



**T.C.  
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MÜHENDİSLİK YÖNETİMİ ANABİLİM DALI**

**COVID-19 PANDEMİ SÜRECİNDE “ÇOK KRİTERLİ KARAR  
VERME” YÖNTEMLERİ İLE VENTİLATÖR SEÇİMİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Habibe TOSUN**

**DANIŞMAN**

**Dr. Öğr. Üyesi Fatma Pınar GÖKSAL**

**AKSARAY, 2022**

Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 192361016 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi Habibe TOSUN tarafından hazırlanan “COVID-19 PANDEMİ SÜRECİNDE “ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME“ YÖNTEMLERİ İLE VENTİLATÖR SEÇİMİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ/OY ÇOKLUĞU ile Mühendislik Yönetimi Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

**Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Fatma Pınar GÖKSAL**

Aksaray Üniversitesi

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

**Üye: Prof. Dr. Günay ÖZBAY**

Aksaray Üniversitesi

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

**Üye: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet GÜLŞEN**

Başkent Üniversitesi

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

Tez Savunma Tarihi: 18 / 02 / 2022

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

.....

Doç. Dr. Mehmet Ali HINIS

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## **DOĞRULUK BEYANI**

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, akademik kurallara ve bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, çalışmamda kullandığım verilerin orijinallliğini ve her türlü intihalden uzak olduğunu beyan ederim.

Enstitü tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

**Habibe TOSUN**



## TEŞEKKÜR

Çalıőmam boyunca yardım ve katkılarını hiçbir zaman esirgemeyen tez danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Fatma Pınar GÖKSAL'a, aileme, Aksaray Eğitim ve Araştırma Hastanesi Biyomedikal Birimi çalışanlarına ve hemşirelerine içtenliğimle saygı ve şükranlarımı sunarım.

Habibe TOSUN  
AKSARAY, 2022



## İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
ÖZET.....	iii
ABSTRACT .....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	v
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	vii
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
<b>2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI .....</b>	<b>3</b>
<b>3. MALZEME VE YÖNTEM.....</b>	<b>11</b>
3.1 Karar Verme Kavramı ve ÇKKV Yöntemleri .....	11
3.1.1 ÇKKV yöntemlerinde kullanılan temel kavramlar .....	12
3.1.2 ÇKKV yöntemlerinin amaç ve yararları.....	13
3.2 Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) Yöntemi .....	13
3.2.1 AHP yönteminin algoritması .....	16
3.2.2 AHP yönteminin zayıf ve üstün yönleri .....	19
3.3 ELECTRE Yöntemi .....	19
3.3.1 ELECTRE yönteminin algoritması .....	20
3.3.2 ELECTRE yönteminin zayıf ve üstün yönleri .....	24
3.4 TOPSIS Yöntemi .....	25
3.4.1 TOPSIS yöntemi algoritması .....	25
3.4.2 TOPSIS tekniğinin zayıf ve üstün yönleri .....	28
<b>4. ARAŞTIRMA BULGULARI .....</b>	<b>29</b>
4.1 Ventilatör (Yapay Solunum) Cihazı.....	29
4.2 Kriterlerin Belirlenmesi.....	34
4.2.1 Kriterlerin detayları .....	34
4.3 Alternatif Cihazların Belirlenmesi .....	37
4.4 AHP Yöntemi ile Kriter Ağırlıklarının Hesaplanması .....	38
4.5 ELECTRE Yöntemi ile Alternatif Cihazların Sıralanması.....	39
4.6 TOPSIS Yöntemi ile Alternatif Cihazların Sıralanması.....	49
4.7 Sayısal Sonuçların Değerlendirilmesi .....	51
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>53</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>55</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>61</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>72</b>

## YÜKSEK LİSANS TEZİ

### COVID-19 PANDEMİ SÜRECİNDE “ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME” YÖNTEMLERİ İLE VENTİLATÖR SEÇİMİ

**Habibe TOSUN**

**Aksaray Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Mühendislik Yönetimi Anabilim Dalı**

**Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Fatma Pınar GÖKSAL**

#### ÖZET

Hastalıkların teşhis ve tedavisinde teknolojinin faydası göz ardı edilemez. Sağlık teknolojisi hastanelerin en fazla bütçe ayırdıkları kalemlerdendir. Bu nedenle sağlık kuruluşlarındaki karar vericilerin, farklı birçok açıdan en uygun olan tıbbi cihazı seçebilmeleri önemlidir. Tıbbi cihaz seçimi; dikkate alınması gereken çok sayıda karar kriterinin olması, bunların birbiriyle çelişmesi ve üst düzeydeki rekabet koşulları nedeniyle oldukça karmaşık bir karar verme sürecidir. Hastanelerdeki bu karmaşık ve önemli karar, çoğu zaman tek bir kişinin inisiyatifine ve subjektif görüşüne bırakılmıştır. Bu nedenle tıbbi cihaz seçim sürecinin iyi yönetilmesini sağlayacak bilimsel yöntem ve çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Covid-19 pandemisi ile ortaya çıkan olağanüstü durumlarla birlikte; başta ventilatör olmak üzere birçok tıbbi cihaza duyulan ihtiyaç artarken, tıbbi cihaz seçimi ile ilgili kararların değişen dinamiklere uygun güncel analiz ve değerlendirmelere göre yapılması daha da zorunlu hale gelmiştir. Bu tez çalışmasında; bir kamu hastanesinin yoğun bakım ünitesine alınması planlanan ventilatör cihazının seçimiyle ilgili karar problemi ele alınmış ve çözümü için “Çok Kriterli Karar Verme” (ÇKKV) yöntemleri kullanılmıştır. Çalışmanın amacı, COVID-19 pandemisinin değiştirdiği koşullara en uygun ventilatör cihazının hızlı, tutarlı ve sistematik biçimde belirlenebilmesi için karar vericilere yardımcı olmaktır. Problemde ele alınan alternatif ventilatör cihazlar ve seçim kriterleri, uzman görüşleri ve literatürdeki tıbbi cihaz seçimi ile ilgili benzer çalışmalardan yararlanılarak belirlenmiştir. Buna göre, 5 adet farklı markaya ait ventilatör cihazı, 5 ana kriter ve 10 alt kritere göre değerlendirilmiştir. Kriter ağırlıklarını belirlemek için konuyla ilgili farklı meslek grubundan kişilerin oluşturduğu 10 kişilik bir gruba anket uygulanmıştır. Anket sonucunda elde edilen veriler “Analitik Hiyerarşi Prosesi” (AHP) yöntemine girdi olarak kullanılmıştır. Daha sonra alternatif cihazlar arasından en uygun olana karar vermek için TOPSIS ve ELECTRE yöntemleri kullanılmıştır. Her iki yöntem sonucunda da aynı karar ortaya çıkmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Ventilatör, Çok Kriterli Karar Verme, Covid-19, AHP, TOPSIS, ELECTRE, Tıbbi Cihaz Seçimi

**Şubat, 2022; 72 sayfa**

## M.Sc. THESIS

# VENTILATOR SELECTION WITH MULTI CRITERIA DECISION MAKING METHODS DURING THE COVID-19 PANDEMIC

Habibe TOSUN

Aksaray University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Engineering Management

Supervisor: Assist. Prof. Fatma Pınar GÖKSAL

## ABSTRACT

The benefits of technology in diagnosing and treating diseases cannot be ignored. Health technology is one of the most oversized allocation items in a hospital's budget. Thus, selecting the best device with proper functionalities is critical for hospital decision-makers. Device selection is a complex decision-making process due to the long list of conflicting criteria that need to be considered and the high level of competition in the market. This complex and important decision in hospitals is often left to the initiative and subjective opinion of a single person. Therefore, scientific methods and studies are needed to ensure that the medical device selection process is carried out well. With the extraordinary situations that emerged with the Covid-19 pandemic, the need for many medical devices, especially the need for ventilators, has increased. Furthermore, it has become even more imperative that decisions regarding medical device selection must be made according to up-to-date analyzes that consider changing dynamics. In this study, the selection problem of a ventilator planned to be purchased for the intensive care unit of a public hospital is considered and solved by using "Multi-Criteria Decision Making" techniques. The aim of the study is to assist decision-makers in choosing an appropriate ventilator device in a fast, consistent, and systematic manner under changing conditions brought by the COVID-19 pandemic. Device alternatives and selection criteria discussed in the problem were based on expert opinions and similar studies on medical device selection reported in the literature. Five different brands of ventilators were evaluated according to five main and ten sub-criteria. To calculate criteria weights, a questionnaire was administered to a group of 10 people from professions related to the subject. The data obtained from the questionnaire was used as an input to the "Analytical Hierarchy Process" (AHP) method. With the help of TOPSIS and ELECTRE, the most suitable alternative was selected. Both methods yielded identical results.

**Keywords:** Ventilator , Multi Objective Decision Making, Covid-19, AHP, TOPSIS, ELECTRE, Medical Device Selection

**February, 2022; 72 pages**

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Analitik Hiyerarşi Prosesinin hiyerarşik yapı modeli .....	15
Şekil 4.1. Bir negatif basınçlı ventilatör fotoğrafı. ....	31
Şekil 4.2. Bir ventilasyon istasyonunun temel bileşenleri. ....	33
Şekil 4.3. Expert Choice 11 ile hesaplanmış ana başlıkların kriter ağırlık değerleri ve grafiği. ....	39
Şekil 4.4. Bütün kriterlerin ağırlık değerleri. ....	39



## ÇİZELGELER DİZİNİ

<b>Çizelge 2.1.</b> ÇKKV yöntemleri ile tıbbi cihaz değerlendirilmesi yapılan bazı çalışmalar. ....	10
<b>Çizelge 3.1.</b> Saaty'nin önem derecesi ölçeği. ....	17
<b>Çizelge 3.2.</b> Karşılaştırma matrislerinin boyutlarına göre RI değerleri. ....	18
<b>Çizelge 4.1.</b> Başlangıç Karar Matrisi. ....	41
<b>Çizelge 4.2.</b> Normalize Karar Matrisi. ....	41
<b>Çizelge 4.3.</b> Ağırlıklı Normalize Karar Matrisi. ....	42
<b>Çizelge 4.4.</b> Net Uyum ve Uyumsuzluk Kümesi. ....	43
<b>Çizelge 4.5.</b> Uyum Matrisi. ....	44
<b>Çizelge 4.6.</b> Uyumsuzluk Matrisi'ni oluşturmak için uyumsuzluk kümesinin elemanlarından faydalanılarak kriterin ikili karşılaştırma yapılması ve aralarındaki farkların mutlak değerleri alınarak elde edilen sonuçlar. ....	45
<b>Çizelge 4.7.</b> Uyumsuzluk Matrisi. ....	46
<b>Çizelge 4.8.</b> Uyum Üstünlük Matrisi için yapılan üstünlük karşılaştırması. ....	47
<b>Çizelge 4.9.</b> Uyumsuzluk Üstünlük Matrisi için yapılan üstünlük karşılaştırması. ....	48
<b>Çizelge 4.10.</b> Toplam Baskınlık Matrisi. ....	48
<b>Çizelge 4.11.</b> Net uyum ve uyumsuzluk indeks tablosu. ....	49
<b>Çizelge 4.12.</b> Net uyum ve net uyumsuzluk indekslerine göre nihai sıralama. ....	49
<b>Çizelge 4.13.</b> İdeal çözüm ve negatif ideal çözüm değerleri çizelgesi. ....	50
<b>Çizelge 4.14.</b> Pozitif ve negatif uzaklık değerler tablosu. ....	50
<b>Çizelge 4.15.</b> İdeal çözüme göreli yakınlık değerleri tablosu. ....	51

## SİMGELER VE KISALTMALAR

<b>AHP</b>	Analytic Hierarchy Process
<b>A<sub>i</sub></b>	Alternatif
<b><u>c</u></b>	Uyum Eşik Değeri
<b>C</b>	Uyum Matrisi
<b>C<sub>I</sub></b>	Tutarlılık İndeksi
<b>C<sub>j</sub></b>	Kriter
<b>c<sub>kl</sub></b>	Uyum Matrisinin elemanı
<b>C<sub>kl</sub></b>	Uyum Seti
<b>CPAP</b>	Devamlı Pozitif Hava Yolu Basıncı
<b>CR</b>	Tutarlılık Oranı
<b>ÇKKV</b>	Çok Kriterli Karar Verme
<b><u>d</u></b>	Uyumsuzluk Eşik Değeri
<b>D</b>	Uyumsuzluk Matrisi
<b>d<sub>kl</sub></b>	Uyumsuzluk Matrisinin Elemanı
<b>D<sub>kl</sub></b>	Uyumsuzluk Seti
<b>DSÖ</b>	Dünya Sağlık Örgütü
<b>E</b>	Toplam Baskınlık Matrisinin Elemanları
<b>e<sub>kl</sub></b>	Toplam Baskınlık Matrisinin Elemanları
<b>ELECTRE</b>	Elimination et Choix Traduisant La Realite
<b>F</b>	Uyum Üstünlük Matrisi
<b>f<sub>kl</sub></b>	Uyum Üstünlük Matrisinin Elemanı
<b>G</b>	Uyumsuzluk Üstünlük Matrisi
<b>g<sub>kl</sub></b>	Uyumsuzluk Üstünlük Matrisi Elemanı
<b>IF</b>	İnspiratuar Kuvvet
<b>MIP</b>	Maksimum İspiratuar Basıncı
<b>MV</b>	Mekanik Ventilasyon
<b>NIF</b>	Negatif inspiratuar kuvvet
<b>PEEP</b>	Ekspirasyon Sonu Pozitif Basıncı
<b>TOPSIS</b>	Technique for Order Preference by Smilarity to Ideal Solution
<b>w<sub>j</sub></b>	Kriterlerin Ağırlıkları
<b>Z</b>	Hedef

## 1. GİRİŞ

Teknoloji “insanların hayatını sürdürebilmek maksadıyla toplum ve doğa yapıtlarına katkıda bulunarak meydana getirdiği bütün maddi unsurlar” olup “insanın maddi çevresini gözetlemek ve farklılaştırmak amacı güderek ortaya koyduğu araç gereçler ve bunlarla alakalı bilgilerin tümüdür” (URL-1). Teknoloji yaşamın her alanında bulunduğu gibi sağlık alanında da yaşamı kolaylaştırmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) sağlık teknolojisini “bir sağlık problemini ortadan kaldırmak ve sağlık standartlarını arttırmak için geliştirilen cihazlar, ilaçlar, prosedürler ve sistemler şeklinde düzenlenmiş bilgi ve yeteneklerin kullanılması” olarak tanımlamaktadır (URL-2). DSÖ’nün tanımına bakıldığında sağlık alanında teknolojinin faydalarını kısaca hastalıkları önlenme, tanı, tedavi ve rehabilite edici birçok cihaz ile hayat kalitesini yükseltmek ve daha sağlıklı bir yaşam sürdürmek olduğu söylenebilir.

Korona virüsü 2019 yılının Aralık ayında Çin’in Wuhan kentinden başlayarak tüm dünyayı etkisi altına almış ve Covid-19 pandemisi ilan edilmiştir. Bu virüsün en ağır semptomlarından olan nefes darlığı ve solunum güçlüğüne karşı ventilatör cihazları sağlık çalışanlarına yardımcı olmuştur. Bu denli mühim olan tıbbi cihazların seçimi oldukça önemli bir konudur. Hastaneler sermayelerinden büyük bir pay ayırmaları gerektiğinden dolayı, tıbbi cihazlar uygun miktarda ve gerekli olduğu kadar kullanılmalıdır. Fakat Sağlık Bakanlığına bağlı hastanelerin çoğunda medikal cihaza olan gereksinim için bir standart bulunmamakta ve maliyet-yarar analizi raporları yapılmamaktadır. Sağlık Bakanlığı konu ile ilgili çalışmayı 1998 yılında yapmıştır ancak standart belirleme çalışması bitmesine rağmen uygulamaya konulmamıştır (Ardıç Çetinkaya, 2016). Bunun neticesinde ihtiyaç duyulan cihazlar ihtiyaç sahiplerine ulaşmamaktadır. Yani tıbbi cihaz alım süreci kaliteli bir şekilde yönetilmemektedir. Ardıç Çetinkaya, (2016) bakanlık ve hastanenin iş birliğinin yetersiz olmasından dolayı alınan tıbbi cihazların hastanelerin ihtiyaçlarını karşılamadığını belirtmektedir. Doğru tespit edilememiş ihtiyaçlar, gereksinimleri karşılamaması ve yeterli personel mevcut olmaması gibi sebeplerden dolayı alımı gerçekleştirilmiş cihazlardan bir kısmı kullanılmaz durumda iken kurumların başka cihazlara gereksinimi devam etmektedir (T.C. Sayıştay Başkanlığı, 2005). Kurum ya da kuruluşa alınması planlanan cihazın en uygun alternatifi belirlemek oldukça güçtür. Üstelik karar verme olgusunun önemi piyasadaki rekabetin artmasından dolayı eskiye nazaran daha da artmıştır. Verilen yanlış kararlar işletmeyi güç duruma

sokabilirken, yerinde ve doğru kararlar işletmeye büyük kar elde ettirebilir. Verilecek olan karar küçük olması öneminin az olduğu manasına gelmemektedir. Çünkü işletmelerde yanlış verilmiş ufak kararlar domino ve kelebek etkisi yaratarak ciddi sorunlara sebebiyet verebilir (Çelikkalek ve Özdemir, 2018). Bu sebepten dolayı tıbbi cihazların seçilmesi için karar vericilerin çok yönlü düşünmesi ve birçok kriteri alacağı karara dahil etmesi gerekmektedir. Kriter ve alternatifin sayıca fazla olduğu durumlarda karar verme mekanizmasını kontrol altında tutabilmek amacıyla ÇKKV teknikleri kullanılmaktadır (Karakaşoğlu, 2008).

Bu tez çalışmasında bir kamu hastanesinin yoğun bakım ünitesine alınması planlanan ventilatör cihazı seçimi problemi ele alınmıştır. Çalışmanın amacı pandemi sürecinde değişen ihtiyaçları göz önünde bulundurarak sözü edilen hastanenin Covid-19 pandemi sürecinde yoğun bakım ünitesi için en uygun ventilatör cihazının alınması işlemini hızlı, objektif ve sistematik bir şekilde yapılmasına yardımcı olmaktır. Ayrıca bu çalışmayla literatüre ÇKKV yöntemleri ile tıbbi cihaz seçimi konusunda katkı sağlamak hedeflenmiştir.

Mevcut probleme ÇKKV yöntemlerinden AHP-TOPSIS ve AHP-ELECTRE yöntemleri ile iki farklı metodla çözüm aranmıştır. Ventilatör cihazı seçimini etkileyen kriterler literatür araştırması ve uzman görüşü baz alınarak daha objektif bir bakış yakalamaya çalışılmıştır. Elde edilen veriler neticesinde 5 adet alternatif cihaz, 5 ana kriter ve 10 alt kriter ile değerlendirilmiştir. Kriterlerin ağırlıkları on kişilik uzman grubuna yapılan anket sonucunda elde edilen veriler kullanılarak AHP yöntemi ile hesaplanmıştır. En iyi alternatifin seçimi için ELECTRE ve TOPSIS yöntemleri kullanılmıştır. Elde edilen iki ayrı alternatif cihaz sıralaması karşılaştırılmış ve yorumlanmıştır.

Tez yazım akışı ise şu şekildedir; kaynak özetleri bölümünde medikal cihaz seçiminde ÇKKV yöntemlerinden yararlanan çalışmalar kısaca anlatılmıştır. Çalışmalardaki kriterler tez çalışmasında kullandığımız kriterleri belirlememizde yardımcı olmuştur. Malzeme ve yöntem bölümünde tez çalışmasında kullanılacak olan yöntemler detaylı bir şekilde anlatılmıştır. Araştırma bulguları bölümünde, yapılan çalışmanın adımları detaylı bir şekilde verilmiştir. Sonuç bölümünde ise çalışma sonucunda ne elde edildiği ve yorumlar yer almaktadır.

## 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Endüstriyel, finansal, ekonomik ve sağlık alanı gibi birçok mecrada alınan kararlar birden fazla kriteri içinde barındırır. İhtiyaç duyulan çözümü ararken karşılaşılan alternatifler içerisinde uygun olanı belirlemek oldukça zor bir süreçtir. Bu tarz birçok kriter ve alternatifi içinde barındıran problemlerin çözüm sürecinde sorunları çözmek için farklı yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemler “ÇKKV yöntemleri” başlığı altında toplanmaktadır (Ballı vd., 2007).

Literatüre baktığımızda sağlık alanında farklı problem çözümü için birçok kez ÇKKV yöntemlerinden faydalanıldığı görülmektedir. Aşağıda yer alan iki adet derleme çalışma söylediklerimizi destekler niteliktedir.

Ağaç vd., (2015) ÇKKV uygulamalarının sağlık hizmetlerinde kullanımını incelemişlerdir. Sağlık alanında en çok kullanılan ÇKKV yöntemlerinin (AHP, ANP, TOPSIS, VIKOR, ELECTRE, DEMATEL ve PROMETHEE) dahil edildiği bu çalışmada ÇKKV metotlarının kullanım yüzdelerini bulmuşlardır. Toplamda 82 çalışma üzerinden gerçekleştirdikleri bu araştırma sonucunda en çok AHP yöntemi kullanıldığı ve en fazla hastane ve medikal atıklar için konum belirlemek, hizmet kalitesini incelemek, risk değerlendirmesi yapmak, tedarikçi belirlemek, medikal tedaviler için karar destek edinmek ve tıbbi atık imha şeklini belirlemek gibi konular ele alındığı sonucuna varmışlardır.

Erbay ve Akyürek, (2020) hastanelerde bir takım problemi çözmek için kullanılan ÇKKV yöntemlerini sistematik olarak incelemişlerdir. Hastanelerde kullanılan ÇKKV yöntemlerinin konu, yöntem, kriter ve karar verici dağılımları incelemişlerdir. Toplamda 55 çalışmayı dahil etmişlerdir. Hastanelerde ÇKKV yöntemi en çok sıralama ve önceliklendirme yaparak değerlendirmek için kullanıldığı sonucuna varmışlardır. Ayrıca çalışmalar genellikle kamu hastanelerinde gerçekleştiğini ve değerlendirmeyi çoğunlukla uzmanlar tarafından yapıldığı sonucuna ulaşmışlardır. Yöntem olarak kriter ağırlıklandırma için en çok AHP tercih edilirken seçim yapmak için TOPSIS yöntemi tercih edildiği sonucunu elde etmişlerdir.

Derleme çalışmalarında da görüldüğü üzere ÇKKV yöntemleri sağlık alanında birçok problemi çözmek ve doğru kararlar vermek için araştırmacıların fazlasıyla tercih

ettikleri bir uygulamadır. Ancak ÇKKV teknikleri ile tıbbi cihaz seçimi konusunda yeterli çalışma olmadığı kanısına varılmıştır. Bu çalışma ile literatüre katkı sağlamak amaçlanmıştır.

Bu tez çalışmasında tıbbi cihaz seçimi problemine ÇKKV yöntemleri ile çözüm aranmıştır. Problem olarak ele aldığımız ventilatör cihazı seçimini Erbay ve Akyürek, (2020) ve Ağaç vd., (2015) çalışmalarında belirttikleri ÇKKV yöntemlerinden en çok kullanılan yöntemler arasından seçilmiştir. Bunlar; AHP, TOPSIS ve ELECTRE yöntemleridir. Aşağıda benzer içerikli çalışmalardan kısaca bahsedilmiştir.

Sloane vd., (2003) yeni bir kadın sağlığı hastanesi için yeni doğan ventilatörlerinin seçilmesine ilişkin multidisipliner ve disiplinler arası sürecin gelişimini desteklemek ve belgelemek için analitik hiyerarşi sürecini kullanmışlardır. Klinik mühendislik ve solunum tedavisi direktörlerinin yeni doğan ventilatörlerinin satın alınması için kullanacakları bir çalışma modeli sunmaktadırlar. Kurdukları model kendi kişisel, profesyonel ve kurumsal yargılarını yansıtmaktadır. İlk aşamada, iki direktör, dikkate alınan tüm önemli faktörleri belirlemişlerdir. Oluşturdukları ana başlıklar; performans, esneklik, maliyet ve güvenlidir. Daha sonraki adımlarda bu başlıklar genişletilmiş ve altıncı iterasyonda nihai sonuç elde edilememiştir.

Pecchia vd., (2013) bilgisayarlı tomografi cihazının kullanıcı ihtiyaçlarını ortaya çıkarmaya yönelik bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. 4 ana başlık ve 12 alt başlıktan oluşan ihtiyaçlar AHP kullanılarak ve uzman görüşleri ile sıralanmıştır. Bunun için bir anket hazırlamışlardır ve bu anket İtalya devlet hastanelerinde çeşitli klinik uzmanlık ve bölümlerde çalışan 5 kıdemli klinisyen tarafından doldurulmuştur. Güvenlik ve performans en önemli kriter olarak görülse de kullanıcı ihtiyaçları bölümlere göre değiştiği görülmüştür.

Ivlev vd., (2014) bir derleme çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada tıbbi cihaz yönetimi için en uygun çok kriterli karar verme yöntemi belirlenmeye çalışılmıştır. 21 çalışma göz önüne alınmıştır, ÇKKV yöntemlerinin avantaj ve dezavantajları irdelenmiştir. Çalışma sonunda AHP 'nin tıbbi cihaz yönetimi için en uygun yöntem olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Ivlev vd., (2015) Çek Cumhuriyetindeki bölge hastaneleri için mr cihazı sıralaması yapmışlardır. Çalışmanın amacı belirsizlik altında tıbbi cihaz seçimi için bir karar destek sistemi oluşturmaktır. Bunun için ÇKKV yöntemlerinden faydalanmışlardır. Oluşturulan yaklaşım AHP tekniğine dayanmaktadır. Kriter belirleme ve ağırlıklandırma için uzmanlara başvurulmuştur. Delphi yöntemi kullanarak, fikir birliği oluşturmak istemişlerdir. Çalışmada 13 alternatif mr cihazı 14 kriterle değerlendirilmiş ve sıralanmıştır.

Cihan vd., (2016) bir devlet hastanesinin kardiyoloji servisine en uygun ekokardiyografi cihazın seçilmesi konusunda bir çalışma yapmışlardır. Cihaz seçimi için gerekli olan kriterler ve alternatif cihazlar literatür araştırması ve uzman görüşleri sonucunda belirlenmiştir. Belirlenen yedi kriter ile üç cihaz değerlendirilmiştir. Kriter ağırlıklandırılması ÇKKV metotlarından olan AHP yöntemi ile yapılmıştır. Alternatif cihazların sıralaması ise AHP yönteminden elde edilen veriler dahilinde TOPSIS metodu ile yapılmıştır. Hesaplamalar sonucunda en uygun cihaz belirlenmiştir.

Ivlev vd., (2016) tıbbi cihaz seçiminde kullanılan ÇKKV yöntemlerini karşılaştırmalı olarak analiz etmişlerdir. Daha önce Çek Cumhuriyetinde ki bölgesel hastanelerde gerçekleştirmiş oldukları çalışmalarının verilerinden de yararlanarak çalışmalarını gerçekleştirmişlerdir. Daha önceki çalışmalarında mr cihaz seçimi yapmışlardı. Bu çalışmada aynı kriterleri kullanarak AHP, PROMETHEE, TOPSIS, SAW ile karşılaştırmalı olarak modelleme yapmışlardır. Böylelikle tıbbi cihaz seçimi için hangi çok kriterli karar verme yöntemi kullanılmasının en uygun olacağı sorusuna cevap aramışlardır. Sonuç olarak ise çok kriterli karar verme yöntemini belirlerken amacımıza göre yönteminde değiştiğidir ve uygun yöntemi seçmek için bazı önerilerde bulunmuşlardır.

Ivlev vd., (2016) Çek Cumhuriyeti'ndeki bölgesel hastaneler için en uygun olan mr cihazını belirlemek ve tıbbi cihaz seçimi için en uygun çok kriterli karar verme metodunu tanımlamak amacıyla gerçekleştirmişlerdir. AHP, TOPSIS, PROMETHEE II ve SAW metotlarının karşılaştırmalı modellemeleri yapılmıştır. 13 alternatif cihazın seçimi için 12 kriter belirlenmiştir ancak 2 kriter tüm alternatiflerde eşit değere sahip olmasından dolayı çıkarılmıştır. Analizler 10 kriter ile gerçekleştirilmiştir.

Aqlan vd., (2017) bilgisayarlı tomografi cihazı seçiminde vericilere doğru karar vermeleri konusunda yardımcı olmayı amaçlamaktadırlar. Çalışma yerel bir hastanede vaka çalışması şeklinde sağlanmıştır. Hastane gereksinimlerine, müşteri gereksinimlerine ve teknik sorunlara dayalı olarak yerel bir hastane için en iyi bilgisayarlı tomografi cihazını seçmek için Monte Carlo simülasyonu ile birlikte Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) 'ni kullanmışlardır. Üç üreticiden dört adet bilgisayarlı tomografi cihazı değerlendirilmiştir. Değerlendirilme üç ana ve on bir alt başlıktan oluşan kriterlerle yapılmıştır. Hastanedeki karar vericilerin bilgi ve deneyimlerine başvurarak çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonunda en uygun cihaz Siemens markasına ait bir tomografi cihazı olduğu sonucuna varmışlardır.

Antmen ve Miç, (2018) Adana ilinde bulunan bir hastanenin çocuk yoğun bakım ünitesine alınması planlanan invazif mekanik ventilatör cihazı seçimini gerçekleştirmişlerdir. Uzmanlarla görüşerek yedi alternatif cihazı değerlendirmek için on üç kriter belirlenmiştir. Daha sonra ÇKKV metotlarından olan AHP ve bulanık TOPSIS ile ayrı ayrı hesaplamalar yapılmış ve sıralama elde edilmiştir. Elde edilen sıralamalar karşılaştırılmıştır. Her iki yöntemde aynı markaya ait cihaz en uygun cihaz çıkmıştır.

Büyüközkan ve Göçer, (2018) son zamanlarda oldukça trend olan giyilebilir tıbbi cihazların seçimi ile ilgili bir çalışma yapmışlardır. Akıllı tıbbi cihaz seçimi için beş kriter belirlemişlerdir. Dört alternatif içinden en uygun olanı belirlemek amacıyla ÇKKV metotlarından sezgisel bulanık VIKOR yöntemini kullanmışlardır. Önerilen yaklaşımı doğrulamak için bir vaka çalışması yapmışlardır.

Özüdoğru, (2018) biyomedikal cihaz seçimi için kriter değerlendirilmesinde bulunmuştur. İstanbul-Avrupa yakasında bulunan bir özel hastane için ultrason cihazı alımına etki eden özellikler irdelenmiştir. Kriterlerin önem ağırlıklandırılması için ÇKKV metotlarından biri olan AHP tekniği kullanılmıştır. Kriter belirlemek için literatür taraması yapılmıştır. Elde edilen kriterler karar vericiler tarafından düzenlenmiş ve son halini almıştır. Üç ana kriter ve on dört alt kriter oluşturmuşlardır. Kriter karşılaştırması için bir anket düzenlemişlerdir. Cihaz alımına karar verecek karar vericiler anketi doldurmuştur ve AHP kullanarak kriterin önem düzeyleri belirlenmiştir.

Abdel-Basset vd., (2019) tıbbi cihaz seçiminin karar sürecine yardımcı olacak bir yaklaşım sunmaktadırlar. Tıbbi cihaz seçiminde kriterlerin karmaşıklığı bu süreci oldukça etkilemektedir. Bu süreci simüle etmek için bir metot önermişlerdir. Karar vericilerden elde edilen bilgilerdeki belirsizlikleri gidermek için Nötrozofik ile TOPSIS kullanılmıştır. Yedi alternatifli ve yedi kriterli bir karar verme modeli hazırlanmışlardır. Önerilen yöntemin sonuçları ile nötrozofik uzantılı AHP ve MOORA modelleri ile de karşılaştırılmıştır. Çalışma şeker analiz cihazı üzerinden gerçekleştirilmiştir. Ayrıca bu çalışma ile akıllı tıbbi cihazları farklı değerlendirme kriterleri altında değerlendirmeyi amaçlamaktadırlar.

Keleş vd., (2019) bir tıbbi laboratuara alınması düşünülen tam kan sayımı cihazı seçimini ele almışlardır. Cihaz seçmek için gerekli olan kriterler uzmanlar görüşleri ile belirlenmiş ve değerlendirilmiştir. Görüşme sonucunda sekiz adet kriter belirlenmiştir. Elde edilen kriterleri SWARA yöntemi ile ağırlıklandırmışlardır. Ağırlıklandırma sonucunda cihazın güvenilir olması ve doğru sonuç çıkarması, kullanıcı uyumlama, cihazın dizaynı ve işlevsel özellikleri kriterlerinin karar alma prosesinde diğerlerinden biraz daha fazla etkili olduğu sonucuna varmışlardır. Piyasada bulunan üç adet alternatif cihaz belirlemişlerdir. Cihaz alternatiflerini de WPM yöntemi ile sıralamışlardır. Sıralamanın doğruluğunu test etmek için AHP ve TODIM yöntemi kullanarak da hesaplama yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Üç yöntemle aynı sıralama elde edilmiştir.

Napitupulu, (2019) ultrason cihazı seçimini ele almıştır. TMC klinik yönetimi piyasada bulunan beş adet ultrason cihazından kendilerine en uygun olanı seçmek istemektedir. Çalışma da “farklı markalar arasından en iyi ultrason cihazı nasıl seçilir” sorusuna cevap aranmıştır. Çözümü ise ÇKKV yöntemlerinden bulanık ANP ve COPRAS yöntemi kullanarak bulunmaya çalışılmıştır. Seçim için sekiz kriter belirlemiştir. Kriter ağırlıklandırılması ANP ile yapılmıştır. COPRAS ile de elde edilen kriter ağırlıkları da göz önüne alınarak bir sıralama gerçekleştirilmiş ve TMC kliniği için en uygun ultrason cihazı belirlenmiştir. Ayrıca bulanık ANP ve COPRAS yönteminin cihaz seçimi için uygun yöntem olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Oliveira vd., (2019) tıbbi cihaz seçiminde kullanılacak bir metodoloji oluşturmayı amaçlamışlardır. Yapılan bu çalışma ile elde edilecek olan metodoloji ihale sürecinin yapısının tanımlanmasına ve alternatifler arasından en iyi olanı nicel

olarak seçilmesinde yardımcı olacak faydalı bir araç olacağı düşünülmektedir. Bu amaç doğrultusunda, 4 kriter ve 14 alt kriter oluşturulmuştur. Tıbbi cihaz seçim metodunu AHP yöntemi kullanılarak oluşturulmuştur. Örnek çalışma bilgisayarlı tomografi cihazı üzerine gerçekleştirilmiştir.

Özdağolu vd., (2019) tıbbi laboratuvarlarda hastalık teşhisi için kullanılan nefelometre cihazı seçimi için bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Kriterleri ve piyasada mevcut alternatifleri belirlemek için laboratuvar teknisyenleri, doktorlar, hemşireler ve nefelometre cihazı satış temsilcileri ile görüşmüşlerdir. Görüşme neticesinde üç alternatif cihaz ve dokuz kriter belirlemişlerdir. DEMATEL ve MULTIMOORA bütünlük yaklaşımı uygulamışlardır. DEMATEL ile kriter ağırlıklandırılması gerçekleştirilmiştir. Elde edilen ağırlıklar kullanılarak MULTIMOORA ile de alternatiflerin iyiden kötüye doğru sıralaması gerçekleştirilmiştir.

Büyüközkan ve Göçer, (2019) kalp hastalarının kullandığı giyilebilir izleme cihazını ele almışlardır. Cihazı değerlendirme için kavramsal bir çerçeve geliştirmek ve akıllı tıbbi cihazları önceden tanımlanmış hedeflere göre önceliklendirmek amacıyla sezgisel bulanık Choquet integrali (IFCI) yaklaşımı uygulanmıştır. Sekiz alternatif on kriterle değerlendirilmiştir. Sezgisel bulanık Choquet integrali modelinin sonucunu doğrulamak için VIKOR, TOPSIS, COPRAS, MOORA ve MULTIMOORA modellerinin sezgisel bulanık uzantıları ile de karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, modelin ve ürettiği sıralamaların yeterince kararlı olduğunu göstermiştir.

Özdağoğlu vd., (2020) tıp laboratuvarlarında kullanılan biyokimya hormon cihazı seçimini ele almışlardır. Literatür araştırması ve uzman görüşleri ile piyasada bulunan alternatif biyokimya hormon cihazları ve bu cihazları değerlendirilmesinde kullanılacak olan kriterler belirlenmiştir. Araştırma sonucunda beş adet cihaz belirlenmiştir. Bu cihazları değerlendirebilmek için de sekiz adet kriter oluşturulmuştur. Kriter ağırlıklandırma işlemini SWARA metodu ile yapmışlardır. Ağırlık hesabından sonra sırama işlemini ise WSM ile gerçekleştirmişlerdir. Sonucun doğruluğunu kontrol etmek için CODAS yöntemi ile bir sıralama daha yapılmıştır. Her iki yöntem ile yapılan sıralamanın uyumlu olduğu görülmüştür.

Özdağoğlu vd., (2021) tıbbi laboratuvarlarda kullanılan kan gazı cihazının seçimine etki eden kriterler belirlemişler ve piyasada bulunan alternatif cihazların sıralamasını

yapmışlardır. Kriter belirlemek için literatür araştırması ve uzmanlarla görüşme yapılmıştır. Dokuz adet kriter belirlenmiştir. Kriter önceliklerinin belirlenmesi ve cihaz alternatiflerinin değerlendirilmesi de yine uzmanlar tarafından yapılmıştır. Elde edilen veriler ile sıralama gerçekleştirmek için ÇKKV tekniklerinden fuzzy VIKOR ve fuzzy EDAS teknikleri kullanılmıştır. Her iki yöntemle ayrı ayrı hesaplama yapılmış ve alternatif sıralamaları elde edilmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucunda alternatif sıralamalarının aynı olduğu görülmüştür.

Antmen ve Miç, (2018) invazif mekanik ventilatör cihazının seçimi için; ventilatörün yeni doğana ve çocuğa uygun olma durumu, ventilatörün içerdiği modlar, ventilatörün bataryası, set, ventilatörün farklı ölçüm yapabilmesi, manevra, ventilatörden ayrılma, kullanım kolaylığı, bakım onarım, oksijen akış sensörü, yüksek frekanslı osilatör ventilasyon, yüksek akışlı oksijen, non-invaziflik özelliklerini dikkate alınmıştır. Bu çalışma ile karşılaştırıldığında hasta kategorisi, modlar, batarya, kullanım kolaylığı kriterleri benzer olurken; bu çalışmada satış sonrası hizmet kriteri başlığı altında bakım ve onarım özelliği dahil edilmiştir. Ventilatörden ayrılma ve manevra özelliği de kullanım kolaylığı kriteri altında değerlendirmeye dahil edilmiştir. Yapılan çalışmada beş alternatif cihazın hem invazif hemde non invazif özellikleri ortak olduğu için çalışmaya dahil edilmemiştir. Çalışmada parametre aralıkları dikkate alınmıştır ancak spesifik olarak yüksek frekanslı osilatör ventilasyon, yüksek akışlı oksijen kriterleri dahil edilmemiştir. Çalışmalar set, oksijen akış sensörü, ventilatörün farklı ölçüm yapabilmesi kriterlerinde birbirinden tamamen ayrılmıştır. Bunun sebebi çalışmanın yapıldığı süreç ve Antmen ve Miç, (2018)' in daha spesifik bir ventilatör üzerine çalışmış olması gösterilebilir.

Çizelge 2.1'de tez çalışması kapsamında incelenen ÇKKV yöntemleri ile tıbbi cihaz değerlendirmesi yapan çalışmaların özeti sunulmuştur. Çalışma tarihlerine bakıldığında son yıllarda ÇKKV yöntemleri ile tıbbi cihaz değerlendirilmesi konusunda çalışma sayısının arttığı gözlemlenmiştir.

**Çizelge 2.1.** ÇKKV yöntemleri ile tıbbi cihaz değerlendirmesi yapılan bazı çalışmalar.

Yazar	Yıl	Çalışma Konusu	Yöntem
Sloane vd.	2003	Yeni doğan ventilatörü	AHP
Pecchial vd.	2013	Bilgisayarlı tomografi cihazı	AHP
Ivlev vd.	2014	Tıbbi cihaz seçimi için en uygun yöntemi belirleme	AHP
Ivlev vd.	2015	Manyetik rezonans cihazı	AHP
Cihan vd.	2016	Ekokardiyografi cihazı	AHP ve TOPSIS
Ivlev vd.	2016	Manyetik rezonans cihazı	AHP, TOPSIS, PROMETHEE II, SAW
Ivlev vd.	2016	Karşılaştırmalı modelleme	AHP, PROMETHEE, TOPSIS ve SAW
Aqlan vd.	2017	Tomografi cihazı	AHP
Antmen ve Miç	2018	İnvazif mekanik ventilatör cihazı	AHP ve Bulanık TOPSIS
Büyüközkan ve Göçer	2018	Giyilebilir tıbbi cihaz	Sezgisel Bulanık VIKOR
Büyüközkan ve Göçer	2018	Kalp hastaları için giyilebilir izleme cihazı	IFCI(Sezgisel Bulanık Choquet İntegrali), VIKOR, TOPSIS, COPRAS, MOORA, MULTIMOORA
Özüdoğru	2018	Ultrason cihazı	AHP
Abdel-Basset vd.	2019	Şeker analiz cihazı	AHP, MOORA
Keleş vd.	2019	Tam kan sayımı cihazı	SWARA, WPM, AHP ve TODIM
Napitupulu	2019	Ultrason cihazı	Bulanık ANP ve COPRAS
Oliveira vd.	2019	Tomografi cihazı	AHP
Özdağolu vd.	2019	Nefelometre cihazı	DEMATEL ve MULTIMOORA
Özdağoğlu vd.	2020	Biyokimya hormon cihazı	SWARA, WSM ve CODAS
Özdağoğlu vd.	2021	Kan gazı cihazı	Bulanık VIKOR ve Bulanık EDAS

### 3. MALZEME VE YÖNTEM

İnsan hayatı boyunca her an bir tercih yapmak ve kendisi için en doğru olana karar vermek durumundadır. Bu çalışmada bir kamu hastanesinin yoğun bakım ünitesi için en uygun ventilatör cihazını belirleme problemi üzerinde durulmuştur. Uygun olanı belirlemek, alternatiflerin sayıca fazla olması ve birden fazla özellik açısından değerlendirmesi gerektiği için oldukça zordur. En doğru karar bilimsel bir metodolojiye dayandırılarak verilebilmektedir. Tezin bu kısmında karar verme olgusu ve ÇKKV tekniklerinden bahsedilmiştir. Ayrıca çalışmada kullanılacak olan AHP, ELECTRE ve TOPSIS yöntemleri detaylı bir şekilde anlatılmıştır.

#### 3.1 Karar Verme Kavramı ve ÇKKV Yöntemleri

Bir soruna çare bulmak ve arzu edilen sonuca ulaşmak amacıyla bazı kıstaslar kullanılarak mevcut alternatifler içinden seçim yapma eylemi karar verme olarak adlandırılır. Yapılan çalışmalara bakıldığında karar verme ile ilgili pek çok farklı tanımla karşılaşmaktadır. En yalın şekilde karar verme, çeşitli alternatifler içinden birini seçme işlemi olarak tanımlanmaktadır. Her karar sonucunda başka karar ihtiyacı meydana gelebilmektedir. Bu sebepten dolayı problem çözme ve karar verme yöneticinin faaliyetlerinde çok önemli bir role sahiptir (Sürmeli, 2013).

Karar verme, hayatımızın her alanında karmaşık ve birden çok kriterin aynı anda değerlendirilmesi gereken bir kavram haline gelmiştir. Karar vericilerin karmaşık kararlarda doğru kararı vermesi oldukça zordur. Çünkü sorun çözmek ya da doğru karar vermek için birbirleri ile çelişen ve ölçülmesi zor kriterler bir arada olabilmektedir. Bu gibi insan beyninin çözemediği yerde karar verme konusunda yardımcı olacak bazı yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemler; ÇKKV yöntemleridir (Çanakçı, 2018).

ÇKKV, Karar Biliminin bir alt dalı olarak karşımıza çıkmaktadır. Karar prosesini ölçütlere göre modelleyerek ve çözümleyerek gerçekleştirir. Karar verici çeşitli referanslardan elde ettiği çeşitli verileri uygun bir şekilde değerlendiremediği için ÇKKV yöntemleri oluşturulmuştur ( Sarucan, 2021).

ÇKKV yöntemleri kullanım şekline göre ikiye ayrılır; çok nitelikli karar verme ve

çok amaçlı karar verme. Çok nitelikli karar verme kriterlere değer verilerek seçenek değerlendirilmesi yapıp en iyinin belirlenmesi esasına dayanır. Çok amaçlı karar vermede ise çelişen amaçlardan en iyi alternatifin seçimi amaçlanmaktadır (Karaatlı vd., 2015).

ÇKKV yöntemleri sayısal yöntemlerle alternatifler arasından doğru seçimi yapabilmeyi sağlamaktadır. Bunu yaparken izlediği yol şu şekildedir;

1. Probleme ilgili alternatifler ve kriterlerin belirlenmesi

2. Probleme ait kriterlerin önem derecelerinin belirlenmesi

3. Alternatiflerin kriterlere göre değerlendirilip önem sırasının belirlenmesi (Şenoğlu, 2020).

### **3.1.1 ÇKKV yöntemlerinde kullanılan temel kavramlar**

Karar verici: Seçenekler içinden tercih yapan kişi ya da kişilerdir.

Hedef (Z): Alternatifler arasından belirlenen kriterler doğrultusunda karar vericilerin ulaşmak istedikleri en iyi sonucu verecek nihai amaç.

Alternatif (Seçenekler,  $A_i$ ): Seçim ve önceliklendirme sorunlarına çare olabilecek seçeneklerdir.

Kriter ( $C_j$ ): Belirlenecek olan seçeneğin bulundurması gereken bütün nitelik kriter olarak tanımlanır.

Karar Matrisi: Bir karar problemindeki seçenekler ve kriterleri gösteren matristir.

Kriterlerin Ağırlıkları ( $w_j$ ): ÇKKV sorunlarında her kriterin karar üzerindeki etkisi eşit değerde değildir. Her bir kriterin farklı önem değeri vardır. Bu değerlere kriter ağırlığı denir.

ÇKKV yöntemleri alternatifler arasında en iyi performanslı olanı belirleme veyahut performans açısından sıralama yapılması istenen tüm alanlarda kullanılabilir. ÇKKV'nin kullanıldığı yerler; ekonomi, yönetim, muhasebe, finans, sermaye yatırımı, üretim, insan kaynakları, pazarlama, planlama, risk analizi, başvuru

değerlendirmeleri, grup karar verme, tesis yeri seçimi, kaynak tahsisi, politika, strateji, ulaştırma, çatışma analizi, eğitim, sağlık, çevresel kararlar, bilgi işlem, karar destek, silah seçimi, kamu sektörü, portföy seçimi, pazar seçimi vb. (URL-5).

### **3.1.2 ÇKKV yöntemlerinin amaç ve yararları**

ÇKKV yöntemlerinin amaç ve yararlarını sıralamak gerekirse şu şekilde sıralanabilir;

1. İnsan beyninin kendi başına çözemeyeceği kadar karmaşık ve algılaması zor olan konuları analiz etmek,
2. Karar verme süreçlerini bir sistem kurarak çözümlenmek,
3. Açık ve hesaba verilebilir bir idare,
4. Birden fazla karar vericinin mevcut olduğu durumlarda ortak bir alan oluşturmak, iletişimi kolaylaştırmak, görüşmeleri olabilir kılmak,
5. Değerlendirmelerde uzman görüşleri ve karar vericilerin öznel değerlendirmelerini birleştirmek,
6. Çok fazla veya karmaşık veriyi değerlendirebilmek (Ardıç Çetinkaya, 2016).

ÇKKV yöntemi başlığı altında problem çözmek için çok fazla teknik geliştirilmiştir.

Bu çalışmada ventilatör cihazı seçim problemi için ÇKKV yöntemlerinden faydalanılmıştır. Kriter ağırlıklandırma için AHP yöntemi, alternatif ventilatör cihazlarının sıralaması için ise ELECTRE ve TOPSIS yöntemleri tercih edilmiştir.

### **3.2 Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) Yöntemi**

Analitik Hiyerarşi Süreci, ilk Myers ve Alpert tarafından 1968 yılında sunulmuştur. Daha sonra Profesör Thomas Lorie Saaty 1977 yılında AHP'yi karar verme sorunlarının çözümü için kullanılabilecek bir teknik olarak geliştirmiştir.

Karar verirken kişi düşünce ve görüşlerinin, çözüm sürecine dahil olma durumu son zamanlarda oldukça artmıştır. Farklı bir deyişle AHP ile artık daha özel ve daha kontrol edilebilen kararlar alınır hale getirmek için düzenlenmektedir. AHP,

insanlara ne şekilde karar almaları gerekli olduğu konusunda bir teknik uygulamaya mecbur bırakmak yerine, onlara kendilerinin karar alma sistemlerini saptama fırsatı vererek en uygun kararların verilmesine olanak sağlayan bir metottur (Gülenç ve Aydın Bilgin, 2010).

AHP yöntemi geliştirildiği günden beri, karar vericiler ve araştırmacılar tarafından oldukça fazla ilgi çeken bir yöntem olmuştur. Bu ilgi o kadar fazladır ki ÇKKV yöntemlerinde en çok kullanılan yöntemlerden biri haline gelmiştir. Bu yöntemin ayrıcalıklarından birisi de doğrusal programlama, kalite fonksiyon göçerimi ve bulanık mantık gibi farklı teknik ile birleştirilerek kullanılabilme esnekliğidir (Vaidya ve Kumar, 2006).

AHP yöntemi kısaca; birçok alternatifi birçok kriter ve alt kriterlerle değerlendirirken aynı zamanda insan deneyimlerini de bu değerlendirmeye dahil eden sistematik hale getirilmiş bir yöntemdir. AHP çözümlerinde amaç belirlendikten sonra problem hiyerarşik olarak modellenir (Baylan, 2015).

AHP yönteminin genel özellikleri kısaca aşağıda yer almaktadır.

**Yalınlık:** Çok türlü yapılandırılmamış sorunlara basit, kolay kavranan, esnek bir yapı sunan tekniktir.

**Karmaşıklık:** AHP tümdengeliimi tümleştirir ve karmaşık tahlillerde problem arz etmeyen bir tekniktir.

**Bağımsızlık:** Doğrusal düşünme ve sistemin elemanlarının birbirine bağımlılık mevzusunda sorun çıkarmamaktadır.

**Hiyerarşik Yapılanma:** Sistemin öğelerini gruplandırmak ve farklı seviyelerde sınıflandırabilmek amacıyla zihnin doğal eğitimi yansıtır.

**Değerlendirme:** AHP öncelikleri belirlemek ve ölçülemeyen unsurların değerlendirilebilmesine imkan tanır.

**Tutarlılık:** AHP önceliklerin belirlenmesinde kullanılan kararların tutarlılığı mantığını izler.

Sentez: AHP genel olarak seçimi istenen her alternatifin seçilebilirliğini inceler.

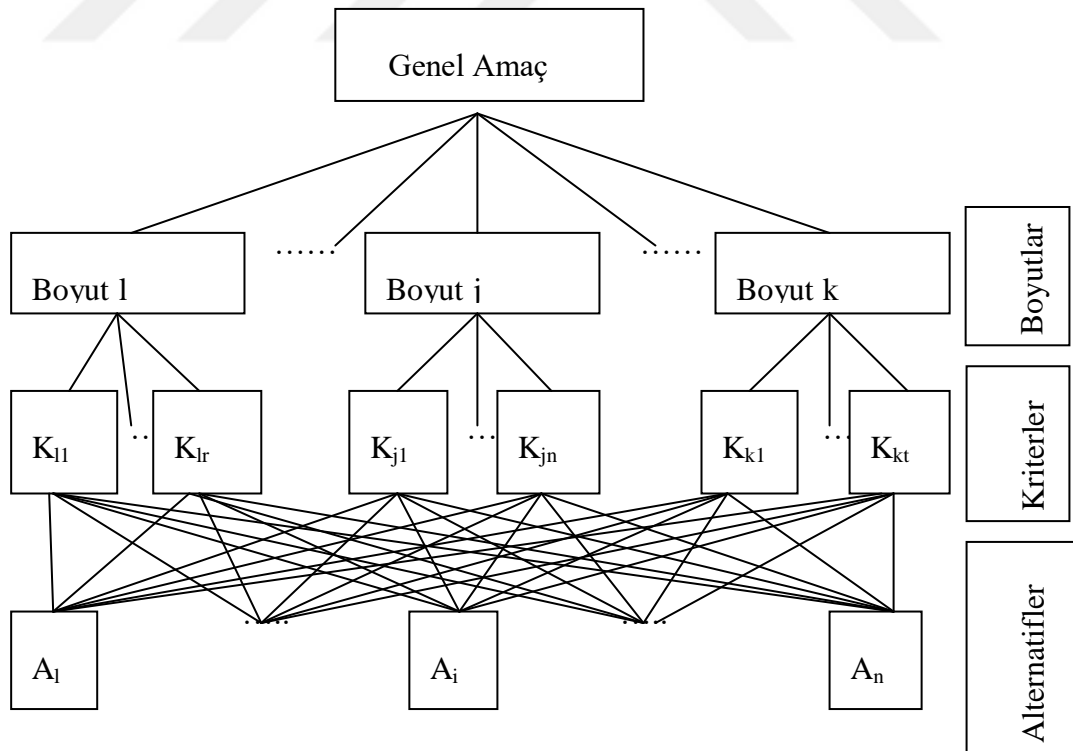
Karşılaştırma: AHP karar vericilerin hedeflerine uygun en iyi seçeneği belirleyebilmek için sistemdeki göreceli öncelikleri dikkate alır.

Yargılama ve Uzlaşma: Düşünce birliğinde direnmekte fakat farklı kararların sonucunu bir temsilci temsil sentezi yapar.

Süreç Tekrarı: Bir sorunun ortadan kaldırılması amacıyla yineleme yoluyla insanların yargılarını ve anlayışlarını geliştirmelerine imkan sağlar (Mutlu,2019).

Hiyerarşik bir yapı oluşturularak AHP ile bir soruna çözüm bulunmaktadır.

AHP hiyerarşisi üç seviyede oluşturulmuştur. Birinci seviyede amaç yer alır. Amacın altındaki basamakta ana ölçüt ve varsa alt ölçütler bulunur. En alt seviyede ise seçenekler yer alır (URL-6). Aşağıdaki Şekil 3.1 bu hiyerarşik yapıyı görsel olarak anlatmaktadır (Tzeng vd., 2011).



Şekil 3.1. Analitik Hiyerarşi Prosesinin hiyerarşik yapı modellemesi.

### 3.2.1 AHP yönteminin algoritması

AHP yöntemi uygulanırken izlenen temel uygulama adımları şu şekildedir:

1. Adım: Problemin tanımlanması ve amacın belirlenmesi. Hiyerarşik yapı kurulması. Hiyerarşik yapı kurularak alt ve üst seviyelerdeki elemanlar arasındaki ilişki ortaya konulmaktadır.

2. Adım: Karar elementlerinin karşılaştırılarak ikili karşılaştırmalar matrislerinin düzenlenmesi

AHP yönteminin ikili karşılaştırmaları ortaya çıkarmak için göreceli ve mutlak ölçümlerden faydalanılır. Ölçümlerin sunucu karşılaştırma matrisine dönüştürülür (Doğru, 2020).

1 ile 9 arasında değerlerin yer aldığı önem derecesi ölçeği kullanılarak, ölçütlere göre karar seçeneklerinin karşılaştırıldığı matrisler meydana getirilir.

n tane kriter değerlendirmeye alınacaksa, i kriterinin j kriterine göre önemini belirtmek için A matrisi oluşturulur. Matris elemanlarının birbirleri ile;  $a_{ij}=1/a_{ji}$  ve  $a_{ii}=1$  ilişkisi mevcuttur (Dinçer ve Görener, 2011).

Karşılaştırma matrisi köşegen elemanları 1 olan nxn boyutunda bir kare matristir.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (3.1)$$

Karşılaştırma matrisi oluşturmak için kullanılan önem derecesi ölçeği (Saaty, 1980) Çizelge 3.1’de yer almaktadır.

**Çizelge 3.1.** Saaty'nin önem derecesi ölçęęi.

Önemi	Tanım
1	Eşit öneme sahip
2	Ara değer
3	Biraz önemli
4	Ara değer
5	Fazla önemli
6	Ara değer
7	Çok fazla önemli
8	Ara değer
9	Son derece önemli

3. Adım: İkili karşılaştırma matrislerinin normalize edilmesi.

Normalize etmek için, önce her sütun toplamı bulur daha sonra her elaman kendisinin yer aldığı sürununun toplamına bölünür. Matrisler normalize edilince matrisin her bir sütun toplamı 1 olur (URL-7). 3.2 deki formül hesaplamada kullanılır.

$$a_{ij'} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}}, i, j = 1, 2, \dots, n \quad (3.2)$$

4. Adım: Öncelik vektörünün hesaplanması

İkili karşılaştırma matrislerinin normalize edilmesinden sonra, normalize matrisin satır ortalaması alınır. Bu hesaplama ile elde ettiğimiz değerler her bir ölçüt için belirlenmiş önem ağırlığıdır. Bu ağırlıklar, öncelik vektörünü oluşturur.

$$w_i = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{i=1}^n a_{ij'}, i, j = 1, 2, \dots, n \quad (3.3)$$

Eşitliği kullanılır.

5. Adım: Tutarlılık oranının hesaplanması

Karar vericilerinin değerlendirmelerinin tutarlı olup olmadığını anlamak amacıyla tutarlılık indeksi ve tutarlılık oranının hesaplanması gerekir (Vahidnia vd., 2009).

$$Tutarlılık İndeksi(CI) = (\lambda_{max} - n)/(n - 1) \quad (3.4)$$

$$Tutarlılık Oranı = Tutarlılık İndeksi(CI)/Rassallık İndeksi(RI) \quad (3.5)$$

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (3.6)$$

eşitliği ile hesaplanır. Burada,

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} w_j}{w_i} \right) \quad (3.7)$$

'dır.

$$\begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21}=1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1}=1/a_{1n} & a_{n2}=1/a_{2n} & \dots & 1 \end{bmatrix} x \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}$$

$$d_i = \frac{x_i}{w_i}, i = 1, 2, \dots, n$$

$$\lambda_{max} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n} \quad (3.8)$$

Tutarlılığı test edebilmek için “Rassal İndeks (Random Index-RI)” indeksleri bilinmesi gerekmektedir. n boyutlu karşılaştırma matrisleri için tanımlanan RI değerleri Çizelge 3.2’de verilmiştir (Saaty, 1980).

**Çizelge 3.2.** Karşılaştırma matrislerinin boyutlarına göre RI değerleri.

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<b>RI</b>	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,53	1,56	1,57	1,59

CI ve RI değerleri bulunduktan sonra “Tutarlılık Oranı (Consistency Ratio-CR)” hesaplanır.

$$CR = CI/RI \quad (3.9)$$

Eğer bu hesaplamalar sonucunda CR değeri 0.10’den küçük çıkmış ise karşılaştırma matrisinin tutarlıdır denir. (URL-7).

6. Adım: Ağırlıkların elde edilmesi.

Öncelik vektörü, karar verme sürecinin tutarlı olduğuna karar verdikten sonra ölçütler için ikili karşılaştırma matrisi oluşturularak hesaplanır. Bu öncelik vektörü, ölçütler için ağırlık vektörü olarak da tanımlanmaktadır. Alternatiflerin analizi sonucu oluşan  $n$  tane  $m \times 1$  boyutlu sütun vektörü,  $m \times n$  boyutlu karar matrisini oluşturur. Bu matris, kriter kıyaslamaları sonucu ulaşılmış  $w$  sütun vektörü ile çarpılarak, yeni bir sütun vektörü elde edilir. Bu vektörün her bir elemanı, karar alternatiflerinin puanlarını verir. Bu değerlerin toplamı 1 olacak şekildedir. Bu puanlara bakıldığında en büyük değere sahip olan alternatif en iyi alternatif olarak değerlendirilir (Çanakçı Yüksel, 2018).

### 3.2.2 AHP yönteminin zayıf ve üstün yönleri

AHP yönteminin üstün yönleri:

- AHP yöntemi, esnek bir modelleme aracı olmasından dolayı büyük ölçekli problemleri çözmek için kullanılabilir.
- Ölçütler bütün derecelerde birbiriyle karşılıklı olarak ve birçok alanda kıyaslanabilirler.
- Öznel ve nesnel ölçütler ile uygulanabildiği için, problem çözümlerinde günümüzde çok kullanılan ve başarılı bir yöntemdir (Bhutta ve Huq, 2002).
- AHP metodunun zayıf yönleri:
- Diğer yargı içeren karar verme tekniklerinde olduğu gibi, AHP yönteminde de karar vericilerin yargıları problem çözümünü yönlendirmektedir.
- Mutlak ölçeklerle sonuç elde edilemez (Bhutta ve Huq, 2002).

### 3.3 ELECTRE Yöntemi

1960 yıllarının sonunda B. Roy tarafından bulunan ELECTRE tekniği daha sonra P. Nijkamp, A. Van delf ve H. Voogd tarafından geliştirilmiştir. ELECTRE yöntemi "Elimination et Choix Traduisant La Realite" cümlesindeki sözcüklerin baş

harflerinin birleşimiyle isimlendirilmiştir. ELECTRE yöntemi, değerlendirilen kriterler ve alternatifler arasındaki ikili üstünlük kıyaslamalarına dayanmaktadır (Dursun, 2018).

Kıyaslamanın yapılabilmesi için yöntemde uyumluluk, uyumsuzluk ve eşik değerlerinin kullanılması gerekir. Bu sayede daha az kişisel bir sıralama elde edilmiş oluyor(Güngör, 2021).

Diğer ÇKKV metotlarında olduğu gibi ELECTRE yöntemi de alternatifler içerisinde en uygun olanı belirlemek amacıyla kullanılmaktadır. Dolayısıyla, bu teknikten de birçok alanda seçim ve sıralama yapılırken faydalanılmıştır (Özkan, 2007).

Uygulama alanı oldukça geniş olan yöntemin ELECTRE II, III, IV, TRI gibi farklı versiyonları da mevcuttur. Bütün yöntemlerin kullanımları, karar probleminin tipine göre farklılık göstermesine rağmen, aynı temel kavramlardan oluşmaktadır (Dursun, 2018).

### 3.3.1 ELECTRE yönteminin algoritması

ELECTRE yöntemi ile en iyiden en kötüye şeklinde yapılan sıralamanın uygulama basamakları aşağıdaki yer almaktadır.

1. Adım: Karar matrisinin oluşturulması.

İlk adım karar vericinin A başlangıç matrisini oluşturmasıyla gerçekleştirilmektedir. A matrisinin satırlarında üstünlükleri karşılaştırılacak olan karar noktaları, sütunlarında ise karara etki eden değerlendirme kriterleri yer almaktadır.  $A_{ij}$  matrisinde, m ile karar noktası sayısını, n ile de değerlendirme kriteri sayısını gösterilmektedir. Aşağıda karar matrisinin gösterimi yer almaktadır: (Çelik ve Ustasüleyman, 2014)

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (3.10)$$

## 2. Adım: Karar Matrisinin Normalizasyonu

Maliyet ve fayda kriterlerinin normalizasyonu yapmak için formül 3.11 ve 3.12'de yer alan bağıntılar kullanılmaktadır (Çelik ve Ustasüleyman, 2014).

Maliyet kriterleri için:

$$x_{ij} = \frac{1/a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (\frac{1}{a_{ij}})^2}} \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (3.11)$$

Fayda kriterleri için:

$$x_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n a_{ij}^2}} \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (3.12)$$

formülleri kullanılmaktadır. Hesaplamalar sonucunda normalize  $X_{ij}$  matrisi oluşturulur.

$$X_{ij} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (3.13)$$

## 3. Adım: ağırlıklı standart karar matrisinin oluşturulması.

Değerlendirme için kullanılacak olan her bir kriterlerin sahip olduğu önem farklı değerlere sahip olduğunda karar verici tarafından ağırlıklı standart karar matrisi oluşturulur. Bunun için değerlendirme faktörlerinin ağırlıkları ( $w_i$ ) karar verici tarafından belirlenmelidir. Daha sonra  $w_i$  değerleri X matrisindeki ilgili elemanlar ile çarpılarak Y matrisini meydana getirmektedir (Çelik ve Ustasüleyman, 2014).

$$Y_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 x_{11} & w_2 x_{12} & \dots & w_n x_{1n} \\ w_1 x_{21} & w_2 x_{22} & \dots & w_n x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ w_1 x_{m1} & w_2 x_{m2} & \dots & w_m x_{mn} \end{bmatrix} \quad (3.14)$$

## 4. Adım: Uyum ( $C_{kl}$ ) ve Uyumsuzluk ( $D_{kl}$ ) Setlerinin Belirlenmesi

Uyum setleri Y matrisinden faydalanılarak belirlenmektedir. Alternatifler değerlendirme etkenleri göz önüne alınarak karşılaştırılır ve daha sonra setler

oluşturulur (Çelik ve Ustasüleyman, 2014).

$$C_{kl} = \{j, y_{kj} \geq y_{ij}\} \quad (3.15)$$

Formül 3.15 satır elemanlarının büyüklüklerinin birbirlerine göre karşılaştırılması esasına dayanır. Karar probleminde bulunan uyum setinin kaç tane olduğu ( $m \times m$ ) ile bulunur. Bunun sebebi uyum setleri bulunurken  $k$  ve  $l$  indisleri için  $k \neq l$  olmasından dolayıdır. Uyum setlerinde en fazla  $n$  kadar eleman olabilir. Mesela,  $k=1$  ve  $l=2$  değerleri için  $C_{12}$  uyum seti belirlenirken,  $Y$  matrisinin 1. ve 2. satır öğeleri birbirleriyle mukayese edilir ve eğer 4 değerlendirme faktörü var ise  $C_{12}$  uyum seti en çok 4 elemana sahip olabilmektedir. Verilen örnekte 1. ve 2. satır kıyaslamasında,

$$\begin{aligned} y_{11} &> y_{21} \\ y_{12} &< y_{22} \\ y_{13} &< y_{23} \\ y_{14} &= y_{24} \end{aligned} \quad (3.16)$$

Sonuçlarıyla karşılaşılmışsa 3.16 formülündeki şarta  $j = 1$  ve  $j = 4$  değeri uyduğundan uyum seti  $C_{12} = \{1,4\}$  şeklinde oluşacaktır.

ELECTRE yönteminde her uyum setine ( $C_{kl}$ ) karşılık gelecek bir uyumsuzluk seti ( $D_{kl}$ ) formüle edilmiştir. Yani uyum seti sayısına kadar ise o kadar da uyumsuzluk seti de mevcuttur. Uyumsuzluk seti elemanları, ilgili uyum setinde bulunmayan  $j$  değerlerinden meydana gelir. Yani örneğe göre  $C_{12} = \{1,4\}$  ise  $D_{12} = \{2,3\}$  şeklinde olacaktır (Yücel ve Ulutaş, 2009).

5. Adım: Uyum ( $C$ ) ve Uyumsuzluk ( $D$ ) matrislerinin oluşturulması.

Uyum matrisi ( $C$ ) uyum setlerinden yararlanılarak oluşturulur.  $C$  matrisi  $m \times m$  boyutludur ve  $k = l$  için değer almaz ve  $C$  matrisinin elemanları aşağıdaki formül 3.17'de yer alan bağıntı yardımıyla hesaplanır.

$$C_{kl} = \sum_{j \in C_{kl}} w_j \quad (3.17)$$

(D) uyumsuzluk matrisinin elemanları ise 3.18 de yer alan formül ile hesaplanır:

$$d_{kl} = \frac{\max_{j \in D_{kl}} |y_{kj} - y_{lj}|}{\max_{j \in D_{kl}} |y_{kj} - y_{lj}|} \quad (3.18)$$

Uyumsuzluk matrisinin 1. ve 2. satır elemanları kıyaslanarak  $d_{12}$  (  $k = 1$  ve  $l = 2$  ) elemanı elde edilir. Yani, (2.4) formülünün pay kısmında  $D_{12} = \{2,3\}$  uyumsuzluk setini oluşturan  $j = 2$  ve  $j = 3$  değerleri dikkate alınır ve  $|y_{12} - y_{22}|$  ve  $|y_{13} - y_{23}|$  mutlak farklarından büyük olanı seçilir. Aynı formülün payda kısmına bakarsak, Y matrisinin 1. ve 2. satırlarındaki tüm elemanların farklarının mutlak değeri alınır ve en büyük değere sahip olan seçilir (Yücel ve Ulutaş, 2009).

6.Adım: Uyum Üstünlük (F) ve Uyumsuzluk Üstünlük (G) matrislerinin oluşturulması.

Uyum matrisi, elemanları uyum eşik değerinin ( $\underline{c}$ ) uyum matrisinin elemanlarıyla ( $c_{kl}$ ) karşılaştırılmasından elde edilen (F)  $m \times m$  boyutlu bir matristir. Uyum eşik değeri ( $\underline{c}$ ) aşağıdaki formül ile elde edilebilir:

$$\underline{c} = \frac{1}{m(m-1)} \sum_{k=1}^m \sum_{l=1}^m C_{kl} \quad (3.19)$$

Formülde yer alan  $m$  karar noktası sayısını belirtmektedir. Yani,  $\underline{c}$  değeri  $1/m(m-1)$  ile C matrisini oluşturan elemanların toplamının çarpımına denk gelmektedir.

F matrisinin elemanları ( $f_{kl}$ ), 1 ya da 0 değerlerini alır ve matrisin köşegeni üzerinde aynı karar noktalarını gösterdiğinden dolayı değer yoktur. Eğer  $c_{kl} \geq \underline{c} \Rightarrow f_{kl} = 1$ , eğer  $c_{kl} < \underline{c} \Rightarrow f_{kl} = 0$  dır.

Uyumsuzluk üstünlük matrisi de F matrisinin oluşturulmasına benzer bir şekilde oluşturulur ve (G) de  $m \times m$  boyutludur. Uyumsuzluk eşik değeri ( $\underline{d}$ ) aşağıdaki denklem ile elde edilir:

$$\underline{d} = \frac{1}{m(m-1)} \sum_{k=1}^m \sum_{l=1}^m d_{kl} \quad (3.20)$$

Kısaca  $\underline{d}$  değeri  $1/m(m-1)$  ile D matrisini oluşturan elemanların toplamının çarpımına eşittir.

G matrisinin elemanları (  $g_{kl}$  ) da F matrisinde olduğu gibi ya 1 ya da 0 değerini alır ve matrisin köşegeni üzerinde aynı karar noktalarını gösterdiğinden dolayı herhangi bir değer yoktur. Eğer  $d_{kl} \geq \underline{d} \Rightarrow g_{kl} = 1$ , eğer  $d_{kl} < \underline{d} \Rightarrow g_{kl} = 0$  dir (Yücel ve Ulutaş, 2009).

#### 7. Adım: Toplam Baskınlık Matrisinin (E) Oluşturulması

$f_{kl}$  ve  $g_{kl}$  elemanlarının karşılıklı çarpımıyla Toplam Baskınlık Matrisinin (E) elemanları ( $e_{kl}$ ) elde edilir. Bu durumu aşağıda yer alan denklemde de görmekteyiz. Burada E matrisi C ve D matrislerine bağlıdır. Bu durumda E matrisi  $m \times m$  boyutunda ve yine 1 ya da 0 elemanlarından meydana gelir (Yücel ve Ulutaş, 2009).

#### 8. Adım: Karar Noktalarının Önem Sırasının Belirlenmesi

Karar noktalarını E matrisinin sütun ve satırları gösterir. Mesela E matrisi 3.21’de gösterildiği gibiyse,

$$E = \begin{bmatrix} - & 0 & 0 \\ 1 & - & 0 \\ 1 & 1 & - \end{bmatrix} \quad (3.21)$$

$e_{21}=1$  ,  $e_{31}=1$  ve  $e_{32}=1$  eşitliğine sahip olur. Yani 2. karar noktasının 1. karar noktasına 3. karar noktasının 1. karar noktasına ve 3. karar noktasının da 2. karar noktasına mutlak üstünlük olduğunu anlatmaktadır. Böyle bir karşılaştırmada karar noktaları  $A_i$  ( $i = 1,2,\dots, m$ ) ile gösterilirse, karar noktalarının sıralaması  $A_3$  ,  $A_2$  ve  $A_1$  şeklinde meydana gelecektir (Yücel ve Ulutaş, 2009).

#### 3.3.2 ELECTRE yönteminin zayıf ve üstün yönleri

ELECTRE yönteminin birçok üstün yönü mevcuttur. Kalitatif ve kantitatif verinin karışık olarak değerlendirilebilmesi ve kolayca uyum sağlayabilmesi diğer metotlardan üstünlük sağlayan en önemli yönleridir. Bazen, az baskın olan seçenekler alt kümesi verilebilir ve seçeneklerin güçlü ve net bir ön sıralama elde edilemeyebilir ama elde bulunan data niteliğine göre, seçim problemlerinde diğer yöntemlere göre daha realist bir çıkarıma ulaşabilir. Ayrıca, diğer teknikler ayrıntılı veri, uzun zaman ve insan gücü kaynağı gerektirdiği için henüz planlama seviyesinde olan mühendislik projesinin değerlendirilmesinde kullanmayı engeller. ELECTRE

böyle yüksek düzeyde dataya ihtiyaç duymamaktadır.(Özkan, 2007)

### **3.4 TOPSIS Yöntemi**

Bir ÇKKV tekniği olan TOPSIS, Hwang ve Yoon tarafından geliştirilmiştir. TOPSIS tekniği ismini “Technique for Order Preference by Smilarity to Ideal Solution” cümlesinde yer alan kelimelerin baş harflerinin birleşiminden almıştır (Supçiller ve Çapraz, 2011).

TOPSIS yöntemi, çözüm alternatifinin pozitif ve ideal olan çözüme en yakın ayrıca negatif ve ideal çözüme en uzak olacağı düşüncesi baz alınarak meydana getirilmiştir. TOPSIS tekniği kalitatif bir çevrim yapmadan, direkt data üzerine uygulanabilmektedir (Ömürbek vd., 2015).

Bu metodun ana düşüncesi, fayda kriterlerini en üst düzeyde tutup maliyet kriterlerini de en alt düzeyde tutmaktır. Bunu ise pozitif ideal çözüme en yakın alternatiflerin seçilmesi ile sağlamayı düşünülmektedir. Tam tersi olarak negatif ideal çözüme en uzak kriterlerin seçilerek maliyet kriterlerini maksimize edip fayda kriterlerini de minimize eden çözümlerin bulunmasını sağlamaktır. Bu yöntem, pozitif ideal çözüme olan uzaklıklarını baz alarak seçenekleri sıralayan, uygulaması oldukça basit ve başarılı bir yöntemdir (Livdumlu, 2016).

#### **3.4.1 TOPSIS yöntemi algoritması**

TOPSIS yöntemi 6 basamakta gerçekleştirilmektedir. Bu basamaklar aşağıdaki gibidir:

1. Adım: Karar Matrisinin (A) oluşturulması.

İlk olarak TOPSIS yönteminde karar matrisinin (A) oluşturulmaktadır. Karar matrisi meydana getirilirken satırlarda alternatifler, sütunlarda ise alternatifleri değerlendirmede kullanılacak kriterler bulunmaktadır.  $A_{ij}$  matrisinde karar noktası sayısını  $m$  ile değerlendirme kriteri sayısını  $n$  ile belirtilmektedir. 3.22’de bir başlangıç matrisi verilmiştir.

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (3.22)$$

2. Adım: Karar Matrisinin (R) normalleştirilmesi.

Normalize işlemi karar matrisindeki her bir değerin bulunduğu sütundaki değerlerin kareleri toplamının kareköküne bölünmesi ile yapılır.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}} \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (3.23)$$

Yapılan işlemlerden sonra R ile gösterilen standart karar matrisi 3.24 de gösterilen matris şeklinde oluşacaktır.

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (3.24)$$

3. Adım: Normalleştirilen Karar Matrislerinin (V) ağırlıklandırılması.

Bu basamağı gerçekleştirmek için her bir kriterlere ait ağırlık değerleri ( $w_i$ ) belirlenir.

$$\sum_{i=1}^m w_i = 1 \quad (3.25)$$

Kriter ağırlıkları belirlendikten sonra her bir kriter ağırlık değeri ile R matrisinin ilgili her bir elemanı çarpılarak Ağırlıklı Standart Karar Matrisi (V) matrisi oluşturulur.

Kriterlerin ağırlıklar  $W_1, W_2, \dots, W_n$  şeklinde gösterilmiştir. V matrisinin gösterimi aşağıda yer almaktadır.

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \dots & w_n r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \dots & w_n r_{mn} \end{bmatrix} \quad (3.26)$$

4. Adım: İdeal ( $A^+$ ) ve Negatif İdeal ( $A^-$ ) Çözümlerin oluşturulması.

TOPSIS metodunda kriterlerin düzenli artmaya veya azalmaya eğilimli olduğu kabul edilmektedir. İdeal çözümün ulaşmak için ağırlıklı standart karar matrisinde yer alan kriterlerin yani sütunda yer alan en büyük değer seçilir. İdeal çözüm setinin bulunmasının formülize edilmiş hali aşağıda yer almaktadır.

$$A^* = \{(\max v_{ij_i} | j \in J), (\min v_{ij_i} | j \in j')\} \quad (3.27)$$

Negatif ideal çözüm setini bulurken ise, ideal çözüm setini bulurken yapılandan farklı olarak sütununda yer alan en küçük değerler seçilerek meydana getirilir. Negatif ideal çözüm setinin bulunması formül 3.28'de gösterilmiştir.

$$A^- = \{(\min v_{ij_i} | j \in J), (\max v_{ij_i} | j \in j')\} \quad (3.28)$$

5. Adım: Ayrım ölçütlerinin hesaplanması.

Bu aşamada karar noktalarıyla ilgili kriter değerinin ideal ve negatif ideal çözüm setinden sapmalarının bulunması için Euclidian Uzaklık Yaklaşımından faydalanılmaktadır. Alternatiflerin sapma değerleri ise İdeal Ayrım ( $S_i^*$ ) ve Negatif İdeal Ayrım ( $S_i^-$ ) Ölçütü diye isimlendirilmektedir. Hesaplanan ( $S_i^*$ ) ve ( $S_i^-$ ) değerleri sayısı alternatiflerin sayısı kadardır. İdeal ayırım ( $S_i^*$ ) ve negatif ideal ayırım ( $S_i^-$ ) ölçüleri aşağıda yer alan formül 3.29 ve 3.30'a göre hesaplanmaktadır (Ömürbek, 2015).

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad (3.29)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (3.30)$$

6. Adım: İdeal çözüme göre görelî çözümün hesaplanması.

İdeal çözümün karar noktalarının görelî yakınlığı ( $C_i^*$ ) hesaplanırken, ideal ve negatif ideal ayırım ölçütlerinden faydalanılmaktadır. Bu aşamada faydalanılan ölçüt, negatif ideal ayırım ölçütünün toplam ayırım ölçütü içinde sahip olduğu payıdır. İdeal çözüme görelî yakınlığı formül 3.31 ile bulunmaktadır.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*} \quad (3.31)$$

Burada  $C_i^*$  değeri  $0 \leq C_i^* \leq 1$  arasındadır.  $C_i^* = 1$  ilgili karar noktasının ideal çözüme, ilgili karar noktasının negatif ideal çözüme mutlak yakınlığını  $C_i^* = 0$  ile göstermektedir (Özen ve Orçanlı, 2013).

### 3.4.2 TOPSIS tekniğinin zayıf ve üstün yönleri

TOPSIS yönteminin üstün yönleri;

- Rasyonel olması kolay anlaşılması ve hesaplamadaki basitlik nedeniyle TOPSIS tekniği bilimsel çalışmalarda en çok tercih edilen metotlar arasındadır.
- Bu teknikte en fazla dikkat çeken özellik ise çok az öznelliğe sahip olmasıdır. Teknikte subjektif olan tek nokta kriterler ağırlıklarıdır.
- TOPSIS tekniğinde hesaplamalar MS Office Excel programı kullanılarak kolayca gerçekleştirilmektedir (Genç ve Masca, 2013).

TOPSIS yönteminin zayıf yönleri;

- TOPSIS tekniği ile karar vermede sadece sayısal değerler ile hesaplamalar yapılabilmektedir. Bu sebepten dolayı, farklı dilsel değerlerinin ağırlıkları bulmak ve en iyi sonuca ulaşabilmek için çok kriterli bir bulanık karar verme tekniği (Fuzzy TOPSIS) geliştirilmiştir. Bu yöntemde daha çok çaba göstermek gerekmektedir (Dündar vd., 2007).
- Bazen alternatiflerden biri pozitif ideal çözüme en yakınken alternatiflerden bir başkası negatif ideal çözüme en uzakta olabilmektedir. Bu durumda seçim yapmak oldukça güç olabilmektedir. Bunun sebebi ise genellikle alternatifler uyuşmayabilir. (Gelashvili, 2019).
- Bu tekniğin subjektif yönlerinden bir diğeri ise ağırlıklandırma aşamasıdır. Daha açık bir şekilde anlatılırsa, kriterlerin ağırlıklandırılması kriterin önem derecesi baz alınarak yapılıyor olmasıdır (Gerşil ve Palamutçuoğlu, 2016).

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu bölümde öncelikle Covid-19 pandemisinde seçimi ele alınan tıbbi cihaz tanıtılmıştır. Daha sonra anket çalışması, uzman görüşleri ve literatür taraması sonucunda elde edilmiş veriler işlenmiştir. Yapılan anket çalışması sonucunda elde edilen datalar AHP'ye girdi olarak kullanılmıştır. AHP çözümü Expert Choice ile gerçekleştirilmiştir. TOPSIS ve ELECTRE yöntemlerinin çözümü ise MS Office Excel ile gerçekleştirilmiş olup, çözüm süreci basamak basamak anlatılmıştır. Ayrıca alternatif cihazlara nasıl karar verildiği; bu cihazları değerlendirmek için kullanılan kriterlerin nasıl seçildiği ve kriter detayları da bu bölümde yer almaktadır.

##### 4.1 Ventilatör (Yapay Solunum) Cihazı

Ventilasyon: akciğerin içine hava dolması ve havanın boşalma hareketidir. Temel hedef, solunum sisteminin özelliklerinden de bildiğimiz üzere temiz havanın akciğerlere alınması ve kirli solunum havasının dışarı verilmesidir. Mekanik ventilasyon (MV); yaşam için hayati değere sahip olan soluma işleminin yapay olarak “ventilatör” olarak adlandırılan cihazla devam ettirilmesidir. Bu cihaza “respiratör” de denilmektedir (URL-3).

Canlı vücudunda homeostazinin sağlanması için yapay ya da spontan solunum gerçekleşmesi gerekmektedir. Mekanik ventilatörler soluma işlemini kendimizin ayarladığı değişkenlere göre otomatik olarak yapan elektronik, mekanik veya pnömomatik kontrollü tıbbi cihazlardır (Kaplan ve Han, 2014).

Mekanik ventilasyonun Hipokrat ile başladığı düşünülür. Hipokrat suda boğulmuş kişilere nefes borusu yolu ile hava verilmesi gerekliliğini bildirmiştir. İlk ventilasyon türü olarak da suni tenefüs raporlanmıştır. 1876 yılında Woillez tarafından yapılan negatif basınçlı ventilatör cihazı bilinen ilk ventilatör örneklerinden birisidir. Patentli olarak ilk pozitif basınçlı ventilatör cihazı ise 1907 yılında hala dünyanın en iyi ventilatör üreticilerinden olan Drager firmasının “Pulmoner” ismini verdiği ventilatör cihazıdır. 1950’li yıllarda “polio” salgınında ventilatör cihazı ile ölüm yüzdesi büyük oranda düşürülmüştür. Bu salgınla beraber ventilatör cihazının üretim ve teknik olarak önemli gelişmeler yaşanmıştır (Omuz, 2020).

Bu günlerde bilhassa yoğun bakım alanındaki ilerlemeler, tedavilerde ventilasyon uygulamasının önemli bir parçası haline getirmiştir.

Ventilasyon için bilinmesi şart olan bazı yapay solunum değişkenleri vardır. Bunlar:

**Basınç:** Ventilasyon işlemi için gaz akımını sağlamak için basınç farkına ihtiyaç vardır. Bu basınç farkı genellikle hava yollarına etki eden pozitif basınç ile gerçekleştirilir.(cmH<sub>2</sub>O, hPa ya da mbar ile ifade edilir)

**Volüm:** Kelime manası hacim olan ve ventilasyon uygulamalarında tidal volüm olarak daha sık kullanılan bir terimdir. Akciğere giriş ve çıkış yapan havanın miktarını gösterir. Her hastanın tidal volümü farklı olurken genellikle 7-10 ml/kg olarak saptanır.

**Ekspiryum:** Akciğerdeki havanın boşaltılmasıdır.

**İnspiryum:** Akciğerlere hava çekilmesidir.

**İ/E Oranı:** Nefes alış ve verişinin oranıdır.

**FiO<sub>2</sub>:** Akciğere giren havada yüzde kaç oksijen bulunduğunu ifade eder.

**PEEP (Positive End-Expiratory Pressure):** Akciğerden hava boşaldıktan sonraki pozitif basınçtır.

**CPAP:** Sürekli pozitif hava yolu basıncıdır.

**Solunum Frekansı:** Solunumun dakikada kaç kez gerçekleştiğinin ifadesidir. Yetişkinlerde 10 ile 16 olurken, çocuk ve bebeklerde bu sayı 20-60 soluktur.

**Maksimum inspiratuar basınç (MIP veya PI<sub>max</sub>):** Ventilasyon anında akciğere havanın giriş veya çıkış hareketidir.

**PIP (Peak Inspiratory Pressure):** İnspirasyon sırasında olan en yüksek basınçtır (URL-4).

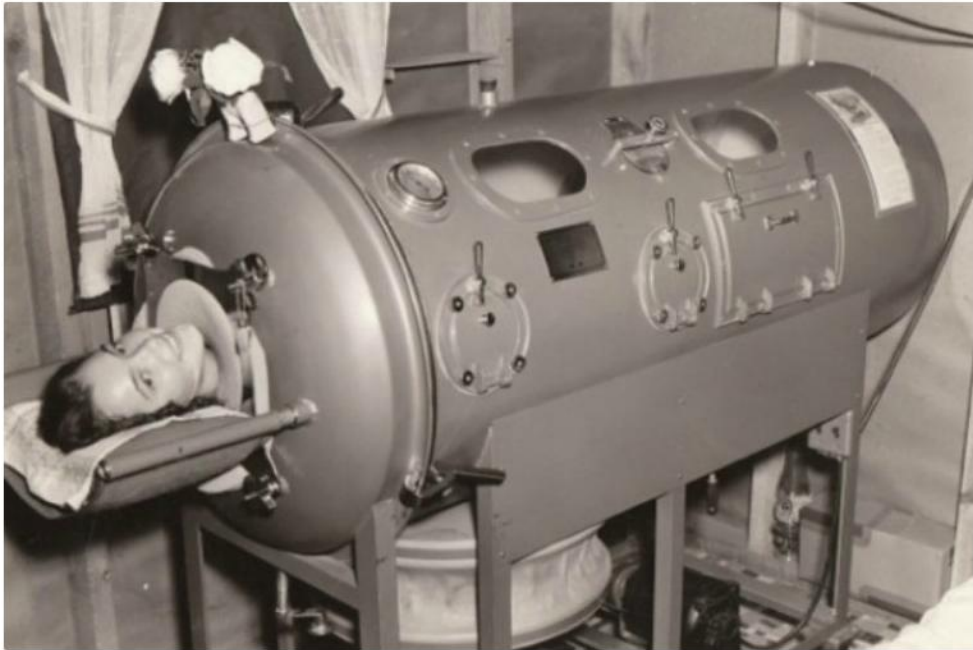
Uygulanış şekline göre ventilatörler ikiye ayrılmaktadır. Negatif basınçlı ventilatörler ve pozitif basınçlı ventilatörler.

## 1.Negatif basınçlı ventilatörler

Negatif basınçlı ventilatörler respiratuar kaslarının görevlerini yerine getirmekte ve hastanın ihtiyacına göre solunum sağlamaktadır. Negatif basınçlı ventilatörlerin en bilindik örneği “iron lung (demir akciğer)”dir (MEB,2012).

Negatif basınçlı ventilatörlerin prototipi, toraksın genişlemesi için negatif basınç sağlayacak olan silindir bir tanktır. Tanka hastanın baş ve boyun hariç tüm vücudu içine girer. Genellikle tank ventilatörler kontrollü ventilasyon yaparlar spontan ventilasyona izin vermez (MEB,2012).

Şekil 4.1’de demir akciğer ya da negatif basınçlı ventilatör olarak adlandırılan cihazın fotoğrafı yer almaktadır (URL-8).



**Şekil 4.1.** Bir negatif basınçlı ventilatör fotoğrafı.

## 2.Pozitif basınçlı ventilatör

Negatif basınçlı ventilasyonun yetersiz kalmasından dolayı pozitif basınçlı ventilasyon yapan aygıtlara yönelim olmuştur. Pozitif basınçlı ventilasyonda solunum yolu atmosfer basıncından daha fazla basınca maruz bırakılarak alveol ve hava yolu arasında bir basınç gradienti meydana getirilir (MEB,2012).

Günümüzde kullanılan ventilatör cihazlarının çalışma prensibi büyük ölçüde pozitif basınçlı ventilasyon şeklindedir (Omuz, 2020).

Pozitif ventilasyonda hastanın durumuna göre akciğere verilen havanın basınç veya hacim değerleri kontrollü veren iki temel mod vardır. Bu modlar basınç kontrollü ventilasyon ve hacim kontrollü ventilasyondur. Bu modlara farklı özelleştirmeler yapılarak çeşitli ventilasyon modları meydana getirilmektedir. Ancak bu durumda kontrol edilen parametre aynı kalır. Bazı durumlarda hasta nefes alma ya da verme fazını başlatamaz durumda olmaktadır bu durumda nefes alıp vermeyi başlatıp bitirme işini ventilatör cihazı üstlenir. Buna zaman döngülü mod (C) denir. Ancak hastanın solunumu spontan solunumu mevcut ise hasta nefes alma ve verme fazlarını başlatıp sonlandırabilir buna da asiste (A) mod denir (Omuz,2020).

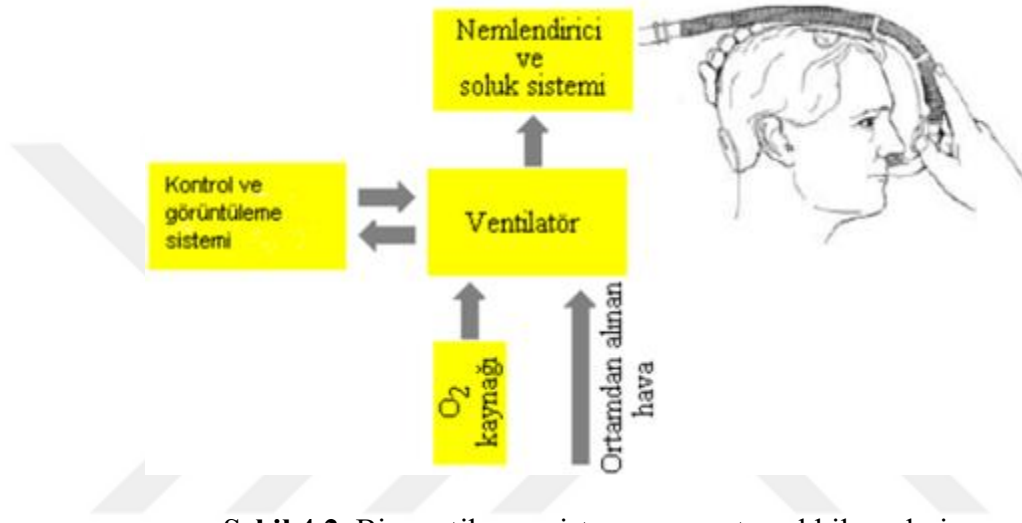
Mekanik ventilatör cihazları hastaya iki farklı şekilde solunum desteği yapabilir. Bunlar; non-invazif ve invazif mekanik ventilasyondur.

Non-invazif ventilasyonda hastanını trekeasına herhangi bir delik açma gereksinimi duymadan sadece maske yardımı ile vücut dışından solunum desteği veren cihazlar ile gerçekleştirilir. Amaç vücuttaki oksijen oranını sağlıklı bir seviyede tutmaktır. Solunumun tamamen durmasında bu yöntem tercih edilmektedir. Bu uygulamada maskeler önemli bir yer tutmaktadır. Hastanın yüz şekline ve uygulanan solunuma göre farklılık göstermektedir. Uygun maske seçimi hekim tarafından belirlenmektedir. Non-invazif ventilasyonda kullanılan başlıca masle çeşitleri;

- Burun Yastıkçıklı Maske
- Nasal Kanül
- Nasal Maske
- Oral-Nasal Maske
- Oral Maske
- Tüm Yüz Maske'dir

Hastaya trakeostomi kanülü veya endotrakeal tüp takılarak invazif mekanik ventilasyon gerçekleştirilir. Eğer solunum sıkıntısı geçici ise endoktral tüp ağızdan uygulanır. Ancak endoktreale tüp uygulamasında ses tellerine zarar verme riskinin bulunmasından dolayı iyi bilimsel birikime sahip kişilerce kullanılmalıdır (Antmen ve Miç, 2018).

Bir ventilasyon istasyonunun temel bileşenleri şekil 4.2’de gösterilmiştir (MEB,2012).



Şekil 4.2. Bir ventilasyon istasyonunun temel bileşenleri.

Basit bir ventilasyon uygulamasında bazı bileşenlerin olması zorunludur. Bu bileşenler:

Ventilatör: Hasta nefes alış verişini gerçekleştirir.

Haricî oksijen kaynağı: Sisteme dışarıdan oksijen sağlar.

Karıştırıcı: Hava ile oksijeni karıştıran bölümdür.

Kullanıcı arayüzü: Ventilasyon modlarının ayarlandığı ve hastaya ait dataların görüntülediği kısımdır.

Nemlendirici ve soluk sistemi: Hasta ve ventilatörü birbirine bağlayan sistemdir. Cihazda meydana gelen uygulama ve aplikasyon hataları tanımlamada kullanılır.

## 4.2 Kriterlerin Belirlenmesi

Ventilatör cihazının değerlendirilmesi için 5 ana başlık ve 10 alt başlık; 2 hemşire, 2 doktor, 2 biyomedikal teknikeri ve 4 biyomedikal mühendisinin görüşü ve literatür taramasında elde edilen bilgiler dahilinde oluşturulmuştur. Uzman gruba yapılan anket Ek A' da verilmiştir.

Literatür taraması sonucunda tıbbi cihaz seçiminde ÇKKV yöntemlerini kullanan bir çok çalışma elde edilmiştir. Elde edilen çalışmalarda cihazları değerlendirdikleri kriterler Ek B 'da yer almaktadır.

Ek B'deki çalışmalara bakılınca birçoğunda güvenlik ya da hasta güvenliği şeklinde bir kriterin yer aldığı görülmektedir. Büyüközkan vd., Özdağoğlu vd., Cihan vd., Keleş vd., Abdel-Basset vd., Napitupulu ve Pecchia vd.'nin çalışmalarında güvenlik unsurunu ele almışlardır. Teknik özellikler her çalışmada kriter olarak ele alınmıştır. Fakat bazı çalışmalarda incelenen cihazın spesifik özellikleri ana kriter sayılırken bazı çalışmalarda teknik özellik tek kriter olarak ele alınmıştır. Özdağoğlu vd., Büyüközkan vd., Oliveira vd., Napitupulu, Abdel-Basset vd., Özüdoğru, Cihan vd., çalışmalarında maliyet kriterini ele almışlardır. Ivlev, Büyüközkan vd., Özdağoğlu vd., Antmen vd., Cihan vd., Abdel-Basset vd., Napitupulu çalışmalarında tasarım özelliğinin alt kriteri olarak ele aldığımız boyut ve kullanım kolaylığı değerlendirme kriterlerini çalışmalarında kullanmışlardır. Ergonomiklik, kullanım kolaylığı ya da cihazın boyutu şeklinde farklı tabirlerle kullanım kolaylığı kriterlerini çalışmalarına dahil etmişlerdir. Ivlev, Pecchia vd., Aqlan vd., Oliveira vd., Antmen vd. hariç bütün çalışmalarda satış sonrası hizmet, oryantasyon ya da eğitim şeklinde kriterlerin yer aldığını görülmektedir.

Ek B'de bulunan tabloda yer alan kriterlerin ventilatör cihazı için değerlendirme kriteri olabilecek nitelikteki kriterler bu çalışmada kullanılmıştır. Alt kriterlere uzman görüşleri neticesinde karar verilmiştir.

### 4.2.1 Kriterlerin detayları

Çalışmada kullanılan kriter başlıkları ve alt başlıklar aşağıda anlatılmıştır.

Tasarım özellikleri ana kriteri değerlendirilirken cihazın kullanımında ve şekilsel

olarak sağladığı avantajlar dikkate alınmıştır. Bu ana kriter adet alt başlığa sahiptir.

1. Kullanım kolaylığı: Elektronik cihaz seçimi probleminde kullanılan en önemli kriterlerden biride kullanım kolaylığıdır. Firmalar kendi ürünlerini üretirken bazı özgül fonksiyon veyahut aparat ekleyebilmektedirler. Bunun sonucunda kullanımı farklı bir ürün ortaya çıkmaktadır. Cihaz niteliği fazla olsa bile kullanıcı kolay bir şekilde kullanamıyorsa bu özellikler cihazın maliyetini artıran unsur olmaktan öteye gitmemektedir (Çelikkalek ve Özdemir, 2018). Çalışmada kullanım kolaylığı kriteri değerlendirirken, daha önce cihazı kullanmış olan 3 yoğun bakım hemşiresinin görüşlerine göre değerlendirilme yapılmıştır. Yoğun bakım hemşireleri değerlendirme yaparken cihazın ventilatörden ayrılma özelliği, dil seçeneğinin bulunması, manevra kabiliyetinin yüksek olması, kullanıcı ara yüzünün açık ve anlaşılır olması ve ayrıca cihazı kullanırken elde ettikleri deneyimlerini göz önüne almışlardır.

2. Boyut: Cihazın hacmi ne kadar küçük olursa işgal ettiği alanın az olacağından dolayı hacim olarak küçük olması avantaj kabul edilmiştir. Cihazın genişlik, yükseklik ve derinlik ölçüleri dikkate alınmıştır. Boyutlar cihaz broşürlerinde yer alan değerlere göre değerlendirilmiştir.

Satış sonrası hizmet ana başlığının değerlendirmesini alternatif cihazlardan sorumlu biyomedikal teknikeri tarafından yapılmıştır. Değerlendirmeyi yaparken ne süreyle cihaza ait parça üretimin devam edip piyasada bulunabileceğini, cihazın garanti süresi, teknik servis hızı, 7/24 teknik destek, satış sonrasında kullanıcılara eğitim verilme durumu, bakım onarım süreleri gibi satış sonrası hizmeti etkileyen kriterler göz önüne alarak alternatif cihazlar arasında değerlendirme yapılmıştır.

Güvenlik ana başlığı üç adet alt başlığa sahiptir.

Bu ana kriterde sterile edilebilirlik, cihazın güvenli sonuç vermesi, kendini kalibre etmesi gibi özellikler dikkate alınmıştır.

1.Kaçak kompanzasyon özelliği: Cihazın hastaya verdiği basınçlı havada meydana gelen herhangi bir arıza sebebiyle bir düşüş meydana gelirse cihaz yüzde kaç orana kadar bunu tolere edebildiğini anlatmaktadır. Alarm verip vermemesi ve kaçak kompanzasyon kalibresinin bulunup bulunmaması da değerlendirilmeye dahil

edilmiştir. Cihazların broşür ve kullanım klavuzlarında yer alan bilgiler dahilinde değerlendirme yapılmıştır.

2. Batarya: Çalışmanın yapıldığı hastanenin depo kayıtlarına bakılmış ve yıl içinde ventilatör cihazının parçalarından en çok batarya alımı gerçekleştiği görülmüştür. Covid-19 sürecinde de sürekli çalışır durumda olan ventilatör cihazlarının bu parçasının uzun ömürlü oluşu işlerin aksamaması ve ek masrafa neden olmamak gibi nedenlerden dolayı da oldukça önem arz etmektedir. Ayrıca bu parçanın uzun ömürlü ve herhangi bir risk arz etmemesi hasta güvenliği için zorunlu bir ihtiyaçtır. Bataryanın cihazı çalıştırma süresinin uzunluğu, batarya ömrü ve ısınma süresi baz alınarak değerlendirilme yapılmıştır.

3. Alarm özellikleri: Alarm hasta güvenliği için önem arz eden diğer bir bileşendir. Cihazın sahip olduğu alarmların çeşitlilik göstermesi cihazın güvenilirliğini arttırdığı düşüncesiyle cihazın hangi durumlarda alarm verdiğini değerlendirip alternatifler arasında kıyaslama yapılmıştır.

Ekonomi başlığında alternatif ventilatör cihazların fiyatları göz önüne alınarak değerlendirme yapılmıştır. Seçim yapıldıktan sonra eğer ki bir alım söz konusu ise fiyat kriteri temel kriterler arasında mutlaka bulunmalıdır (Çelikkalek ve Özdemir, 2018). Tıbbi cihaz pazarında fiyatlar oldukça yüksektir ve hastane yönetimi bunun için büyük bir pay ayırmak durumundadırlar. Bu sebepten dolayı tıbbi cihazın fiyatı seçim için oldukça önem arz etmektedir. Bu başlıkta cihazların fiyatları karşılaştırılmıştır. Cihaz fiyatları bir devlet hastanenin biyomedikal dayanıklı taşıyıcı depo kayıtlarından elde edilmiştir. Alım yılı farklı olan cihazların fiyatı ilgili yılın dolar kuru göz önüne alınarak değerlendirilmiştir. Hesaplama cihazın alım yılındaki dolar kuru ile diğer cihazların alım yılındaki dolar kuruna oranlanmıştır.

Teknik özellikler ana başlığı incelerken software, mekanik ve elektronik özellikleri dikkate alınmıştır. Bu kriter altında beş adet alt başlık oluşturulmuştur.

1. Ekran özellikleri: Hastaya ait parametrelerin izlenmesi ve cihaz güvenliği için oldukça önemli olan cihaz parçalarından biride ekrandır. Ekranın dokunmatik olması, genişliği, aynı anda izlenebilen parametre sayısı, hareket kabiliyeti ve parametreleri izleme şekli baz alınarak alternatif cihazlar değerlendirilmiştir.

2. Dijital makine çıkışları: Ventilatör cihazının dış ortam ile veri alışverişi sağlayan USB, HL7, RS232 gibi portlar ve ekstra çıkış portları göz önüne alınarak değerlendirilme yapılmıştır.

3. Cihaz parametre aralıkları: Ventilatör cihazının ölçüm yaptığı pek çok parametre mevcuttur. Parametrelerin uygun ayarlanmaması hastaların tedavisinde geri dönülemez sonuçlara neden olabilir (Antmen ve Miç, 2018). Bu sebepten dolayı parametre aralıklarının geniş olması cihaz için avantaj olarak değerlendirilmiştir. İspirasyon tidal volüm, inspirasyon basıncı, inspirasyon zamanı, oksijen konsantrasyonu, PEEP seviyesi, frekans aralığı, I:E oranı, akış ve oksijen giriş basıncı çalışmamızda değerlendirilmeye alınan parametrelerdir.

4. İçerdiği modlar: Ventilatörlerin davranış biçimlerini anlatmak için ventilasyon modu terimi kullanılmaktadır. Tarihsel olarak bakıldığında inspirasyonun başlamasına neden olan tekniklere “mod” olarak isimlendirildiği görülmektedir. Ventilasyon modlarının farklılaşmasına neden olan etmenler genel olarak: göğüs içinde meydana gelen basınç şekline, hastanın ventilatöre bağlanma şekline göre, inspirasyon akımının başlayış şekline, inspirasyon akımının hedefine, inspirasyondan ekspirasyona geçiş olarak söylenebilir (MEB,2012). Bu modların çeşitli olması sağlık çalışanlarının işlerini oldukça kolaylaştırmakta ve cihaz kalitesini arttırmaktadır. Bu sebeplerden dolayı çalışmada cihazın sahip olduğu mod ne kadar fazla ise cihaz seçimi için avantajlı kabul edilmiştir.

5. Hasta kategorisi: Yoğun bakımlarda sadece yetişkin insanlar bulunmamaktadır. Covid-19 sebebiyle ne yazık ki hayati fonksiyonları tam olarak yerine getiremeyen bebek ve çocuklar da hastanelerin bu bölümünde tedavi olma durumunda kalabilmektedirler. Bu yüzden cihazın bu üç ayrı kitleye de hitap etmesi oldukça önemlidir. Bu alt başlıkta cihazın her kesime uygun olup olmaması değerlendirilmiştir.

#### **4.3 Alternatif Cihazların Belirlenmesi**

Kriterlerin belirlenmesinin ardından alternatif cihazlar seçilmiştir. Alternatif cihazları, ventilatör seçim probleminin ele alındığı hastanenin biyomedikal sorumlusu belirlemiştir. Bu seçimi yaparken piyasada mevcut olan cihazlar olması,

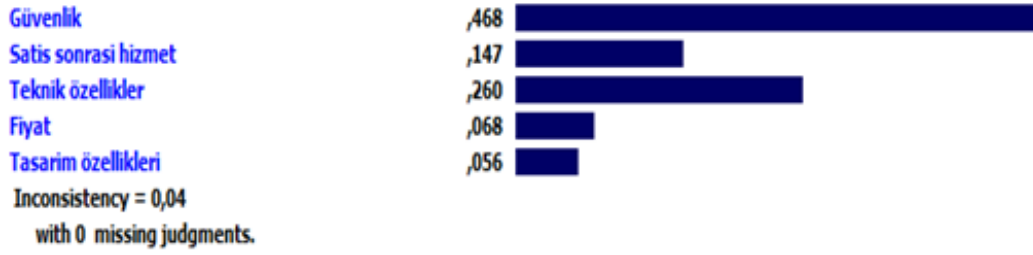
yedek parça üretimi devam ediyor olması, özellik olarak birbirlerinden çok farklı olmayıp aynı segmentte olması, en az iki hasta kategorisine sahip olması gibi özellikler dikkate alınmıştır. Belirlenen 5 ayrı markaya ait cihaz, firma gizliliğini korumak için A1, A2, A3, A4 ve A5 şeklinde isimlendirilmiştir.

#### **4.4 AHP Yöntemi ile Kriter Ağırlıklarının Hesaplanması**

Çalışmamızda belirlenen alternatif cihazların kriter ağırlıklarını hesaplamak için AHP yöntemi tercih edilmiştir. Belirlenen kriterler ve hesaplanmış olan kriter ağırlıklarından faydalanılarak ELECTRE ve TOPSIS yöntemleri ile alternatif cihazların sıralaması gerçekleştirilmiştir. Elde edilen iki ayrı sıralama karşılaştırılmıştır.

Ventilatör cihazı seçimine etki eden kriterleri belirlemek için daha önce yapılmış çalışmalar ve ventilatör cihazı teknik şartnameleri incelenmiştir ayrıca uzman görüşlerine de başvurulmuştur. Literatür taraması, teknik şartname incelemesi ve uzman görüşleri neticesinde oluşan kriterlerin ağırlıklarını belirlemek için 2 doktor, 2 hemşire, 2 biyomedikal teknikeri ve 4 biyomedikal mühendisinden oluşan 10 kişilik bir gruba bir anket yapılmıştır. EK C’de belirtilen anket sonuçları yer almaktadır. Elde edilen puanlama sonuçları MS Office Excel de geometrik ortalamaları alınarak netleştirilmiştir. Netleşen değerler kullanılarak Saaty’nin Çizelge 3.2’de yer alan önem derecesi ölçeği ile derecelendirilmiştir. Elde edilen değerler Expert Choice 11 programına veri olarak girilmiş ve kriterlerin ağırlıkları hesaplanmıştır. Yapılan hesaplama sonucunda tutarlılık oranı 0,04 çıkmıştır. CR’nin 0.10’dan küçük hesaplanmasında karşılaştırma matrisinin tutarlı olduğuna karar verileceğinden dolayı matrisimiz tutarlıdır sonucuna varılmıştır. Expert Choice 11 programında yapılan hesaplama neticesinde elde edilen kriter ağırlıkları Şekil 4.3’ de verilmiştir.

#### Goal: Ventilator Secim Kriterlerinin Agirliklendirilmesi



Şekil 4.3. Expert Choice 11 ile hesaplanmış ana başlıkların kriter ağırlık değerleri ve grafiği.

Şekil 4.4'te bütün kriterlerin ağırlık değerleri yer almaktadır.



Şekil 4.4. Bütün kriterlerin ağırlık değerleri.

AHP ile yapılan hesaplamadan sonra karar vericilerin ventilatör cihazında en çok güvenlik unsuruna önem verdikleri sonucuna varılmıştır. Daha sonra teknik özellikler, satış sonrası hizmet, ekonomik özellikler ve son olarak tasarım özellikleri şeklinde bir kriter sıralaması ortaya çıkmıştır.

#### 4.5 ELECTRE Yöntemi ile Alternatif Cihazların Sıralanması

ELECTRE yöntemi için kullanılacak alternatif cihazların değerlendirmesini o cihazları kullanmış üç yoğun bakım hemşiresi, biyomedikal dayanıklı taşınır da görevli bir memur ve bir hastanenin biyomedikal sorumlusu gerçekleştirmiştir. Cihazın teknik, güvenlik, satış sonrası hizmet kriterlerini biyomedikal sorumlusu, fiyat kriterini biyomedikal dayanıklı taşınır memuru ve tasarım kriterini yoğun bakım

hemşireleri değerlendirmiştir. Değerlendirmeyi 10 puan üzerinden gerçekleştirmişlerdir.

Cihazlara ait veriler cihazların teknik şartnameleri ve broşürlerinde bulunan bilgiler göz önünde bulundurularak yapılan değerlendirmeler incelenmiş ve çalışmanın daha güvenilir olması sağlanmıştır.

ELECTRE uygulaması MS Office Excel ile gerçekleştirilmiştir. Karar vericilerin değerlendirilmesi ile elde edilen başlangıç karar matrisi Çizelge 4.1' de verilmiştir.

Formül 3.10 ve başlangıç matrisindeki değerler kullanılarak karar matrisi normalize edilip Normalize Karar Matrisi elde edilmiştir. Normalize Karar Matrisi Çizelge 4.2'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Başlangıç Karar Matrisi.

		KRİTERLER											
ALTERNATİFLER		Fiyat	Boyut	Kullanım Kolaylığı	Satış Sonrası Hizmet	Ekran Özellikleri	Modlar	Parametre Genişliği	Dijital çıktı/portlar	Hasta Kategorisi	Kaçak Kompanzasyon	Batarya	Alarm
	<b>A1</b>	5	6	10	10	10	8	10	8	10	10	4	8
	<b>A2</b>	8	6	8	7	10	6	2	1	10	4	10	9
	<b>A3</b>	10	8	5	9	8	10	9	10	10	7	8	4
	<b>A4</b>	6	10	8	6	4	4	4	2	10	6	6	2
	<b>A5</b>	4	4	4	8	4	2	2	6	2	4	6	6

Çizelge 4.2. Normalize Karar Matrisi.

		KRİTERLER											
ALTERNATİFLER		K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12
	<b>A1</b>	0,322	0,378	0,610	0,550	0,581	0,539	0,698	0,559	0,498	0,679	0,252	0,564
	<b>A2</b>	0,515	0,378	0,488	0,385	0,581	0,405	0,140	0,070	0,498	0,272	0,630	0,635
	<b>A3</b>	0,644	0,504	0,305	0,495	0,465	0,674	0,629	0,698	0,498	0,475	0,504	0,282
	<b>A4</b>	0,386	0,630	0,488	0,330	0,232	0,270	0,279	0,140	0,498	0,407	0,378	0,141
	<b>A5</b>	0,258	0,252	0,244	0,440	0,232	0,135	0,140	0,419	0,100	0,272	0,378	0,423

Karar matrisi normalize edildikten sonra AHP yöntemi ile elde edilen kriter ağırlıklarından faydalanılmıştır. Normalize Karar Matrisinin her bir elemanı ilgili ağırlık değeri ile çarpılarak Ağırlıklı Normalize Karar Matrisi oluşturulmuştur. Oluşan matris Çizelge 4.3’ de gösterilmiştir.

**Çizelge 4.3.** Ağırlıklı Normalize Karar Matrisi.

AĞIRLIK	KRİTERLER												
		0,068	0,007	0,050	0,147	0,020	0,105	0,018	0,020	0,098	0,156	0,156	0,156
ALTERNATİFLER		K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12
	A1	2,190	0,265	3,036	8,092	1,133	5,663	1,285	1,090	4,861	10,576	3,926	8,791
	A2	3,504	0,265	2,429	5,664	1,133	4,247	0,257	0,136	4,861	4,231	9,814	9,890
	A3	4,380	0,353	1,518	7,283	0,907	7,079	1,157	1,362	4,861	7,403	7,852	4,396
	A4	2,628	0,441	2,429	4,855	0,453	2,832	0,514	0,272	4,861	6,346	5,889	2,198
	A5	1,752	0,176	1,215	6,474	0,453	1,416	0,257	0,817	0,972	4,231	5,889	6,594

Bu basamakta alternatif cihazlar değerlendirme faktörleri açısından ikili kıyaslamalara tabi tutulmuştur ve setler oluşturulmuştur. Eşitlik 3.15 kullanılarak uyum seti oluşturulmuştur. ELECTRE yönteminde her uyum setine karşı bir uyumsuzluk seti vardır. Yani uyumsuzluk seti uyum setinde olmayan j değerlerinden oluşmuştur. Ağırlıklı Normalize Karar Matrisi’nden yararlanılarak uyum setleri belirlenmiştir. Belirlenen setler ile oluşturulan Net Uyum ve Uyumsuzluk Kümesi tablosu Çizelge 4.4 ‘de verilmiştir.

**Çizelge 4.4.** Net Uyum ve Uyumsuzluk Kümesi.

	<b>Uyum Kümesi</b>	<b>Uyumsuzluk Kümesi</b>
<b>C(1,2)</b>	2,3,4,5,6,7,8,9,10	1,11,12
<b>C(1,3)</b>	3,4,5,7,9,10,12	1,2,6,8,11
<b>C(1,4)</b>	3,4,5,6,7,8,9,10,12	1,2,11
<b>C(1,5)</b>	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,12	11
<b>C(2,1)</b>	1,2,5,9,11,12	3,4,6,7,8,10
<b>C(2,3)</b>	3,5,9,11,12	1,2,4,6,7,8,10
<b>C(2,4)</b>	1,3,4,5,6,9,11,12	2,7,8,10
<b>C(2,5)</b>	1,2,3,5,6,7,9,10,11,12	4,8
<b>C(3,1)</b>	1,2,6,8,9,11	3,4,5,7,10,12
<b>C(3,2)</b>	1,2,4,6,7,8,9,10	3,5,11,12
<b>C(3,4)</b>	1,4,5,6,7,8,9,10,11,12	2,3
<b>C(3,5)</b>	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11	12
<b>C(4,1)</b>	1,2,9,11	3,4,5,6,7,8,10,12
<b>C(4,2)</b>	2,3,7,8,9,10	1,4,5,6,11,12
<b>C(4,3)</b>	2,3,9	1,4,5,6,7,8,10,11,12
<b>C(4,5)</b>	1,2,3,5,6,7,9,10,11	4,8,12
<b>C(5,1)</b>	11	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,12
<b>C(5,2)</b>	4,7,8,10	1,2,3,5,6,9,11,12
<b>C(5,3)</b>	12	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11
<b>C(5,4)</b>	4,5,8,11,12	1,2,3,6,7,9,10

Uyum ve uyumsuzluk kümelerindeki verilerden yararlanarak uyum ve uyumsuzluk matrisleri oluşturulmuştur. Uyum matrisi formül 3.17 kullanılarak elde edilmiştir. Elde edilen matris Çizelge 4.5’da yer almaktadır.

**Çizelge 4.5. Uyum Matrisi.**

	<b>C</b>
<b>C(1,2)</b>	0,62
<b>C(1,3)</b>	0,64
<b>C(1,4)</b>	0,77
<b>C(1,5)</b>	0,84
<b>C(2,1)</b>	0,50
<b>C(2,3)</b>	0,48
<b>C(2,4)</b>	0,80
<b>C(2,5)</b>	0,83
<b>C(3,1)</b>	0,45
<b>C(3,2)</b>	0,62
<b>C(3,4)</b>	0,94
<b>C(3,5)</b>	0,84
<b>C(4,1)</b>	0,33
<b>C(4,2)</b>	0,35
<b>C(4,3)</b>	0,15
<b>C(4,5)</b>	0,68
<b>C(5,1)</b>	0,16
<b>C(5,2)</b>	0,34
<b>C(5,3)</b>	0,16
<b>C(5,4)</b>	0,50

Uyumsuzluk Matrisi (D) ni oluşturmak için uyumsuzluk kümesinin elemanlarından faydalanılmıştır. Öncelikle her kriter ikili karşılaştırma yapılmış ve aralarındaki farkların mutlak değeri elde edilmiştir. Elde edilen değerler Çizelge 4.6'da yer almaktadır.

**Çizelge 4.6.** Uyumsuzluk Matrisi'ni oluşturmak için uyumsuzluk kümesinin elemanlarından faydalanılarak kriterin ikili karşılaştırma yapılması ve aralarındaki farkların mutlak değerleri alınarak elde edilen sonuçlar.

K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12		D(X,Y)
1,314	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	5,889	1,099	<b>D(1,2)</b>	8,301694
2,190	0,088	0,000	0,000	0,000	1,416	0,000	0,272	0,000	0,000	3,926	0,000	<b>D(1,3)</b>	7,892323
0,438	0,176	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,963	0,000	<b>D(1,4)</b>	2,577305
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,963	0,000	<b>D(1,5)</b>	1,962895
0,000	0,000	0,607	2,428	0,000	1,416	1,028	0,953	0,000	6,346	0,000	0,000	<b>D(2,1)</b>	12,778
0,876	0,088	0,000	1,618	0,000	2,832	0,900	1,226	0,000	3,173	0,000	0,000	<b>D(2,3)</b>	10,71254
0,000	0,176	0,000	0,000	0,000	0,000	0,257	0,136	0,000	2,115	0,000	0,000	<b>D(2,4)</b>	2,684878
0,000	0,000	0,000	0,809	0,000	0,000	0,000	0,681	0,000	0,000	0,000	0,000	<b>D(2,5)</b>	1,490178
0,000	0,000	1,518	0,809	0,227	0,000	0,129	0,000	0,000	3,173	0,000	4,396	<b>D(3,1)</b>	10,25121
0,000	0,000	0,911	0,000	0,227	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,963	5,495	<b>D(3,2)</b>	8,595129
0,000	0,088	0,911	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	<b>D(3,4)</b>	0,9991
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,198	<b>D(3,5)</b>	2,197857
0,000	0,000	0,607	3,237	0,680	2,832	0,771	0,817	0,000	4,231	0,000	6,594	<b>D(4,1)</b>	19,76815
0,876	0,000	0,000	0,809	0,680	1,416	0,000	0,000	0,000	0,000	3,926	7,692	<b>D(4,2)</b>	15,39942
1,752	0,000	0,000	2,428	0,453	4,247	0,643	1,090	0,000	1,058	1,963	2,198	<b>D(4,3)</b>	15,83105
0,000	0,000	0,000	1,618	0,000	0,000	0,000	0,545	0,000	0,000	0,000	4,396	<b>D(4,5)</b>	6,558906
0,438	0,088	1,822	1,618	0,680	4,247	1,028	0,272	3,889	6,346	0,000	2,198	<b>D(5,1)</b>	22,62673
1,752	0,088	1,215	0,000	0,680	2,832	0,000	0,000	3,889	0,000	3,926	3,297	<b>D(5,2)</b>	17,67771
2,628	0,176	0,304	0,809	0,453	5,663	0,900	0,545	3,889	3,173	1,963	0,000	<b>D(5,3)</b>	20,5028
0,265	1,215	1,618	0,000	0,000	0,257	0,545	0,000	2,115	0,000	0,000	0,000	<b>D(5,4)</b>	6,014612

Elde edilen Şekil 4.10'deki değerler ve formül 3.18 ile yapılan hesaplamalar sonucunda Uyumsuzluk Matrisi elde edilmiştir. Uyumsuzluk matrisi Çizelge 4.7'de yer almaktadır.

**Çizelge 4.7.** Uyumsuzluk Matrisi.

	<b>D</b>
<b>D(1,2)</b>	0,39
<b>D(1,3)</b>	0,43
<b>D(1,4)</b>	0,12
<b>D(1,5)</b>	0,08
<b>D(2,1)</b>	0,61
<b>D(2,3)</b>	0,55
<b>D(2,4)</b>	0,15
<b>D(2,5)</b>	0,08
<b>D(3,1)</b>	0,57
<b>D(3,2)</b>	0,45
<b>D(3,4)</b>	0,06
<b>D(3,5)</b>	0,10
<b>D(4,1)</b>	0,88
<b>D(4,2)</b>	0,85
<b>D(4,3)</b>	0,94
<b>D(4,5)</b>	0,40
<b>D(5,1)</b>	0,88
<b>D(5,2)</b>	0,92
<b>D(5,3)</b>	0,90
<b>D(5,4)</b>	0,36

Elde edilen uyum ve uyumsuzluk matrislerinin elemanlarının ortalaması alınarak eşik değerleri hesaplanmıştır. Uyum matrisi eşik değeri  $\underline{c}= 0,46$ , uyumsuzluk matrisi eşik değeri  $\underline{d}= 0,48$  olarak bulunmuştur.

Uyum matrisindeki her bir eleman ile  $\underline{c}$  değeri arasında üstünlük karşılaştırması yapılarak Uyum Üstünlük matrisi elde edilmiştir. Eğer  $\underline{c}$  değeri uyum matrisinin elemanından küçük ise 0, büyük ise 1 değeri yazılmıştır. Karşılaştırma sonucunda Çizelge 4.8 'de yer alan tablo elde edilmiştir.

**Çizelge 4.8.** Uyum Üstünlük Matrisi için yapılan üstünlük karşılaştırması.

<b>C(X,Y)</b>	<b>C</b>	<b>c&gt;Cort</b>
<b>C(1,2)</b>	0,62	1
<b>C(1,3)</b>	0,64	1
<b>C(1,4)</b>	0,77	1
<b>C(1,5)</b>	0,84	1
<b>C(2,1)</b>	0,50	1
<b>C(2,3)</b>	0,48	1
<b>C(2,4)</b>	0,80	1
<b>C(2,5)</b>	0,83	1
<b>C(3,1)</b>	0,45	0
<b>C(3,2)</b>	0,62	1
<b>C(3,4)</b>	0,94	1
<b>C(3,5)</b>	0,84	1
<b>C(4,1)</b>	0,33	0
<b>C(4,2)</b>	0,35	0
<b>C(4,3)</b>	0,15	0
<b>C(4,5)</b>	0,68	1
<b>C(5,1)</b>	0,16	0
<b>C(5,2)</b>	0,34	0
<b>C(5,3)</b>	0,16	0
<b>C(5,4)</b>	0,50	1

Aynı işlemler Uyumsuzluk Üstünlük matrisi elde edilmek için gerçekleştirilmiştir. Bu matris için  $\underline{d}$  değeri ile uyumsuzluk matrisinin elemanları kıyaslanmıştır. Eşik değerinden küçük elemanlara 1, büyük elemanlara 0 yazılarak Uyumsuzluk Üstünlük Matrisi elde edilmiştir, Çizelge 4.9’da Uyumsuzluk Üstünlük Matrisi yer almaktadır.

**Çizelge 4.9.** Uyumsuzluk Üstünlük Matrisi için yapılan üstünlük karşılaştırması.

<b>D(X,Y)</b>	<b>D</b>	<b>D&lt;Dort</b>
<b>D(1,2)</b>	0,39	1
<b>D(1,3)</b>	0,43	1
<b>D(1,4)</b>	0,12	1
<b>D(1,5)</b>	0,08	1
<b>D(2,1)</b>	0,61	0
<b>D(2,3)</b>	0,55	0
<b>D(2,4)</b>	0,15	1
<b>D(2,5)</b>	0,08	1
<b>D(3,1)</b>	0,57	0
<b>D(3,2)</b>	0,45	1
<b>D(3,4)</b>	0,06	1
<b>D(3,5)</b>	0,1	1
<b>D(4,1)</b>	0,88	0
<b>D(4,2)</b>	0,85	0
<b>D(4,3)</b>	0,94	0
<b>D(4,5)</b>	0,4	1
<b>D(5,1)</b>	0,88	0
<b>D(5,2)</b>	0,92	0
<b>D(5,3)</b>	0,9	0
<b>D(5,4)</b>	0,36	1

Elde ettiğimiz Uyum Üstünlük ve Uyumsuzluk Üstünlük matrisleri çarpılarak Toplam Baskınlık Matrisi elde edilmiştir. Toplam Baskınlık Matrisi Çizelge 4.10'de yer almaktadır.

**Çizelge 4.10.** Toplam Baskınlık Matrisi.

<b>Toplam Baskınlık Matrisi</b>					
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>1</b>		1	1	1	1
<b>2</b>	0		0	1	1
<b>3</b>	0	1		1	1
<b>4</b>	0	0	0		1
<b>5</b>	0	0	0	1	

Ancak görüldüğü üzere elde edilen matris ile tam bir sıralama elde edilememiştir. Bu durum ELECTRE yönteminin dezavantajlarından biridir.

Bu gibi durumlarda ELECTRE yönteminde net uyum ve uyumsuzluk indeksleri

hesaplanmaktadır.

Net uyum ( $C_p$ ) ve uyumsuzluk ( $D_p$ ) indeksleri formül 4.1 ve 4.2 ile hesaplanmıştır.

$$C_p = \sum_{k=1, k \neq p}^m C_{pk} - \sum_{k=1, k \neq p}^m C_{kp} \quad (4.1)$$

$$D_p = \sum_{k=1, k \neq p}^m D_{pk} - \sum_{k=1, k \neq p}^m D_{kp} \quad (4.2)$$

Net uyum ( $C_p$ ) ve uyumsuzluk ( $D_p$ ) indeksleri hesaplandıktan sonra,  $C_p$  değerlerini büyükten küçüğe sıralayarak,  $D_p$  değerleri ise küçükten büyüğe sıralayarak nihai sıralama elde edilmiştir. Çizelge 4.11' de Net Uyum ve Uyumsuzluk İndeks tablosu verilmiştir.

**Çizelge 4.11.** Net uyum ve uyumsuzluk indeks tablosu.

	<b>C<sub>p</sub></b>	<b>D<sub>p</sub></b>
<b>A1</b>	1,43	-1,92
<b>A2</b>	0,68	-1,22
<b>A3</b>	1,42	-1,64
<b>A4</b>	-1,50	2,38
<b>A5</b>	-2,03	2,4

Net uyum ( $C_p$ ) ve net uyumsuzluk ( $D_p$ ) indeksine göre nihai sıralamalar Çizelge 4.12'de verilmiştir.

**Çizelge 4.12.** Net uyum ve net uyumsuzluk indekslerine göre nihai sıralama.

	<b>C<sub>p</sub>'ye Göre Nihai Sıralama</b>	<b>D<sub>p</sub>'ye Göre Nihai Sıralama</b>
<b>A1</b>	1	1
<b>A2</b>	3	3
<b>A3</b>	2	2
<b>A4</b>	4	4
<b>A5</b>	5	5

#### **4.6 TOPSIS Yöntemi ile Alternatif Cihazların Sıralanması**

ELECTRE yönteminde olduğu gibi MS Office Excel ile hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. 1., 2. ve 3. Adımlar ELECTRE ile aynı şekilde gerçekleşmiştir. Öncelikle karar vericilerin değerlendirilmesi ile elde edilen Başlangıç Karar Matrisi oluşturulmuştur. Oluşan matris Çizelge 4.1'de verilmiştir. Daha sonra Başlangıç Karar Matrisi normalize edilip Normalize Karar Matrisi elde edilmiştir.

Normalize Karar Matrisi Çizelge 4.2’de yer almaktadır. Son olarak AHP yöntemiyle elde edilen kriterlerin ağırlıklarıyla normalize matris değerleri çarpılarak Ağırlıklandırılmış Normalize Matris elde edilmiştir. Ağırlıklandırılmış Normalize Matris Çizelge 4.3’de gösterilmiştir.

İdeal ( $A^+$ ) ve Negatif İdeal ( $A^-$ ) çözümleri oluştururken formül 3.25 ve 3.26 kullanılmıştır.

Her bir sütundaki maksimum değer o sütundaki kritere ait ideal çözümü verirken, her bir sütundaki minimum değer ise o sütundaki negatif ideal çözümü vermektedir. Çizelge 4.13’de ideal çözüm ve negatif ideal çözüm değerleri yer almaktadır.

**Çizelge 4.13.** İdeal çözüm ve negatif ideal çözüm değerleri çizelgesi.

İdeal ( $A^+$ ) ve Negatif İdeal ( $A^-$ ) Çözümleri												
<b>Pozitif İdeal Çözüm</b>	4,380	0,441	3,036	8,092	1,133	7,079	1,285	1,362	4,861	10,576	9,814	9,890
<b>Negatif İdeal Çözüm</b>	1,752	0,176	1,215	4,855	0,453	1,416	0,257	0,136	0,972	4,231	3,926	2,198

Ayrım ölçütleri hesaplanırken, ideal ve negatif ideal çözüm sapmalarını geometrik hesaplamalarda da fazlaca kullanılan Euclidian Uzaklık Yaklaşımından yararlanılmıştır. Her kritere ait olan sütundaki değerlerden pozitif ideal ve negatif ideal değerler çıkartılır ve daha sonra pozitif ve negatif ideal çözüme uzaklık değerleri hesaplanır. Formül 3.27 ve 3.28’de yer alan bağıntı kullanılarak Çizelge 4.14’deki tablo elde edilmiştir.

**Çizelge 4.14.** Pozitif ve negatif uzaklık değerler tablosu.

<b>Pozitif ve Negatif İdeal Noktalara Uzaklıklar</b>			
<b>S1<sup>+</sup></b>	6,541	<b>S1<sup>-</sup></b>	11,547
<b>S2<sup>+</sup></b>	7,610	<b>S2<sup>-</sup></b>	11,075
<b>S3<sup>+</sup></b>	6,866	<b>S3<sup>-</sup></b>	9,641
<b>S4<sup>+</sup></b>	11,255	<b>S4<sup>-</sup></b>	5,277
<b>S5<sup>+</sup></b>	11,335	<b>S5<sup>-</sup></b>	5,124

İdeal çözüme göre görelî çözüm hesaplanırken alternatif değerleri için negatif ideal çözüm değerini formül 3.29 kullanılarak yani kendi değeri ve aynı alternatifin pozitif ideal çözüm değerinin toplamına bölünmesi sonucunda elde edilmiştir. İdeal çözüme görelî yakınlık değerleri Çizelge 4.15’de yer almaktadır.

**Çizelge 4.15.** İdeal çözüme görelî yakınlık değerleri tablosu.

<b>İdeal Çözüme Görelî Yakınlık</b>		
<b>A1</b>	0,638	1
<b>A2</b>	0,593	2
<b>A3</b>	0,584	3
<b>A4</b>	0,319	4
<b>A5</b>	0,311	5

Çizelge 4.15’de görüldüğü üzere A1 seçeneği en uygun seçenektir. Daha sonraki sıralama ise A2, A3, A4 ve A5’tir.

#### **4.7 Sayısal Sonuçların Değerlendirilmesi**

Çalışma sonucunda elde edilen sayısal veriler ÇKKV teknikleri ile yapılan hesaplamalar sonucunda bulunmuştur. Kriter ağırlıklandırması için AHP tekniğinden faydalanılmıştır. Yapılan literatür taraması ve uzman görüşü neticesinde 5 ana ve 10 alt kriterler elde edilmiştir. Ana kriterler; güvenlik, satış sonrası hizmet, teknik özellikler, ekonomik özellik ve tasarım özelliklerdir. Yapılan anket çalışması sonucunda elde edilen verilerin dahil edildiği AHP tekniği hesaplaması sonucunda ana kriterlerden en yüksek ağırlık puanını 0,468 olarak güvenlik kriteri almıştır. Teknik özellikler ana kriteri 0,260 ağırlık değerine ulaşmıştır ve satış sonrası hizmet 0,147 ağırlık değerine sahip olmuştur. Pandemi sürecinde olduğu için sürekli kullanılan ventilatör cihazlarında güvenlik unsuru en üst düzeyde olması ve hastaya ya da çalışanlara herhangi bir zarar vermemesi açısından en önemli özellik olarak seçilmiş olduğu yorumu yapılabilir. Teknik özellikleri gelişmiş cihaz her dönemde olduğu gibi bu süreçte de tercih sebebi olmuştur. Sürekli kullanımda olan ventilatör cihazlarının bakım, onarım ya da teknik hizmete duyduğu ihtiyaç her zamankinden biraz daha fazla olacağı için satış sonrası hizmet kriteride oldukça yüksek bir ağırlık değerine sahip olmuştur.

ELECTRE ve TOPSIS yöntemleri ile iki ayrı sıralama elde edilmiştir. Her iki yöntemle de yapılan sıralama sonucunda A1 ventilatör cihazı birinci sırada yer aldığı görülmüştür. Başlangıç Karar Matrisine bakıldığında A1 cihazı diğer cihazlara nazaran fiyat performans açısından bir adım daha önde olduğu yorumu yapılabilir. Ayrıca satış sonrası hizmet olarak en yüksek puanı almış olan A1 cihazı Covid-19 döneminde yoğun olarak kullanılan ventilatör cihazlarının, bakım ve onarımının hızlı olması ve düzenli yapılmasına olan ihtiyacın daha da artmasından dolayı bu kriterlerden yüksek puan alması cihaza artı puan getirdiği ve tercih edilmesi açısından olumlu etki yaratacağı sonucuna ulaşılabilir. Teknik özellik alt kriterlerinden de diğer alternatif cihazlardan daha üst seviyede olduğunu görmekteyiz. Güvenlik alt kriter değerleri A1 cihazından daha iyi olan A2 cihazı teknik özellik açısından A1'e göre daha geride kalmıştır. Fiyat kriterinden en yüksek puanı almış olan A3 cihazı güvenlik ve tasarım özelliklerinden A1 cihazından daha düşük puanlar alarak geride kalmıştır. Genel olarak bakıldığında seçilen cihaz kullanımı kolay, satış sonrasında hizmetin en iyi olan ve teknik özellik olarak diğer alternatif cihazlardan üstün olan cihaz bu dönem için tercih edilen cihaz olmuştur.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sağlık alanında cihaz seçimi hem insan sağlığını etkilediği için hem de hastanelerin sermayelerinden büyük pay ayırmasından dolayı üzerinde durulması gereken bir konudur. Sağlık teknolojisi seçimi ile ilgili çeşitli çalışmalar yapılmış ve genellikle bu sürecin doğru yönetilmediği kanısına varılmıştır. Sağlık Bakanlığı bu konu ile ilgili standart geliştirmek için bir takım çalışma yapmıştır ancak çalışma bitmiş olmasına rağmen uygulamaya konulamamıştır. Belirli standart olmamasından dolayı hastanelere cihaz seçimi genellikle subjektif karar neticesinde gerçekleştirilmektedir. Bu şekilde yapılmış olan alımlarlarda hastanenin ihtiyaç duyduğu ve imkanları dahilinde alınabilecek en uygun cihaz belirlenememektedir. Yani alınan cihazda olması gereken bütün kriterler mevcut değildir. Bu durumda hastanelerin ihtiyacı yeterli şekilde karşılanmamaktadır. Bunun sonucunda da kaliteli sağlık hizmeti sunma konusunda sorun yaşanmaktadır.

Hastanelere alınacak cihazın pek çok açıdan değerlendirilmesi gerekmektedir. Bunu sadece kullanacak hekim, biyomedikal birimi ya da satın alma biriminden herhangi birinin yapması hastaneyi doğru kararı vermeye götürmeyecektir. Çünkü herkesin dikkat ettiği kriter farklı olabilmektedir. Bu sebepten dolayı çalışmamız hekimler, hemşireler, biyomedikal tekniker ve mühendislerden oluşan uzman grubunun fikir ve görüşleri dahilinde gerçekleştirilmiştir. Bu şekilde oluşturulmuş karma meslek grubu ile her birimin dikkat ettiği kriter çalışmaya dahil edilmeye çalışılmıştır. Daha sonra sistematik bir karar vermek için bilimsel çalışmalarda çokça kullanılan ÇKKV tekniklerinden faydalanılmıştır. Bu çalışmada Covid-19 pandemi sürecinde bir kamu hastanesinin yoğun bakım ünitesine alınması planlanan ventilatör cihazının seçilmesi problemi ele alınarak hastanelerde tıbbi cihaz seçimi konusuna çözüm aranmıştır. Problemin ele alındığı kamu hastanesinde ki çalışanların görüş ve deneyimleri neticesinde tez çalışması gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın gerçekleştirildiği hastanenin çalışanlarından elde edilen veriler ÇKKV tekniklerinden olan AHP, TOPSIS ve ELECTRE yöntemlerine girdi olarak kullanılmıştır. Yapılan hesaplama sonucunda güvenlik, teknik özellikler, satış sonrası hizmet, fiyat ve tasarım özellikler şeklinde çoktan aza doğru bir ağırlık sıralaması elde edilmiştir.

ELECTRE ve TOPSIS yöntemleri ile iki ayrı sıralama elde edilmiştir. Her iki yöntemle de yapılan sıralama sonucunda A1 ventilatör cihazı birinci sırada yer aldığı görülmüştür. Başlangıç karar matrisine bakıldığında birinci sırada olan A1 cihazı kullanımı kolay, satış sonrasında hizmetin en iyi olan ve teknik özellik olarak diğer alternatif cihazlardan üstün olan cihazdır.

Çalışmaya farklı meslek gruplarının fikirleri dahil edilerek, bilimsel kaynaklardan faydalanılarak ve Covid-19 pandemi sürecinin değiştirdiği koşulları da çalışmaya dahil ederek güncel ve daha objektif bir karar sistemi oluşturulmuştur.

Ayrıca bu çalışmayla literatüre ÇKKV yöntemleri ile tıbbi cihaz seçimi konusunda katkı sağlanmıştır.

Son olarak bu çalışma AHP, TOPSIS ve ELECTRE yöntemleri tıbbi ekipman veya cihaz seçimi için uygun olduğunu göstermektedir.

Gelecek çalışmalarda, farklı tıbbi cihazların seçimi başka ÇKKV teknikleriyle gerçekleştirilebilir, çalışma alanı genişletilebilir veya kriter ağırlıkları ve değerlendirmeler değiştiğinde sonuca nasıl etki ettiğini gözlemlemek için duyarlılık analizleri yapılabilir ya da aynı hastanede aynı grup ile pandemi süreci sonrasında aynı çalışma yapılarak kriter ve seçilen cihazlarda değişiklik olup olmadığına bakılarak Covid-19 pandemisinin cihaz seçimi üzerindeki etkisi yorumlanabilir.

## KAYNAKLAR

- Abdel-Basset, M., Manogaran, G., Gamal, A. ve Smarandache, F., 2019. A Group Decision Making Framework Based on Neutrosophic TOPSIS Approach for Smart Medical Device Selection, *Journal of Medical Systems*, 43, 2, 38.
- Ağaç, G. ve Baki B., 2016. Sağlık Alanında Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri Kullanımı: Literatür İncelemesi ,*Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi*, 19, 3, 343-363.
- Antmen, Z. F. ve Miç, P., 2018. Çocuk Yoğun Bakım Ünitesinde Çok Kriterli Karar Verme ile Mekanik Ventilatör Seçimi ve Bir Uygulama Örneği, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 33, 4, 17-30.
- Aqlan, F., Shamsan A. ve Alzubi A., 2017. Selection of CT Scanners using Analytic Hierarchy Process and Monte Carlo Simulation, *Industrial and Systems Engineering Conference 2017, Pittsburgh, United States, 1997-2002*.
- Ardıç Çetinkaya, G., 2016. Ankara’da Bulunan Hastanelerin Yüksek Teknolojili Tıbbi Cihaz Alım Sürecinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Başkent Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Ballı, S., Karasulu, B. ve Korukoğlu, S., 2007. En Uygun Otomobil Seçimi Problemi İçin Bir Bulanık Promethee Yöntemi Uygulaması, *DEÜ. İİBF. Dergisi*, 22, 1, 139-147.
- Baylan, E. B., 2015. Türkiye’deki Mermer Sektörü Sorunlarının Tespit Edilip Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemi ile Önceliklendirilmesi, *Türkiye 24. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi, Antalya, Bildiriler Kitabı*, 825-834.
- Bhutta K. S. ve Huq F., 2002. Supplier Selection Problem, A Comparison of the Total Cost of Ownership and Analytic Hierarchy Process Approaches, *Supply Chain Management, International Journal*, 7, 134-136.
- Büyüközkan, G. ve Göçer, F., 2017. Smart Medical Device Selection Based On Interval Valued Intuitionistic Fuzzy VIKOR, *EUSFLAT 2017The 10th Conference Ofthe European Society For Fuzzy Logic And Technology*, 306-317.
- Büyüközkan, G. ve Göçer, F., 2019. Smart Medical Device Selection Based On Intuitionistic Fuzzy Choquet İntegral, *Soft Computing*, 23, 10085–10103.
- Cihan, Ş., Ayan, E., Eren, T., Topal, T. ve Yıldırım, E. K., 2016. Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri ile Ekokardiyografi Cihazı Seçiminin Yapılması, *Sağlık Bilimleri ve Meslekleri Dergisi*, 4, 1, 41-49.
- Çanakçı Yüksel, L.İ., 2018. Sağlık Sektöründe Hizmet Kalitesinin Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri İle Değerlendirilmesi: Ankara’da Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

- Çelik, P. ve Ustasüleyman, T., 2014. Electre I ve Promethee Yöntemleri İle Gsm Operatörlerinin Hizmet Kalitesinin Değerlendirilmesi, Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi, 6, 12, 137-160.
- Çelikkbilek, Y. ve Özdemir, Y., 2018. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri Açıklamalı ve Karşılaştırmalı Sağlık Bilimleri Uygulamaları İle, 2. Basım, Nobel Yayın Grubu, Ankara.
- Dinçer, H. ve Görener, A., 2011. Performans Değerlendirmesinde Ahp - Vikor Ve Ahp - Topsis Yaklaşımları: Hizmet Sektöründe Bir Uygulama. Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 29, 244-260.
- Doğru, H., 2020. Analitik Hiyerarşi Prosesi (Ahp) İle Sedimanter Kökenli Kireçtaşı Doğal Taş Ocaklarının Yatırım Bölgelerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon.
- Dursun, B., 2018. Topsis Ve Electre Yöntemi İle Tedarikçi Seçimi: Kozmetik Sektöründe Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Dündar, S., Ecer, F. ve Özdemir, Ş., 2007. Fuzzy TOPSİS Yöntemi İle Sanal Mağazaların Web Sitelerinin Değerlendirilmesi, İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 21, 1, 288-305.
- Erbay, E. ve Akyürek Ç.E., 2020. Hastanelerde Çok Kriterli Karar Verme Uygulamalarının Sistematik Derlemesi, Hacı Bayram Veli Üniversitesi İİBF. Dergisi, 22, 2, 612-645.
- Gelashvili, T., 2019. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri İle Performans Değerlendirilmesi: AHP, TOPSIS ve PROMETHEE Yöntemleri İle Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Genç, T. ve Masca, M., 2013. TOPSIS ve PROMETHEE Yöntemleri İle Elde Edilen Üstünlük Sıralamalarının Bir Uygulama Üzerinden Karşılaştırılması , Afyon Kocatepe Üniversitesi İİBF Dergisi, 15, 2, 539-567.
- Gerşil, M. ve Palamutçuoğlu, T., 2016. Hisseleri BİST'de İşlem Gören Teknoloji Şirketlerinin Finansal Performanslarının Değerlendirilmesinde TOPSİS Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi ve Ağırlıklandırma Yöntemlerinin Karşılaştırılması, Celal Bayar Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi, 57-71.
- Gülenç, İ.F. ve Aydın Bilgin, G., 2010. Yatırım Kararları İçin Bir Model Önerisi: Ahp Yöntemi, Öneri, 9, 34, 97-107.
- Güngör, A., 2021. Hata Türü ve Etkileri Analizi Ve Electre Yöntemleri İle Risk Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.

- Ivlev, I., Kneppo, P. ve Bartak, B., 2014. Multicriteria Decision Analysis: A Multifaceted Approach To Medical Equipment Management, Technological and Economic Development of Economy, 20, 3, 576-589.
- Ivlev, I., Vacek, J. ve Kneppo, P., 2015. Multi-criteria decision analysis for supporting the selection of medical devices under uncertainty, European Journal of Operational Research ,247, 1, 216-228.
- Ivlev, I., Jablonsky, J., ve Kneppo, P., 2016. Multiple-Criteria Comparative Analysis Of Magnetic Resonance Imaging Systems, Int. J. Medical Engineering and Informatics, 8, 2, 124-141.
- Kaplan, T. ve Han, S., 2014. Mekanik Ventilatörlerin Tarihsel Süreç İçindeki Gelişimi, DOI:10.5152/tcb.2014.024, 147-150.
- Karaatlı, M., Ömürbek, N., Budak, İ. ve Dağ, O., 2015. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri İle Yaşanabilir İllerin Sıralanması, Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 33, 215-228.
- Karakaşoğlu, N., 2008. Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri Ve Uygulama. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli.
- Keleş, M. K., Özdağoğlu, A. ve Yörük Eren, F., 2019. Bir Laboratuvarda Tam Kan Sayım Cihazı Alternatiflerinin SWARA, WPM, TODIM ve AHS Yöntemleri ile Değerlendirilmesi, İzmir İktisat Dergisi, 34, 4, 511-526.
- Livduumlu, D., 2016. Mobilya Sektöründe Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri İle Yeni Tasarımlardan En İyisinin Seçilmesi, Yüksek Lisans Tezi ,Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Milli Eğitim Bakanlığı (MEB) (2012). Biyomedikal Cihaz Teknolojileri-Yapay Solunum (Ventilatör) Cihazları. 523EO0268, Ankara, TÜRKİYE.
- Mutlu, M., 2019. Türkiye'deki Yer Altı Kömür Ocağı Havzalarının Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri İle Risk Temelli Sınıflandırılması, Doktora Tezi, ASÜ.,Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray.
- Napitupulu, H., 2019. Ultrasound Device Selection By Using F-Anp And Copras, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering , Medan City North Sumatera, Endonezya, 505, 012083.
- Oliveira, V., Sobral, J., ve Ribeiro, M., 2019. Development Of A Tool For Selection And Acquisition Of Medical Devices Based On The Analytic Hierarchy Process. In: ENBENG 2019 – Proceedings Of The 6th IEEE Portuguese Meeting On Bioengineering, Instituto Superior De Engenharia De Lisboa (ISEL), Portugal, 22-23.
- Omuz, G., 2020. Türbin Temelli Mekanik Ventilatörde Basınç Kontrolü, Yüksek Lisans Tezi,İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Ömürbek, N., Makas, Y. ve Ömürbek, V., 2015. Ahp Ve Topsis Yöntemleri İle Kurumsal Proje Yönetim Yazılımı Seçimi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 1, 21, 59-83.
- Özdağoğlu, A., Keleş, M.K. ve Yörük Eren, F., 2019. Sağlık İşletmelerinde Nefelometre Cihazı Alternatiflerinin Değerlendirilmesi Dematel - Multimoora Bütünleşik Yaklaşımı, İşletme Fakültesi Dergisi, 20, 2, 275-299.
- Özdağoğlu, A., Keleş, M.K. ve Yörük Eren, F., 2020. Çankırı Karatekin Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, SWARA Tabanlı WSM Ve CODAS Yöntemleri İle Biyokimya Hormon Cihazı Seçimi, 10, 1, 371-396.
- Özdağoğlu, A., Keleş, M. K. ve Yörük Eren, F., 2021. Laboratuvar Kan Gazı Cihazı Alternatiflerinin Bulanık VIKOR ve Bulanık EDAS ile Değerlendirilmesi, ODÜ Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi, 11, 1, 220-237.
- Özen, Ü. ve Orçanlı, K., 2013. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden Ahp Ve Topsis'in E-Kitap Okuyucu Seçiminde Uygulanması, Uşak Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 6, 3, 282- 311.
- Özkan, Ö., 2007. Personel Seçiminde Karar Verme Yöntemlerinin İncelenmesi : Ahp, Electre Ve Topsis Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Özüdoğru, A. G., 2018. Biyomedikal Cihaz Seçiminde Kriterlerin Önem Düzeylerinin Belirlenmesi, 18. Tıp Teknolojileri (TIPTEKNO) Kongresi, Gazi Mağosa, KKTC, 50-53.
- Pecchia, L., Martin, J., Ragozzino, A., Vanzanella, C., Scognamiglio, A., Mirarchi, L. ve Stephen P Morgan, S., 2013. User Needs Elicitation Via Analytic Hierarchy Process (AHP). A Case Study On A Computed Tomography (CT) Scanner, BMC Medical Informatics and Decision Making, 13, 2.
- Sarucan, A., 2021. Çok Kriterli Karar Verme, Ders Notları, 1-84.
- Saaty, T.L., 1980. Analytic Hierarchy process, Wiley StatsRef: Statistics Reference Online.
- Sloane, E.B., Liberatore, M.J., Nydick, R.L., Luo, W. ve Chung, Q.B., 2003. Using The Analytic Hierarchy Process As A Clinical Engineering Tool To Facilitate An İterative, Multidisciplinary, Microeconomic Health Technology Assessment ,IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine, 30, 1447 – 1465.
- Supçiller, A. A. ve Çapraz, O., 2011. Ahp-Topsis Yöntemine Dayalı Tedarikçi Seçimi Uygulaması, İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Ekonometri Ve İstatistik Dergisi, 12. Uluslararası Ekonometri, Yöneylem Araştırması, İstatistik Sempozyumu Özel Sayısı, 13, 1–22.

Sürmeli, G., 2013. Lojistik Merkezi Seçimine Yönelik Bulanık Çok Ölçütlü Karar Verme Modeli: Doğu Anadolu Bölgesi İçin Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Şenoğlu, E. B., 2020. Gayrimenkul Yatırım Ortaklıkları Ve Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleriyle Bist 100’de İşlem Gören Gyo’ların Performans Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.

T.C. Sayıştay Başkanlığı, Performans Denetim Raporu, 2005. Sağlık Bakanlığına Bağlı Hastanelerde İlaç Tıbbi Sarf Malzemesi ve Tıbbi Cihaz Yönetimi, Bölüm: 3.

Tzeng, G.H. ve Huang, J.J., 2011. Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications. United States of America: CRC Press Taylor & Francis Group, 15,22, 173-179.

Vahidnia, M.H., Alesheikh, A.A. ve Alimoammadi, A., 2009. Hospital Site Selection Using Fuzzy AHP And Its Derivatives, Journal of Environmental Management, 90, 10, 3048-3056.

Vaidya O.S. ve Kumar, S., 2006. Analytic Hierarchy Process: An Overview Of Applications, European Journal Of Operational Research, 169, 1, 1-29.

Yücel, M. ve Ulutaş, A., 2009. Çok Kriterli Karar Yöntemlerinden Electre Yöntemiyle Malatya’da Bir Kargo Firması İçin Yer Seçimi, SÜ.İİBF. Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi, 9, 17, 327-344.

URL-1 < <https://acikders.ankara.edu.tr/mod/resource/view.php?id=153125> > , Erişim tarihi:28.07.2021

URL-2

<[https://tr.wikipedia.org/wiki/Sa%C4%9Fl%C4%B1k\\_teknolojisi#:~:text=Sa%C4%9Fl%C4%B1k%20teknolojisi%2C%20D%C3%BCnya%20Sa%C4%9Fl%C4%B1k%20C3%96rg%C3%BCt%C3%BC,ve%20becerilerin%20uygulamas%C4%B1%22%20olarak%20tan%C4%B1mlanmaktad%C4%B1r](https://tr.wikipedia.org/wiki/Sa%C4%9Fl%C4%B1k_teknolojisi#:~:text=Sa%C4%9Fl%C4%B1k%20teknolojisi%2C%20D%C3%BCnya%20Sa%C4%9Fl%C4%B1k%20C3%96rg%C3%BCt%C3%BC,ve%20becerilerin%20uygulamas%C4%B1%22%20olarak%20tan%C4%B1mlanmaktad%C4%B1r). > , Erişim tarihi: 28.07.2021

URL-3 <<https://biomed.erciyes.edu.tr/upload/BNOXU5Bdeney-no-8>> , Erişim tarihi: 20.08.2021

URL-4 < <https://biomed.erciyes.edu.tr/upload/BNOXU5Bdeney-no-8>> , Erişim tarihi: 20.08.2021

URL-5 <<http://unalozden.com>> , Erişim tarihi: 27.07.2021

URL-6

<[https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/105296/mod\\_resource/content/0/11.%C3%87ok%20%C3%96l%C3%A7%C3%BCt%C3%BC%20Karar%20Verme%20Y%C3%B6ntemleri-III](https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/105296/mod_resource/content/0/11.%C3%87ok%20%C3%96l%C3%A7%C3%BCt%C3%BC%20Karar%20Verme%20Y%C3%B6ntemleri-III)> , Erişim tarihi: 28.08.2021

URL-7

<[https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/105296/mod\\_resource/content/0/11.%C3%87ok%20%C3%96l%C3%A7%C3%BCtl%C3%BC%20Karar%20Verme%20Y%C3%B6ntemleri-III/](https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/105296/mod_resource/content/0/11.%C3%87ok%20%C3%96l%C3%A7%C3%BCtl%C3%BC%20Karar%20Verme%20Y%C3%B6ntemleri-III/)>, Erişim tarihi: 30.08.2021

URL-8<<https://www.oncasey.com/saglik/1952den-beri-makine-ile-yasamak-zorunda-olan-adam/>> , Erişim tarihi: 30.08.2021.



## EKLER

**EK A:** Covid-19 sürecinde ventilatör seçimine etki eden kriterleri değerlendirme anketi.

### COVID-19 SÜRECİNDE VENTİLATÖR SEÇİMİNE ETKİ EDEN KRİTERLERİ DEĞERLENDİRME ANKETİ

Sayın değerlendirci;

Bu anket "COVID-19 PANDEMİ SÜRECİNDE "ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME" YÖNTEMLERİ İLE VENTİLATÖR SEÇİMİ" adlı yüksek lisans tez çalışmasında kullanılacaktır. Bu çalışmada elde edilen veriler tamamen bilimsel amaçlı kullanılacaktır.

Ventilatör cihaz seçiminde dikkate alınan kriterler literatür ve uzman görüşleri ile belirlenmiştir. Kriter ağırlıklandırılması için aşağıdaki kriterlere 1 ile 5 arasında bir değer veriniz. (5 en önemli , 1 en az önemli kriteri temsil edecektir lütfen puanlama yaparken bunu dikkate alınız.)

KRİTERLER	PUAN
<b>Teknik özellikler</b>	
Ekran özellikleri	
Dijital makine çıktıları	
Sahip olduğu modlar	
Parametre aralık genişliği	
Hasta kategorisi	
<b>Güvenlik</b>	
Kaçak kompanzasyon özelliği	
Batarya	
Alarm özellikleri	
<b>Tasarım</b>	
Boyut	
Kullanım kolaylığı	
<b>Ekonomik özellik</b>	
<b>Satış sonrası hizmet</b>	

**Ek B:** ÇKKV tekniği ile tıbbi cihaz değerlendirmesi yapılan çalışmalarda kullanılan kriterler tablosu.

<b>Yazar</b>	<b>Cihaz</b>	<b>Kriterler</b>
Ivlev	Mr	<ul style="list-style-type: none"><li>- Shim Coil Sargı</li><li>- Gradyan Standart Gücü, Z Eksen</li><li>- Garantili Homojenlik</li><li>- Standart Kanal Sayısı</li><li>- Yapılandırma</li><li>- Standart Dönüş Hızı, Z Eksen</li><li>- Maksimum Faydalı FOV Boyutları</li><li>- Eşmerkezde Delik apı</li><li>- Tablo Yük Sınırı</li><li>-Maksimum Ses Basıncı Seviyesi</li><li>-Kriyojen Doldurma Sıklığı</li><li>-Masa Boyutları</li></ul>
Büyüközkan vd.	Giyilebilir Tıbbi Cihaz	<ul style="list-style-type: none"><li>-Güvenlik</li><li>-Maliyet</li><li>-Kullanım Kolaylığı</li><li>-Hizmet mr</li><li>-Kalite</li></ul>
zdağoğlu vd.	Biyokimya Hormon Cihazı	<ul style="list-style-type: none"><li>-Güvenilir Kan Sonuçları</li><li>-Firma Eğitim Desteği</li><li>-Ergonomik zellikler</li><li>-Maliyet</li><li>-Bakım Onarım Hizmeti</li><li>-Numune Kapasitesi</li><li>-İnkübasyon Süresi</li><li>-Numune Atıklarının İmhası</li></ul>

**Ek B (Devam):** ÇKKV tekniği ile tıbbi cihaz değerlendirmesi yapılan çalışmalarda kullanılan kriterler tablosu.

<b>Yazar</b>	<b>Cihaz</b>	<b>Kriterler</b>
Antmen vd.	Ventilatör	<ul style="list-style-type: none"><li>- Ventilatörün Yeni Doğana Ve ocuğa Uygun Olma Durumu</li><li>- Ventilatörün İçerdiği Modlar</li><li>- Ventilatörün Bataryası</li><li>- Ventilatörün Farklı Ölçüm Yapabilmesi</li><li>-Manevra</li><li>- Ventilatörden Ayrılma</li><li>- Kullanım Kolaylığı</li><li>- Bakım Onarım</li><li>-Oksijen Akış Sensörü</li><li>- Set</li><li>-Yüksek Frekanslı Osilatör Ventilasyon</li><li>-Yüksek Akışlı Oksijen</li><li>- Non-İnvaziflik</li></ul>
Cihan vd.	Ekokardiyografi Cihazı	<ul style="list-style-type: none"><li>-Güvenlik</li><li>-Hastaya İlişkin Sonuçlar</li><li>-Kullanıcı Eğitimi</li><li>-Kullanım Kolaylığı</li><li>-Maliyet</li><li>-Satış Sonrası Servis</li><li>-Teknik Özellikler</li></ul>
Özüdoğru	Ultrason	<ul style="list-style-type: none"><li>-Ekonomiklik</li><li>-Teknik Özellikler</li><li>-Satış Sonrası Hizmet</li></ul>

**Ek B (Devam):** ÇKKV tekniği ile tıbbi cihaz değerlendirmesi yapılan çalışmalarda kullanılan kriterler tablosu.

<b>Yazar</b>	<b>Cihaz</b>	<b>Kriterler</b>
Abdel-Basset vd.	şeker Analiz Cihazı	-Emniyet -Maliyet -Esneklik -Kalite -Kullanım kolaylığı -Bakım Gereksinimleri -Hizmet mrü
Napitupulu	Ultrason	-Fiyat - Garanti / Servis -Dayanıklılık / Bakım -Boyut -Güvenilirlik -Görüntü Kalitesi - Prob (Dönüştürücü) -Görüntü Depolama Ve Arşivleme
Oliveira vd.	Bt	-Toplam Yaşam Döngüsü Maliyeti -Küresel Operasyonel Değerlendirme -Küresel Teknik Özellikler Değerlendirmesi -Ortalama Dönüş Süresi
Aqlan vd.	Tomografi	-Hastane Gereksinimleri -Müşteri Gereksinimleri -Teknik Sorunlar

**Ek B (Devam):** ÇKKV tekniği ile tıbbi cihaz değerlendirmesi yapılan çalışmalarda kullanılan kriterler tablosu.

<b>Yazar</b>	<b>Cihaz</b>	<b>Kriterler</b>
Pecchia vd.	Tomografi	-Performans -Hasta Güvenliği -Kullanılabilirlik -Teknik Sorunlar
Ivlev	Mr	-Shim Sargılar -Gradient Sargılar -Garantili Homojenlik -Frekans Kayması -Standart Kanal Sayısı -Yapılandırma -Standart Dönüş Hızı -Maksimum Kullanışlı Boyutlar -Delik apı İzomerkezi -Ekranlama -Tablo Yük Sınırı -Tepe Gradyan Genliğinde Maksimum Ses Basıncı Seviyesi -Masa Boyutu -Kriyojen Doldurma Sıklığı

**Ek B (Devam):** ÇKKV tekniği ile tıbbi cihaz değerlendirmesi yapılan çalışmalarda kullanılan kriterler tablosu.

<b>Yazar</b>	<b>Cihaz</b>	<b>Kriterler</b>
Büyüközkan vd.	Kalp Hastalığı İzleme Cihazı	-Emniyet -Maliyet -Esneklik -Kullanım Kolaylığı -Verimlilik -Bakım Onarım -Gereksinimler -Güvenilirlik -Konfor -Hizmet Ömrü -Kalite
Özdağoğlu vd.	Nefelometre	-Güvenilirlik -Kullanıcı Eğitimi- Oryantasyonu -Kullanım Kolaylığı -Fiyat -Servis Bakımları -Kapasite -Hız -İnkübasyon Süresi -Kontaminasyon Engelleyici Özelliklerin Olması

**Ek B (Devam):** ÇKKV tekniği ile tıbbi cihaz değerlendirmesi yapılan çalışmalarda kullanılan kriterler tablosu.

<b>Yazar</b>	<b>Cihaz</b>	<b>Kriterler</b>
Keleş vd.	Tam Kan Sayım Cihazı	<ul style="list-style-type: none"><li>-Güvenilir Ve Doğru Kan Sonuçları</li><li>-Kullanıcı Oryantasyonu</li><li>-Tasarım Özellikleri, Fonksiyonel Özellikler</li><li>-Tam Kan Sayım Testi Finansmanı</li><li>-Teknik Servis</li><li>-Yükleme Kapasitesi</li><li>-Tahlil Hızı</li><li>-Kontaminasyon Engelleyici Özellikler</li></ul>
Özdağoğlu vd.	Kan Gazı Cihazı	<ul style="list-style-type: none"><li>-Örnek Sonuçlarının Güvenilir Olması</li><li>-Cihaz Oryantasyon Eğitimi</li><li>-Cihazın Kullanımının Kolay Olması</li><li>-Fiyatının Uygun Olması</li><li>-Cihaz Kurulumu Sonrası Destek Hizmetleri</li><li>-Cihazın Kapasitesi</li><li>-Cihazın Sonuç Verme Hızı</li><li>-Numunenin Cihazda Bekleme Süresi</li><li>-Kontaminasyon Engelleyici Nitelikte Olması</li></ul>

**Ek C: Covid-19 pandemi sürecinde ventilatör cihazının seçimini etkileyen kriterleri değerlendirme anket sonuçları.**

**1. karar verici**

Kriter	Değerlendirme
Güvenlik	5
Satış sonrası hizmet	3
Teknik özellikler	4
Ekonomik özellikler	2
Tasarım özellikler	2

**Teknik Özellikler**

Kriterler	Değerlendirme
Ekran özellikleri	3
Dijital makine çıktıları	3
Sahip olduğu modlar	5
Parametre aralık genişliği	4
Yetişkin,çocuk ve yenidoğana uygunluk	5

**Güvenlik**

Kriter	Değerlendirme
Kaçak kompanzasyon özelliği	5
Batarya	5
Alarm özellikleri	5

**Tasarım Özellikleri**

Kriterler	Değerlendirme
Boyut	1
Kullanım kolaylığı	4

**2. karar verici**

Kriter	Değerlendirme
Güvenlik	4
Satış sonrası hizmet	5
Teknik özellikler	4
Ekonomik özellikler	4
Tasarım özellikler	2

**Teknik Özellikler**

Kriterler	Değerlendirme
Ekran özellikleri	4
Dijital makine çıktıları	2
Sahip olduğu modlar	5
Parametre aralık genişliği	3
Yetişkin,çocuk ve yenidoğana uygunluk	5

**Güvenlik**

Kriter	Değerlendirme
Kaçak kompanzasyon özelliği	4
Batarya	3
Alarm özellikleri	5

**Tasarım Özellikleri**

Kriterler	Değerlendirme
Boyut	2
Kullanım kolaylığı	3

**3. karar verici**

Kriter	Değerlendirme
Güvenlik	5
Satış sonrası hizmet	2
Teknik özellikler	5
Ekonomik özellikler	3
Tasarım özellikler	4

**Teknik Özellikler**

Kriterler	Değerlendirme
Ekran özellikleri	3
Dijital makine çıktıları	5
Sahip olduğu modlar	5
Parametre aralık genişliği	5
Yetişkin,çocuk ve yenidoğana uygunluk	5

**Güvenlik**

Kriter	Değerlendirme
Kaçak kompanzasyon özelliği	5
Batarya	5
Alarm özellikleri	5

**Tasarım Özellikleri**

Kriterler	Değerlendirme
Boyut	2
Kullanım kolaylığı	4

**Ek C (Devam):** Covid-19 pandemi sürecinde ventilatör cihazının seçimini etkileyen kriterleri değerlendirme anket sonuçları.

4. karar verici

Kriter	Değerlendirme
Güvenlik	5
Satış sonrası hizmet	3
Teknik özellikler	4
Ekonomik özellikler	1
Tasarım özellikler	3

Güvenlik

Kriter	Değerlendirme
Kaçak kompanzasyon özelliği	5
Batarya	4
Alarm özellikleri	3

Teknik Özellikler

Kriterler	Değerlendirme
Ekran özellikleri	3
Dijital makine çıktıları	2
Sahip olduğu modlar	5
Parametre aralık genişliği	2
Yetişkin,çocuk ve yenidoğana uygunluk	3

Tasarım Özellikleri

Kriterler	Değerlendirme
Boyut	1
Kullanım kolaylığı	5

5. karar verici

Kriter	Değerlendirme
Güvenlik	5
Satış sonrası hizmet	5
Teknik özellikler	4
Ekonomik özellikler	4
Tasarım özellikler	3

Güvenlik

Kriter	Değerlendirme
Kaçak kompanzasyon özelliği	4
Batarya	5
Alarm özellikleri	5

Teknik Özellikler

Kriterler	Değerlendirme
Ekran özellikleri	4
Dijital makine çıktıları	4
Sahip olduğu modlar	5
Parametre aralık genişliği	4
Yetişkin,çocuk ve yenidoğana uygunluk	4

Tasarım Özellikleri

Kriterler	Değerlendirme
Boyut	1
Kullanım kolaylığı	5

6. karar verici

Kriter	Değerlendirme
Güvenlik	5
Satış sonrası hizmet	3
Teknik özellikler	4
Ekonomik özellikler	2
Tasarım özellikler	2

Güvenlik

Kriter	Değerlendirme
Kaçak kompanzasyon özelliği	4
Batarya	5
Alarm özellikleri	5

Teknik Özellikler

Kriterler	Değerlendirme
Ekran özellikleri	4
Dijital makine çıktıları	4
Sahip olduğu modlar	5
Parametre aralık genişliği	1
Yetişkin,çocuk ve yenidoğana uygunluk	5

Tasarım Özellikleri

Kriterler	Değerlendirme
Boyut	2
Kullanım kolaylığı	5

**Ek C (Devam):** Covid-19 pandemi sürecinde ventilatör cihazının seçimini etkileyen kriterleri değerlendirme anket sonuçları.

7. karar verici

Kriter	Değerlendirme
Güvenlik	5
Satış sonrası hizmet	3
Teknik özellikler	4
Ekonomik özellikler	3
Tasarım özellikler	2

Güvenlik

Kriter	Değerlendirme
Kaçak kompanzasyon özelliği	5
Batarya	5
Alarm özellikleri	5

Teknik Özellikler

Kriterler	Değerlendirme
Ekran özellikleri	3
Dijital makine çıktıları	1
Sahip olduğu modlar	5
Parametre aralık genişliği	3
Yetişkin,çocuk ve yenidoğana uygunluk	5

Tasarım Özellikleri

Kriterler	Değerlendirme
Boyut	3
Kullanım kolaylığı	4

8. karar verici

Kriter	Değerlendirme
Güvenlik	5
Satış sonrası hizmet	3
Teknik özellikler	4
Ekonomik özellikler	4
Tasarım özellikler	2

Güvenlik

Kriter	Değerlendirme
Kaçak kompanzasyon özelliği	5
Batarya	2
Alarm özellikleri	4

Teknik Özellikler

Kriterler	Değerlendirme
Ekran özellikleri	3
Dijital makine çıktıları	3
Sahip olduğu modlar	4
Parametre aralık genişliği	2
Yetişkin,çocuk ve yenidoğana uygunluk	4

Tasarım Özellikleri

Kriterler	Değerlendirme
Boyut	1
Kullanım kolaylığı	4

9. karar verici

Kriter	Değerlendirme
Güvenlik	4
Satış sonrası hizmet	4
Teknik özellikler	3
Ekonomik özellikler	4
Tasarım özellikler	2

Güvenlik

Kriter	Değerlendirme
Kaçak kompanzasyon özelliği	4
Batarya	5
Alarm özellikleri	5

Teknik Özellikler

Kriterler	Değerlendirme
Ekran özellikleri	2
Dijital makine çıktıları	3
Sahip olduğu modlar	5
Parametre aralık genişliği	2
Yetişkin,çocuk ve yenidoğana uygunluk	5

Tasarım Özellikleri

Kriterler	Değerlendirme
Boyut	2
Kullanım kolaylığı	3

**Ek C (Devam):** Covid-19 pandemi sürecinde ventilatör cihazının seçimini etkileyen kriterleri değerlendirme anket sonuçları.

10. karar verici

Kriter	Değerlendirme
Güvenlik	5
Satış sonrası hizmet	4
Teknik özellikler	4
Ekonomik özellikler	2
Tasarım özellikler	2

Güvenlik

Kriter	Değerlendirme
Kaçak kompanzasyon özelliği	5
Batarya	5
Alarm özellikleri	5

Teknik Özellikler

Kriterler	Değerlendirme
Ekran özellikleri	1
Dijital makine çıktıları	3
Sahip olduğu modlar	5
Parametre aralık genişliği	2
Yetişkin, çocuk ve yenidoğana uygunluk	5

Tasarım Özellikleri

Kriterler	Değerlendirme
Boyut	1
Kullanım kolaylığı	4

## ÖZGEÇMİŞ

**Adı ve Soyadı** : Habibe TOSUN

### EĞİTİM BİLGİLERİ (Kurum ve Yıl)

**Lisans** : Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, 2013-2018

**Yüksek Lisans** : Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Yönetimi Anabilim Dalı, 2019-2022

### MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLERİ

1. Meram Eğitim Araştırma Hastanesi Kurumu / Yaz Stajı
2. Bülent Ecevit Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Kurumu / Yaz Stajı

### TEZDEN ÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER

Kongrelerde Sunulan Makaleler

1. Tosun, H. ve Göksal, F.P., 2021. Covid-19 Pandemi Sürecinde “Çok Kriterli Karar Verme” Yöntemleri ile Ventilator Seçimi, 12. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi, Ankara, Bildiri Tam Metin Kitabı, 179-188.