

Çocuk Yoğun Bakım Ünitesinde Çok Kriterli Karar Verme ile Mekanik Ventilatör Seçimi ve Bir Uygulama Örneği

Z. Figen ANTMEN¹, Pınar MİÇ*¹

¹Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Adana

Geliş tarihi: 02.07.2018

Kabul tarihi: 25.12.2018

Öz

Yoğun bakım üniteleri, hayati önem arz eden tıbbi tedavi birimlerinden biridir. Bu üniteye yapılacak en küçük hata veya gecikme, telafisi olmayan sonuçlar doğurabilir. Yoğun bakımlarda başvuru en önemli cihazlardan birisi, hastaya yapay solunum desteği veren mekanik ventilatörlerdir. Ventilatör seçimleri ve parametre ayarları, hastanın yaşamını devam ettirmesinde en önemli faktörlerdir. Bu nedenle, ventilatör seçiminin en doğru şekilde gerçekleştirilmesi kritik önem arz eder. Bu çalışmada, Adana ilindeki bir hastanenin çocuk yoğun bakım ünitesinde ventilatör seçimi için çok kriterli karar verme tekniklerinden Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve bulanık TOPSIS yöntemleri kullanılmıştır. Her iki yöntem neticesinde çıkan sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yoğun bakım ünitesi, Ventilatör, Çok kriterli karar verme, AHP, TOPSIS, Bulanık mantık

Selection of Mechanical Ventilator in Pediatric Intensive Care Unit by Multi-Criteria Decision Making and a Case Study

Abstract

Intensive care units are one of the medical treatment units which are of vital importance. The minimum fault or delay in this unit can cause nonrecoverable results. One of the most important tools applied in intensive cares are mechanic ventilators which supports artificial respiration to the patient. Appropriate ventilator selections and ventilatory parameters are the most significant factors for patient's survival. Therefore, carrying out the ventilator selection most correctly is critical. In this study, Analytic Hierarchy Process (AHP) and fuzzy TOPSIS methods which are multi criteria decision making techniques are utilized for selection of ventilator in a child intensive care unit of a hospital in Adana county. The results obtained from both methods are compared.

Keywords: Intensive care unit, Ventilator, Multi criteria decision making, AHP, TOPSIS, Fuzzy logic

*Sorumlu yazar (Corresponding author): Pınar MİÇ, pmic@cu.edu.tr

1. GİRİŞ

Yoğun bakım ünitesi; hayatı tehdit eden kritik bir hastalık varlığında hastaların yakın takip ve tedavilerinin yapıldığı özel ünitelerdir. Solunum yetmezliği, şiddetli enfeksiyonlar (ağır zatürre, menenjit gibi), kalp krizi, ani gelişen kalp ritmi bozuklukları, koma, şok, ciddi travma ve kazalar, zehirlenmeler ve ameliyat sonrası dönemde yakın izlem gerektiren özel durumlar en sık yoğun bakım ünitesine yatırılma nedenleri olarak sayılabilir.

Yoğun bakım ünitelerinde gerçekleştirilen ventilatör tedavisi, ventilatör cihazı adı verilen alet ile yapılır ve bu prosese “ventilasyon” veya “mekanik ventilasyon” denilmektedir [1]. Bu süreçler, hayatta kalmanın temel gereksinimini devam ettirmek gerekliliğinden ötürü ortaya çıkmıştır. Nitekim yaşamın esas ihtiyaçlarından biri yeterli miktarda havayı almak ve bu havayı tüm hücrelerimize transfer etmektir [1]. Kalp ve kan hücreleri dağıtımdan sorumlu iken, akciğerlerimiz, atmosfer ve iç organlar arasında uzlaştırıcı bir pozisyon alarak oksijen (O₂) ve karbondioksit (CO₂) değiş tokuşunu gerçekleştirir [1]. Oksijenin temini ve karbondioksitin ortadan kaldırılması nefes almanın en önemli iki bileşenidir ve bu proses “nefes alma” olarak adlandırılır. Solunum fonksiyonu, sağlıklı yaşayan insanlarda bağımsız bir şekilde gerçekleştirilirken; akciğer hastalığı ve solunum yetmezliği olanlarda ise soluma işlemi, yapay bir şekilde ve hasta düzeleneye kadar, istenilen parametreler ile ventilatör cihazları vasıtasıyla gerçekleştirilir.

Mekanik ventilasyon olarak gerçekleştirilen ilk örnek 1541’de Andreas Vesalius tarafından yapılmıştır. Vesalius, ölmek üzere olan bir köpeğin soluk borusuna kanül yerleştirerek akciğerlerini havalandırması ve neticede kalp atışlarında düzelme saptamıştır [2]. 20. yy.’da ise 1919 yılında Dr. Philip Drinker, “Drinker Solunum Aygıtı” ile literatüre geçmiştir [3]. 1931’de John Haven Emerson’un geliştirdiği çelik akciğer 1948-49 çocuk felci epidemilerinde kullanılmıştır ama bu cihazların çok yer kapladığı, hasta bakımının iyi olmadığı ve dolaşımı etkilediği gibi yan etkileri de saptanmıştır [3].

Mekanik ventilasyon, birçok farklı hasta popülasyonu için hastanelerde özellikle yoğun bakım ve sürekli bakımda en yaygın olarak kullanılan tedavi yöntemlerinden biridir. Ventilatörün kendisinin ve parametrelerinin uygun seçimi ve ventilatörden zamanında ayrılma, böyle bir tedavinin çıktılarını belirlemede ana faktörlerdir. Etkili ve iyi tasarlanmış karar destek sistemleri günümüzdeki gelişmiş mekanik ventilatörlerin çıktı parametrelerini düzenlemede değerli aletler olarak kullanılabilir.

Hastaların mekanik ventilasyonu, üç ardışık aşamada gerçekleşir. Bunlar; hastayı makineye bağlama ve ventilasyonu başlatma, altta yatan hastalık için yeterli ventilasyonu idame ettirme ve son olarak normal doğal solunumu tekrar kurmak için mekanik desteğe son vermektir. İkinci ve üçüncü aşamada (sürdürme aşaması ve ventilatörü bırakma aşaması), makine ayarları ve düzeltmeler genellikle arter kan gaz analizine, akciğer ve göğüs duvarı mekaniklerine dayalı rasyonel kararlar ile yönlendirilir. Birinci aşamada, hasta başlangıçta ventilatör makinesine bağlandıysa, hastanın tam olarak ne kadar ventilasyona ihtiyacı olduğunu bilen ilgili uzmanın ventilatör parametrelerini önceden ayarlaması gerekir. Doktorlar ve solunum tedavisi yapanlar genellikle bunu kaba tahminler veya klinik deneyimleri ile yaparlar [4].

Mekanik ventilatör cihazı ile hastaya iki şekilde solunum desteği verilebilir: Non-invazif mekanik ventilasyon ve Invazif mekanik ventilasyon. Non-invazif mekanik ventilasyon, soluk borusuna (trakea) delik açılmadan maske yardımıyla solunum desteği veren cihazlar sayesinde yapılır. Belirli parametrelerde çalışan bu cihazların amacı solunum problemini gidermek ve vücuttaki oksijen oranını sağlıklı bir seviyeye ulaştırmaktır. Solunumun tamamen durmasına karşı da bu cihazlar tercih edilmektedir. Non-invazif uygulamalarda önemli olan bir diğer unsur uygulama sırasında kullanılan maskelerdir. Hastanın yüz yapısına ve solunum uygulamasına göre maskeler çeşitlilik gösterir. Hangi tip maskenin kullanılacağı ise hekim tarafından belirlenir. Non-invazif mekanik ventilasyon esnasında sıklıkla kullanılan maske çeşitleri şunlardır [5,6]:

- Burun Yastıklıklı Maske
- Nasal Kanül
- Nasal Maske
- Ora-Nasal Maske
- Oral Maske
- Tüm Yüz Maske

İnvazif mekanik ventilasyonda ise hastaya trakeostomi kanülü veya endotrakeal tüp takılır. Endotrakeal tüp geçici solunum sıkıntılarında ağızdan uygulanmaktadır. Fakat endotrakeal tüpün ses tellerine zarar verme riski vardır ve bu da hastanın konuşma yetisini kaybetme riskine neden olabilir. Bu nedenlerle eğer hasta 5 günden fazla mekanik ventilatöre bağlı kalacaksa, invazif mekanik ventilasyonda maske kullanımına gerek yoktur. Bu tip solunumda kullanılan mekanik ventilatör cihazları, non-invazif mekanik ventilatör cihazlarından daha gelişmiş seviyededir [7,8].

Bu işlemleri yaparken; yüksek teknolojik ve pahalı donanım ile karmaşık görüntüleme yöntemlerinin kullanımı ve yorumlanması; aşırı iş gücü gereksinimi; bu yüksek teknolojiyi kullanabilen ve iyi bilimsel birikime sahip devamlı bir yoğun bakım ekibinin 24 saat gerekliliğinin mevcut olduğu gerçeği de göz önünde bulundurulmalıdır [7].

Bu bilgiler ışığında, yanlış yapılan ventilatör seçimleri ve yanlış parametre ayarları geri dönülemez sonuçlar doğuracağından dolayı; hastalara uygulanan mekanik ventilatörlerin doğru bir şekilde seçilmesinin ve parametrelerinin uygun ayarlanmasının hayati önem taşıdığı bir gerçektir. Ventilatör seçerken uygulanan mod, tidal hacim, kullanım kolaylığı, taşınabilirliği, bakım-onarım, vb. gibi kriterler açısından; ventilatör seçimi çok kriterli bir karar verme problemi olarak düşünülebilir. Bu doğrultuda, bu çalışmada, Adana ilindeki bir hastanede, çocuk yoğun bakım ünitesindeki entübe olan invazif mekanik ventilatör seçimi, çok kriterli bir karar verme tekniği olan Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve bulanık Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) yöntemleri ile yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çalışmanın, literatürde bu alandaki boşluğu

gidermesi ve gelecekteki çalışmalara dayanak olması beklenmektedir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri ile mekanik ventilatör seçimi problemi için literatür incelenmiş ama bu konuda yapılmış sadece bir çalışmaya rastlanmıştır. Sloane ve ark. (2003), çalışmalarında, yeni açılan bir kadın sağlığı hastanesinde yeni doğan ventilatör seçimini desteklemek ve belgelemek için çok disiplinli ve disiplinler arası bir süreç olan AHP'yi kullanmışlardır [9]. En iyi ventilatör, en yüksek satın alma fiyatına sahip olmasına rağmen; güvenliği, klinik ve teknik özellikleri ve bunlara ilaveten daha düşük işletme maliyetleri faktörlerinden dolayı yüksek puan almıştır [9].

Literatür, çoğunlukla, sağlık hizmeti ve uygulamalarında ÇKKV ve teknikleri üzerine yoğunlaşmıştır. Mevcut çalışmalarda ele alınan bazı yaklaşımlar şunlardır:

- Sağlık hizmetinde çok kriterli karar analizinin genel bir literatür incelemesi [10,11],
- AHP kullanımının literatür incelemesi [12, 13];
- Tıbbi veya sağlık hizmeti ile ilgili konularda AHP tekniğinin kullanımı [14-16], VIKOR (ViseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje) tekniğinin kullanımı [17], bulanık-VIKOR tekniğinin kullanımı [18,19], bulanık ANP (Analitik Ağ Prosesi) kullanımı [20], bulanık-TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) kullanımı [21];
- Birden fazla ÇKKV tekniğinin birleştirilmesi ile ortaya çıkarılan hibrid yöntemler [22,23];
- Yeni bir ÇKKV yaklaşımı sunma [24];
- Hastane hizmet kalitesi [25], sağlık hizmet sistemi kalitesi [16], hastane performansı

[26], elektronik hizmet kalitesi [27], sağlık atık teknolojisi değerlendirme [28] yaklaşımları;

- Sağlık hizmeti atık arıtımı teknolojisi seçimi [29].

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Çalışma, Adana ili bünyesindeki bir hastanede çocuk yoğun bakım ünitesinde entübe olan (entübasyon tüpü takılan) invazif mekanik ventilatör seçimi için gerçekleştirilmiştir. Doğru ve gerçek verilerle çalışmayı yürütebilmek amacıyla, ilgili kişi olarak belirlenen 4 çocuk yoğun bakım ünitesi doktoru ile görüşülmüş; görüşmeler neticesinde bu kişilerin görüş ve onayları doğrultusunda ventilatör seçimi için 7 alternatif ve ventilatörlerin seçilmesi için 13 kriter belirlenmiştir. İnvazif mekanik ventilatörlerde non-invaziflik özelliğinin olması, ventilatör seçiminde önem arz ettiğinden, çalışmada bu kriter de (bknz K13) kullanılmıştır.

Alternatif ventilatörler şöyle sıralanabilir: Drager (A1), Maque (A2), Sum-1 (A3), Hamilton (A4), GE (A5), Ertunç-Ertan (A6) ve Servo (A7). Ventilatörün seçiminde kullanılmak üzere belirlenen kriterler ise şunlardır:

- Ventilatörün yeni doğana ve çocuğa uygun olma durumu (K1):
 - Yeni doğana uygun olması,
 - Çocuğa uygun olması,
 - Tüm yaşlara uygun olması.
- Ventilatörün içerdiği modlar (K2):
 - En az 3 mod içermesi,
 - Çoğu modu içermesi,
 - Tüm modları içermesi.
- Ventilatörün bataryası (K3):
 - 6 saat,
 - 12 saat,
 - 24 saat.
- Ventilatörün farklı ölçüm yapabilmesi (K4):
 - Standart ölçüm yapması,

- Özellikli ölçüm yapabilme özelliğine sahip olması.
- Manevra (K5):
 - Ventilatörün özel manevra kabiliyetinin olması/olmaması.
- Ventilatörden ayrılma (K6):
 - Ventilatörden ayrılmanın zor olması.
 - Ventilatörden ayrılmayı kolaylaştırması,
- Kullanım kolaylığı (K7):
 - Kullanımının kolay olması/olmaması.
- Bakım onarım (K8):
 - Hizmet hızı,
 - Yıllık bakım,
 - Bakım onarım masrafı.
- Oksijen akış sensörü (K9):
 - Oksijen akış sensöründe çok sık değişiklik olmaması/olması.
- Set (K10):
 - Set bağımlılığı olması/olmaması.
- Yüksek frekanslı osilatör ventilasyon (K11):
 - Yüksek frekanslı osilatör ventilasyon özelliğine sahip olması/olmaması.
- Yüksek akışlı oksijen (K12):
 - Yüksek akışlı oksijen uygulama özelliği olması/olmaması.
- Non-invaziflik (K13):
 - Non-invaziflik özelliği içermesi/içermemesi.

3.2. Metot

Hızla değişen çevresel koşullara uyum sağlamak ve değişime paralel olarak etkin karar alabilmek için karar verme sürecince çok sayıda nitel ve nicel faktöre ihtiyaç vardır. Bu faktörleri bir arada değerlendirebilmek, bilimsel yöntemleri kullanmak ile mümkündür. Bu süreçte kullanılabilecek yöntemlerin başında ise Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri (ÇKKV) gelmektedir. Bu doğrultuda, bu çalışmada, çocuk yoğun bakım ünitesindeki entübe olan invazif mekanik ventilatör seçimi için etkin ÇKKV yöntemlerinden AHP ve Bulanık TOPSIS yöntemleri kullanılmıştır.

3.2.1. AHP

AHP, 1968 yılında Myers ve Alpert ikilisi tarafından ortaya atılmış, 1977'de ise Thomas L.

Saaty tarafından; karar verme problemlerinin çözümünde kullanılabilir hale getirilecek şekilde bir model olarak geliştirilmiştir [30]. AHP sürecinin temelde 5 aşaması vardır [31]:

i. Problemin tanımlanması ve kriterlerin hiyerarşik yapısının oluşturulması

Yöntemin ilk aşaması olan bu safhada, karar verme problemi ve problemin amacı tanımlanır.

ii. İkili karşılaştırmalar yapılması

Bu aşamada, karar verecek kişi veya kişiler tarafından, değerlendirilecek kriterlere göre alternatiflerin ikili karşılaştırmaları yapılır. Bu karşılaştırmalarda, Saaty tarafından geliştirilen Çizelge 1’de verilen ölçek dikkate alınır.

Çizelge 1. İkili karşılaştırmalarda kullanılan önem değerleri ve değer tanımları [31]

Önem Değerleri	Değer Tanımları
1	Eşit önem
3	Biri diğerine göre zayıf derecede önemli
5	Kuvvetli ya da esaslı düzeyde önem
7	Çok kuvvetli ya da ispatlanmış düzeyde önem
9	Kesin düzeyde önem
2,4,6,8	Ara değerler

iii. Kriterler arası karşılaştırma matrisinin oluşturulması

Bu aşamada, kriterler kendi aralarında karşılaştırılır ve Çizelge 2’de verilen karşılaştırma matrisi oluşturulur.

Çizelge 2. Kriterler için ikili karşılaştırma matrisi [32]

	Kriter 1	Kriter 2	Kriter 3	..	Kriter n
Kriter 1	a_1/a_1	a_1/a_2	a_1/a_3	..	a_1/a_n
Kriter 2	a_2/a_1	a_2/a_2	a_2/a_3	..	a_2/a_n
Kriter 3	a_3/a_1	a_3/a_2	a_3/a_3	..	a_3/a_n
..
Kriter n	a_n/a_1	a_n/a_2	a_n/a_3	..	a_n/a_n

Bu matriste, kriterlerin birbirlerine göre önem seviyeleri belirli bir mantık içerisinde gösterilmektedir.

iv. Kriterlerin önem dağılımlarının belirlenmesi

Kriterlerin önem dağılımlarını, bir diğer deyişle bütün içerisindeki ağırlıklarını belirlemek için her kriter için sütun vektörü oluşturulur. Bu vektörlerin hesaplanmasında Eşitlik 1’den faydalanılır [31]:

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

Bu formülde, i satırı, j sütunu, n ise kriter sayısını ifade etmektedir. Tüm n kriter için sütun vektörleri matris formatında bir araya getirilerek ayrı bir C matrisi oluşturulur ve bu matris vasıtasıyla kriterlerin birbirlerine göre önem değerlerini gösteren önem dağılımları elde edilir. Bu amaçla, C matrisini oluşturan satır bileşenlerinin aritmetik ortalaması alınır ve W öncelik vektörü Eşitlik 2 ile elde edilir:

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

v. Tutarlılık oranının hesaplanması ve sentez

Karar vericilerin kriterler arasında kıyaslama yaparken tutarlı davranıp davranmadığını ölçmek için *Tutarlılık Oranı* hesaplanır. Bu hesaplamanın özü, kriter sayısı (n) ile Temel Değer (λ) adı verilen katsayının karşılaştırılmasına dayanmaktadır. λ ’nın hesaplanması için, Çizelge 2’deki karşılaştırma matrisi ile W öncelik vektörünün matris çarpımından D sütun vektörü elde edilir. Eşitlik 3’te verildiği üzere, bulunan D sütun vektörü ile W sütun vektörünün karşılıklı elemanlarının bölümünden her bir kriterle ait temel değer elde edilir.

$$E_i = \frac{d_i}{w_i} \quad (3)$$

Bu E_i değerlerinin ortalaması Eşitlik 4 karşılaştırmaya ait temel değer olan λ ’yı vermektedir.

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad (4)$$

λ hesabından sonra, Eşitlik 5 ile *Tutarlılık Göstergesi (CI)* hesaplanır.

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

Son olarak, *CI*, kriter sayısına göre, Çizelge 3'de verilen *Rassallık Göstergesi (RI)* değerine bölünerek Tutarlılık oranı elde edilir.

Çizelge 3. Kriter sayısına göre *RI* değerleri [31]

n	1	2	3	4	5	6	..	12	13
RI	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	..	1,53	1,56

Hesaplanan *CR* değerinin 0,1'den küçük olması, karar vericinin yaptığı karşılaştırmaların tutarlı olduğunu gösterecektir [31]. Aksi durumda karar matrisi yeniden düzenlenmelidir.

3.2.2. Bulanık TOPSIS

1981 yılında Hwang ve Yoon tarafından önerilen TOPSIS yöntemi [33] ÇKKV problemlerinde en çok kullanılan yöntemlerden birisidir. Günümüzde problemler ve yargılar genellikle belirsizlik içerdiğinden dolayı; karmaşık ya da iyi tanımlanmamış durumların çözümünde başvurulan bir yöntem olan TOPSIS'te, bu karmaşık durumların dilsel ifadelerle belirtilmesinde bulanık sayılardan yararlanılmaya başlanmıştır [34]. Bu çalışmada da, ventilator seçimi konusunda daha tutarlı sonuçlara ulaşmak için konu bulanık mantık çerçevesinde ele alınmıştır. Kavramların kesin sınırlamaları olmaksızın sınıflandırıldığı ve 1965 yılında Zadeh tarafından geliştirilen bulanık mantıkta üyelik dereceleri kullanılmaktadır [34]. Çalışmada ventilator seçimi için kullanılan üyelik fonksiyonu, üçgen bulanık sayılardır. Üçgen üyelik fonksiyonu; bulanık sayının alt sınır değerini gösteren *l*, orta değerini gösteren *m* ve üst sınırını gösteren *u* parametreleri ile tanımlanır ve $\mu_n(x)$ üyelik fonksiyonu Eşitlik 6 ile ifade edilir [35]:

$$\mu_n(x) = \begin{cases} 0 & x < l \\ \frac{x-l}{m-l} & l \leq x \leq m \\ \frac{x-u}{m-u} & m \leq x \leq u \\ 0 & x > u \end{cases} \quad (6)$$

Çalışmamızın konusunu oluşturan ventilator seçiminde Chen (2000) [35] tarafından geliştirilen

bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Aşağıda bu yöntemin aşamaları verilmiştir [35].

i) Karar vericilerin alternatifleri değerlendirilmesi

Başlangıç olarak, *m* adet alternatifi (ventilator) değerlendirecek karar vericiler (çocuk yoğun bakım ünitesi doktorları) ve alternatifleri değerlendirirken kullanılacak kriterler belirlenir. Alternatiflerin kümesi $A_i = \{1, 2, \dots, m\}$, karar vericilerin kümesi $K = \{1, 2, \dots, s\}$ ve kriterlerin kümesi $C_j = \{1, 2, \dots, n\}$ ile gösterilir.

Bu işlemi takiben, alternatiflerin ve kriterlerin değerlendirilmesinde kullanılacak uygun dilsel değişkenler belirlenir ve karar vericiler bu dilsel değişkenler yardımıyla alternatifleri ve kriterleri değerlendirir. Bu değerlendirmeler ve bunlara karşılık gelen bulanık sayılar Çizelge 4 ve Çizelge 5'de gösterilmiştir [36].

Çizelge 4. Karar kriterlerinin ağırlıklarının belirlenmesi için dilsel değişkenler ve üçgen bulanık sayı karşılıkları [36]

Çok Yüksek (ÇY)	(0,8, 1,1)
Yüksek (Y)	(0,7, 0,8, 0,9)
Biraz Yüksek (BY)	(0,5, 0,65, 0,8)
Orta (O)	(0,4, 0,5, 0,6)
Biraz Düşük (BD)	(0,2, 0,35, 0,5)
Düşük (D)	(0,1, 0,2, 0,3)
Çok Düşük (ÇD)	(0,0, 0,2)

Çizelge 5. Alternatiflerin değerlendirilmesi için dilsel değişkenler ve üçgen bulanık sayı karşılıkları [36]

Çok İyi (Çİ)	(8,10, 10)
İyi (İ)	(7, 8, 9)
Biraz İyi (Bİ)	(5, 6,5, 8)
Orta (O)	(4, 5, 6)
Biraz Kötü (BK)	(2, 3,5, 5)
Kötü (K)	(1, 2, 3)
Çok Kötü (ÇK)	(0, 0,2)

ii) Kriterlerin önem ağırlıkları ve alternatiflerin kriter değerlerinin hesaplanması

W ağırlık vektörü, problem için n seçim kriterinin göreceli önemini belirtir. \tilde{x}_{ij} ise karar vericinin değerlendirdiği i alternatifi için j kriterinin değerini göstermektedir. j . kriterin önemi \tilde{W}_j ve her alternatifi değerlendirme \tilde{x}_{ij} , sırasıyla aşağıdaki Eşitlik 7 ve Eşitlik 8 ile hesaplanır:

$$\tilde{W}_j = \frac{1}{s} [\tilde{W}_j^1 + \tilde{W}_j^2 + \dots + \tilde{W}_j^d] \quad (7)$$

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{s} [\tilde{x}_{ij}^1 + \tilde{x}_{ij}^2 + \dots + \tilde{x}_{ij}^d] \quad (8)$$

iii) Bulanık çok kriterli karar verme problemi matrisi oluşturulması

\tilde{x}_{ij} dilsel ifadesi üçgen bulanık sayılarla (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}) şeklinde; \tilde{W}_j dilsel ifadesi ise $(\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \tilde{w}_3)$ şeklinde tanımlanır ve bulanık çok kriterli karar verme problemi matrisi (\tilde{D}) oluşturulur:

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad (9)$$

iv) Bulanık karar matrisinin normalize edilmesi

B fayda, C maliyet kriteri olmak üzere \tilde{R} normalize bulanık karar matrisinin elemanları \tilde{r}_{ij} ; Eşitlik 10 ve Eşitlik 11 ile ifade edilir:

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_j}{c_j^*}, \frac{b_j}{c_j^*}, \frac{c_j}{c_j^*} \right) \quad j \in B \text{ ve } c_j^* = \max_i c_j \quad (10)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_j^-}{c_j}, \frac{a_j^-}{c_j}, \frac{a_j^-}{c_j} \right) \quad j \in C \text{ ve } a_j^- = \min_i a_j \quad (11)$$

Normalize bulanık karar matrisi $\tilde{R}, [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n}$ ile gösterilir. Çalışmamızda, amacımız en uygun ventilatörü seçmek ve bu da bir fayda kriteri olduğu için Eşitlik 10 kullanılmıştır.

v) Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisinin oluşturulması

Bu adımda, normalize bulanık karar matrisindeki her \tilde{r}_{ij} kriteri, 2. aşamada hesaplanan ağırlıkları olan \tilde{W}_j ile çarpılır. \tilde{V} , ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi olmak üzere, bu işlem, Eşitlik 12 ve Eşitlik 13 ile gösterilir:

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n} \quad i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n \quad (12)$$

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} \times \tilde{w}_j \quad (13)$$

vi) Bulanık pozitif ideal çözüm ve bulanık negatif ideal çözümden uzaklıkların belirlenmesi

Bu aşamada, bulanık pozitif ideal çözüm (FPIS, A^*) ve bulanık negatif ideal çözüm (FNIS, A^-) aşağıdaki şekilde tanımlanır:

$$A^* = (\tilde{v}_1^*, \tilde{v}_2^*, \dots, \tilde{v}_n^*) \quad (14)$$

$$A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^-) \quad (15)$$

$j=1,2,\dots,n$ olmak üzere; $\tilde{v}_j^*=(1,1,1)$ ve $\tilde{v}_j^-=(0,0,0)$ olarak dikkate alınır.

Her alternatifi A^* ve A^- den uzaklıkları olan d_i^* ve d_i^- sırasıyla Eşitlik 16 ve Eşitlik 17 ile hesaplanır:

$$d_i^* = \sum_{j=1}^n d_v(\tilde{v}_j, \tilde{v}_j^*) = \sum_{j=1}^n \sqrt{\frac{1}{3} [(a_{ij} - a_i^+)^2 + (b_{ij} - b_i^+)^2 + (c_{ij} - c_i^+)^2]} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (16)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d_v(\tilde{v}_j, \tilde{v}_j^-) = \sum_{j=1}^n \sqrt{\frac{1}{3} [(a_{ij} - a_i^-)^2 + (b_{ij} - b_i^-)^2 + (c_{ij} - c_i^-)^2]} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (17)$$

vii) Yakınlık katsayılarının hesaplanması ve alternatiflerin sıralanması

Son adımda, her bir alternatif için yakınlık katsayısı C_i hesaplanır. $i = 1, 2, \dots, m$ olacak şekilde,

$$C_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-} \quad (18)$$

ile formüle edilmiştir. C_i değeri 1'e en yakın olan alternatif en iyi alternatif olacak şekilde alternatifler sıralanır.

4. UYGULAMA VE İKİ YÖNTEMİN KARŞILAŞTIRILMASI

Çalışmada, AHP ve Bulanık TOPSIS yöntemleri uygulanmış olup takip eden alt bölümlerde de sırasıyla AHP ve Bulanık TOPSIS yöntemleri uygulama sonuçları verilmiştir. Son kısımda bu iki uygulama karşılaştırılmıştır.

4.1. AHP Yöntemi ve Sonuç

Uygulamanın AHP basamağı, bu alanda kullanılan bir yazılım olan Super Decisions Yazılımı Versiyon 2.8 ile çözülmüştür. Kriterler ve alt kriterlerin belirlenmesinden sonra, Super Decisions 2.8 yazılımı vasıtasıyla kriterler arası bağlantılar yapılmıştır.

Daha sonra, ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuş ve Çizelge 1'de belirtilen ölçek desteği ile gerekli karşılaştırmalar yapılmıştır. Yapılan bu karşılaştırma değerlendirmeleri Super Decisions 2.8 yazılımına girilmiş, tüm ikili karşılaştırma matrislerinin tutarlılık analizleri yapılarak tutarlılık oranları (CR) hesaplanmıştır. Tüm ikili karşılaştırma matrislerinin CR değerlerinin 0,10'dan küçük olması sağlanarak kriterler arası karşılaştırmaların tutarlı şekilde yapıldığı kontrol edilmiştir. Son olarak, yazılım vasıtasıyla bunlar sentez edilerek en iyi ventilator alternatifi elde edilmiştir. Yazılımın bulduğu sonuç ekranı Şekil 1'de gösterilmektedir. Alternatifler, Ideals değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanır ve Ideals değeri en yüksek olan alternatif en iyi sonuç olacaktır.

Name	Graphic	Ideals	Normals	Raw
DRAGER		1.000000	0.372904	0.346268
ERTUNÇ ERTAN		0.773402	0.288404	0.267804
GE		0.100837	0.037602	0.034917
HAMILTON		0.365028	0.136120	0.126397
MAQUE		0.156344	0.058301	0.054137
SERVO		0.061787	0.023041	0.021395
SUM-1		0.224260	0.083627	0.077654

Şekil 1. Ventilator seçimi Super Decisions sonuç görüntüsü

4.2. Bulanık TOPSIS Yöntemi ve Sonuç

Bulanık TOPSIS yöntemi için, çalışmada kullanılacak kriterler (bkz Bölüm 3.1) belirlendikten sonra, karar vericiler Çizelge 4'deki dilsel ifadeler yardımıyla karar kriterlerini değerlendirmişlerdir ve bu değerlendirmeler Çizelge 6'da verilmiştir. Karar vericilerin kriter değerlendirmeleri Eşitlik 7 ile tek bir değere indirgenmiş ve bu değerler de Çizelge 7'de verilmiştir.

Çizelge 6. Kriter ağırlıklarının karar vericiler tarafından belirlenmesi

Kriterler	Karar Vericiler			
	KV1	KV2	KV3	KV4
K1	ÇY	Y	Y	ÇY
K2	Y	Y	BY	BY
K3	O	Y	ÇY	O
K4	Y	Y	ÇY	O
K5	BD	O	BD	D
K6	ÇD	D	BD	ÇD
K7	Y	BY	O	O
K8	D	Y	O	BD
K9	BD	O	Y	Y
K10	O	D	BD	D
K11	BD	Y	O	O
K12	O	BD	D	O
K13	D	O	BD	O

Çizelge 7. Kriter ağırlıklarının üçgen bulanık sayılarla gösterilmesi

Kriterler	Ağırlıklar
K1	(0,75, 0,90, 0,95)
K2	(0,60, 0,73, 0,85)
K3	(0,58, 0,70, 0,78)
K4	(0,65, 0,78, 0,85)
K5	(0,23, 0,35, 0,48)
K6	(0,08, 0,14, 0,30)
K7	(0,50, 0,61, 0,73)
K8	(0,35, 0,46, 0,58)
K9	(0,50, 0,61, 0,68)
K10	(0,20, 0,31, 0,43)
K11	(0,43, 0,54, 0,65)
K12	(0,28, 0,39, 0,50)
K13	(0,28, 0,39, 0,50)

Sonraki adımda, karar vericiler her bir alternatifi her bir kritere göre Çizelge 5'deki dilsel ifadeler aracılığıyla değerlendirmiştir, bu değerlendirmeler Çizelge 8'de verilmiştir. Bu değerlendirmeler,

Eşitlik 8 ile tek bir değere indirgenmiş ve bulanık karar matrisi oluşturulmuştur. Çizelge 9, bulanık karar matrisini göstermektedir. Bulanık karar matrisi, Eşitlik 10'da normalize edilmiş bulanık karar matrisine dönüştürülerek bu matris Çizelge 10 ile verilmiştir.

Normalize edilmiş bulanık karar matrisindeki değerlerin her biri, Çizelge 7'de verilen ilgili kriterin ağırlığı ile çarpılır ve Çizelge 11'de gösterilen ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi elde edilir. Son olarak her bir alternatifi bulanık pozitif ideal çözümden (FPIS) ve bulanık negatif ideal çözümden (FNIS) uzaklıkları Eşitlik 16 ve Eşitlik 17 ile hesaplanır. Uzaklıkların belirlenmesinden sonra, Eşitlik 18 ile her bir alternatifi yakınlık katsayısı hesaplanır. Her alternatif için d_i^* , d_i^- ve C_i değerleri Çizelge 12'de verilmiştir.

Çizelge 8. Alternatif ventilatörlerin karar vericiler tarafından değerlendirilmesi

Kriterler	Alternatifler	Karar Vericiler				Kriterler	Alternatifler	Karar Vericiler			
		KV1	KV2	KV3	KV4			KV1	KV2	KV3	KV4
K1	A1	Çİ	İ	Çİ	İ	K8	A1	İ	Bİ	İ	İ
	A2	Çİ	İ	Bİ	Bİ		A2	Bİ	O	Bİ	O
	A3	İ	Bİ	Çİ	O		A3	O	Bİ	O	Bİ
	A4	İ	Bİ	O	Bİ		A4	Bİ	İ	Bİ	İ
	A5	Çİ	Bİ	İ	O		A5	O	BK	O	O
	A6	Çİ	İ	İ	Çİ		A6	O	Bİ	O	Bİ
	A7	İ	Bİ	O	Çİ		A7	O	Bİ	BK	O
K2	A1	İ	Çİ	İ	Bİ	K9	A1	Bİ	Bİ	İ	Çİ
	A2	Bİ	O	O	Bİ		A2	Bİ	O	O	O
	A3	Bİ	İ	İ	O		A3	İ	BK	O	O
	A4	Bİ	O	O	İ		A4	Bİ	Bİ	Bİ	Bİ
	A5	O	O	Bİ	Bİ		A5	O	O	BK	İ
	A6	Bİ	Bİ	Bİ	Bİ		A6	Bİ	İ	Bİ	O
	A7	O	Bİ	Bİ	Bİ		A7	O	O	BK	O
K3	A1	İ	İ	İ	O	K10	A1	İ	Çİ	Bİ	İ
	A2	İ	İ	O	O		A2	O	O	BK	BK
	A3	O	O	İ	Bİ		A3	Bİ	O	O	O
	A4	Bİ	İ	İ	Bİ		A4	İ	BK	BK	İ
	A5	Bİ	O	İ	O		A5	BK	ÇK	BK	O
	A6	İ	Bİ	İ	İ		A6	O	İ	O	O
	A7	O	İ	Bİ	İ		A7	K	O	Bİ	O
K4	A1	İ	İ	Bİ	Çİ	K11	A1	Bİ	İ	Çİ	Bİ
	A2	İ	Bİ	Bİ	O		A2	İ	Bİ	Bİ	Bİ
	A3	İ	İ	O	O		A3	O	O	BK	Bİ
	A4	O	Bİ	Bİ	Bİ		A4	O	İ	O	O
	A5	Bİ	Bİ	O	O		A5	BK	O	O	İ
	A6	Çİ	İ	İ	O		A6	O	İ	O	İ
	A7	O	O	O	O		A7	O	O	O	O

Çizelge 8 (Devam)

Kriterler	Alternatifler	Karar Vericiler				Kriterler	Alternatifler	Karar Vericiler			
		KV1	KV2	KV3	KV4			KV1	KV2	KV3	KV4
K5	A1	Bİ	Çİ	İ	İ	K12	A1	Bİ	O	Çİ	İ
	A2	İ	O	O	O		A2	BK	BK	BK	BK
	A3	Bİ	İ	O	İ		A3	İ	O	O	İ
	A4	K	O	K	O		A4	O	O	O	İ
	A5	İ	BK	İ	O		A5	O	O	BK	BK
	A6	BK	İ	BK	O		A6	O	Bİ	Bİ	Bİ
	A7	BK	O	O	BK		A7	O	O	Bİ	İ
K6	A1	İ	Çİ	Bİ	İ	K13	A1	İ	Çİ	Bİ	İ
	A2	BK	K	ÇK	K		A2	O	Bİ	Bİ	Bİ
	A3	K	K	K	ÇK		A3	O	BK	Bİ	İ
	A4	ÇK	O	K	İ		A4	İ	O	İ	İ
	A5	O	Bİ	O	O		A5	O	Bİ	O	O
	A6	K	K	BK	BK		A6	Bİ	O	Bİ	Bİ
	A7	ÇK	BK	BK	O		A7	İ	İ	O	İ
K7	A1	İ	Bİ	Çİ	İ						
	A2	O	Bİ	O	O						
	A3	O	O	O	O						
	A4	O	O	O	Bİ						
	A5	Bİ	İ	Bİ	İ						
	A6	O	O	O	O						
	A7	O	Bİ	O	Bİ						

Çizelge 9. Bulanık karar matrisi

Alternatifler	Kriterler						
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
A1	(7,50, 9,0, 9,5)	(6,75, 8,13, 9,0)	(6,25, 7,25, 8,25)	(6,75, 8,13, 9,0)	(6,75, 8,13, 9,0)	(6,75, 8,13, 9,0)	(6,75, 8,13, 9,0)
A2	(6,25, 7,75, 8,75)	(4,50, 5,75, 7,0)	(5,50, 6,50, 7,50)	(5,25, 6,50, 7,75)	(4,75, 5,75, 6,75)	(1,0, 1,88, 3,25)	(4,25, 5,38, 6,50)
A3	(6,0, 7,35, 8,25)	(5,75, 6,88, 8,0)	(5,0, 6,13, 7,25)	(5,50, 6,50, 7,50)	(5,75, 6,88, 8,0)	(0,75, 1,50, 2,75)	(4,0, 5,0, 6,0)
A4	(5,25, 6,50, 7,75)	(4,50, 6,13, 7,25)	(6,0, 7,25, 8,50)	(4,75, 6,13, 7,50)	(2,50, 3,50, 4,50)	(3,0, 3,75, 5,0)	(4,25, 5,38, 6,50)
A5	(6,0, 7,38, 8,25)	(4,50, 5,75, 7,0)	(5,0, 6,13, 7,25)	(4,50, 5,75, 7,0)	(5,0, 6,13, 7,25)	(4,25, 5,38, 6,50)	(6,0, 7,25, 8,50)
A6	(7,50, 9,0, 9,5)	(5,0, 6,50, 8,0)	(6,50, 7,63, 8,75)	(6,50, 7,75, 8,50)	(3,75, 5,0, 6,25)	(1,50, 2,75, 4,0)	(4,0, 5,0, 6,0)
A7	(6,0, 7,38, 8,25)	(4,75, 6,13, 7,5)	(5,75, 6,88, 8,0)	(4,0, 5,0, 6,0)	(3,0, 4,25, 5,50)	(2,0, 3,0, 4,50)	(4,50, 5,75, 7,0)
Alternatifler	K8	K9	K10	K11	K12	K13	
A1	(6,50, 7,63, 8,75)	(6,25, 7,75, 8,75)	(6,75, 8,13, 9,0)	(6,25, 7,75, 8,75)	(6,0, 7,38, 8,25)	(6,75, 8,13, 9,0)	
A2	(4,50, 5,75, 7,0)	(4,25, 5,38, 6,50)	(3,0, 4,25, 5,50)	(5,50, 6,88, 8,25)	(2,0, 3,50, 5,0)	(4,75, 6,13, 7,50)	
A3	(4,50, 5,75, 7,0)	(4,25, 5,38, 6,50)	(4,25, 5,38, 7,0)	(3,75, 5,0, 6,25)	(5,50, 6,50, 7,50)	(4,50, 5,75, 7,0)	
A4	(6,0, 7,25, 8,50)	(5,0, 6,50, 8,0)	(4,50, 5,75, 7,0)	(4,75, 5,75, 6,75)	(4,75, 5,75, 6,75)	(6,25, 7,25, 8,25)	
A5	(3,50, 4,63, 5,75)	(4,25, 5,38, 6,50)	(2,0, 3,0, 4,50)	(5,0, 5,38, 6,50)	(3,0, 4,25, 5,50)	(4,25, 5,38, 6,50)	
A6	(4,50, 5,75, 7,0)	(5,25, 6,50, 7,75)	(4,75, 5,75, 6,75)	(5,50, 6,50, 7,50)	(4,75, 6,13, 7,50)	(4,75, 6,13, 7,50)	
A7	(3,75, 5,0, 6,25)	(3,50, 4,63, 5,75)	(3,50, 4,63, 5,75)	(4,0, 5,0, 6,0)	(5,0, 6,13, 7,25)	(6,25, 7,25, 8,25)	

Çizelge 10. Normalize edilmiş bulanık karar matrisi

Alternatifler	Kriterler						
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
A1	(0,79, 0,95, 1,0)	(0,75, 0,90, 1,0)	(0,74, 0,67, 0,97)	(0,75, 0,90, 1,0)	(0,75, 0,90, 1,0)	(0,75, 0,90, 1,0)	(0,75, 0,90, 1,0)
A2	(0,66, 0,82, 0,92)	(0,5, 0,64, 0,78)	(0,65, 0,76, 0,88)	(0,58, 0,72, 0,86)	(0,53, 0,64, 0,75)	(0,11, 0,21, 0,36)	(0,47, 0,60, 0,72)
A3	(0,63, 0,78, 0,87)	(0,64, 0,76, 0,89)	(0,59, 0,72, 0,85)	(0,61, 0,72, 0,83)	(0,64, 0,76, 0,89)	(0,08, 0,17, 0,31)	(0,44, 0,56, 0,67)
A4	(0,55, 0,68, 0,82)	(0,50, 0,68, 0,81)	(0,71, 0,85, 1,0)	(0,53, 0,68, 0,83)	(0,28, 0,39, 0,50)	(0,33, 0,42, 0,56)	(0,47, 0,60, 0,72)
A5	(0,63, 0,78, 0,87)	(0,50, 0,64, 0,78)	(0,59, 0,72, 0,85)	(0,50, 0,64, 0,78)	(0,56, 0,68, 0,81)	(0,47, 0,60, 0,72)	(0,67, 0,81, 0,94)
A6	(0,79, 0,95, 1,0)	(0,56, 0,72, 0,89)	(0,76, 0,90, 1,03)	(0,72, 0,86, 0,94)	(0,42, 0,56, 0,69)	(0,17, 0,31, 0,44)	(0,44, 0,56, 0,67)
A7	(0,63, 0,78, 0,87)	(0,53, 0,68, 0,83)	(0,68, 0,81, 0,94)	(0,44, 0,56, 0,67)	(0,33, 0,47, 0,61)	(0,22, 0,33, 0,50)	(0,50, 0,64, 0,78)
Alternatifler	K8	K9	K10	K11	K12	K13	
A1	(0,74, 0,87, 1,0)	(0,71, 0,89, 1,0)	(0,75, 0,90, 1,0)	(0,71, 0,89, 1,0)	(0,73, 0,89, 1,0)	(0,75, 0,90, 1,0)	
A2	(0,51, 0,66, 0,80)	(0,49, 0,61, 0,74)	(0,33, 0,47, 0,61)	(0,63, 0,79, 0,94)	(0,24, 0,42, 0,61)	(0,53, 0,68, 0,83)	
A3	(0,51, 0,66, 0,80)	(0,49, 0,61, 0,74)	(0,47, 0,60, 0,78)	(0,43, 0,57, 0,71)	(0,67, 0,79, 0,91)	(0,50, 0,64, 0,78)	
A4	(0,69, 0,83, 0,97)	(0,57, 0,74, 0,91)	(0,50, 0,64, 0,78)	(0,54, 0,66, 0,77)	(0,58, 0,70, 0,82)	(0,69, 0,81, 0,92)	
A5	(0,40, 0,53, 0,66)	(0,49, 0,61, 0,74)	(0,22, 0,33, 0,50)	(0,57, 0,61, 0,74)	(0,36, 0,52, 0,67)	(0,47, 0,60, 0,72)	
A6	(0,51, 0,66, 0,80)	(0,60, 0,74, 0,89)	(0,53, 0,64, 0,75)	(0,63, 0,74, 0,86)	(0,58, 0,74, 0,91)	(0,53, 0,68, 0,83)	
A7	(0,43, 0,57, 0,71)	(0,40, 0,53, 0,66)	(0,39, 0,51, 0,64)	(0,46, 0,57, 0,69)	(0,61, 0,74, 0,88)	(0,69, 0,81, 0,92)	

Çizelge 11. Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi

Alternatifler	Kriterler						
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
A1	(0,59, 0,85, 0,95)	(0,45, 0,65, 0,85)	(0,42, 0,47, 0,75)	(0,49, 0,7, 0,85)	(0,17, 0,32, 0,48)	(0,06, 0,12, 0,3)	(0,38, 0,55, 0,73)
A2	(0,49, 0,73, 0,88)	(0,3, 0,46, 0,66)	(0,37, 0,54, 0,68)	(0,38, 0,56, 0,73)	(0,12, 0,22, 0,36)	(0,01, 0,03, 0,11)	(0,24, 0,37, 0,52)
A3	(0,47, 0,7, 0,83)	(0,38, 0,55, 0,76)	(0,34, 0,5, 0,66)	(0,4, 0,56, 0,71)	(0,14, 0,27, 0,42)	(0,01, 0,02, 0,09)	(0,22, 0,34, 0,48)
A4	(0,41, 0,62, 0,78)	(0,3, 0,49, 0,68)	(0,41, 0,6, 0,78)	(0,34, 0,53, 0,71)	(0,06, 0,14, 0,24)	(0,03, 0,06, 0,17)	(0,24, 0,37, 0,52)
A5	(0,47, 0,7, 0,83)	(0,3, 0,46, 0,66)	(0,34, 0,5, 0,66)	(0,33, 0,5, 0,66)	(0,13, 0,24, 0,38)	(0,04, 0,08, 0,22)	(0,33, 0,49, 0,68)
A6	(0,59, 0,85, 0,95)	(0,33, 0,52, 0,76)	(0,44, 0,63, 0,8)	(0,47, 0,67, 0,8)	(0,09, 0,19, 0,33)	(0,01, 0,04, 0,13)	(0,22, 0,34, 0,48)
A7	(0,47, 0,7, 0,83)	(0,32, 0,49, 0,71)	(0,39, 0,57, 0,73)	(0,29, 0,43, 0,57)	(0,08, 0,17, 0,29)	(0,02, 0,05, 0,15)	(0,25, 0,39, 0,56)
Alternatifler	K8	K9	K10	K11	K12	K13	
A1	(0,26, 0,4, 0,58)	(0,36, 0,54, 0,68)	(0,15, 0,28, 0,43)	(0,3, 0,48, 0,65)	(0,20, 0,35, 0,50)	(0,21, 0,35, 0,50)	
A2	(0,18, 0,3, 0,46)	(0,24, 0,38, 0,5)	(0,07, 0,15, 0,26)	(0,27, 0,42, 0,61)	(0,07, 0,16, 0,30)	(0,15, 0,26, 0,42)	
A3	(0,18, 0,3, 0,46)	(0,24, 0,38, 0,5)	(0,09, 0,19, 0,33)	(0,18, 0,31, 0,46)	(0,18, 0,31, 0,45)	(0,14, 0,25, 0,39)	
A4	(0,24, 0,38, 0,56)	(0,29, 0,46, 0,62)	(0,1, 0,2, 0,33)	(0,23, 0,35, 0,5)	(0,16, 0,27, 0,41)	(0,19, 0,31, 0,46)	
A5	(0,14, 0,24, 0,38)	(0,24, 0,38, 0,5)	(0,04, 0,1, 0,21)	(0,24, 0,33, 0,48)	(0,10, 0,20, 0,33)	(0,13, 0,23, 0,36)	
A6	(0,18, 0,3, 0,46)	(0,3, 0,46, 0,6)	(0,11, 0,2, 0,32)	(0,27, 0,4, 0,56)	(0,16, 0,29, 0,45)	(0,15, 0,26, 0,42)	
A7	(0,15, 0,26, 0,41)	(0,2, 0,32, 0,44)	(0,08, 0,16, 0,27)	(0,19, 0,31, 0,45)	(0,17, 0,29, 0,44)	(0,19, 0,31, 0,46)	

Uzaklıkların belirlenmesinden sonra, (18) eşitliği ile her bir alternatifin yakınlık katsayısı hesaplanır. Her alternatif için d_i^* , d_i^- ve C_i değerleri Çizelge 12’de verilmiştir.

Çizelge 12. FPIS ve FNIS’den uzaklıklar ve yakınlık katsayı değerleri

Alternatifler	d_i^*	d_i^-	$d_i^* + d_i^-$	C_i
A1	7,16	6,37	13,52	0,471
A2	8,52	4,90	13,42	0,365
A3	8,42	4,97	13,40	0,371
A4	8,34	5,09	13,43	0,379
A5	8,60	4,79	13,40	0,358
A6	8,03	5,42	13,45	0,403
A7	8,64	4,75	13,39	0,355

C_i değeri en yüksek olan alternatif, en uygun ventilatör olacaktır. Çizelge 12’ye göre alternatifleri sıralayacak olursak şu sıralama elde edilir: $A1 > A6 > A4 > A3 > A2 > A5 > A7$. Yani, ventilatör seçimi için en uygun aday Drager’dir ve bunu sırasıyla Ertunç-Ertan, Hamilton, Sum-1, Maque, GE ve Servo takip etmektedir.

5. SONUÇLAR

Yoğun bakım ünitelerinde yatan hastalar için ventilatör cihazı hayati öneme sahiptir. Bu önemli cihazın yanlış seçimi veya parametrelerinin uygun ayarlanmaması hastaların tedavisinde geri dönülemez sonuçlara neden olabilir. Literatür incelendiğinde, sadece bir çalışmanın [9] ventilatör seçimine odaklandığı gözlemlenmiştir. Bu çalışmada da ventilatör seçimi için sadece AHP yöntemine başvurulmuştur. Literatürdeki bu boşluğu doldurma amacı ile bu çalışmada, ventilatör seçimi için AHP ve bulanık TOPSIS yöntemleri olmak üzere iki tane ÇKKV yöntemine başvurulmuştur. Yapılan uygulama neticesinde iki yöntemin de ventilatörlerin seçimi için aynı sıralamayı verdiği ve en iyi alternatif olarak Drager’i önerdiği gözlemlenmiştir.

Gelecek çalışmalarda, konu, başka ÇKKV yöntemleri ile çözülebilir, uygulama alanı genişletilebilir, kriter ağırlıkları ve

değerlendirmeler değiştiğinde sonuca etkisini gözlemlemek için duyarlılık analizleri yapılabilir.

6. KAYNAKLAR

1. Torpy, J.M., Campbell, A.D., Glass, R.M., 2010. Mechanical Ventilation, Journal of American Medical Association, 902.
2. Kacmarek, R.M., 2011. The Mechanical Ventilator: Past, Present, and Future, Respiratory Care, 1170-1180.
3. Perel, A, Stock, M.C., 1992. Handbook of Mechanical Ventilatory Support (First Edition), Williams and Wilkins, Philadelphia, 7.
4. Kacmarek, R.M., Venegas, J., 1987. Mechanical Ventilatory Rates and Tidal Volumes. Respiratory Care, 32, 466.
5. Abou-Shala, N., Meduri, U., 1996. Noninvasive Mechanical Ventilation in Patients with Acute Respiratory Failure, Critical Care Medicine, 24, 705-715.
6. Mehta, S., Hill N.S., 2001. Noninvasive Ventilation. American Journal of Respiratory Critical Care Medicine, 163, 540-577.
7. Nava, S., Hill, N., 2013. Non-Invasive Ventilation in Acute Respiratory Failure, Lancet, 374, 250-259.
8. Brochard, L., 2003. Mechanical Ventilation: Invasive Versus Noninvasive, European Respiratory Journal, 47, 31-37.
9. Sloane, E.B., Liberatore, M. J., Nydick, R.L., Luo, W., Chung, Q.B., 2003. Using the Analytic Hierarchy Process as a Clinical Engineering Tool to Facilitate an Iterative, Multidisciplinary, Microeconomic Health Technology Assessment, Computers & Operations Research, 30(10), 1447-1465.
10. Diaby, V., Campbell, K., Goeree, R., 2013. Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) in Health Care: A Bibliometric Analysis, Operations Research for Health Care, 2(1-2), 20-24.
11. Karacan, I., Tozan, H., Karatas, M., 2016. Multi-Criteria Decision Methods in Health Technology Assessment: A Brief Literature Review, Eurasian Journal of Health Technology Assessment, 1(1), 12-19.
12. Liberatore, M.J., Nydick, R.L., 2008. The Analytic Hierarchy Process in Medical and

- Health Care Decision Making: A Literature Review, *European Journal of Operations Research*, 189(1), 194-207.
13. Schmidt, K., Aumann, I., Hollander, I., Damm, K., von der Schulenburg, J.M.G., 2015. Applying the Analytic Hierarchy Process in Healthcare Research: A Systematic Literature Review and Evaluation of Reporting, *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 15(112), 27.
 14. Dolan, J.G., Isseslhardt, B.J., Cappuccio, J.D., 1989. The Analytic Hierarchy Process in Medical Decision Making: A Tutorial, 9(1), 40-50.
 15. Suner, A., Celikoglu, C.C., Dicle, O., Sokmen, S., 2012. Sequential Decision Tree Using the Analytical Hierarchy Process for Decision Support in Rectal Cancer, *Artificial Intelligence in Medicine*, 56(1), 59-68.
 16. Aktas, A., Cebi, S., Temiz, I., 2015. A New Evaluation Model for Service Quality of Health Care Systems Based on AHP and Information Axiom, *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 28(3), 1009-1021.
 17. Liu, H.C., Wu, J., Li, P., 2013. Assessment of Health-Care Waste Disposal Methods Using a VIKOR-Based Fuzzy Multi-Criteria Decision Making Method, 33(12), 2744-2751.
 18. Chang, T.H., 2014. Fuzzy VIKOR Method: A Case Study of the Hospital Service Evaluation in Taiwan, *Information Sciences*, 271, 196-212.
 19. Afful-Dadzie, E., Nabareseh, S., Oplatkova, Z.K., Klimek, P., 2016. Model for Assessing Quality of Online Health Information: A Fuzzy VIKOR Based Method, *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 23(1-2), 49-62.
 20. Nilashi, M., Ahmadi, H., Ahani, A., Ravangard, R., Bin Inrahim, O., 2016. Determining the Importance of Hospital Information System Adoption Factors Using Fuzzy Analytic Network Process (ANP), *Technological Forecasting & Social Change*, 111, 244-264.
 21. Chou, S.Y., Yu, V.F., Dewabharata, A., Dat, L.Q., 2012. A Fuzzy TOPSIS Approach for Medical Provider Selection and Evaluation, *Proceedings of 2012 International Conference on Fuzzy Theory and Its Applications*, 16-18, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan.
 22. Lu, M.T., Lin, S.W., Tzeng, G.H., 2013. Improving RFID Adoption in Taiwan's Healthcare Industry Based on DEMATEL Technique with a Hybrid MCDM Model, *Decision Support Systems*, 56, 259-269.
 23. Liou, J.J.H., Lu, M.T., Hu, S.K., Cheng, C.H., Chuang, Y.C., 2017. A Hybrid MCDM Model for Improving the Electronic Health Record to Better Serve Client Needs, *Sustainability*, 9(10), 1-13.
 24. Kulak, O., Goren, H.G., Supciller, A.A., 2015. A New Multi Criteria Decision Making Approach for Medical Imaging Systems Considering Risk Factors, *Applied Soft Computing*, 35, 931-941.
 25. Akdag, H., Kalaycı, T., Karagoz, S., Zulfikar, H., Giz, D., 2014. The Evaluation of Hospital Service Quality by Fuzzy MCDM, *Applied Soft Computing*, 23, 239-248.
 26. Vachova, L., Hajdikova, T., 2017. Evaluation of Czech Hospitals Performance Using MCDM Methods, *Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science 2017*, 1-4, San Francisco, USA.
 27. Buyukozkan, G., Ciftci, G., 2012. A Combined Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS Based Strategic Analysis of Electronic Service Quality in Healthcare Industry, *Expert Systems with Applications*, 39(3), 2341-2354.
 28. Evaluating Health-Care Waste Treatment Technologies Using a Hybrid Multi-Criteria Decision Making Model, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 932-942.
 29. Lu, C., You, J.X., Liu, H.C., Li, P., 2016. Health-Care Waste Treatment Technology Selection Using the Interval 2-Tuple Induced TOPSIS Method, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(6), 1-16.
 30. Tanino, T., Tanaka, T., Inuiguchi, M., 2003. *Multi-Objective Programming and Goal Programming Theory and Applications*, First Edition, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
 31. Saaty, T.L., 1994. *How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process*, Interface, 19-43.

32. Vargas, L.G., 1990. An Overview of the Analytic Hierarchy Process and its Applications, *European Journal of Operational Research*, 48(1), 2-8.
33. Hwang, C.L., Yoon, K., 1981. *Multiple Attributes Decision Making Methods and Applications*, Springer, Berlin Heidelberg.
34. Zadeh, L.A., 1965. Fuzzy Sets, *Information and Control*, 8, 338-353.
35. Chen, C.T., 2000. Extensions of the TOPSIS for Group Decision Making Under Fuzzy Environment, *Fuzzy Sets and Systems*, 114, 1-9.
36. Chen, C.T., Lin, C.T., Huang, S.F., 2006. A Fuzzy Approach for Supplier Evaluation and Selection in Supply Chain Management, *International Journal of Production Economics*, 102(2), 289-301.