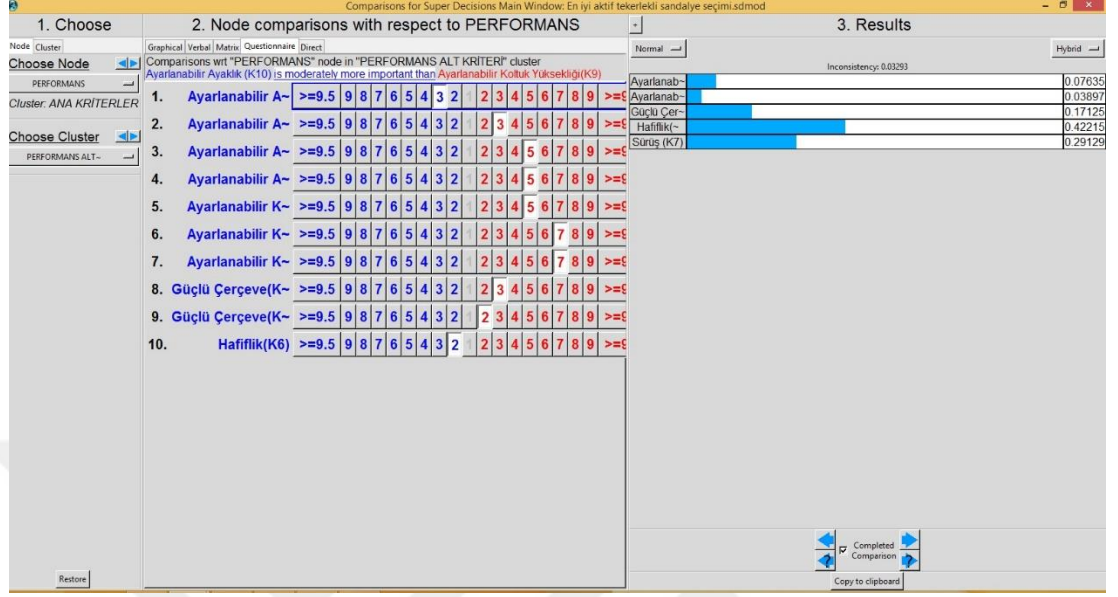
EK-2 Ana Kriterler Karşılaştırması Super Desicions Ekran Görüntüsü



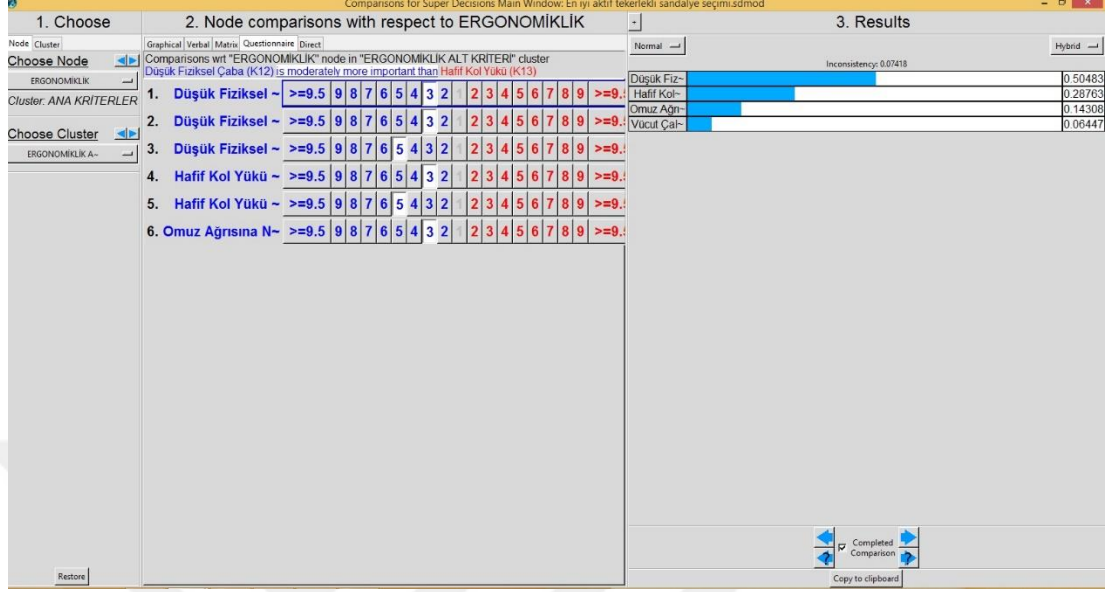
EK-3 Güvenlik Ana Kriteri Karşılaştırması Super Desicions Ekran Görüntüsü



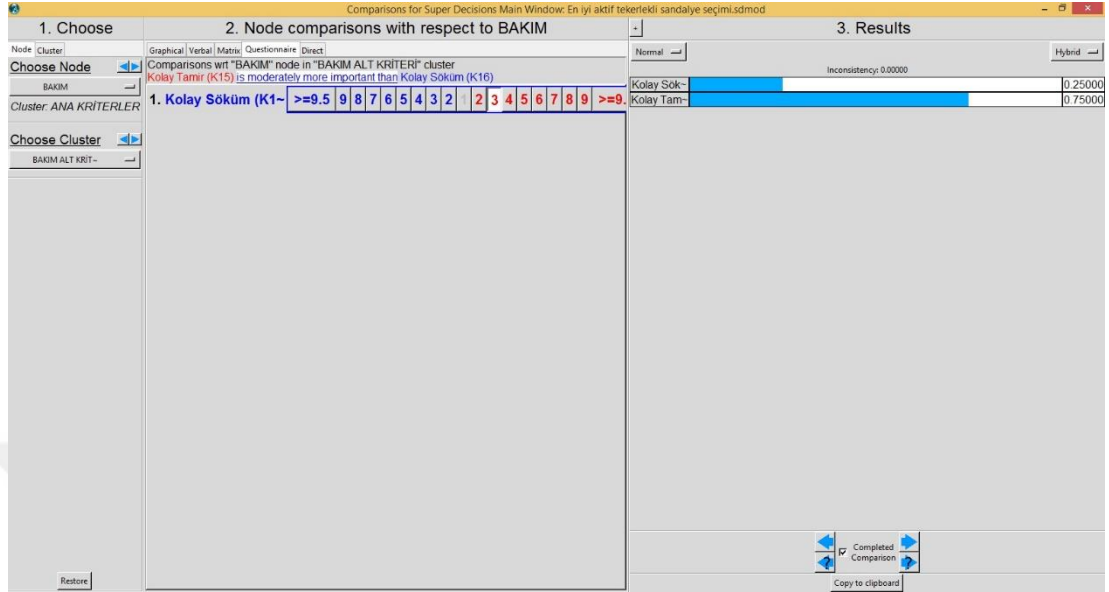
EK-4 Performans Ana Kriteri Karşılaştırması Super Desicions Ekran Görüntüsü



EK-5 Ergonomiklik Ana Kriteri Karşılaştırması Super Desicions Ekran Görüntüsü



EK-6 Bakım Ana Kriteri Karşılaştırması Super Desicions Ekran Görüntüsü

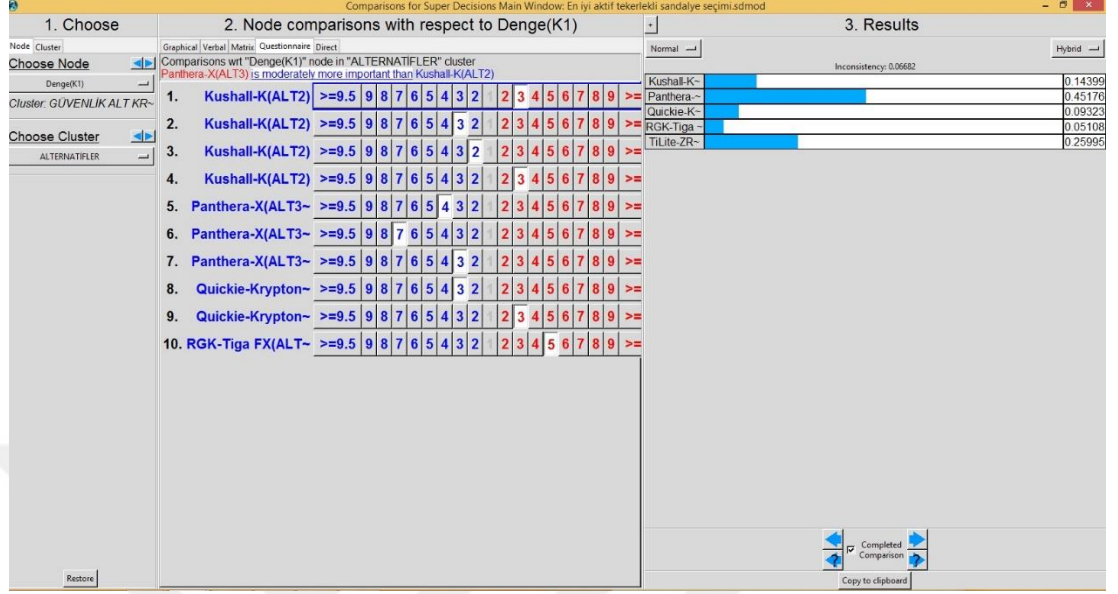


EK-7 Maliyet Ana Kriteri Karşılaştırması Super Desicions Ekran Görüntüsü

Comparisons for Super Decisions Main Window: En iyi aktif tekerlekti sandalye seçimi.sdmold

1. Choose	2. Node comparisons with respect to MALİYET	3. Results				
Node Cluster: Choose Node: MALİYET Cluster: ANA KRİTERLER Choose Cluster: MALİYET ALT KR- Restore	Graphical Verbal Matrix Questionnaire Direct Comparisons with "MALİYET" node in "MALİYET ALT KRİTER" cluster Satış Fiyatı (K17) is strongly more important than Bakım Maliyeti (K16) 1. Bakım Maliyeti ~ >=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 2 3 4 5 6 7 8 9 >=9.5	Normal Hybrid Inconsistency: 0.00000 <table border="1"><tr><td>Bakım Mal-</td><td>0.16667</td></tr><tr><td>Satış Fiy-</td><td>0.83333</td></tr></table> Completed Comparison Copy to clipboard	Bakım Mal-	0.16667	Satış Fiy-	0.83333
Bakım Mal-	0.16667					
Satış Fiy-	0.83333					

EK-8 Denge Alt Kriteri Karşılaştırması Super Desicions Ekran Görüntüsü



EK-9 Keskin Kenar Alt Kriteri Karşılaştırması Super Desicions Ekran Görüntüsü

Comparisons for Super Decisions Main Window: En iyi aklın tekerleği sandalye seçimi.sdm

1. Choose

Node Cluster

Choose Node

Keskin Kenar (-)

Cluster: GÜVENLİK ALT KR-

Choose Cluster

ALTERNATİFLER

Restore

2. Node comparisons with respect to Keskin Kenar (K2)

Graphical Verbal Matrix Questionnaire Direct

Comparisons with "Keskin Kenar (K2)" node in "ALTERNATİFLER" cluster

Panthera-X(ALT3) is strongly more important than Kushall-K(ALT2)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Kushall-K(ALT2)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2
2. Kushall-K(ALT2)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2
3. Kushall-K(ALT2)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2
4. Kushall-K(ALT2)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2
5. Panthera-X(ALT3~)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2
6. Panthera-X(ALT3~)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2
7. Panthera-X(ALT3~)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2
8. Quickie-Krypton~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2
9. Quickie-Krypton~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2
10. RGK-Tiga FX(ALT~)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2

3. Results

Normal Hybrid

Inconsistency: 0.04763

Node	Weight
Kushall-K~	0.07671
Panthera~	0.46495
Quickie-K~	0.12609
RGK-Tiga~	0.04646
TiLite-ZR~	0.28520

Completed Comparison

Copy to clipboard

EK-10 Transfer Esnasında Vücudun Yapısını Bozmama Alt Kriteri Karşılaştırması Super Desicions Ekran Görüntüsü

Comparisons for Super Decisions Main Window: En iyi aktif tekerlekti sandalye seçimi.sdmmod

1. Choose

Node Cluster

Choose Node

Transfer Esnas-

Cluster: GÜVENLİK ALT KR-

Choose Cluster

ALTERNATİFLER

Restore

2. Node comparisons with respect to Transfer Esnasında V~

Graphical Verbal Matrix Questionnaire Direct

Comparisons with respect to "Transfer Esnasında Vücudun Yapısı (K3)" node in "ALTERNATİFLER" cluster

Panthera-X(ALT3) is strongly more important than Kushall-K(ALT2)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Kushall-K(ALT2)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2
2. Kushall-K(ALT2)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2
3. Kushall-K(ALT2)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2
4. Kushall-K(ALT2)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2
5. Panthera-X(ALT3~)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2
6. Panthera-X(ALT3~)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2
7. Panthera-X(ALT3~)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2
8. Quickie-Krypton~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2
9. Quickie-Krypton~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2
10. RGK-Tiga FX(ALT~)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2

3. Results

Normal Hybrid

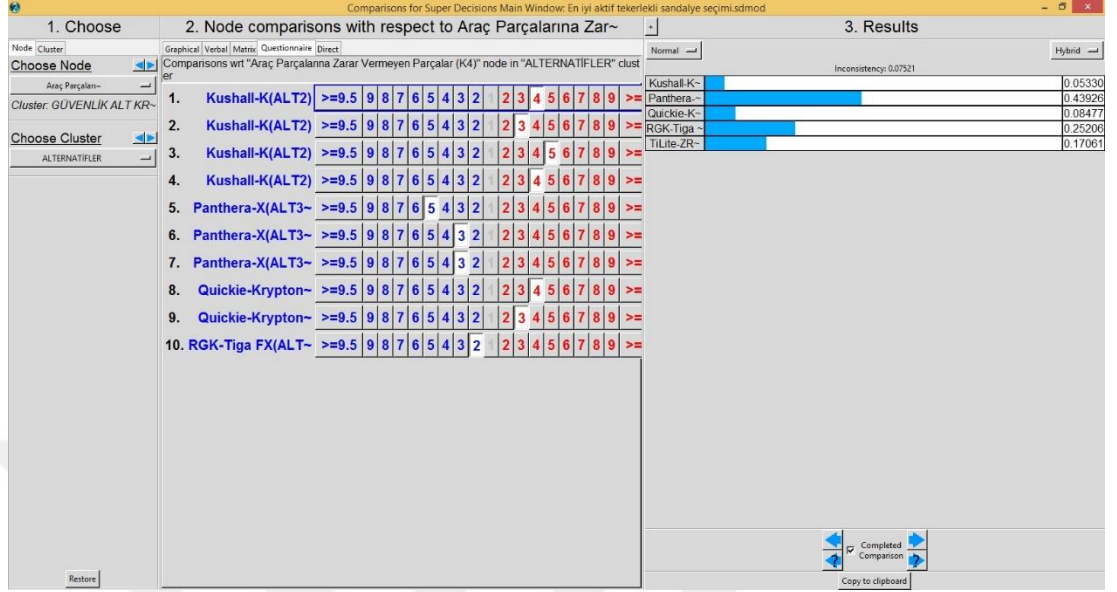
Inconsistency: 0.06713

Node	Weight
Kushall-K~	0.14014
Panthera~	0.54606
Quickie-K~	0.05583
RGK-Tiga ~	0.07881
TiLite-ZR~	0.17914

Completed Comparison

Copy to clipboard

EK-11 Araç Parçalarına Zarar Vermeyen Parçalar Alt Kriteri Karşılaştırması Super Desicions Ekran Görüntüsü



EK-12 Daha Az Karmaşıklıkla Kararlı Yapı Alt Kriteri Karşılaştırması Super Desicions Ekran Görüntüsü

Comparisons for Super Decisions Main Window: En iyi aktif tekerlekli sandalye seçimi.sdmmod

1. Choose

Node Cluster

Choose Node

Daha Az Karmaşık

Cluster: GÜVENLİK ALT KR-

Choose Cluster

ALTERNATİFLER

Restore

2. Node comparisons with respect to Daha Az Karmaşıklıkla~

Graphical Verbal Matrix Questionnaire Direct

Comparisons wrt "Daha Az Karmaşıklıkla Kararlı Yapı(K5)" node in "ALTERNATİFLER" cluster

Panthera-X(ALT3) is moderately more important than Kushall-K(ALT2)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Kushall-K(ALT2)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2
2. Kushall-K(ALT2)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2
3. Kushall-K(ALT2)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2
4. Kushall-K(ALT2)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2
5. Panthera-X(ALT3~)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2
6. Panthera-X(ALT3~)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2
7. Panthera-X(ALT3~)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2
8. Quickie-Krypton~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2
9. Quickie-Krypton~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2
10. RGK-Tiga FX(ALT~)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2

3. Results

Normal Hybrid

Inconsistency: 0.07834

Node	Weight
Kushall-K~	0.14895
Panthera~	0.28201
Quickie-K~	0.08153
RGK-Tiga~	0.03150
TiLite-ZR~	0.45600

Completed Comparison

Copy to clipboard

EK-13 Hafiflik Alt Kriteri Karşılaştırması Super Desicions Ekran Görüntüsü

Comparisons for Super Decisions Main Window: En iyi aktif tekerlekti sandalye seçimi.sdmod

1. Choose

Node Cluster

Choose Node

Hafiflik(K6)

Cluster: PERFORMANS ALT~

Choose Cluster

ALTERNATİFLER

Restore

2. Node comparisons with respect to Hafiflik(K6)

Graphical Verbal Matrix Questionnaire Direct

Comparisons wrt "Hafiflik(K6)" node in "ALTERNATİFLER" cluster

Panthera-X(ALT3) is strongly more important than Kushall-K(ALT2)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Kushall-K(ALT2)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	
2. Kushall-K(ALT2)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	
3. Kushall-K(ALT2)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	
4. Kushall-K(ALT2)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	
5. Panthera-X(ALT3~)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	
6. Panthera-X(ALT3~)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	
7. Panthera-X(ALT3~)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	
8. Quickie-Krypton~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	
9. Quickie-Krypton~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	
10. RGK-Tiga FX(ALT~)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	

3. Results

Normal Hybrid

Inconsistency: 0.04938

Node	Weight
Kushall-K~	0.13336
Panthera~	0.50478
Quickie-K~	0.25063
RGK-Tiga~	0.06650
TiLite-ZR~	0.04473

Completed Comparison

Copy to clipboard

EK-14 Sürüş Alt Kriteri Karşılaştırması Super Desicions Ekran Görüntüsü

Comparisons for Super Decisions Main Window: En iyi aktif tekerlekli sandalye seçimi.sdm

1. Choose

Node Cluster

Choose Node

Sürüş (K7)

- EN İYİ AKTİF T-
- BAKIM
- ERGONOMİKLİK
- GÜVENLİK
- MALİYET
- PERFORMANS
- Kolay Söküm (K-
- Kolay Tamir (K-
- Dişipak Farklı-
- Hafif Küt Yükl-
- Omuz Ağrısına -
- Vücut Çalışma -
- Araç Parçaları-
- Daha Az Kama-
- Denge(K7)
- Keskin Kenar (-
- Transfer Enas-
- Bakım Maliyeti-
- Setli Fiyat (-
- Ayarlanabilir -
- Ayarlanabilir -
- Güçlü Çerçeve(-
- Hafiflik(K6)
- ✓ Sürüş (K7)

Restore

2. Node comparisons with respect to Sürüş (K7)

Graphical | Verbal | Matrix | Questionnaire | Direct

Comparisons wrt "Sürüş (K7)" node in "ALTERNATİFLER" cluster

Panthera-X(ALT3) is moderately to strongly more important than Kushall-K(ALT2)

Normal

Hybrid

Inconsistency: 0.06194

1. Kushall-K(ALT2)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=
2. Kushall-K(ALT2)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=
3. Kushall-K(ALT2)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=
4. Kushall-K(ALT2)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=
5. Panthera-X(ALT3)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=
6. Panthera-X(ALT3)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=
7. Panthera-X(ALT3)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=
8. Quickie-Krypton	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=
9. Quickie-Krypton	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=
10. RGK-Tiga FX(ALT~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=

3. Results

Kushall-K-	0.14627
Panthera-X-	0.45978
Quickie-K-	0.05751
RGK-Tiga -	0.08477
TILite-ZR-	0.25166

Completed Comparison

Copy to clipboard

EK-15 Güçlü Çerçeve Alt Kriteri Karşılaştırması Super Desicions Ekran Görüntüsü

Comparisons for Super Decisions Main Window: En iyi aktif tekerlekli sandalye seçimi.sdmmod

1. Choose

Node Cluster

Choose Node

Güçlü Çerçeve

Cluster PERFORMANS ALT

Choose Cluster

ALTERNATİFLER

Restore

2. Node comparisons with respect to Güçlü Çerçeve(K8)

Graphical Verbal Matrix Questionnaire Direct

Comparisons with "Güçlü Çerçeve(K8)" node in "ALTERNATİFLER" cluster

Kushall-K(ALT2) is moderately to strongly more important than Panthera-X(ALT3)

1. Kushall-K(ALT2) >=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 2 3 4 5 6 7 8 9 >=

2. Kushall-K(ALT2) >=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 2 3 4 5 6 7 8 9 >=

3. Kushall-K(ALT2) >=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 2 3 4 5 6 7 8 9 >=

4. Kushall-K(ALT2) >=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 2 3 4 5 6 7 8 9 >=

5. Panthera-X(ALT3) >=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 2 3 4 5 6 7 8 9 >=

6. Panthera-X(ALT3) >=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 2 3 4 5 6 7 8 9 >=

7. Panthera-X(ALT3) >=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 2 3 4 5 6 7 8 9 >=

8. Quickie-Krypton >=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 2 3 4 5 6 7 8 9 >=

9. Quickie-Krypton >=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 2 3 4 5 6 7 8 9 >=

10. RGK-Tiga FX(ALT) >=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 2 3 4 5 6 7 8 9 >=

3. Results

Normal Hybrid

Inconsistency: 0.07899

Kushall-K- 0.17036

Panthera- 0.08701

Quickie-K- 0.05469

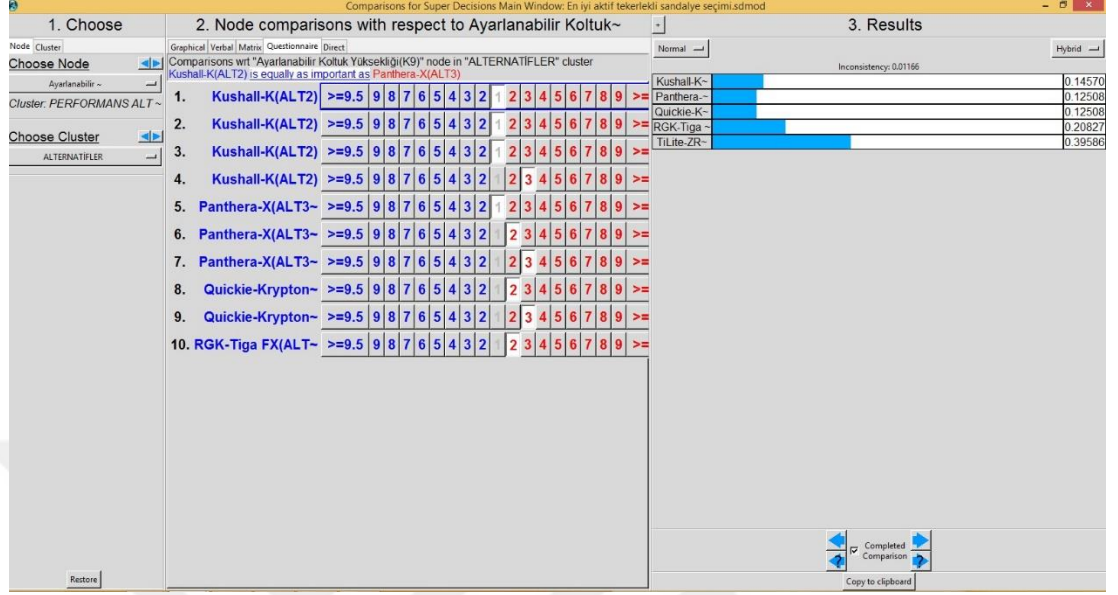
RGK-Tiga- 0.29304

TiLite-ZR- 0.39490

Completed Comparison

Copy to clipboard

EK-16 Ayarlanabilir Koltuk Yüksekliği Alt Kriteri Karşılaştırması Super Desicions Ekran Görüntüsü



EK-17 Ayarlanabilir Ayaklık Alt Kriteri Karşılaştırması Super Desicions Ekran Görüntüsü

Comparisons for Super Decisions Main Window: En iyi ağırlık tekerleklı sandalye seçimidmod

1. Choose

Node Cluster

Choose Node

Ayarlanabilir ~

Cluster: PERFORMANS ALT ~

Choose Cluster

ALTERNATİFLER

Restore

2. Node comparisons with respect to Ayarlanabilir Ayaklı~

Graphical Verbal Matrix Questionnaire Direct

Comparisons with "Ayarlanabilir Ayaklık (K10)" node in "ALTERNATİFLER" cluster
Kushall-K(ALT2) is moderately to strongly more important than Panthera-X(ALT3)

1.	Kushall-K(ALT2)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=
2.	Kushall-K(ALT2)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=
3.	Kushall-K(ALT2)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=
4.	Kushall-K(ALT2)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=
5.	Panthera-X(ALT3)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=
6.	Panthera-X(ALT3)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=
7.	Panthera-X(ALT3)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=
8.	Quickie-Krypton~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=
9.	Quickie-Krypton~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=
10.	RGK-Tiga FX(ALT~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=

3. Results

Normal Hybrid

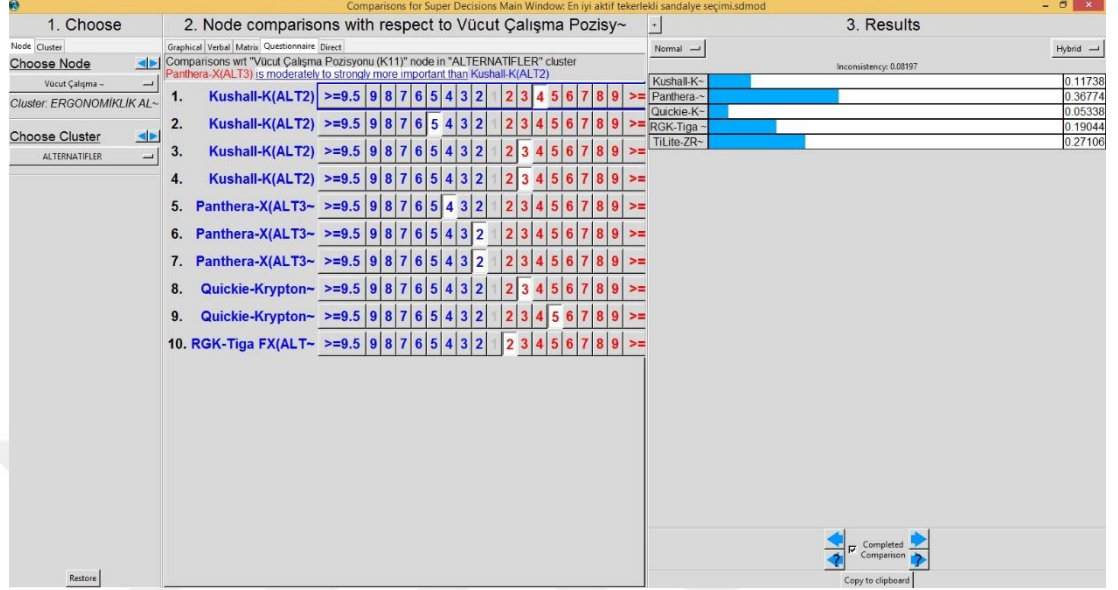
Inconsistency: 0.06433

Kushall-K~	0.15741
Panthera-K~	0.04548
Quickie-K~	0.25808
RGK-Tiga ~	0.08528
TILite-ZR~	0.45375

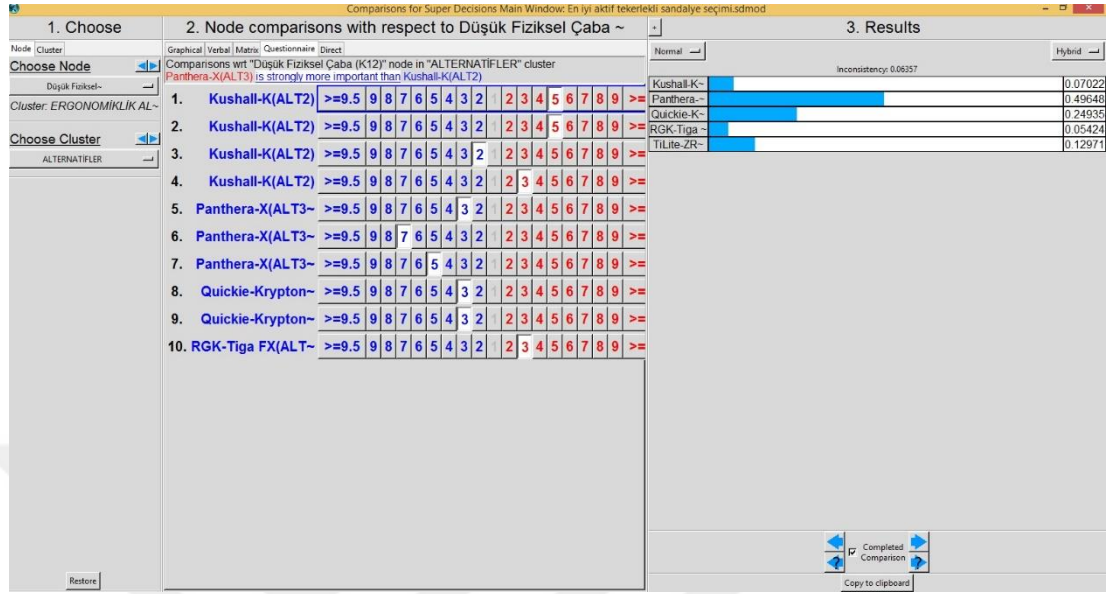
Completed Comparison

Copy to clipboard

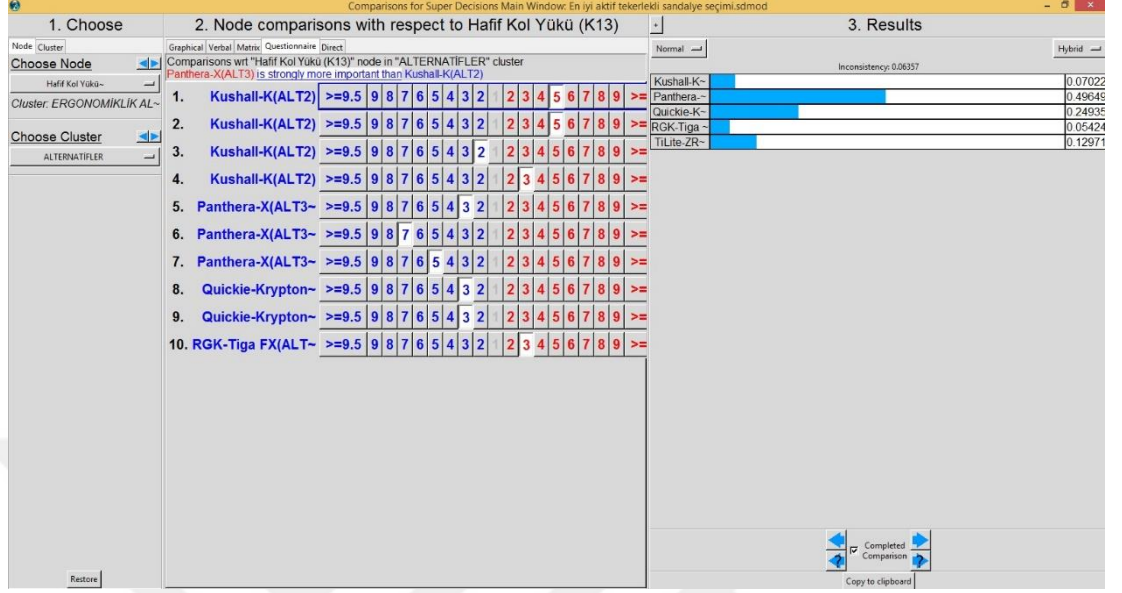
EK-18 Vücut Çalışma Pozisyonu Alt Kriteri Karşılaştırması Super Desicions Ekran Görüntüsü



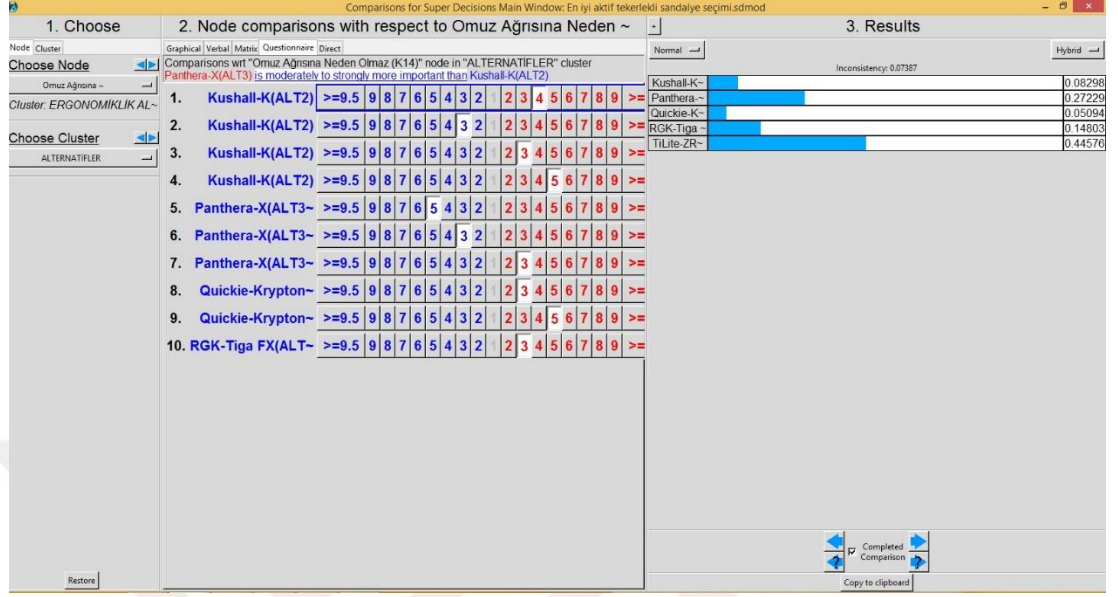
EK-19 Düşük Fiziksel Çaba Alt Kriteri Karşılaştırması Super Desicions Ekran Görüntüsü



EK-20 Hafif Kol Yüğü Alt Kriteri Karşılaştırması Super Desicions Ekran Görüntüsü



EK-21 Omuz Ağrısına Neden Olmama Alt Kriteri Karşılaştırması Super Desicions Ekran Görüntüsü



EK-22 Kolay Tamir Alt Kriteri Karşılaştırması Super Desicions Ekran Görüntüsü

Comparisons for Super Decisions Main Window: En iyi aktif tekerlekli sandalye seçimi.sdmmod

1. Choose

Node Cluster

Choose Node

Kolay Tamir (K~)

Cluster: BAKIM ALT KRITER~

Choose Cluster

ALTERNATİFLER

Restore

2. Node comparisons with respect to Kolay Tamir (K15)

Graphical Verbal Matrix Questionnaire Direct

Comparisons wrt "Kolay Tamir (K15)" node in "ALTERNATİFLER" cluster

Panthera-X(ALT3) is moderately more important than Kushall-K(ALT2)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Kushall-K(ALT2)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	
2. Kushall-K(ALT2)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	
3. Kushall-K(ALT2)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	
4. Kushall-K(ALT2)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	
5. Panthera-X(ALT3~)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	
6. Panthera-X(ALT3~)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	
7. Panthera-X(ALT3~)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	
8. Quickie-Krypton~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	
9. Quickie-Krypton~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	
10. RGK-Tiga FX(ALT~)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	

3. Results

Normal Hybrid

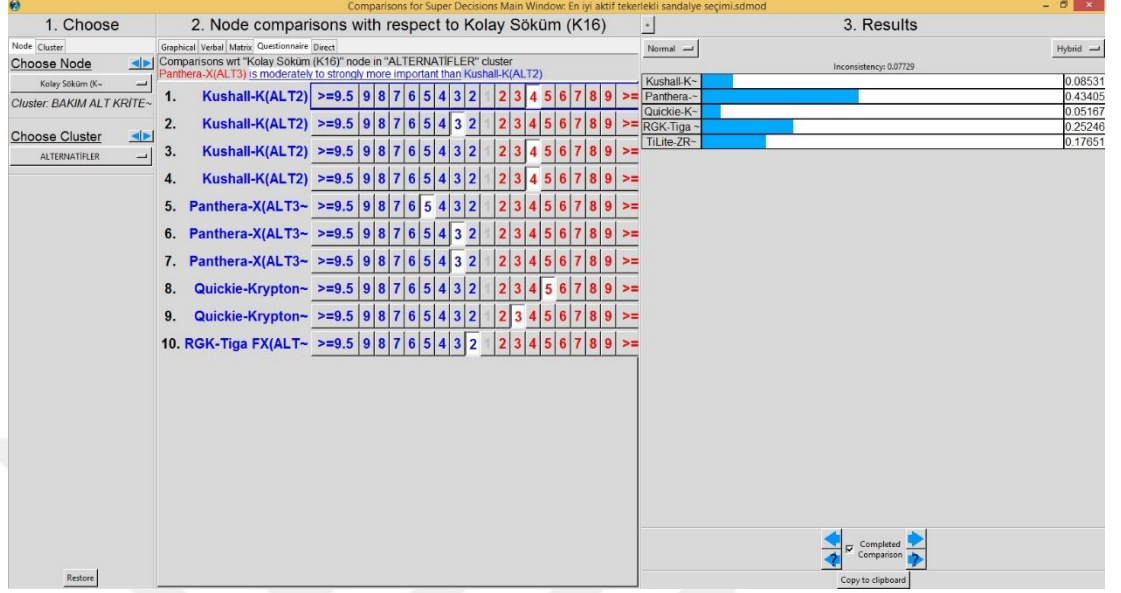
Inconsistency: 0.07920

Node	Weight
Kushall-K~	0.13879
Panthera~	0.24645
Quickie-K~	0.06731
RGK-Tiga~	0.04892
TiLite-ZR~	0.49853

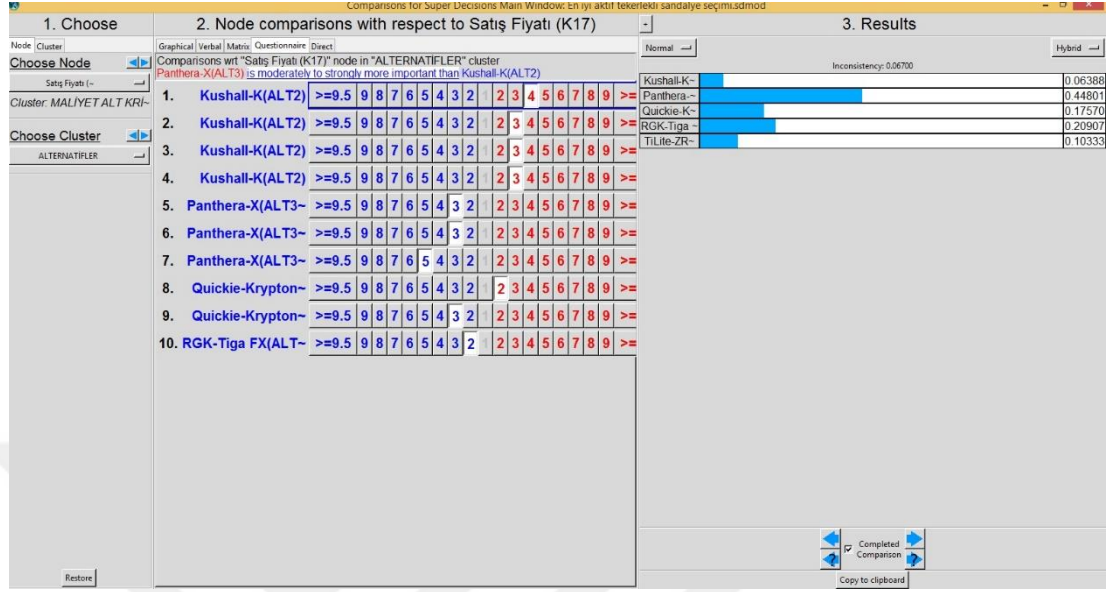
Completed Comparison

Copy to clipboard

EK-23 Kolay Söküm Alt Kriteri Karşılaştırması Super Desicions Ekran Görüntüsü



EK-24 Satış Fiyatı Alt Kriteri Karşılaştırması Super Desicions Ekran Görüntüsü



EK-25 Bakım Maliyeti Alt Kriteri Karşılaştırması Super Desicions Ekran Görüntüsü

Comparisons for Super Decisions Main Window: En iyi aklın tekerleği sandalye seçimi.sdm

1. Choose

Node Cluster

Choose Node

Bakım Maliyeti~

Cluster: MALİYET ALT KRİ~

Choose Cluster

ALTERNATİFLER

Restore

2. Node comparisons with respect to Bakım Maliyeti (K18)

Graphical Verbal Matrix Questionnaire Direct

Comparisons with "Bakım Maliyeti (K18)" node in "ALTERNATİFLER" cluster

Panthera-X(ALT3) is moderately to strongly more important than Kushall-K(ALT2)

1. Kushall-K(ALT2)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=
2. Kushall-K(ALT2)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=
3. Kushall-K(ALT2)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=
4. Kushall-K(ALT2)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=
5. Panthera-X(ALT3~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=
6. Panthera-X(ALT3~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=
7. Panthera-X(ALT3~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=
8. Quickie-Krypton~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=
9. Quickie-Krypton~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=
10. RGK-Tiga FX(ALT~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=

3. Results

Normal Hybrid

Inconsistency: 0.06700

Kushall-K~	0.06388
Panthera~	0.44801
Quickie-K~	0.17570
RGK-Tiga ~	0.20907
TiLite-ZR~	0.10333

Completed Comparison

Copy to clipboard

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı	:Mehmet TAN
Doğum Tarihi	:
Yabancı Dil	:İngilizce
Eğitim Durumu	:
Lise Lisesi, 2007	:Mamak Yavuz Sultan Selim Anadolu
Lisans Mühendisliği, 2012	:Uludağ Üniversitesi, Endüstri
Fakültesi, 2022	:İstanbul Ticaret Üniversitesi, Hukuk
Yüksek Lisans Güvenlik, 2020	:Ahmet Yesevi Üniversitesi, Siber
Mühendisliği, 2023	:Kırıkkale Üniversitesi, Endüstri
Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl/Yıllar Devam etmekte)	:Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (2012-
Yayınları	:Tan, M., Yazıcı, E. & Alakaş, H. M. (2023). Analitik Ağ Süreci, TOPSIS ve PROMETHEE Yöntemleri ile Fiziksel Engelliler için Aktif Tekerlekli Sandalye Seçimi. International Journal of Pure and Applied Sciences, 9(1), 76-87. DOI: 10.29132/ijpas.1182406
Araştırma Alanları PROMETHEE	:AAS, AHS, TOPSIS ve