



Yoğun Bakım Ünitelerinde Mekanik Ventilatör Seçimi: Çok Kriterli Karar Verme Perspektifi

Mechanical Ventilator Selection in Intensive Care Units: A Multi-Criteria Decision-Making Perspective

Alkan Durmuş¹

Abdurrahman İskender²

Öz

Tıbbi ekipmanın hasta sağlığıyla doğrudan bağlantılı olduğu düşünüldüğünde, güvenilir bir tedarikçinin titizlikle seçilmesi büyük önem taşımaktadır. Yoğun bakım üniteleri bağlamında, sağlık teknolojisi değerlendirmesi ve sağlık hizmeti kararları alma süreci çeşitli kriterlere dayanmakta, kanıtlarla desteklenmekte ve ilgili paydaşların farklı bakış açılarından etkilenmektedir. Çok kriterli karar analizi (ÇKKV), bu prosedürü düzenlemek ve bir dizi bakış açısını dikkate almak için umut verici bir çerçeve sağlar. Kentlerdeki artan yoğun bakım ünitesi sayılarıyla birlikte, bu araştırmanın temel amacı, yoğun bakım ünitelerindeki paydaşların sağlık müdahalelerini değerlendirirken bakış açılarını ve tercihlerini araştırmaktır. Bu incelemede, bir vaka çalışması olarak mekanik ventilatörü değerlendirmek için çok kriterli bir yaklaşım kullanılmıştır. 3. Basamak Eğitim ve Araştırma Hastanesi için ventilasyon cihazı tedarik problemi üzerine yapılan araştırmada, bulanık VIKOR ve bulanık EDAS yöntemleri kullanılarak 45 kriterle değerlendirilen 4 alternatif firma arasından en uygun olanı seçilmiştir. Sonuçlara göre, her iki yöntem de alternatif 3'ü en iyi seçenek olarak belirlemiş ve literatüre çok kriterli karar verme tekniklerinin uygulanması konusunda bir katkı sunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Bulanık Mantık, Bulanık VIKOR, Bulanık EDAS, Tedarikçi seçimi, Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri.

ABSTRACT

Given that medical equipment is directly linked to patient well-being, the meticulous choice of a reliable supplier is of paramount importance. Within the context of intensive care units, health technology assessment and the process of making healthcare decisions are grounded in various criteria, substantiated by evidence, and influenced by the diverse viewpoints of involved stakeholders. Multi-criteria decision analysis (MCDA) provides a promising framework for organizing this procedure and considering a range of perspectives. With the increasing number of intensive care units in cities, the main aim of this study is to investigate the perspectives and preferences of stakeholders in intensive care units when evaluating health interventions. This examination utilized a multi-criteria approach to assess a mechanic ventilator as a case study. In the research on the ventilation device procurement problem for the 3rd Level Training and Research Hospital, fuzzy VIKOR and fuzzy EDAS methods were used to select the most suitable one among 4 alternative companies evaluated with 45 criteria. According to the results, both methods identified alternative 3 as the best option and contributed to the literature on the application of multi-criteria decision-making techniques.

Keywords: Fuzzy logic, Fuzzy VIKOR, Fuzzy EDAS, Supplier selection, Multi-Criteria Decision-Making Methods.

¹ Corresponding Author: (Dr.) Alkan Durmuş, Dokuz Eylül Üniversitesi, Uygulama ve Araştırma Hastanesi, alkan.durmus@deu.edu.tr, 0000-0002-5806-9962

² (Doktor Öğretim Üyesi) Abdurrahman İskender, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Yıldızeli Meslek Yüksekokulu, Yönetim ve Organizasyon, Sağlık Kurumları İşletmeciliği Programı, aiskender@cumhuriyet.edu.tr, 0000-0001-8055-7869



GİRİŞ:

Kentlerdeki artan yoğun bakım ünitesi sayıları, sağlık hizmetlerindeki talebin ve ihtiyacın sürekli olarak arttığını ve bu tesislerin kritik öneme sahip olduğunu açıkça göstermektedir. Yoğun bakım üniteleri, hastaların hayatlarını kurtarma ve sağlık hizmetlerinin en zorlu durumlarında destek sağlama kapasitesine sahiptir. Bu artan talep, tıbbi ekipman seçimi ve tedariki gibi temel konuların daha da önem kazanmasına neden olmaktadır. Özellikle mekanik ventilatör gibi kritik cihazların seçimi, yoğun bakım ünitelerindeki başarılı sağlık hizmeti sunumunun ayrılmaz bir parçasıdır. Bu noktada, çok kriterli karar verme perspektifi, yoğun bakım mekanik ventilatör seçimi sürecinde karar vericilere sağlayabileceği değerle önem kazanmaktadır.

Bir hastanenin yoğun bakım ünitesi (YBÜ), kritik durumdaki veya yüksek risk altındaki hastalar için hem invaziv hem de noninvaziv izleme ile kapsamlı ve dikkatli bakım sunan, ileri teknoloji ile donatılmış özel bir bölümdür (Varon & Acosta, 2010). YBÜ hastaları, hastanedeki en ağır hasta bireyleri temsil etmekte olup, sıklıkla bir veya daha fazla organ sisteminde yetmezlik yaşamakta ve çeşitli destek biçimlerine ihtiyaç duymaktadır (Nimmo & Singer, 2011). YBÜ ortamının karmaşık doğası göz önüne alındığında, en yüksek kalitede bakım sağlamak için multidisipliner bir bakım yaklaşımı kullanılır (Alsohime vd., 2022). YBÜ önemli bir hemşirelik işgücü, gelişmiş ve pahalı ekipmanlar, eczacılık hizmetleri, önemli miktarda tek kullanımlık ekipman ve laboratuvar hizmetleri gerektirir (Miranda vd., 1998).

Tıbbi ekipmanlar, sağlık sistemleri içerisinde hayati ve vazgeçilmez bir unsur olarak hastaların teşhis ve tedavisine hizmet etmektedir (Bahreini vd., 2018). Kritik ve perioperatif bakım gören bireylerin tedavilerinde, izleme cihazları olarak adlandırılan hasta monitörleri, ventilatörler, infüzyon pompaları gibi çok çeşitli tıbbi ekipman ve cihaz kullanılır (Imhoff vd., 2009; Alsohime vd., 2021; Hulstaert vd., 1990). Yoğun bakım ünitelerinde ve acil servislerde, ventilatörler de dahil olmak üzere hayat kurtaran ekipmanların sağlanması hasta bakımı için esastır (Suzumura vd., 2020). Hastalar yaşamı tehdit eden bir durumla karşı karşıya kaldıklarında ve oksijen tedavisine direnç gösterdiklerinde, solunum yetmezliği vakalarında hayati destek sağlamak için mekanik ventilasyon makineleri kullanılır (Motta vd., 2021; Torpy vd., 2010). Mekanik ventilasyon, solunum çabasına yardımcı olmak için bir cihazın kullanılmasını içerir ve genellikle düşük oksijen seviyelerinin (örneğin, pnömoni nedeniyle) veya yüksek karbondioksit seviyelerinin (örneğin, kronik obstrüktif akciğer hastalığında) mevcut olduğu durumlarda kullanılır (Walter, 2021). Ventilatörler aracılığıyla uygulanan mekanik ventilasyon, genel anestezi içeren cerrahi prosedürler sırasında, yoğun bakım ünitelerinde yoğun bakım gerektiren bireyler için ve bağımsız solunum yapamayanlar için ayakta tedavi olarak standart bir uygulamadır (Torpy vd., 2010). Kritik durumdaki hastalar için en güvenli ortam, gelişmiş ventilatör desteğine bağlı olarak YBÜ'ne sabit bir şekilde yerleştirilmeleri, infüzyon pompalarının düzenli çalışmasının sağlanması, kapsamlı izleme ve hasta bakımı için özel bir hemşirenin bulunmasıdır (Waydhas, 1999). Yoğun bakım ünitelerinde yaygın olarak kullanılan bir teknoloji olan mekanik ventilasyon, gaz değişimini kolaylaştırmak gibi ikili bir amaca hizmet ederken aynı zamanda hastanın konforunu sağlamaya ve daha fazla akciğer hasarını önlemeye çalışır (Haas & Bauser, 2012).

Hastane YBÜ'lerinde, tıbbi cihazlar önemli bir sermaye yatırımını temsil etmektedir (Shukla & Muthal, 2017). Sağlık teknolojileri arasında en uygun modelin değerlendirilmesi, bu teknolojilerin özellikleri, avantajları, dezavantajları ve harcamaları arasındaki dengelerin kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesini gerektiren karmaşık bir süreçtir (Sloane vd., 2003).

Bu çalışmanın temel amacı, yoğun bakım ünitelerindeki paydaşların, sağlık hizmetlerinde kullanılan mekanik ventilatörler gibi kritik cihazların tedarik sürecindeki bakış açılarını ve tercihlerini incelemektir. Yoğun bakım ünitelerinde, güvenilir ve etkili sağlık teknolojisi tedarikçisinin seçimi büyük bir öneme sahiptir. Bu süreçte, farklı paydaşların tercihlerinin ve önceliklerinin göz önünde bulundurulabilmesi

için Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri kullanılmıştır. Çalışma, 3. Basamak Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nde ihtiyaç duyulan ve tedarik edilmek istenilen mekanik ventilatör cihazları için karar vericilerin belirledikleri kriterleri karşılayacak en uygun cihazın seçimi amacıyla yapılmıştır. Hem cihazın hayati önemi hem de maliyeti verilecek kararı oldukça önemli hale getirmektedir. Karar vericilerin farklı uzmanlık alanlarına sahip olmaları nedeniyle uzmanlık alanları dışında kalan kriterleri değerlendirmeleri belirsizlik içermektedir. Çalışmada, konunun önemine istinaden iki farklı karar verme tekniği kullanılmıştır. Böylece hem karar sürecinde önerilen seçeneğin gücünün artırılması hem de aynı karar konusunda bu iki karar verme tekniğinin sonuçlarının karşılaştırılarak literatüre katkı sağlanması amaçlanmıştır. Bu amaçlar doğrultusunda ÇKKV tekniklerinden Bulanık VIKOR ve Bulanık EDAS yöntemleri tercih edilmiş ve belirlenen kriterlere göre alternatif tedarikçiler değerlendirilmiştir. Diğer yandan ventilasyon cihazı seçiminde göz önünde bulundurulması gereken kriterlerin belirlenmesi açısından da literatüre önemli bir katkı yapılacağı düşünülmektedir. Elde edilen bulgular, doğru tedarikçi seçiminin sağlık hizmetlerinin kalitesine ve hasta güvenliğine doğrudan katkı sağladığını göstermiştir. Çalışma ayrıca sağlık teknolojisi tedarik süreçlerinde çok kriterli karar verme yöntemlerinin değerini ortaya koymaktadır.

1. Literatür Araştırması

Sağlık hizmetlerinde karmaşık sermaye ekipmanı seçimi, hastane yöneticileri ve sağlık teknoloji değerlendirme uzmanları için kritik bir karar sürecini içermektedir. Sloane ve arkadaşları çalışmalarında, genellikle sağlık teknolojisi değerlendirme uzmanlarına bırakılan sağlık hizmetlerinde karmaşık sermaye ekipmanı karar verme sürecine ilişkin literatür eksikliği ifade edilmiş, yenidoğan ventilatörlerinin seçimi için Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) kullanılmış ve AHS'nin hastane satın alma kararlarına etkili bir şekilde yardımcı olurken kriterleri ve öncelikleri açıklama yeteneğini gösteren bu çalışmada da görüldüğü gibi karar destek sistemlerine olan ihtiyacı vurgulanmıştır (Sloane vd., 2003).

Girginer vd. de, bir üniversite hastanesinde tıbbi ekipman satın alma kararlarında yer alan aşamaları incelemiş ve planlanan tıbbi ekipman alımları için öncelikleri belirlemek amacıyla çok kriterli bir karar verme tekniği olan Analitik Hiyerarşi Süreci'ni kullanmışlardır (Girginer vd., 2008).

Shamsan ve Aqlan, Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) ve Monte Carlo simülasyonunu yöntemlerinin yerel hastane karar vericilerine bilgisayarlı tomografi (BT) tarayıcısı gibi yeni bir tıbbi cihazın, hastane ve müşteri gereksinimleri, teknik yönlerin yanı sıra, fiyatlar, onarım hizmetleri, garantiler ve bakım maliyetleri gibi çeşitli faktörleri dikkate alması gereken karmaşık bir karar verme sürecinde yardımcı olabileceğini göstermişlerdir (Shamsan & Aqlan, 2017).

Ivlev vd. çalışmalarında, tıbbi ekipman yönetimindeki uygulamalarını analiz etmek için AHS de dahil olmak üzere üç yöntem odaklanmakta, sonuçta AHS'nin büyük tıbbi ekipman seçimi için tüm kriterlerle uyumlu olduğunu belirlemekte ve bu tür kaynak kısıtlı ortamlarda verimli ekipman tedarikinde karar vermeyi geliştirmek ve belirsizlikleri azaltmak için ÇKKV yöntemlerinin kullanımını önermektedirler (Ivlev vd., 2014).

Wahlster vd., bir pulmoner kalp sensörünü değerlendirmek için kapsamlı ÇKKV çerçevesi sunmuş olup paydaş geri bildirim yoluyla bu yaklaşımın pulmoner kalp sensörleriyle ilgili seçim sorunlarını etkili bir şekilde ele aldığı belirtmişlerdir (Wahlster vd., 2015).

Ottardi vd., lomber artrodezde tek kullanımlık ve yeniden kullanılabilir pedikül vidası alet kitlerinin performansını değerlendirmek için çok kriterli karar analizi kullanan bir yaklaşım sunmuşlardır. Çalışmada benzer maliyetlerine rağmen organizasyonel etkiler ve hasta güvenliği açısından aralarında önemli bir fark olduğu ortaya konulmuştur (Ottardi vd., 2017).

Keleş vd. de, uzmanlar tarafından tanımlanmış ve ağırlıklandırılmış kriterleri, kriter ağırlığının belirlenmesi için SWARA yöntemini ve en uygun tam kan sayımı makinesini belirlemek için WPM, TODIM ve AHS yöntemlerini kullanarak alternatif cihazların değerlendirilmesini incelemiştir (Keleş vd., 2019).

Abdel-Basset vd., çalışmalarında, NFS, Neutrosophic Fuzzy (NF)-TOPSIS, NF-AHP, NF-MOORA: TOPSIS yönteminin nütrosifik unsurları içerecek şekilde genişletilmesi, en uygun akıllı tıbbi cihazın seçilmesi amacıyla tanıtılmış ve nütrosifik TOPSIS modeli aracılığıyla elde edilen sonuçların analizi, sıralama sonuçlarındaki güvenilirliğini ve tutarlılığını göstermiştir (Abdel-Basset vd., 2019).

Antmen ve Miç, Adana'daki bir ilçe hastanesinde bulunan bir pediatrik yoğun bakım ünitesinde ventilatör seçimi için AHS ve bulanık TOPSIS gibi çok kriterli karar verme tekniklerini kullanmış ve bu yöntemlerle elde edilen sonuçları karşılaştırmışlardır (Antmen & Miç, 2018).

Büyüközkan ve Göçer, sekiz potansiyel alternatiften oluşan bir havuzdan en uygun akıllı tıbbi cihazın seçimi için IF-Choquet aralık yöntemini kullanmışlar ve bu yaklaşımın kriter ağırlıklarındaki değişimlere karşı nispeten düşük hassasiyet gösterdiği belirtmişlerdir. Ayrıca bu yöntemin sıralamadaki performansı diğer IF-MCDM teknikleriyle de karşılaştırılmıştır (Büyüközkan & Göçer, 2019).

Tolga vd. tarafından, aralık değerli tip-2 Gauss bulanık kümeleri ile birlikte genişletilmiş bir TODIM yaklaşımı, tıbbi görüntüleme cihazı seçme problemi için kullanılmış ve sonuçta Echo-Ultrason'un altı alternatif arasında en üst sırada yer aldığı ve bunu MRG'nin izlediği belirlenmiştir. Yöntem esneklik ve güvenilirlik sergilemiştir ve en uygun tıbbi görüntüleme ekipmanını seçerken klinisyenlere, biyomedikal mühendislerine ve yatırımcılara değerli rehberlik sağlayabileceği gösterilmiştir (Tolga vd., 2020).

Özçelik ve Nalkıran, trapezoidal bipolar bulanık kümelerle birlikte yeni bir EDAS yaklaşımını, karar vericilerin çift taraflı yargılarından kaynaklanan dilsel belirsizliği dikkate alarak görüntü tabanlı testler için tıbbi bir cihazın seçiminde tanıtmış; altı alternatif arasından iCyte Otomatik Görüntüleme Sitometresi en uygun seçim olarak ortaya çıkmıştır. Yöntemin, TOPSIS ve VIKOR'a kıyasla trapezoidal bipolar bulanık bağlamda daha fazla geçerlilik, sağlamlık ve verimlilik sergilediği belirtilmiştir (Özçelik & Nalkıran, 2021).

Shbool vd. çalışmalarında, optimum Ultrason cihazını seçmek için AHP ve ELECTRE yöntemlerini birleştiren çok kriterli bir karar verme çerçevesi tanıtılmışlardır. Çalışmada belirlenen on kriterin göreceli ağırlıklarını belirlemek için AHP kullanılmış ve hesaplanan uyum ve uyumsuzluk endekslerine dayalı olarak en uygun cihazı belirlemek için ELECTRE yöntemi kullanılmıştır (Shbool vd., 2021).

Alyazji vd. ise en uygun elektronik kan basıncı ölçüm cihazının seçimi için bulanık TOPSIS yöntemini kullanmış, on kriter ve altı alternatifi kapsayan değerlendirme sonucunda Philips-SureSigns VS1 elektronik kan basıncı ölçüm cihazı en iyi seçim olarak belirlenmiş, bunu Datascope corp Accutorr Plus takip etmiştir (Alyazji vd., 2022).

Kundu vd., çok kriterli grup karar verme bağlamında, manyetik rezonans görüntüleme cihazı seçiminde bulanık PSI ve bulanık MARCOS yöntemlerinin entegrasyonunu kullanmışlardır. Çalışmada, Ingenia Ambition cihazı 16 alternatiften oluşan bir havuzda en iyi alternatif olarak belirlenmiştir. Bulanık bir ortamda diğer çok kriterli karar verme araçlarıyla karşılaştırıldığında yöntemin esnekliğini ve güvenilirliğini doğrulayan bir duyarlılık analizi yapılmıştır (Kundu vd., 2022).

Deniz ve Orhan ise, diş hekimleri tarafından kullanılan NiTi aletler için kesin seçim kriterlerinin belirlenmesine yönelik bir süreç ortaya koymuş ve ardından Borda yöntemi ile kriter ağırlıklarını belirlemişler, WSM tekniğini kullanarak alternatifleri sıralamışlar ve bu aletlerin objektif bir

değerlendirmesini yapmışlardır. Simülasyon çalışmaları, kullanılan metodolojinin güvenilirliğini ve geçerliliğini göstermiştir (Deniz & Orhan, 2022).

Delice vd., çalışmaları, yumuşak doku kesimi için en uygun geleneksel olmayan işleme tekniğini belirlemek için BWM ve EDAS yöntemlerinin ortak kullanımını içermektedir. Çalışmada su jeti ile işleme en uygun yaklaşım olarak belirlenmiş olup, diğer yöntemler olan lazer ışını ile işleme ve elektrokoter ikincil ve üçüncül yaklaşım olarak sıralanmıştır (Delice vd. 2022).

Stević vd. de, MARCOS'u, özel bir sağlık kuruluşunda sürdürülebilir tedarikçilerin seçilmesi amacıyla kullanılmış ve MARCOS'un güvenilirliğini teyit etmek ve sekiz alternatiften oluşan bir havuzdan en iyi tedarikçiyi belirlemek amacıyla kapsamlı bir duyarlılık analizi yapmışlardır. Elde edilen sonuçlar diğer altı çok kriterli karar verme tekniğiyle elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır (Stević vd., 2020).

Yazdani vd. tarafından, DEMATEL, BWM ve modifiye edilmiş bir EDAS yaklaşımı bir İspanyol hastanesindeki sağlık hizmeti tedarikçilerini değerlendirmek ve sıralamak için, fiyat ve kalitenin birincil kriterler olarak önemine vurgu yapılarak tanıtılmıştır. Çalışmada kullanılan entegre metodoloji, altı alternatif arasından en iyi tedarikçiyi başarıyla belirlemiş ve diğer sıralama tekniklerine kıyasla üstünlüğünü göstermiştir (Yazdani vd.,2020).

Biswas tarafından yapılan bir başka çalışmada, kriter ağırlıkları PIPRECIA yöntemiyle belirlenmiş ve toplam 20 tedarikçi MABAC, CoCoSo ve MARCOS tekniklerini kullanarak değerlendirilip sıralanarak bu çok kriterli karar verme yöntemlerinin ürettiği tutarlı sonuçlar ortaya konmuş ve tanınmış ilaç şirketlerinin yetersiz performansı vurgulanmıştır (Biswas, 2020).

Sumrit ise çalışmasında, satıcı tarafından yönetilen envanter tedarikçilerinin değerlendirilmesinde kriter seçimini kolaylaştırmak için bulanık Delphi yöntemi kullanmıştır. Çalışmada, kriter ağırlıklarının hesaplanması için SWARA kullanılmış ve tedarikçi sıralaması için bulanık COPRAS uygulanmış ve sonuçta üç tedarikçi, satıcı tarafından yönetilen envanter bağlamındaki performanslarına göre sıralanmıştır. Duyarlılık analizi, önerilen bu yaklaşımın sağlamlığını göstermiştir (Sumrit, 2020). Sumrit'in bir diğer çalışmasında da Bulanık Delphi ve gri-DEMATEL yöntemlerinin kullanılması, sağlık sektöründe tedarikçi tarafından yönetilen envanterin başarılı bir şekilde uygulanması için önemli olan kilit başarı faktörlerinin belirlenmesini kolaylaştırmış ve bilgi paylaşımı, güven, yönetim taahhüdü ve hedef uyumu başarının temel belirleyicileri olarak ortaya çıkmıştır (Sumrit, 2021).

Moosivand vd. çalışmalarında, ilk olarak, değerlendirilen kriterlere ağırlık atamak için AHP kullanılmış, ardından İran'daki ilaç kıtlığını azaltmayı amaçlayan beş yönetim stratejisine öncelik vermek için TOPSIS uygulanmış ve tedarik zinciri ve bilgi sistemleriyle ilişkili stratejilerin en etkili stratejiler olduğu ortaya çıkmıştır. (Moosivand vd., 2021).

Farghaly vd. ise, çalışmalarında, Birleşik Arap Emirlikleri'nde jenerik ilaçların değer bazlı tedarikini geliştirmek için, değerlendirilen dokuz kriter arasında en yüksek önceliğe sahip olan gerçek dünyadaki klinik sonuçlara odaklanarak, patent dışı ilaçların tedarikinde şeffaflığı ve tutarlılığı artırmayı amaçlayan bir ÇKK çerçevesi oluşturmuşlardır (Farghaly vd., 2021).

Leong vd., tarafından, GRA, BWM ve TOPSIS'i birleştiren entegre bir yöntem, 10 tedarikçiyi yedi kritere göre sıralamak için kullanılmış ve sonuçta esnek bir tedarikçi seçim çerçevesi oluşturulmuştur. Çalışmaya gri teorinin dahil edilmesi, belirsiz ve eksik verileri ele alırken tedarikçi seçim süreçlerinin güvenilirliğini artırmanın bir yolu olarak önerilmiştir (Leong vd., 2022).

Literatürde incelenen çok kriterli karar verme yöntemlerinin çeşitliliği, sağlık sektöründe tıbbi ekipman seçimi konusundaki karmaşıklığın anlaşılmasına önemli bir katkı sağlamaktadır. Çeşitli karar verme yöntemleri, tedarikçi seçiminden hasta bakım cihazlarının seçimine kadar geniş bir yelpazede

uygulanmaktadır. Araştırmaların ortak noktası, sağlık kuruluşlarının çok kriterli karar analizi ile donatılarak, bilimsel ve objektif temellere dayalı olarak tıbbi ekipman seçiminde daha bilinçli ve etkili kararlar alabileceğidir. Bu çalışmaların, sağlık hizmetlerinin kalitesini artırmak ve kaynakların verimli kullanımını sağlamak adına sağlık profesyonellerine ve yöneticilere rehberlik etmede önemli potansiyele sahip oldukları değerlendirilmektedir.

2. Gereç ve Yöntem

Sağlık hizmeti yöneticileri için tıbbi cihaz alımları sıkça karşılaşılan çok kriterli karar verme problemleridir. Belirli bir tıbbi cihazın seçilmesi veya tercih edilmesi gerektiğinde karar vericiler genellikle geçmiş deneyimlerine ve sektörel bilgi birikimlerine dayanarak karar vermeye çalışırlar. İşte bu noktada, benzer bağlamlarda edinilen deneyimler ve sahip olunan bilgi, doğru kararların verilmesinde kritik rol oynar. Bu nedenle, tıbbi cihaz alımlarıyla ilgili karar süreçleri, detaylı bir analiz ve bilgi birikimi gerektirir.

İncelemenin metodolojik yönüyle ilgili olarak, pratik senaryolarda karar verme, birden fazla seçenek arasından en uygun adayın seçilmesini içerir. Literatürde birçok Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemi bulunmaktadır, bunlar arasında PROMETHEE (Brans & B., 1986), AHP (Saaty, 1980), ELECTRE (Roy & Hugonnard, 1982), multi-MOORA (Brauers & Zavadskas, 2010), TOPSIS (Papathanasiou & Ploskas, 2018), VIKOR (Shan, 2011) vb. bulunmaktadır. ÇKKV yöntemleri, 1970'lerin başından bu yana, özellikle birden fazla hedef veya kriter içeren çok yönlü sorunlarla karşılaşıldığında, araştırmacılar tarafından kapsamlı bir şekilde geliştirilmiş ve benimsenmiştir (Büyüközkan & Göçer, 2019; Huang, vd. 2011; Behzadian vd., 2012 ; Yürüyen ve Ulutaş, 2020 ; Bayrakdaroğlu ve Kundakçı, 2019)

Karar verme, birden fazla eylem yolu arasından seçim yapmayı içerir, ancak gözden kaçan üstün seçimler veya yetersiz bilgi karar verme sürecini etkilemiş olabileceğinden, kesin bir 'doğru' kararın her zaman var olmayabileceğini akılda tutmak çok önemlidir (Majumder, 2015). Çok kriterli karar verme problemlerinin ele alınmasında, kriterlere ağırlıkların atanması, özellikle akademik bağlamlarla ilgili olan öznel yöntemleri de kapsayan çeşitli yaklaşımlarla gerçekleştirilebilir (Ren, vd.2020). ÇKKV yöntemleri, olası alternatiflerin birbiriyle çelişen birden fazla kriter üzerinden değerlendirildiği senaryolarda karar almaya yardımcı olan matematiksel modellerdir (Ceballos, vd.,2016).

İşletmeler için tedarikçi seçimi kritik öneme sahiptir. Tedarik edilecek ürünün işletme için önemi, ürünün maliyeti, kullanım ömrü, tedarik sonrası bakım onarım ve teknik destek, garanti süresi ve şartları vb. gibi unsurların yanında ihtiyacı karşılayabilecek ürün sayısının fazlalığı ve sahip oldukları özelliklerdeki farklılıklar ile tedarik edilebilecek firma sayısının fazla olması tedarikçi seçim kararını zorlaştıran unsurlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Seçim kararını etkileyecek çok sayıda kriterin ve alternatifin olması durumunda ÇKKV yöntemleri karar vericilere yol gösterici yöntemler olarak karşımıza çıkmaktadır. Tedarik edilecek ürün ve tedarikçi ile ilgili özellikler kişilere göre farklılık gösterebileceğinden tüm karar vericileri tatmin edebilecek bir yöntem, karar verme sürecini daha rasyonel ve kolay hale getirebilir. Diğer taraftan gerek ürün gerekse tedarikçi firma için sayısal olarak ifade edilemeyen ancak karar vericinin nitelemesi ile belirlenebilen özellikler mevcut olabilmektedir. Böyle durumlarda karar vericilerin değerlendirmelerini sayısal hale getirmek için bulanık mantık kavramı devreye girmektedir.

Özünde bulanık mantık, iki kayda değer insan yeteneğini resmileştirme ve otomatikleştirme çabası olarak görülebilir: Kesinliğin olmaması, belirsizlik, eksik bilgi, çelişkili veriler, kısmi doğrular ve kısmi olasılıklar ile karakterize edilen bir bağlamda- esasen kusurlu bir bilgi alanında-tartışmalara girme, müzakere etme ve mantıklı sonuçlara varma yeteneğidir (Zadeh, 2008). Temel olarak bulanık mantık, kesin olmayan verileri ele alan ve yaklaşık muhakeme yürüten titiz bir sistemi temsil eder (Zadeh., 1975; Novák, 2006).

Çalışmada, ventilatör cihazının yoğun bakım üniteleri bağlamında, önceden belirlenmiş kriterler dikkate alınarak değerlendirilmesi için teorik bir çerçeve geliştirmeyi amaçlamaktadır. Çalışmanın ilerleyen bölümlerinde bulanık mantık ile bulanık sayılar hakkında bilgi verilmiş olup devamında çalışmada yararlanılan ÇKKV yöntemlerinden ikisi olan bulanık VIKOR ve bulanık EDAS'ın teorik yapısı anlatılmıştır.

Bulanık Mantık: "Bulanık" terimi, faaliyet veya gözlem kümesinin sınırlarının iyi tanımlanmamış olması durumuyla ilgilidir. Bulanık küme teorisi, bilginin belirsiz olduğu problemlerin çözümü amacıyla Azerbaycanlı bilim insanı Lotfi A. Zadeh (1965) tarafından geliştirilmiştir. Klasik küme teorisinde bir eleman bir kümenin ya elemanıdır veya değildir. Şayet eleman kümeye ait ise bu elemanın üyelik derecesi 1, kümeye ait değilse elemanın üyelik derecesi 0 ile ifade edilir. Bulanık küme teorisinde ise, bir elemanın kümeye aitliği $[0,1]$ aralığında değer alan bir üyelik fonksiyonu aracılığı ile tanımlanır. Buna göre A bir evrensel küme olmak üzere bulanık bir \tilde{A} bulanık kümesi;

$$\mu_{\tilde{A}}(x): A \longrightarrow [0,1]$$

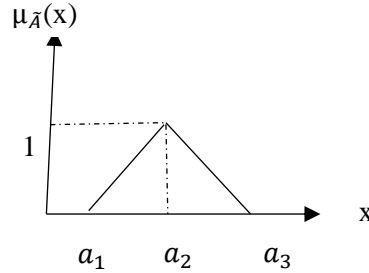
Üyelik fonksiyonu vasıtasıyla,

$$\tilde{A} = \{(x, \mu_{\tilde{A}}(x)): x \in A\}$$

şeklinde tanımlanır. Bulanık kümelerdeki işlemler bulanık sayılar vasıtasıyla yapılır. Literatürde bulanık sayılar ile ilgili uygulamalarda en fazla üçgensel (triangular) ve yamuksal (trapezoidal) bulanık sayılar kullanılmaktadır (Yürüyen, A.A. ve Ulutaş, A., 2020). Çalışmada üçgensel bulanık sayılar kullanılacağından bu kısımda sadece üçgensel bulanık sayılara değinilmiştir.

Bulanık Sayılar: Bulanık sayı, üyelik fonksiyonu hem dışbükey hem de normal olan A evrenindeki özel bir bulanık kümedir (Liu vd. 2015). Bulanık mantıkta dilsel değerlendirmeleri ifade etmek için üçgensel ve yamuksal bulanık sayılar gibi sayılar kullanılır. Çalışmada kullanım kolaylığı sağladığı için üçgensel bulanık sayı kullanılmış olup üçgensel bulanık sayı aşağıda açıklanmıştır.

$\mu_{\tilde{A}}(x)$ üyelik fonksiyonuna sahip bir \tilde{a} üçgen bulanık sayı $\tilde{a} = (a_1, a_2, a_3)$ ile gösterilir ve Şekil.1'den görülebileceği üzere,



Şekil 1. Üçgen Bulanık Sayı

$$\mu_{\tilde{a}}(x) \begin{cases} \frac{x - a_1}{a_2 - a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2 \\ \frac{a_3 - x}{a_3 - a_2}, & a_2 \leq x \leq a_3 \\ 0, & x < a_1, x > a_3 \end{cases}$$

şeklinde tanımlanır.

Üçgensel Bulanık Sayılar Arasındaki Aritmetik İşlemler: İki üçgen bulanık sayı $\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3)$ ve $\tilde{B} = (b_1, b_2, b_3)$ olmak üzere üçgen bulanık sayılar arasındaki aritmetik işlemler aşağıdaki şekilde yapılır (Karakaşoğlu, 2008).

- Toplama işlemi;
 $\tilde{A} \oplus \tilde{B} = (a_1+b_1, a_2+b_2, a_3+b_3)$
- Çıkarma işlemi;

$$\tilde{A} \ominus \tilde{B} = (a_1-b_3, a_2-b_2, a_3-b_1)$$

- Çarpma işlemi;

$$\tilde{A} \otimes \tilde{B} = (a_1.b_1, a_2.b_2, a_3.b_3)$$

- Sabit bir k sayısı ile çarpma;

$$\tilde{A} \otimes k = \begin{cases} (a_1.k, a_2.k, a_3.k) & \text{eğer } k \geq 0 \\ (a_3.k, a_2.k, a_1.k) & \text{eğer } k < 0 \end{cases}$$

- Bölme işlemi;

$$\tilde{A} \oslash \tilde{B} = (a_1/b_3, a_2/b_2, a_3/b_1)$$

- Sabit bir k sayısına bölme;

$$\tilde{A} \oslash k = \begin{cases} (a_1/k, a_2/k, a_3/k) & \text{eğer } k > 0 \\ (a_3/k, a_2/k, a_1/k) & \text{eğer } k < 0 \end{cases}$$

Dilsel Değişkenler; Dilsel değişken kavramı, geleneksel niceliksel ifadelerle makul bir şekilde tanımlanamayacak kadar karmaşık veya çok kötü tanımlanmış durumlarla baş etmede çok faydalıdır (Zadeh,1975). Dilsel değişkenler, değerleri doğal veya yapay bir dildeki kelimeler veya cümleler olan bir değişkendir (Liu vd.,2015). Bu dilsel değerler bulanık sayılarla da ifade edilebilir. Çalışmada, kriterlerin bulanık göreceli ağırlıkları ve her bir alternatifin seçim kriterlerine göre karar vericiler tarafından bulanık derecelendirmeleri dilsel değişkenler olarak ele alınmıştır. Bu dilsel değişkenlerin karşılığı olan üçgen bulanık sayılar kullanılmıştır. Kriter ağırlıkları ve karar vericilerin alternatifleri değerlendirmede kullandıkları dilsel ifadeler ve bu dilsel ifadelerle karşılık gelen üçgen bulanık sayılar Tablo 1 ve Tablo 2 de gösterilmiştir.

Tablo 1. Kriter Ağırlıkları Önem Düzeyi ve Bulanık Sayı Karşılıkları

Önem Düzeyi	Bulanık Üçgen Sayı Karşılığı
Çok Düşük (ÇD)	(0,0,0.1)
Düşük (D)	(0,0.1,0.3)
Düşük- Orta Arası (DO)	(0.1,0.3,0.5)
Orta (O)	(0.3,0.5,0.7)
Orta-Yüksek Arası (OY)	(0.5,0.7,0.9)
Yüksek (Y)	(0.7,0.9,1)
Çok Yüksek (ÇY)	(0.9,1,1)

Tablo 2. Alternatifler İçin Sözel İfadeler ve Bulanık Sayı Değerleri

Sözel İfade	Bulanık Üçgen Sayı Karşılığı
Çok Kötü (ÇK)	(0,0,1)
Kötü (K)	(0,1,3)
Kötü- Orta Arası (KO)	(1,3,5)
Orta (O)	(3,5,7)
Orta-İyi Arası (Oİ)	(5,7,9)
İyi (İ)	(7,9,10)
Çok İyi (Çİ)	(9,10,10)

2.1. Bulanık VIKOR Yöntemi

VIKOR yöntemi (Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje) S.Opricovic tarafından önerilmiştir (Opricovic,1998) ve birbiriyle çelişen kriterlerin yer aldığı çok kriterli karar verme problemlerini çözerken uzlaşık çözümlerin bulunmasında etkili bir araç olarak kabul edilmektedir. Birçok ÇKKVT olduğu gibi, VIKOR yöntemi de bulanık ortam altında özneliği ve kesin olmayan verileri barındıracak şekilde genişletilmiştir (Opricovic,2011).

$A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ alternatifler, $C = \{C_1, C_2, \dots, C_m\}$ kriterler ve $D = \{D_1, D_2, \dots, D_k\}$ karar vericiler kümesini göstermek üzere Bulanık VIKOR adımları aşağıdaki gibidir (Afful-Dadzie vd.,2014).

Adım 1. \tilde{w}_j^p ; p. karar verici tarafından belirlenen j. kriter ağırlığını göstermek üzere, j. kriter ağırlığı (\tilde{w}_j),

$$\tilde{w}_j = \frac{1}{k} \sum_{p=1}^k \tilde{w}_j^p \quad (1)$$

formülü ile hesaplanarak ölçütlerin ağırlık matrisi olan, $W = [\tilde{w}_j]_{1 \times m}$ matrisi elde edilir.

Adım 2. Her alternatifin her bir kritere göre her bir karar verici tarafından puanlanan performans değerleri birleştirilerek bulanık karar matrisi oluşturulur. Bu işlem için, i. alternatifin j. kriter açısından performans değeri \tilde{f}_{ij} olmak üzere;

$$\tilde{f}_{ij} = \frac{1}{k} \sum_{p=1}^k \tilde{f}_{ij}^p \quad (2)$$

ile bulunarak $D = [\tilde{f}_{ij}]_{m \times n}$ bulanık karar matrisi oluşturulur.

Adım 3. Her bir değerlendirme kriteri için en iyi (\tilde{f}_j^*) ve en kötü (\tilde{f}_j^-) değerleri aşağıdaki gibi bulunur.

$$\begin{aligned} i. \text{ kriter fayda kriteri ise } \tilde{f}_j^* &= \max_j \tilde{f}_{ij}, \\ i. \text{ kriter maliyet kriteri ise } \tilde{f}_j^- &= \min_j \tilde{f}_{ij}, \end{aligned} \quad (3)$$

Adım 4. Tüm alternatifler için ideal çözüme olan bulanık uzaklık (\tilde{S}_i) değerleri,

$$\tilde{S}_i = \sum_{j=1}^m \left[\frac{\tilde{w}_j (\tilde{f}_j^* - \tilde{f}_{ij})}{\tilde{f}_j^* - \tilde{f}_j^-} \right] \quad (4)$$

formülü ile bulunur.

Adım 5. Her bir alternatifin bulanık en iyi değere olan maksimum mesafesi (\tilde{R}_i),

$$\tilde{R}_i = \max_j \left[\frac{\tilde{w}_j (\tilde{f}_j^* - \tilde{f}_{ij})}{\tilde{f}_j^* - \tilde{f}_j^-} \right] \quad (5)$$

bulunur.

Adım 6.

$$\begin{aligned} S^* &= \min_i \tilde{S}_i \\ S^- &= \max_i \tilde{S}_i \\ R^* &= \min_i \tilde{R}_i \\ R^- &= \max_i \tilde{R}_i \end{aligned}$$

olmak üzere, her bir alternatif için,

$$\tilde{Q}_i = \frac{v(\tilde{S}_i - S^*)}{S^- - S^*} + (1 - v) \frac{\tilde{R}_i - R^*}{R^- - R^*} \quad (6)$$

değerleri hesaplanır. Burada v; maksimum grup faydasını gösteren strateji önem katsayısı olup, çoğunluk kararı için $v > 0,5$, konsensüs için $v = 0,5$, veto için $v < 0,5$ olarak belirlenir (Tzeng vd.2005).

Adım 7. \tilde{S}_i , \tilde{R}_i ve \tilde{Q}_i değerleri küçükten büyüğe doğru sıralanır.

Adım 8. \tilde{Q} değerleri küçükten büyüğe doğru sıralandığında en küçük \tilde{Q} değerine sahip olan kriter aşağıdaki C1 ve C2 koşullarını sağlaması halinde en iyi alternatif olarak önerilir.

C1: Kabul edilebilir Avantaj: \tilde{Q} değerleri küçükten büyüğe doğru sıralandığında en küçük \tilde{Q} değerine sahip alternatif A_1 ve en küçük ikinci \tilde{Q} değerine sahip alternatif A_2 olmak üzere

$\tilde{Q}(A_2) - \tilde{Q}(A_1) \geq DQ$ olmalıdır. Burada n alternatif sayısı olmak üzere DQ eşik değeri,

$$DQ = \frac{1}{n-1} \quad (7)$$

formülüyle hesaplanır.

C2: Karar Vermede Kabul edilebilir İstikrar: Alternatif A_1 , \tilde{S} ve/veya \tilde{R} değerlerine göre küçükten büyüğe doğru sıralama yapıldığında en küçük değere sahip alternatif olmalıdır.

2.2. Bulanık EDAS Yöntemi

Bulanık EDAS (Evaluation Based on Distance From Average Solution) yöntemi bulanık karar matrisleri vasıtasıyla birbiriyle çelişen kriterler altında alternatifleri değerlendirmede kullanılan ÇKKV tekniklerinden biridir.

$A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ alternatifler, $C = \{C_1, C_2, \dots, C_m\}$ kriterler ve $D = \{D_1, D_2, \dots, D_k\}$ karar vericiler kümesini göstermek üzere Bulanık EDAS adımları aşağıdaki gibidir (Ghorabae vd., 2016; Bayrakdaroğlu ve Kundakçı, 2019).

Adım 1. \tilde{x}_{ij}^p p. karar verici tarafından ($1 \leq p \leq k$), j.kritere göre ($1 \leq j \leq m$) i. alternatifte ($1 \leq i \leq n$) atanan performans değeri olmak üzere

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{k} \sum_{p=1}^k \tilde{x}_{ij}^p \quad (8)$$

ile hesaplanarak, $X = [\tilde{x}_{ij}]_{n \times m}$ birleştirilmiş bulanık karar matrisi oluşturulur.

Adım 2. \tilde{w}_j^p ; p. karar verici tarafından belirlenen j. kriter ağırlığını göstermek üzere, j. kriter ağırlığı (\tilde{w}_j),

$$\tilde{w}_j = \frac{1}{k} \sum_{p=1}^k \tilde{w}_j^p \quad (9)$$

formülü ile hesaplanarak ölçütlerin ağırlık matrisi olan, $W = [\tilde{w}_j]_{1 \times m}$ elde edilir.

Adım 3. $\tilde{a}v_j$, j. kriter için ortalama çözüm değerini göstermek üzere;

$$\tilde{a}v_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \tilde{x}_{ij} \quad (10)$$

ile hesaplanarak, $AV = [\tilde{a}v_j]_{1 \times m}$ ortalama çözüm matrisi elde edilir.

Adım 4. Ortalamadan pozitif uzaklık (PDA) ve ortalamadan negatif uzaklık matrisleri aşağıdaki gibi bulunur.

$$i. \quad p\tilde{d}a_{ij} = \begin{cases} \frac{\tilde{x}_{ij} - \tilde{a}v_j}{\tilde{a}v_j}, & j \text{ fayda yönlü kriter} \\ \frac{\tilde{a}v_j - \tilde{x}_{ij}}{\tilde{a}v_j}, & j \text{ maliyet yönlü kriter} \end{cases} \quad \text{ise} \quad (11)$$

değerleri bulunarak $PDA = [p\tilde{d}a_{ij}]_{n \times m}$,

$$ii. \quad n\tilde{d}a_{ij} = \begin{cases} \frac{\tilde{a}v_j - \tilde{x}_{ij}}{\tilde{a}v_j}, & j \text{ fayda yönlü kriter} \\ \frac{\tilde{x}_{ij} - \tilde{a}v_j}{\tilde{a}v_j}, & j \text{ maliyet yönlü kriter} \end{cases} \quad \text{ise} \quad (12)$$

değerleri hesaplanarak $NDA = [n\tilde{d}a_{ij}]_{n \times m}$ matrisleri oluşturulur.

Adım 5. Tüm alternatifler için pozitif ($\tilde{s}p_i$) ve negatif ($\tilde{s}n_i$) mesafelerin ağırlıklı toplamı aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\tilde{s}p_i = \sum_{j=1}^m [(\tilde{w}_j) x (p\tilde{d}a_{ij})] \quad (13)$$

$$\widetilde{sn}_i = \sum_{j=1}^m [(\widetilde{w}_j)x(n\widetilde{da}_{ij})] \quad (14)$$

Adım 6. Tüm alternatifler için \widetilde{sp}_i ve \widetilde{sn}_i değerlerinin normalize edilmiş değerleri aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\widetilde{ns}_p_i = \frac{\widetilde{sp}_i}{\text{Max}_i(\widetilde{sp}_i)} \quad (15)$$

$$\widetilde{ns}_n_i = 1 - \frac{\widetilde{sn}_i}{\text{Max}_i(\widetilde{sn}_i)} \quad (16)$$

Adım 7. Tüm alternatifler için değerlendirme puanları (\widetilde{as}_i) hesaplanır.

$$\widetilde{as}_i = \frac{1}{2} (\widetilde{ns}_p_i + \widetilde{ns}_n_i) \quad (17)$$

En büyük \widetilde{as}_i değerine sahip olan alternatif en iyi alternatif olarak önerilir.

3. Araştırmanın Amacı ve Türü

Bu çalışmanın amacı, yoğun bakım ünitelerinde mekanik ventilatör seçim sürecinde çok kriterli karar verme yöntemlerini kullanarak bir vaka çalışması gerçekleştirmektir. Bu bağlamda, bir 3. Basamak Eğitim ve Araştırma Hastanesi yoğun bakım ünitesinde ihtiyaç duyulan mekanik ventilatör cihazı tedariki için bulanık EDAS ve bulanık VIKOR yöntemleri kullanılarak en uygun tedarikçi firma seçimi yapılmıştır. Bu vaka çalışması, yoğun bakım ünitelerindeki mekanik ventilatör seçimi sürecinde karar vericilere yönelik kapsamlı bir değerlendirme sunmayı amaçlamaktadır. Çeşitli kriterlerin ve belirsizliklerin göz önünde bulundurulmasıyla, bu çok kriterli karar verme yöntemleri, hastane yöneticilerine ve sağlık profesyonellerine, en etkili ve uygun ventilatör seçimi konusunda objektif bir rehberlik sunmayı hedeflemiştir.

Araştırmanın türü, bir vaka çalışması olarak belirlenmiştir. Yoğun bakım ünitelerindeki mekanik ventilatör seçimi konusundaki karar süreci, gerçek bir uygulama örneği üzerinden detaylı bir şekilde incelenmiş ve bu süreçte kullanılan bulanık çok kriterli karar verme yöntemleri değerlendirilmiştir. Bu çalışma, belirli bir konuda karmaşık karar süreçlerini anlama ve çözme yöntemlerini açıklamak ve analiz etmek amacıyla gerçekleştirilen bir vaka çalışması olarak nitelendirilmiştir.

3.1. Araştırmanın Evren ve Örneklemi

Bu çalışmanın evrenini, mekanik ventilatör kullanan tüm yoğun bakım üniteleri (YBÜ) oluşturmaktadır. Yoğun bakım üniteleri, hastanelerde ciddi sağlık durumlarına sahip hastaların takip edildiği ve tedavi edildiği kritik birimlerdir. Mekanik ventilatör kullanımı, solunum destek cihazları aracılığıyla hastalara sunulan önemli bir tedavi yöntemidir.

Çalışma, 1005 yataklı bir üniversite eğitim araştırma hastanesinin YBÜ'sinde yapılmıştır. Çalışmanın yapıldığı hastane nedeniyle yoğun bakım ünitelerinin çeşitliliğini ve farklı özelliklerini içerecek kapasiteye sahiptir.

Çalışmanın yapıldığı hastane, çalışmanın genel amaçlarına hizmet edebilecek bir temsil yeteneğine sahip olup, elde edilen bulguların benzer özelliklere sahip diğer üçüncü basamak hastanelerine genelleme yapılabilmesi için uygundur. Böylece, araştırmanın sonuçları, mekanik ventilatör seçimi konusundaki çok kriterli karar verme yöntemlerinin uygulanabilirliği ve etkililiği hakkında genel bilgiler sunabilir.

3.2. Araştırmanın Evren ve Örneklemi

İlgili hastanenin yoğun bakım ünitesi için tedarik edilecek mekanik ventilatör cihazının seçimi için, hastanesinin yoğun bakım ünitesinde görevli 2 sorumlu hekim, klinik mühendislik biriminde çalışan 2

biyomedikal mühendis ve satın alma sorumlusu olmak üzere 5 kişilik alanında uzman karar verici komisyonu oluşturulmuştur. Karar vericiler tedarik sürecinde göz önünde bulundurulacak kriterleri belirlemişlerdir. Kriterler 7 ana başlık altında toplam 45 kriterden oluşmaktadır. Yine aynı karar verici komisyon tarafından tedarikin yapılacağı alternatif firmalar belirlenip bu firmalar arasından ön eleme yapılarak 4 alternatif firma belirlenmiştir. Kriter ağırlıkları ile bulanık VIKOR ve bulanık EDAS yöntemlerinin uygulanabilmesi için gerekli olan karşılaştırma matrisleri oluşturularak karar vericiler tarafından değerlendirilmeleri sağlanmıştır.

Yapılan değerlendirmeler sonucu elde edilen veriler, analiz için Excel (xls) formatında derlenmiş ve bu formatta kaydedilmiştir. Analiz aşamasında, elde edilen karar matrisleri üzerinde yukarıda açıklanan bulanık VIKOR ve bulanık EDAS adımları uygulanarak kriterleri en iyi karşılayacak alternatif firmalar sıralanmıştır.

4. Bulgular

3. Basamak eğitim ve Araştırma Hastanesinin yoğun bakım ünitesinde ihtiyaç duyulan ventilasyon cihazının tedarik sürecinde dikkate alınan kriterler doğaları gereği kesin sayılarla ifade edilemeyeceğinden bahsedilen kriterleri karar sürecine dahil edebilmek için bulanık mantık son derece uygun bir yöntemdir. Çalışmada, ventilasyon cihazının tedarik edileceği firmayı seçmede karar vericilere destek olmak amacıyla ÇKKV tekniklerinden Bulanık VIKOR ve Bulanık EDAS yöntemleri kullanılmıştır. Seçimin önemine istinaden iki farklı karar verme tekniği kullanılması tercih edilmiş olup böylece hem önerilecek alternatifin kriterleri karşılama noktasında karar vermeyi güçlendirmesi hem de iki yöntemin karşılaştırılması amaçlanmıştır.

İlgili hastanenin yoğun bakım ünitesi 40 yataklıdır. Ventilasyon cihazı özellikle yoğun bakım üniteleri için hayati öneme sahip olup, maliyeti yüksek olan cihazlardır. En uygun ventilasyon cihazının temin edilmesi amacıyla yoğun bakım ünitesinde görevli 2 sorumlu hekim, klinik mühendislik biriminde çalışan 2 biyomedikal mühendis ve satın alma sorumlusu olmak üzere 5 kişilik alanında uzman karar verici komisyonu oluşturulmuştur. Çalışmada bu 5 kişilik komisyon karar vericiler olarak alınmıştır. Alanında uzman karar vericiler tedarik edilecek ventilasyon cihazı için 7 ana kriter altında toplam 45 kriter belirlemişlerdir (Tablo 3). Fiyat kriteri (Satın Alma Maliyeti) maliyet kriteri olarak görülmesine karşılık fiyatı daha uygun olan daha iyi olarak değerlendirilmiş ve böylece tüm kriterler fayda kriterleri olarak belirlenmiştir. Sektörde ventilasyon cihazı tedariki sağlayan birçok firma bulunmaktadır. Karar vericiler tarafından yapılan ön değerlendirme sonrası tedarik için 4 alternatif firma belirlenmiştir. Firma isimlerinin açıklanmasının etik olmayacağı düşünülerek çalışmada firma isimlerine yer verilmemiş olup ALTERNATİF 1,2,3,4 olarak ifade edilmiştir. Belirlenen kriterlerin önem düzeylerini tespit etmek amacıyla Tablo 1 esas alınarak hazırlanan form karar vericiler tarafından değerlendirilmiş olup üçgen bulanık sayı karşılıkları Tablo 4'te sunulmuştur. (1) formülü kullanılarak kriterlerin önem düzeyleri Tablo 5'te gösterildiği gibi bulunmuştur. Belirlenen firmalar ve bu firmaların ventilasyon cihazları hakkında detaylı bilgiye sahip olan karar vericiler tarafından Tablo 2 de verilen dilsel ifadelerle uygun olarak hazırlanan form vasıtasıyla her bir firma her bir kriter için değerlendirilmiş ve bu değerlendirmeler formül (2)'ye göre birleştirilerek alternatifler için bulanık karar matrisi oluşturulmuştur (Tablo 6).

Tablo 3. Ventilasyon Cihazı Seçim Kriterleri

TEKNİK ÖZELLİKLER	GÜVENLİK	TASARIM	FİYAT
-------------------	----------	---------	-------

*Ekran özellikleri (E.Ö) *Dijital makine çıktıları (D.M.Ç) *Sahip olduğu modlar (S.O.M) *Parametre aralık genişliği (P.A.G) *Teknik performanslar (T.P) *Parametrelerin görselleştirilmesi (P.G) *Hasta kategorisi (H.K) *Mevcut bilgi Sistemlerine Entegrasyonu ve Veri aktarımı (M.B.E.S) *RFID Teknolojisi (RFID T.)	*Kaçak kompanzasyon özelliği (K.K.Ö) *Hasta güvenliği / Klinik Riskler (H.G/K. R) *Ventilatör parametreleri için uyarılar (V.P.U) *Teknolojik Riskler (T.R) *Batarya (B) *Alarm özellikleri (A.Ö) *Ventilasyon sırasında komplikasyonlar (V.S.K) *Eşzamanlı Görsel Dalga formlarının sayısı (E.D.S.F) *Kontrol Panelleri (K.P) *Güvenlik mekanizmaları (G.M)	*Boyut *Kullanım kolaylığı ve ergonomisi (K.K.E)	*Satın alma maliyeti (S.A.M)
SATIŞ SONRASI HİZMET	KLİNİK ETKİNLİK	TEDARİKÇİ Ö.	
*Bakım Onarım (B.O) *Yedek parça (Y.P) *Arızaya Müdahale Süresi (A.M.S) *Eğitim (E) *Çevrimiçi yardım (Ç.Y) *Akış ve oksijen sensörlerinin kalibrasyonu (A.O.S.K) *Önleyici bakım sıklığı (Ö.B.S) *Klinik yardım (K.Y) *Teknik destek (T.D) *Sarf malzemeleri (S.M) *Aksesuar (A) *Yan ekipman (Y.E) *Donanım ve yazılım güncelleme v.b (D.Y)	*Havalandırmanın özelleştirilmesi (H.Ö) *Hasta konforu (H.K) *Havalandırma süresinin azaltılması (H.S.A) *Ventilasyonun özelleştirilmesi (V.Ö) *Otomatik soluma sistemleri (O.S.S)	*Yerleşim Yeri (Y.Y) *Tedarikçi tecrübesi (T.T) *Tedarikçi referansları (T.RE) *Garanti (G) *Tedarikçinin niteliği (distr., üretici, bayi) (T.N)	

Tablo 4. Kriterlerin Önem Düzeyine Ait Uzman Görüşleri

	Kriterler	Kriterlerin Önem Düzeylerine Ait Uzman Görüşleri Bulanık Sayı Karşılıkları				
		Karar V.1	Karar V.2	Karar V.3	Karar V.4	Karar V.5
Teknik Özellikler	E.Ö.	(0.3,0.5,0.7)	(0.7,0.9,1)	(0.5,0.7,0.9)	(0.3,0.5,0.7)	(0.7,0.9,1)
	D.M.Ç.	(0.1,0.3,0.5)	(0.3,0.5,0.7)	(0.5,0.7,0.9)	(0,0.1,0.3)	(0.9,1,1)
	S.O.M.	(0.7,0.9,1)	(0.9,1,1)	(0.9,1,1)	(0.7,0.9,1)	(0.9,1,1)
	P.A.G.	(0.9,1,1)	(0.9,1,1)	(0.9,1,1)	(0.9,1,1)	(0.9,1,1)

	T.P.	(0.5,0.7,0.9)	(0.7,0.9,1)	(0.7,0.9,1)	(0.7,0.9,1)	(0.9,1,1)	
	P.G.	(0.3,0.5,0.7)	(0.7,0.9,1)	(0.7,0.9,1)	(0.7,0.9,1)	(0.7,0.9,1)	
	H.K.	(0.3,0.5,0.7)	(0.5,0.7,0.9)	(0.9,1,1)	(0.5,0.7,0.9)	(0.7,0.9,1)	
	M.B.S. E	(0.9,1,1)	(0.5,0.7,0.9)	(0.7,0.9,1)	(0.5,0.7,0.9)	(0.9,1,1)	
	RFID T.	(0.5,0.7,0.9)	(0.5,0.7,0.9)	(0.5,0.7,0.9)	(0.3,0.5,0.7)	(0.5,0.7,0.9)	
Güvenlik	K.K.Ö.	(0.7,0.9,1)	(0.5,0.7,0.9)	(0.7,0.9,1)	(0.7,0.9,1)	(0.9,1,1)	
	H.G./K.R.	(0.7,0.9,1)	(0.5,0.7,0.9)	(0.9,1,1)	(0.7,0.9,1)	(0.9,1,1)	
	V.P. U	(0.7,0.9,1)	(0.5,0.7,0.9)	(0.9,1,1)	(0.9,1,1)	(0.9,1,1)	
	T.R.	(0.7,0.9,1)	(0.5,0.7,0.9)	(0.5,0.7,0.9)	(0.5,0.7,0.9)	(0.9,1,1)	
	B.	(0.7,0.9,1)	(0.5,0.7,0.9)	(0.7,0.9,1)	(0.7,0.9,1)	(0.9,1,1)	
	A.Ö.	(0.7,0.9,1)	(0.3,0.5,0.7)	(0.7,0.9,1)	(0.7,0.9,1)	(0.9,1,1)	
	V.S.K.	(0.7,0.9,1)	(0.3,0.5,0.7)	(0.7,0.9,1)	(0.7,0.9,1)	(0.9,1,1)	
	E.D.F. S	(0.5,0.7,0.9)	(0.1,0.3,0.5)	(0.9,1,1)	(0.3,0.5,0.7)	(0.9,1,1)	
	K.P.	(0.7,0.9,1)	(0.1,0.3,0.5)	(0.9,1,1)	(0.3,0.5,0.7)	(0.9,1,1)	
	G.M.	(0.7,0.9,1)	(0.7,0.9,1)	(0.9,1,1)	(0.7,0.9,1)	(0.9,1,1)	
	Tasarım	Boyut	(0.5,0.7,0.9)	(0.3,0.5,0.7)	(0.9,1,1)	(0.3,0.5,0.7)	(0.7,0.9,1)
		K.K.E.	(0.7,0.9,1)	(0.5,0.7,0.9)	(0.7,0.9,1)	(0.3,0.5,0.7)	(0.9,1,1)
	Fiyat	S.A.M.	(0.9,1,1)	(0.3,0.5,0.7)	(0.9,1,1)	(0.7,0.9,1)	(0.7,0.9,1)
	Satış Sonrası Hizmet	B.O.	(0.9,1,1)	(0.3,0.5,0.7)	(0.9,1,1)	(0.7,0.9,1)	(0.7,0.9,1)
Y.P.		(0.9,1,1)	(0.3,0.5,0.7)	(0.9,1,1)	(0.7,0.9,1)	(0.9,1,1)	
A.M.S.		(0.9,1,1)	(0.3,0.5,0.7)	(0.9,1,1)	(0.7,0.9,1)	(0.9,1,1)	
E.		(0.5,0.7,0.9)	(0.3,0.5,0.7)	(0.9,1,1)	(0.7,0.9,1)	(0.9,1,1)	
Ç.Y.		(0.7,0.9,1)	(0.3,0.5,0.7)	(0.9,1,1)	(0.7,0.9,1)	(0.9,1,1)	
A.O.S. K		(0.7,0.9,1)	(0.3,0.5,0.7)	(0.7,0.9,1)	(0.7,0.9,1)	(0.9,1,1)	
Ö.B.S.		(0.7,0.9,1)	(0.3,0.5,0.7)	(0.7,0.9,1)	(0.7,0.9,1)	(0.9,1,1)	
K.Y.		(0.7,0.9,1)	(0.3,0.5,0.7)	(0.9,1,1)	(0.7,0.9,1)	(0.9,1,1)	
T. D		(0.7,0.9,1)	(0.3,0.5,0.7)	(0.9,1,1)	(0.7,0.9,1)	(0.9,1,1)	
S.M.		(0.9,1,1)	(0.3,0.5,0.7)	(0.7,0.9,1)	(0.7,0.9,1)	(0.9,1,1)	
A.		(0.9,1,1)	(0.3,0.5,0.7)	(0.5,0.7,0.9)	(0.5,0.7,0.9)	(0.7,0.9,1)	
Y.E.		(0.9,1,1)	(0.3,0.5,0.7)	(0.5,0.7,0.9)	(0.5,0.7,0.9)	(0.9,1,1)	
D.Y.	(0.9,1,1)	(0.3,0.5,0.7)	(0.7,0.9,1)	(0.7,0.9,1)	(0.9,1,1)		
Klinik Etkinlik	H.Ö.	(0.5,0.7,0.9)	(0.3,0.5,0.7)	(0.7,0.9,1)	(0.7,0.9,1)	(0.9,1,1)	
	H.K.	(0.7,0.9,1)	(0.7,0.9,1)	(0.7,0.9,1)	(0.7,0.9,1)	(0.9,1,1)	
	H.S.A.	(0.5,0.7,0.9)	(0.7,0.9,1)	(0.7,0.9,1)	(0.7,0.9,1)	(0.9,1,1)	
	V.Ö.	(0.7,0.9,1)	(0.7,0.9,1)	(0.7,0.9,1)	(0.7,0.9,1)	(0.9,1,1)	
	O.S.S.	(0.7,0.9,1)	(0.7,0.9,1)	(0.7,0.9,1)	(0.7,0.9,1)	(0.9,1,1)	
Tedarikçi Özellikleri	Y.Y.	(0.5,0.7,0.9)	(0.3,0.5,0.7)	(0.9,1,1)	(0.7,0.9,1)	(0.7,0.9,1)	
	T.T.	(0.7,0.9,1)	(0.5,0.7,0.9)	(0.9,1,1)	(0.7,0.9,1)	(0.9,1,1)	
	T.RE.	(0.5,0.7,0.9)	(0.5,0.7,0.9)	(0.9,1,1)	(0.7,0.9,1)	(0.9,1,1)	
	G.	(0.7,0.9,1)	(0.5,0.7,0.9)	(0.9,1,1)	((0.7,0.9,1)	(0.9,1,1)	
	T.N.	((0.7,0.9,1)	(0.5,0.7,0.9)	(0.9,1,1)	(0.7,0.9,1)	(0.9,1,1)	

Tablo 4'te, uzman görüşleri doğrultusunda tespit edilen; teknik özellikler, güvenlik, tasarım, fiyat, satış sonrası hizmet, klinik etkinlik ve tedarikçi özellikleri olarak 7 grupta toplanan toplam 45 kriterin 5 karar verici (Karar V.1, Karar V.2, Karar V.3, Karar V.4, Karar V.5) tarafından değerlendirilen önem düzeylerinin bulanık sayı karşılıkları sunulmuştur. Formül 1 (9) kullanılarak kriterlerin ağırlıkları hesaplanmış ve tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Kriterlerin Önem Düzeyi ve Alternatifler için Birleştirilmiş Bulanık Karar Matrisi

	Kriterler	Kriterlerin Önem Ağırlıkları (\tilde{w}_j) (l,m,u)	Alternatifler İçin Birleştirilmiş Bulanık Karar Matrisi			
			Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4
Teknik Özellikler	E.Ö.	(0.5,0.7,0.86)	(7.8,9.4,10)	(5.8,7.8,9.4)	(7.8,9.4,10)	(5.4,7.4,9)
	D.M.Ç.	(0.36,0.52,0.68)	(7.4,9.2,10)	(5.8,7.8,9.2)	(6.6,8.4,9.4)	(5.4,7.4,8.8)
	S.O.M.	(0.78,0.94,1)	(8.2,9.6,10)	(6.2,8,9.2)	(8.2,9.6,10)	(5.8,7.6,9)
	P.A.G	(0.82,0.96,1)	(8.2,9.6,10)	(6.2,8,9.2)	(7.8,9.4,10)	(6.2,8,9.2)
	T.P.	(0.7,0.88,0.98)	(7.8,9.4,10)	(6.6,8.6,9.8)	(7.8,9.4,10)	(6.6,8.4,9.6)
	P.G.	(0.62,0.82,0.94)	(7.8,9.2,9.8)	(6.2,8.2,9.6)	(7.8,9.4,10)	(6.2,8,9.2)
	H.K.	(0.58,0.76,0.9)	(8.2,9.6,10)	(6.2,8,9.4)	(8.2,9.6,10)	(6.2,8,9.2)
	M.B.S.E.	(0.7,0.86,0.96)	(8.6,9.8,10)	(6.2,8,9.4)	(8.2,9.6,10)	(5.8,7.6,9)
	RFID T.	(0.46,0.66,0.86)	(7.8,9.4,10)	(6.2,8.2,9.6)	(7.4,9.2,10)	(6.2,8.2,9.6)
Güvenlik	K.K.Ö.	(0.7,0.88,0.98)	(7.8,9.2,9.8)	(6.6,8.4,9.6)	(8.2,9.6,10)	(6.2,8,9.4)
	H.G./K.R	(0.74,0.9,0.98)	(6.6,7.6,8.2)	(7.8,9.4,10)	(7.8,9.4,10)	(7.8,8,9.8)
	V.P. U	(0.78,0.92,0.98)	(7.8,6,9.4)	(5.8,7.8,9.2)	(6.6,8.6,9.8)	(5.8,7.8,9.2)
	T.R.	(0.62,0.8,0.94)	(7.8,6,9.4)	(6.6,8.4,9.4)	(6.6,8.4,9.4)	(6.6,8.2,9.2)
	B.	(0.7,0.88,0.98)	(7.4,9.2,10)	(6.6,8.4,9.8)	(7.4,9.2,10)	(6.6,8.4,9.6)
	A.Ö.	(0.66,0.84,0.94)	(6.4,7.8,8.6)	(7.8,8,9.8)	(7.8,9.4,10)	(6.6,8.4,9.6)
	V.S.K	(0.66,0.84,0.94)	(7.8,9.4,10)	(6.2,8.2,9.6)	(7.8,9.4,10)	(6.6,8.4,9.6)
	E.D.F.S.	(0.54,0.7,0.82)	(7.4,9,9.8)	(5.8,7.8,9.4)	(7.4,9.2,10)	(5.8,7.8,9.4)
	K.P.	(0.58,0.74,0.84)	(8.2,9.6,10)	(7.8,8,9.8)	(8.2,9.6,10)	(6.6,8.4,9.6)
G.M.	(0.78,0.94,1)	(7.8,6,9.4)	(6.2,8,9.4)	(7.8,9.4,10)	(6.2,8,9.4)	
Tasarım	Boyut	(0.54,0.72,0.86)	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(6.6,8.6,9.8)
	K.K.E	(0.62,0.8,0.92)	(6.6,8.6,9.8)	(6.2,8.2,9.6)	(7.4,9.2,10)	(6.6,8.6,9.8)
Fiyat	S.A.M.	(0.7,0.86,0.94)	(7.8,6,9.6)	(7.8,8,9.8)	(7.8,9.4,10)	(6.2,8.2,9.6)
Satış Sonrası Hizmet	B.O.	(0.7,0.86,0.94)	(8.2,9.6,10)	(6.6,8.4,9.6)	(8.2,9.6,10)	(6.6,8.4,9.4)
	Y.P.	(0.74,0.88,0.94)	(8.2,9.6,10)	(7,9,10)	(7.8,9.4,10)	(6.2,8.2,9.6)
	A.M.S.	(0.74,0.88,0.94)	(8.2,9.6,10)	(7,9,10)	(7.4,9.2,10)	(5.8,7.8,9.2)
	E.	(0.66,0.82,0.92)	(7.4,9,9.8)	(6.6,8.6,9.8)	(7.8,9.4,10)	(5.8,7.8,9.2)
	Ç.Y.	(0.7,0.86,0.94)	(7.8,9.4,10)	(6.6,8.6,9.8)	(7.4,9.2,10)	(6.2,8.2,9.6)
	A.O.S.K.	(0.66,0.84,0.94)	(8.2,9.6,10)	(7.4,9,9.8)	(7.4,8.8,9.4)	(7.8,6,9.6)
	Ö.B.S	(0.66,0.84,0.94)	(7.4,9.2,10)	(7,9,10)	(6.6,8.6,9.8)	(7,9,10)
	K.Y.	(0.7,0.86,0.94)	(7.8,9.4,10)	(7.4,9.2,10)	(7.4,9,9.8)	(7.8,4,9.2)
	T. D.	(0.7,0.86,0.94)	(8.6,9.8,10)	(7.4,9.2,10)	(8.6,9.8,10)	(6.2,8,9.2)
	S.M.	(0.7,0.86,0.94)	(7.4,9,9.8)	(6.2,8.2,9.6)	(7,9,10)	(6.6,8.6,9.8)
	A.	(0.58,0.76,0.9)	(7.4,9,9.8)	(6.2,8.2,9.6)	(7,9,10)	(5.8,7.8,9)
	Y.E.	(0.62,0.78,0.9)	(7.8,9.4,10)	(6.6,8.6,9.8)	(7.8,9.4,10)	(5.4,7.4,8.8)
	D.Y.	(0.7,0.86,0.94)	(8.6,9.8,10)	(7.8,8,9.8)	(8.2,9.6,10)	(6.6,8.4,9.6)
Klinik Etkinlik	H.Ö.	(0.62,0.8,0.92)	(7.8,9.4,10)	(7.4,9,9.8)	(7.4,9.2,10)	(7.8,6,9.6)
	H.K.	(0.74,0.92,1)	(8.6,9.8,10)	(7.8,8,9.8)	(8.2,9.6,10)	(7.4,9,9.8)
	H.S.A	(0.7,0.88,0.98)	(7.8,9.4,10)	(6.6,8.4,9.6)	(7.8,9.4,10)	(7.8,8,9.8)
	V.Ö.	(0.74,0.92,1)	(8.2,9.6,10)	(7.8,8,9.8)	(7.8,9.4,10)	(6.6,8.4,9.6)
	O.S.S.	(0.74,0.92,1)	(7.8,9.4,10)	(6.6,8.4,9.6)	(7.8,9.4,10)	(6.6,8.4,9.6)
Tedarikçi	Y.Y.	(0.62,0.8,0.92)	(8.6,9.8,10)	(7.4,9,9.8)	(8.2,9.6,10)	(7.4,9,9.8)
	T.T.	(0.74,0.9,0.98)	(8.2,9.6,10)	(6.2,8,9.2)	(7.4,9.2,10)	(7.8,8,9.8)

Özellikle ri	T.RE.	(0.7,0.86,0.96)	(7.8,9.4,10)	(7,9,10)	(7.4,9.2,10)	(6.2,8.2,9.4)
	G.	(0.74,0.90,0.98)	(8.2,9.6,10)	(7.4,9.2,10)	(8.2,9.6,10)	(7.8,8.9,8)
	T.N.	(0.74,0.90,0.98)	(8.2,9.6,10)	(6.6,8.6,9.8)	(7.8,9.4,10)	(6.6,8.6,9.8)

Tablo 5'te de görüldüğü üzere teknik özellikler olarak sınıflandırılan 10 kriterden en büyük ağırlığa sahip kriter parametre aralık genişliği (P.A.G) (0.82,0.96,1), en küçük ağırlığa sahip kriter ise dijital makine çıktıları (D.M.Ç) (0.36,0.52,0.68)'dir. Diğer kriterler için en büyük ve en küçük ağırlığa sahip olanlar; güvenlik başlığında sınıflandırılan kriterler için en büyük ağırlık güvenlik mekanizmaları (G.M) (0.78,0.94,1), en küçük ağırlık eşzamanlı görsel dalga boylarının sayısı (E.D.F.S) (0.54,0.70,0.82), tasarım kriterleri için kullanım kolaylığı ve ergonomi (K.K.E) (0.62,0.80,0.92), boyut(0.54,0.72,0.86), satış sonrası hizmet kriterleri için en büyük ağırlık yedek parça (Y) ve arızaya müdahale süresi (A.M.S) (0.74,0.88,0.94), en küçük ağırlık ise aksesuar (A) (0.58,0.76,0.90), klinik etkinlik kriterlerinde en büyük ağırlık hasta konforu (H.K.), ventilasyonun özelleştirilmesi (V.Ö.), otomatik soluma sistemleri (O.S.S.) (0.74,0.92,1), en küçük ağırlık havalandırılmanın özelleştirilmesi (H.Ö.) (0.62,0.80,0.92) şeklindedir. Tedarikçi özellikleri kriterlerinden tedarikçi tecrübesi (T.T.), garanti (G) ve tedarikçinin niteliği (T.N.) kriterleri eşit ve en büyük ağırlığa (0.74,0.90,0.98) sahipken yerleşim yeri (Y.Y.) kriteri en küçük (0.62,0.80,0.92) ağırlığa sahiptir. Bütün kriterler arasında en büyük ağırlık parametre aralık genişliği kriterine, en küçük ağırlık ise dijital makine çıktıları kriterine aittir.

Ayrıca karar vericiler tarafından her bir alternatifin her bir kritere göre değerlendirilmesiyle oluşturulan birleştirilmiş bulanık karar matrisi yine Tablo 5'te verilmiştir. Bu birleştirilmiş matris formül 2 kullanılarak elde edilmiş olup, alternatiflerin her bir kriter için performansını bulanık sayılarla ifade eder.

4.1. Bulanık Vikor Yöntemiyle Tedarikçi Seçimi

Bulanık VIKOR yönteminin 1. ve 2. adımları olan kriterlerin bulanık ağırlıkları ile her bir alternatifin her bir kritere göre karar vericiler tarafından değerlendirilen performans değerlerine ait bulanık karar matrisleri Tablo 5'te verilmiştir. Yöntemin 3. adımı olan \tilde{f}_j^* ve \tilde{f}_j^- değerleri formül (3)'e göre hesaplanıp Tablo 6'daki gibi bulunmuştur.

Tablo 6. \tilde{f}_j^* ve \tilde{f}_j^- Değerleri

Ana Kriterler	Alt Kriterler	\tilde{f}_j^* Değerleri	\tilde{f}_j^- Değerleri
		(En İyi) (l,m,u)	(En Kötü) (l,m,u)
Teknik Özellikler	E.Ö.	(7.8,9.4,10)	(5.4,7.4,9)
	D.M.Ç.	(7.4,9.2,10)	(5.4,7.4,8.8)
	S.O.M.	(8.2,9.6,10)	(5.8,7.6,9)
	P.A.G.	(8.2,9.6,10)	(6.2,8.9,2)
	T.P.	(7.8,9.4,10)	(6.6,8.4,9.6)
	P.G.	(7.8,9.4,10)	(6.2,8.9,2)
	H.K.	(8.2,9.6,10)	(6.2,8.9,2)
	M.B.S. E.	(8.6,9.8,10)	(5.8,7.6,9)
	RFID T.	(7.8,9.4,10)	(6.2,8.2,9.6)
Güvenlik	K.K.Ö.	(8.2,9.6,10)	(6.2,8.9,4)
	H.G./K.R.	(7.8,9.4,10)	(6.4,7.6,8.2)
	V.P. U.	(7.8,6,9.8)	(5.8,7.8,9.2)
	T.R.	(7.8,6,9.4)	(6.6,8.2,9.2)
	B.	(7.4,9.2,10)	(6.6,8.4,9.6)

	A.Ö.	(7.8,9.4,10)	(6.4,7.8,8.6)
	V.S.K.	(7.8,9.4,10)	(6.2,8.2,9.6)
	E.D.F. S.	(7.4,9.2,10)	(5.8,7.8,9.4)
	K.P.	(8.2,9.6,10)	(6.6,8.4,9.6)
	G.M.	(7.8,9.4,10)	(6.2,8.9.4)
Tasarım	Boyut	(7,9,10)	(6.6,8.6,9.8)
	K.K.E.	(7.4,9.2,10)	(6.2,8.2,9.6)
Fiyat	S.A.M.	(7.8,9.4,10)	(6.2,8.2,9.6)
Satış Sonrası Hizmet	B.O.	(8.2,9.6,10)	(6.6,8.4,9.4)
	Y.P.	(8.2,9.6,10)	(6.2,8.2,9.6)
	A.M.S.	(8.2,9.6,10)	(5.8,7.8,9.2)
	E.	(7.8,9.4,10)	(5.8,7.8,9.2)
	Ç.Y.	(7.8,9.4,10)	(6.2,8.2,9.6)
	A.O.S. K.	(8.2,9.6,10)	(7.8,6.9.4)
	Ö.B.S.	(7.4,9.2,10)	(6.6,8.6,9.8)
	K.Y.	(7.8,9.4,10)	(7.8,4.9.2)
	T. D.	(8.6,9.8,10)	(6.2,8.9.2)
	S.M.	(7.4,9,10)	(6.2,8.2,9.6)
	A.	(7.4,9,10)	(5.8,7.8,9)
	Y.E.	(7.8,9.4,10)	(5.4,7.4,8.8)
	D.Y.	(8.6,9.8,10)	(6.6,8.4,9.6)
	Klinik Etkinlik	H.Ö.	(7.8,9.4,10)
H.K.		(8.6,9.8,10)	(7.8,8.9.8)
H.S.A.		(7.8,9.4,10)	(6.6,8.4,9.6)
V.Ö.		(8.2,9.6,10)	(6.6,8.4,9.6)
O.S.S.		(7.8,9.4,10)	(6.6,8.4,9.6)
Tedarikçi Özellikleri	Y.Y.	(8.6,9.8,10)	(7.4,9.9.8)
	T.T.	(8.2,9.6,10)	(6.2,8.9.2)
	T.RE.	(7.8,9.4,10)	(6.2,8.2,9.4)
	G.	(8.2,9.6,10)	(7.8,8.9.8)
	T.N.	(8.2,9.6,10)	(6.6,8.6,9.8)

Tablo 6' da verilen \tilde{f}_j^* ve \tilde{f}_j^- değerleri kullanılarak formül 4 yardımıyla tüm alternatifler için ideal çözüme olan bulanık uzaklık (\tilde{S}_i) değerleri, formül 5 ile her bir alternatifin bulanık en iyi değere olan uzaklığı (\tilde{R}_i) ve formül 6 ile \tilde{Q}_i değerleri bulunmuştur. Maksimum grup faydasını gösteren strateji önem katsayısı v değeri konsensüs (0,5) olarak belirlenmiştir. \tilde{S}_i , \tilde{R}_i ve \tilde{Q}_i değerleri tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7. \tilde{S}_i , \tilde{R}_i , \tilde{Q}_i Değerleri

Alternatif	\tilde{S}_i Değerleri	\tilde{R}_i Değerleri		\tilde{Q}_i Değerleri	
	(l,m,u)	Alternatif	(l,m,u)	Alternatif	(l,m,u)
Alternatif 1	(2.83,3.97,6.69)	Alternatif 1	(0.74,0.9,1)	Alternatif 1	(0.25,0.25,0.561)
Alternatif 2	(23.5,26.5,23)	Alternatif 2	(0.82,0.96,1)	Alternatif 2	(0.91,0.87,0.796)
Alternatif 3	(5.48,4.67,2.46)	Alternatif 3	(0.66,0.84,0.94)	Alternatif 3	(0.05,0.01,0)
Alternatif 4	(28,34.3,37.2)	Alternatif 4	(0.82,0.96,1)	Alternatif 4	(1,1,1)
S*(Min)	(2.83,3.97,2.46)	R*(Min)	(0.66,0.84,0.94)		
S- (Max)	(28,34.3,37.2)	R- (Max)	(0.82,0.96,1)		

Yöntemin 7. adımına göre \tilde{S}_i , \tilde{R}_i ve \tilde{Q}_i değerlerinin durulaştırılmış ve küçükten büyüğe doğru sıralanmış hali olan S,R ve Q değerleri tablo 8’de gösterilmiştir.

Tablo 8. Sıralanmış S,R ve Q Değerleri

Alternatif	S	Sıra	Alternatif	R	Sıra	Alternatif	Q	Sıra
Alternatif 1	4,5	2	Alternatif 1	0,88	2	Alternatif 1	0,35	2
Alternatif 2	24,3	3	Alternatif 2	0,93	3,4	Alternatif 2	0,85	3
Alternatif 3	4,2	1	Alternatif 3	0,81	1	Alternatif 3	0,02	1
Alternatif 4	33,2	4	Alternatif 4	0,93	3,4	Alternatif 4	1	4

DQ eşik değeri formül 7’ye göre $DQ=1/3$ dür. Tablo 8’e göre en küçük Q değerine sahip alternatif A1=0,02 (Alternatif 3) ve en küçük ikinci Q değerine sahip olan alternatif A2=0,35 (Alternatif 1) olup $Q(A2)-Q(A1)=0,33 \geq DQ$ olup C1:>Kabul edilebilir avantaj şartı sağlanır. Diğer taraftan A1(Alternatif 3) S ve R’ye göre en küçük değerlere sahip olduğundan C2:Karar vermede kabul edilebilir istikrar şartı da sağlanır. Dolayısıyla yöntemin 8. Adımına göre en küçük Q değerine sahip olan Alternatif 3 en iyi alternatif olarak seçilmiştir.

4.2. Bulanık Edas Yöntemine Göre Tedarikçi Firma Seçimi

Yöntemin 1. Ve 2.adımları bulanık VIKOR yönteminin ilk iki adımı ile aynı olduğundan kriterlerin bulanık ağırlıkları ile her bir alternatif için uzmanların kriterlere göre değerlendirilen performans değerlerini gösteren birleştirilmiş bulanık sayı matrisi Tablo 5’te olduğu gibidir. Tablo 5’te verilen birleştirilmiş bulanık matristen formül 10 yardımıyla \tilde{a}_{ij} , j. kriter için ortalama çözüm değerini göstermek üzere \tilde{a}_{ij} değerleri ve yöntemin 4. adımındaki her bir alternatif için ortalamadan pozitif uzaklığı gösteren \tilde{pda}_{ij} ve ortalamadan negatif uzaklığı gösteren \tilde{nda}_{ij} değerleri formül (11) ve (12) kullanılarak bulunmuş ve sonuçlar Tablo 9 ile Tablo 10’ da verilmiştir.

Tablo 9. Ortalamadan Pozitif Uzaklık (PDA) Değerleri

Ana Kriterler	Alt Kriterler	Ortamadan Pozitif Uzaklık Değerleri (PDA)			
		Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4
Teknik Özellikler	E.Ö.	(-0.22,0.11,0.4)	(0,0,0)	(-0.22,0.11,0.4)	(0,0,0)
	D.M.Ç.	(-0.25,0.13,0.47)	(0,0,0)	(-0.35,0.03,0.39)	(0,0,0)
	S.O.M.	(-0.16,0.11,0.34)	(0,0,0)	(-0.16,0.11,0.34)	(0,0,0)
	P.A.G.	(-0.2,0.1,0.34)	(0,0,0)	(-0.2,0.08,0.34)	(0,0,0)
	T.P.	(-0.2,0.05,0.32)	(0,0,0)	(-0.2,0.05,0.32)	(0,0,0)
	P.G.	(-0.2,0.06,0.33)	(0,0,0)	(-0.2,0.08,0.36)	(0,0,0)
	H.K.	(-0.17,0.09,0.33)	(0,0,0)	(-0.17,0.09,0.33)	(0,0,0)
	M.B.S.E.	(-0.12,0.12,0.33)	(0,0,0)	(-0.16,0.1,0.33)	(0,0,0)
	RFID T.	(-0.24,0.08,0.37)	(0,0,0)	(-0.28,0.05,0.37)	(0,0,0)
Güvenlik	K.K.Ö.	(-0.22,0.05,0.30)	(0,0,0)	(-0.18,0.09,0.33)	(0,0,0)
	H.G./K.R.	(0,0,0)	(-0.2,0.07,0.32)	(-0.2,0.07,0.32)	(-0.29,0,0.29)
	V.P.U.	(-0.3,0.05,0.39)	(0,0,0)	(-0.35,0.05,0.44)	(0,0,0)

	T.R.	(-0.3,0.02,0.33)	(0,0,0)	(0,0,0)	(0,0,0)
	B.	(-0.29,0.04,0.35)	(0,0,0)	(-0.29,0.04,0.35)	(0,0,0)
	A.Ö.	(0,0,0)	(-0.3,0.02,0.34)	(-0.2,0.09,0.37)	(0,0,0)
	V.S.K.	(-0.23,0.06,0.34)	(0,0,0)	(-0.23,0.06,0.34)	(0,0,0)
	E.D.F.S.	(-0.27,0.07,0.39)	(0,0,0)	(-0.27,0.09,0.41)	(0,0,0)
	K.P.	(-0.19,0.06,0.28)	(0,0,0)	(-0.19,0.06,0.28)	(0,0,0)
	G.M.	(-0.31,0.01,0.31)	(0,0,0)	(-0.21,0.11,0.39)	(0,0,0)
Tasarım	Boyut	(-0.34,0.01,0.36)	(-0.34,0.01,0.36)	(-0.34,0.01,0.36)	(0,0,0)
	K.K.E.	(0,0,0)	(0,0,0)	(-0.29,0.07,0.39)	(0,0,0)
Fiyat	S.A.M.	(0,0,0)	(-0.32,0.01,0.33)	(-0.23,0.08,0.35)	(0,0,0)
Satış Sonrası Hizmet	B.O.	(-0.18,0.07,0.29)	(0,0,0)	(-0.18,0.07,0.29)	(0,0,0)
	Y.P.	(-0.19,0.06,0.31)	(0,0,0)	(-0.24,0.04,0.31)	(0,0,0)
	A.M.S.	(-0.19,0.09,0.34)	(-0.33,0.01,0.34)	(-0.28,0.04,0.34)	(0,0,0)
	E.	(-0.27,0.04,0.34)	(0,0,0)	(-0.23,0.08,0.37)	(0,0,0)
	Ç.Y.	(-0.24,0.06,0.35)	(0,0,0)	(-0.29,0.04,0.35)	(0,0,0)
	A.O.S.K.	(-0.17,0.07,0.29)	(-0.26,0.0.26)	(0,0,0)	(0,0,0)
	Ö.B.S.	(-0.3,0.03,0.35)	(-0.34,0.01,0.35)	(0,0,0)	(-0.34,0.01,0.35)
	K.Y.	(-0.22,0.05,0.29)	(-0.27,0.02,0.29)	(-0.27,0.0.28)	(0,0,0)
	T.D.	(-0.13,0.07,0.26)	(0,0,0)	(-0.13,0.07,0.26)	(0,0,0)
	S.M.	(-0.28,0.04,0.36)	(0,0,0)	(-0.33,0.04,0.38)	(0,0,0)
	A.	(-0.27,0.06,0.39)	(0,0,0)	(-0.32,0.06,0.41)	(0,0,0)
	Y.E.	(-0.22,0.08,0.37)	(0,0,0)	(-0.22,0.08,0.37)	(0,0,0)
	D.Y.	(-0.14,0.07,0.27)	(0,0,0)	(-0.19,0.05,0.27)	(0,0,0)
Klinik Etkinlik	H.Ö.	(-0.23,0.04,0.29)	(0,0,0)	(-0.28,0.02,0.29)	(0,0,0)
	H.K.	(-0.14,0.06,0.24)	(0,0,0)	(-0.19,0.03,0.24)	(0,0,0)
	H.S.A.	(-0.2,0.05,0.31)	(0,0,0)	(-0.2,0.05,0.31)	(0,0,0)
	V.Ö.	(-0.19,0.06,0.3)	(0,0,0)	(-0.23,0.04,0.3)	(0,0,0)
	O.S.S.	(-0.23,0.06,0.32)	(0,0,0)	(-0.23,0.06,0.32)	(0,0,0)
Tedarikçi Özellikleri	Y.Y.	(-0.14,0.05,0.23)	(0,0,0)	(-0.19,0.03,0.23)	(0,0,0)
	T.T.	(-0.18,0.08,0.33)	(0,0,0)	(-0.27,0.04,0.33)	(0,0,0)
	T.RE.	(-0.24,0.05,0.34)	(-0.33,0.01,0.34)	(-0.28,0.03,0.34)	(0,0,0)
	G.	(-0.19,0.03,0.26)	(0,0,0)	(-0.19,0.03,0.26)	(0,0,0)
	T.N.	(-0.19,0.06,0.31)	(0,0,0)	(-0.24,0.04,0.31)	(0,0,0)

Tablo 9, her bir alt kriter için alternatiflerin ortalamadan pozitif uzaklık (PDA) değerlerini gösterir. Bu değerler, her alternatifin diğerlerine göre ne kadar üstün olduğunu veya diğerlerine göre ne kadar iyi performans gösterdiğini belirlemeye yardımcı olur.

Tablo 10. Ortalamadan Negatif Uzaklık (NDA) Değerleri

Ana Kriterler	Alt Kriterler	Ortalamadan Negatif Uzaklık Değerleri (NDA)			
		Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4
	E.Ö.	(0,0,0)	(-0.33,0.08,0.46)	(0,0,0)	(-0.28,0.13,0.51)

Teknik Özellikler	D.M.Ç.	(0,0,0)	(-0.36,0.05,0.45)	(0,0,0)	(-0.31,0.1,0.49)
	S.O.M.	(0,0,0)	(-0.25,0.08,0.39)	(0,0,0)	(-0.23,0.13,0.44)
	P.A.G.	(0,0,0)	(-0.2,0.09,0.4)	(0,0,0)	(-0.2,0.09,0.4)
	T.P.	(0,0,0)	(-0.3,0.04,0.38)	(0,0,0)	(-0.3,0.06,0.38)
	P.G.	(0,0,0)	(-0.3,0.06,0.41)	(0,0,0)	(-0.3,0.08,0.41)
	H.K.	(0,0,0)	(-0.26,0.09,0.4)	(0,0,0)	(-0.23,0.09,0.4)
	M.B.S.E.	(0,0,0)	(-0.26,0.09,0.39)	(0,0,0)	(-0.21,0.14,0.45)
	RFID T.	(0,0,0)	(-0.32,0.06,0.42)	(0,0,0)	(-0.32,0.06,0.42)
Güvenlik	K.K.Ö.	(0,0,0)	(-0.28,0.05,0.36)	(0,0,0)	(-0.26,0.09,0.41)
	H.G./K.R.	(-0.11,0.14,0.36)	(0,0,0)	(0,0,0)	(0,0,0)
	V.P.U.	(0,0,0)	(-0.36,0.05,0.45)	(0,0,0)	(-0.36,0.05,0.45)
	T.R.	(0,0,0)	(-0.3,0,0.34)	(-0.3,0,0.34)	(-0.3,0.02,0.34)
	B.	(0,0,0)	(-0.33,0.03,0.38)	(0,0,0)	(-0.3,0.05,0.38)
	A.Ö.	(-0.2,0.09,0.37)	(0,0,0)	(0,0,0)	(-0.32,0.02,0.35)
	V.S.K.	(0,0,0)	(-0.29,0.08,0.42)	(0,0,0)	(-0.29,0.05,0.37)
	E.D.F.S.	(0,0,0)	(-0.34,0.08,0.47)	(0,0,0)	(-0.34,0.08,0.47)
	K.P.	(0,0,0)	(-0.26,0.03,0.32)	(0,0,0)	(-0.24,0.08,0.37)
	G.M.	(0,0,0)	(-0.31,0.06,0.4)	(0,0,0)	(-0.31,0.06,0.4)
Tasarım	Boyut	(0,0,0)	(0,0,0)	(0,0,0)	(-0.34,0.04,0.39)
	K.K.E.	(-0.37,0.01,0.38)	(-0.35,0.05,0.43)	(0,0,0)	(-0.37,0.01,0.38)
Fiyat	S.A.M.	(-0.31,0.02,0.32)	(0,0,0)	(0,0,0)	(-0.31,0.06,0.42)
Satış Sonrası Hizmet	B.O.	(0,0,0)	(-0.25,0.07,0.36)	(0,0,0)	(-0.23,0.07,0.36)
	Y.P.	(0,0,0)	(-0.31,0.01,0.33)	(0,0,0)	(-0.26,0.09,0.42)
	A.M.S.	(0,0,0)	(0,0,0)	(0,0,0)	(-0.24,0.13,0.47)
	E.	(0,0,0)	(-0.34,0.01,0.37)	(0,0,0)	(-0.27,0.11,0.46)
	Ç.Y.	(0,0,0)	(-0.33,0.03,0.38)	(0,0,0)	(-0.3,0.08,0.43)
	A.O.S.K.	(0,0,0)	(-0.26,0,0.26)	(-0.22,0.02,0.26)	(-0.24,0.05,0.31)
	Ö.B.S.	(0,0,0)	(0,0,0)	(-0.32,0.04,0.39)	(0,0,0)
	K.Y.	(0,0,0)	(0,0,0)	(0,0,0)	(-0.21,0.07,0.32)
	T.D.	(0,0,0)	(-0.26,0,0.27)	(0,0,0)	(-0.17,0.14,0.4)
	S.M.	(0,0,0)	(-0.33,0.06,0.43)	(0,0,0)	(-0.36,0.01,0.38)
	A.	(0,0,0)	(-0.36,0.04,0.41)	(0,0,0)	(-0.29,0.09,0.46)
	Y.E.	(0,0,0)	(-0.34,0.01,0.36)	(0,0,0)	(-0.23,0.15,0.5)
	D.Y.	(0,0,0)	(-0.25,0.04,0.32)	(0,0,0)	(-0.23,0.09,0.37)
Klinik Etkinlik	H.Ö.	(0,0,0)	(-0.27,0.01,0.28)	(0,0,0)	(-0.25,0.05,0.33)
	H.K.	(0,0,0)	(-0.22,0.06,0.32)	(0,0,0)	(-0.22,0.03,0.29)
	H.S.A.	(0,0,0)	(-0.3,0.07,0.37)	(0,0,0)	(-0.3,0.02,0.33)
	V.Ö.	(0,0,0)	(-0.27,0.03,0.33)	(0,0,0)	(-0.25,0.07,0.37)
	O.S.S.	(0,0,0)	(-0.29,0.06,0.37)	(0,0,0)	(-0.29,0.06,0.37)
Tedarikçi Özellikleri	Y.Y.	(0,0,0)	(-0.21,0.04,0.28)	(0,0,0)	(-0.21,0.04,0.28)
	T.T.	(0,0,0)	(-0.23,0.1,0.41)	(0,0,0)	(-0.3,0.01,0.32)
	T.RE.	(0,0,0)	(0,0,0)	(0,0,0)	(-0.27,0.09,0.42)
	G.	(0,0,0)	(-0.26,0.01,0.28)	(0,0,0)	(-0.23,0.06,0.33)

T.N.	(0,0,0)	(-0.29,0.05,0.38)	(0,0,0)	(-0.29,0.05,0.38)
------	---------	-------------------	---------	-------------------

Tablo 10, her bir alt kriter için alternatiflerin ortalama negatif uzaklık (NDA) değerlerini gösterir. Bu değerler, her alternatifin diğerlerine göre ne kadar dezavantajlı olduğunu veya diğerlerine göre ne kadar düşük performans gösterdiğini belirlemeye yardımcı olur.

5. adımda tüm alternatifler için \widetilde{sp}_i ve \widetilde{sn}_i mesafelerin ağırlıklı toplamları formül 13 ve formül 14'e göre hesaplanır. 6. adımda tüm alternatifler için \widetilde{sp}_i ve \widetilde{sn}_i değerlerinin normalizasyonu formül 15 ve formül 16'ya göre yapılır ve tablo 11'deki gibi bulunmuştur.

Tablo 11. Ağırlıklandırılmış Pozitif ve Negatif Uzaklık Değerleri

Alternatifler	Ağırlıklı Pozitif Uzaklık Değerleri (\widetilde{sp}_i)	Normalize Ağırlıklı Pozitif Uzaklık Değerleri (NSPİ)	Ağırlıklı Negatif Uzaklık Değerleri (\widetilde{sn}_i)	Normalize Ağırlıklı Negatif Uzaklık Değerleri (NSNİ)
Alternatif 1	(-5.96,2.1,12.5)	(-2.07,0.728,4.34)	(-0.66,0.23,1.36)	(0.612,0.935,1.19)
Alternatif 2	(-1.82,0.14,2.75)	(-0.63,0.047,0.96)	(-7.15,1.48,12.9)	(-2.68,0.579,3.04)
Alternatif 3	(-6.64,2.06,13.1)	(-2.3,0.714,4.56)	(-0.56,0.05,0.93)	(0.735,0.985,1.16)
Alternatif 4	(-0.44,0,0.62)	(-0.15,0.002,0.22)	(-7.78,2.54,15.8)	(-3.49,0.276,3.22)

7. adımda tüm alternatifler için \widetilde{as}_i değerlendirme puanları elde edilip normalize edilerek Tablo 12'de gösterilen değerlendirme puanları elde edilmiştir.

Tablo12. Ortalama Değerleme Puanları

Alternatifler	\widetilde{as}_i Değerleri	Durulaştırılmış Ası Değerleri	Sıralama
Alternatif 1	(-0.73,0.83,2.76)	0.96	2
Alternatif 2	(-1.65,0.31,2)	0.22	3
Alternatif 3	(-0.78,0.85,2.86)	0.97	1
Alternatif 4	(-1.82,0.14,1.72)	0.01	4

Tablo 11, alternatiflerin ağırlıklı pozitif ve negatif uzaklık değerlerini gösterir. Normalize edilmiş ağırlıklı pozitif ve negatif uzaklık değerleri, her bir alternatifin genel performansını gösterir. Tablo 12'de ise alternatiflerin ortalama değerlendirme puanları ve sıralamaları bulunmaktadır, bu da alternatiflerin göreceli olarak nasıl performans gösterdiğini gösterir.

Bulanık EDAS yöntemine göre değerlendirme puanı en büyük olan alternatif seçim için en iyi alternatiftir. Buna göre alternatifler en büyük \widetilde{as}_i puanından en küçüğüne göre sıralandığında sıralama ALTERNATİF 3, ALTERNATİF 1, ALTERNATİF 2 ve ALTERNATİF 4 şeklinde olmuştur. Çıkan sıralamaya göre ALTERNATİF 3, ventilasyon cihazı tedarigi için en uygun firma olarak belirlenmiştir.

Hem Bulanık VIKOR hem de Bulanık EDAS yöntemleri kullanılarak yapılan ventilasyon cihazı seçiminde her iki yöntem sonucunda da aynı tedarikçi firmanın (Alternatif 3) en iyi alternatif olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Veri analiz sürecinde, karar vericiler tarafından belirlenen kriter ağırlıkları kullanılarak bulanık karar matrisleri oluşturulmuş ve her bir alternatif firmanın bu kriterler karşısındaki performansı değerlendirilmiştir. Özellikle, teknik performans, güvenlik ve maliyet gibi ana kriterlerde alternatif 3'ün diğer firmalara göre daha üstün olduğu görülmüştür. Bu bulgular, analizlerin sonucunda alternatif 3'ün en uygun tedarikçi olarak belirlendiğini doğrulamaktadır. Her iki yöntemin benzer sonuçlar vermesi, bu yöntemlerin tedarik sürecinde güvenilir çözümler sunduğunu göstermektedir.

Her iki yöneme göre de alternatif sıralamaları aynı olup elde edilen sonuçların uyumluluğu hastane yönetimine tedarikçi firma seçimi ile ilgili yapılacak öneriyi güçlendirmiştir.

Sonuçlar, literatürdeki benzer çalışmalarla uyumlu olarak tedarikçi seçiminde maliyet, teknik özellikler ve satış sonrası hizmetlerin önemini vurgulamaktadır. Daha önce Shukla ve Muthal (2017) ile Wahlster vd. (2015) tarafından yapılan çalışmalarda da bu kriterlerin belirleyici olduğu görülmüş ve bu çalışma, literatüre bu açıdan katkı sağlamaktadır. Bulgular ayrıca, Antmen ve Miç (2018) tarafından yapılan ventilatör tedarik çalışmalarıyla da paralellik göstermektedir

5. TARTIŞMA

Yoğun bakım ünitelerinde yatan hastalar için ventilatör cihazının seçimi kritik bir öneme sahiptir. Bu önemli cihazın yanlış seçimi veya uygun parametrelerle ayarlanmaması, hastaların tedavisinde geri dönülemez sonuçlara yol açabilir. Bu çalışmada, bir üçüncü basamak eğitim ve araştırma hastanesinde ventilasyon cihazı tedarik sürecini ele almış ve bu konuda iki farklı çok kriterli karar verme yöntemi karşılaştırılmıştır. Çalışmada, ventilasyon cihazının seçiminde etkili olabilecek 44 kriter belirlenmiş ve karar vericiler tarafından bu kriterlere göre dört farklı tedarikçi firma ön eleme yapılarak seçilmiştir. Bu süreçte, kullanıcı talepleri, teknik özellikler ve maliyet gibi faktörler dikkate alınmış, bu faktörlerle ilgili bilgi sağlayan bir uzman grup oluşturulmuştur.

Çalışmada kullanılan bulanık VIKOR ve bulanık EDAS yöntemleri, alternatif tedarikçi firmaları değerlendirmek ve sıralamak için uygulanmıştır. Her iki yöntem de ALTERNATİF 3'ü en iyi tedarikçi olarak belirlemiş ve bu sonuçlar birbiriyle uyumlu olarak bulunmuştur. Bu, her iki yöntemin de benzer sonuçlar verdiğini ve uygulandıkları durumda birbirlerinin yerine geçebileceklerini göstermektedir.

Çalışma, literatürde sağlık hizmetlerindeki tıbbi ekipman seçimi ve tedarik süreçlerine odaklanan diğer akademik çalışmalarla da ilişkilendirilmiştir (Özdağoğlu vd., 2020). Sağlık hizmetlerinde karmaşık sermaye ekipmanı seçimi konusundaki literatür incelenmiş (Mutlu vd., 2017; Marsh vd., 2014), yoğun bakım üniteleri gibi özellikli alanlardaki tıbbi cihaz seçimi ile ilgili literatür boşluğunun doldurulmasında bu çalışmanın katkı sağlayacağı düşünülmüştür. Yenidoğan ventilatörlerinin seçiminde AHP'nin önemine vurgu yapan bir çalışma da yapılmış (Antmen & Miç, 2018) tıbbi ekipman satın alma kararları üzerine olan Girginer vd. (2008) çalışması, üniversite hastanesinde tıbbi ekipman satın alma aşamalarını incelemiş ve bu alandaki karar destek sistemlerinin kullanımını vurgulamıştır.

Tıbbi ekipman yönetimi ve analizi konusunda Ivlev ve diğerleri (2014) çalışması, tıbbi ekipman yönetiminde AHP kullanımını analiz etmiş ve MCDA'nın kaynak kısıtlı ortamlarda karar vermeyi geliştirmek için önerilerde bulunmuştur. Wahlster ve diğerleri (2015) çalışması pulmoner kalp sensörü değerlendirmesinde çok kriterli karar verme çerçevesini sunulmuş çalışmamızda yoğun bakım ünitelerinde kullanılan ventilasyon cihazları için, farklı markaların cihazları değerlendirilerek karar vericilerin karar alma süreçleri geliştirilmiştir.

Çalışmamız yoğun bakım ünitelerinde ventilasyon cihazı seçimine odaklanılmıştır. Yoğun bakım ünitelerinde ve diğer tıbbi birimlerde örneğin, tıbbi görüntüleme cihazı seçimi (Tolga vd., 2020),

ultrason cihazı seçimi (Shbool vd., 2021) gibi farklı alanlarda çok kriterli karar verme teknikleri aktif şekilde sağlık yöneticileri ve uygulayıcıları tarafından kullanılabilir.

Sağlık hizmetlerin sürdürülebilirliği açısından, tıbbi cihaz tedarikçi seçimi konusu değerlendirildiğinde, çalışmamızda bulanık VIKOR ve bulanık EDAS yöntemleri kullanılarak üst yönetimin karar verme sürecine katılı sağlanmıştır.

Bu çalışmanın, literatüre ventilasyon cihazı tedarik süreci ve iki farklı çok kriterli karar verme yönteminin karşılaştırılması üzerine bir katkı sağladığı görülmektedir. Ventilasyon cihazı tedarik sürecinde kullanılan bulanık VIKOR ve bulanık EDAS yöntemlerinin etkili olduğu ve birbirleriyle uyumlu sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Ayrıca, benzer konularda yapılmış diğer çalışmalarla bu çalışmanın bağlantılı olduğu ve sağlık hizmetlerinde tıbbi ekipman seçimi, tedarikçi değerlendirmesi ve envanter yönetimi gibi konularda çeşitli çok kriterli karar verme yöntemlerinin kullanıldığı görülmüştür (Özdağoğlu vd., 2019; Keleş vd., 2019; İvlevvd., 2014; Antmen & Miç, 2018).

SONUÇ:

Özellikle büyük şehir hastanelerindeki artan yoğun bakım ünitesi sayıları, sağlık hizmetlerinin karmaşıklığının ve yoğunluğunun bir yansıması olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu durum, sağlık sistemlerinin, özellikle de kentsel alanlardaki sağlık hizmeti sunucularının sürekli olarak artan talebi karşılamak için daha fazla kaynağa ve tıbbi altyapıya ihtiyaç duyduğunu göstermektedir. Yoğun bakım üniteleri, hastaların en kritik durumlarında hayati öneme sahip sağlık hizmetlerini sunma kapasitesine sahip anahtar tesislerdir. Ancak bu tesislerin etkin bir şekilde işlev görebilmesi ve hastalara kaliteli bakım sağlayabilmesi için uygun tıbbi ekipmanların seçimi ve tedariki hayati öneme sahiptir. Mekanik ventilatör gibi kritik cihazların seçimi, yoğun bakım mekanizmalarının işleyişinde kritik bir rol oynamaktadır. Bu makalenin incelenen konusu olan çok kriterli karar verme perspektifi, bu önemli süreçte karar vericilere kılavuzluk ederek, sağlık hizmetlerinin etkinliğini ve hasta bakımının kalitesini artırmayı amaçlamaktadır. Bu bağlamda, makalemizde ele alınan konuların, kentlerdeki yoğun bakım ünitelerinin operasyonlarını optimize etme çabalarına ve sağlık hizmeti yöneticilerinin karar alma süreçlerine ışık tutacağını umuyoruz.

Çalışmamızda, bir 3. Basamak Eğitim ve Araştırma Hastanesi için çok önemli olan ventilasyon cihazının tedarik problemi ele alınmıştır. Ventilasyon cihazının önemi ve sahip olması gereken özellikler dikkate alındığında muadil cihazlar arasından kullanıcıların isteklerini en iyi karşılayacak olanının seçimi kritik bir tercihtir. Çalışmada cihazı kullanacak yoğun bakım ünitesinden 2, cihazın teknik özellikleri hakkında kapsamlı bilgiye sahip klinik mühendislik biriminden 2 ve cihaz maliyetleri hakkında uzman satın alma sorumlusu olmak üzere 5 kişilik bir karar verici uzman grubu oluşturulmuştur. Karar vericiler ilgili birimlerle istişare ederek tedarik edilecek cihaz ve tedarik edilecek firmalar için 45 kriter ile karar vericiler tarafında tedarikçi firmalar arasından ön eleme yapılarak 4 alternatif firma belirlenmiştir. Dilsel ifadeleri içeren form oluşturularak kriterlerin önem düzeylerini ve her bir alternatifin her bir kritere göre performansını belirleyen bulanık karar matrisleri oluşturulmuştur.

Kriterin önem düzeyi belirlendikten sonra alternatifleri sıralamak amacıyla bulanık VIKOR adımları uygulanarak alternatifler için Q değerleri bulunmuştur. En küçük Q değerine sahip alternatif kriterleri karşılayan en iyi alternatiftir. Buna göre 0,02 Q puanına sahip ALTERNATİF 3 kriterleri en iyi karşılayan alternatif olarak belirlenmiştir. Diğer alternatifler 0,35 Q puanıyla ALTERNATİF 1, 0,85 Q puanıyla ALTERNATİF 3 ve 1 Q puanıyla ALTERNATİF 4 şeklinde sıralanmıştır.

Bulanık EDAS yöntemine göre alternatifler sıralandığında ise 0,97 ile en büyük ASİ değerine sahip ALTERNATİF 3 en iyi alternatif olarak belirlenmiştir. Diğer alternatifler ise 0,96 ASİ değeriyle

ALTERNATİF 1, 0,22 ASİ puanıyla ALTERNATİF 2 ve 0,01 ASİ puanıyla ALTERNATİF 4 şeklinde sıralanmışlardır.

Hem bulanık VIKOR hem de bulanık EDAS yöntemlerine göre ALTERNATİF 3 ventilasyon cihazı ile tedarik edilecek firmada bulunması gereken 45 kriteri en iyi sağlayan firma olarak bulunmuş olup karar vericilere tedarikçi firma olarak önerilmiştir.

Bu çalışmanın bir 3. Basamak eğitim araştırma hastanesinde ihtiyaç duyulan ventilasyon cihazı için tedarikçi firma seçiminde karar vericilere öneride bulunmasının yanı sıra iki farklı ÇKKV tekniğini karşılaştırarak literatüre katkıda bulunduğu düşünülmektedir. Ayrıca ventilasyon cihazı tedarikçisinde göz önünde bulundurulması gereken kriterlerin belirlenmesi açısından da literatüre katkıda bulunulmuştur. Sonuçlar göstermektedir ki Bulanık VIKOR ve Bulanık EDAS yöntemlerinin her ikisi de alternatifleri aynı şekilde sıralayarak birbirleriyle uyumlu sonuçlar vermiştir.

Etik Standart ile Uyumluluk

Çıkar Çatışması: Yazar / yazarlar, kendileri ve / veya diğer üçüncü kişi ve kurumlarla çıkar çatışmasının olmadığını veya varsa bu çıkar çatışmasının nasıl oluştuğuna ve çözüleceğine ilişkin beyanlar ile yazar katkısı beyan formları makale süreç dosyalarına ıslak imzalı olarak eklenmiştir.

Etik Kurul İzni: Bu çalışma için etik kurul iznine gerek yoktur.

Finansal Destek: Bu çalışma için herhangi bir finansal destek alınmamıştır.

Teşekkür: Teşekkürümüz yoktur.

KAYNAKÇA:

Abdel-Basset, M., Manogaran, G., Gamal, A., & Smarandache, F. (2019). A group decision making framework based on neutrosophic TOPSIS approach for smart medical device selection. Journal of medical systems, 43, 1-13.

Açu, M. ve Ocak, Ö. Ö. (2019). Gıdalarda aflatoksin düzeylerinin belirlenmesinde kullanılan analiz yöntemleri. Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 4(2), 168-181. HYPERLINK <https://doi.org/10.33484/sinopfdb.537820>, Doi.org/10.33484/sinopfdb.537820

Ağaoğlu, S. (1999). Van ilinde açıkta satılan kırmızı pul biberlerde aflatoksin B1 varlığının araştırılması. Van Tıp Dergisi, 6(4), 28-30.

Alsohime, F., Temsah, M. H., Al-Eyadhy, A., Ghulman, S., Mosleh, H., & Alsohime, O. (2021). Technical Aspects of Intensive Care Unit Management: A Single-Center Experience at a Tertiary Academic Hospital. J Multidiscip Healthc., 14, 869-875.

Alsohime, F., Temsah, M.-H., Al-Eyadhy, A., Ghulman, S., Mosleh, H., & Alsohime, O. (2022). Technical Aspects of Intensive Care Unit Management: A Single-Center Experience at a Tertiary Academic Hospital. Journal of Multidisciplinary Healthcare, 14, 869-875.

Alyazji, Q. A., Ozsahin, D. U., Uzun, B., & Ozsahin, I. (2022). Evaluating electronic blood pressure measurement devices with fuzzy TOPSIS technique. 2022 Advances in Science and Engineering Technology International Conferences (ASET) (s. 1-5). Dubai: IEEE.

- Antmen, Z. F., & 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.
- Atasoy, A. F., Hayoğlu, İ., Korkmaz, A., Kara, E. ve Yıldırım, A. (2017). Geleneksel ev isot baharatının aflatoksin içeriğinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 21 (1), 35-40.
- Bahreini, R., Doshmangir, L., & Imani, A. (2018). Affecting Medical Equipment Maintenance Management: A Systematic Review. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 12(4), 1-8.
- Bayrakdaroğlu, F. K., & Kundakçı, N. (2019). Bulanık Edas Yöntemi ile Ar-Ge Projesi Seçimi. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, (24), 151-170.
- Behzadian, M., Otaghsara, S. K., Yazdani, M., & Ignatius, J. (2012). A state-of-the-art survey of TOPSIS applications. *Expert Syst. Appl.*, 39(17), 13051-13069.
- Biswas, S. (2020). Measuring performance of healthcare supply chains in India: A comparative analysis of multi-criteria decision making methods. *Decision Making: Applications in Management and Engineering*, 3(2), 162-189.
- Brans, J. P., & B., M. (1986). How to select and how to rank projects: the Promethee method. *Eur. J. Oper. Res.*, 24(2), 228-238.
- Brauers, W. K., & Zavadskas, E. K. (2010). Project management by multimoora as an instrument for transition economies. *Technol. Econ. Dev. Econ.*, 16(1), 5-24.
- Büyüközkan, G., & Göçer, F. (2019). Smart medical device selection based on intuitionistic fuzzy choquet integral. *Soft Comput.*, 23, 10085-10103.
- Ceballos, B., Lamata, M. T., & Pelta, D. A. (2016). A comparative analysis of multi-criteria decision-making methods. *Prog Artif Intell*, 5, 315-322.
- Delice, E., Tozan, H., Karadayı, M. A., Harnicarova, M., & Turan, B. (2022). An integrated framework for non-traditional machining process technology selection in healthcare applications. *Teh. Vjesn.*, 29, 2137-2146.
- Deniz, N., & Orhan, E. O. (2022). Development of a multi-criteria decision-making-based assessment model for dental material selection: Engine-driven nickel-titanium instruments case study. *Clin. Oral Investig.*, 26, 2645-2659.
- Farghaly, M. N., Al Dallal, S. A., Fasseeh, A. N., Monsef, N. A., Suliman, E. A., Tahoun, M. A., . . . Kaló, Z. (2021). Recommendation for a pilot MCDA tool to support the value-based purchasing of generic medicines in the UAE. *Front. Pharmacol.*, 12, 1-5.
- Girginer, N., Uçkun, N., & Çelik, A. E. (2008). Bir Üniversite Hastanesinde Tıbbi Cihaz Satın Alma Karar Süreci. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(26), 138-153.
- Haas, C. F., & Bauser, K. A. (2012). Advanced Ventilator Modes and Techniques. *Critical Care Nursing Quarterly*, 35(1), 27-38.
- Huang, I. B., Keisler, J., & Linkov, I. (2011). Multi-criteria decision analysis in environmental sciences: ten years of applications and trends. *Sci. Total Environ.*, 409(19), 3578-3594.

- Hulstaert, P. F., Kox, W., Miranda, D. R., Williams, A., & Loirat, M. D. (1990). *Management of Intensive Care: Guidelines for Better Use of Resources*. Norwell: Springer Netherlands.
- Imhoff, M., Kuhls, S., Gather, U., & Fried, R. (2009). Smart alarms from medical devices in the OR and ICU. *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology*, 1, 39-50.
- Ivlev, I., Kneppo, P., & Bartak, M. (2014). Multicriteria decision analysis: a multifaceted approach to medical equipment management. *Technological and Economic Development of Economy*, 20(3), 576–589.
- Karakaşoğlu, N. (2018). *Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri ve Uygulama*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Pamukkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli.
- Keleş, M. K., Özdağoğlu, A., & Eren, F. Y. (2019). Bir Laboratuvarında Tam Kan Sayım Cihazı Alternatiflerinin SWARA, WPM, TODIM ve AHS Yöntemleri ile Değerlendirilmesi. *İzmir İktisat Dergisi*, 511-526.
- Kundu, P., Görçün, Ö. F., & Küçükönder, H. (2022). Medical device selection in private hospitals by integrated fuzzy MCGDM methods: a case study in choosing MRI (Magnetic Resonance Imaging) system. *J. Oper. Res. Soc.*, 73, 2059-2079.
- Leong, W. Y., Wong, K. Y., & Wong, W. P. (2022). A new integrated multi-criteria decision-making model for resilient supplier selection. *Appl. Syst. Innov.*, 5, 1-18.
- Majumder, M. (2015). *Multi Criteria Decision Making*. Singapore: Springer.
- Marsh, K., Lanitis, T., Neasham, D., Orfanos, P., & Caro, J. (2014). Assessing the value of healthcare interventions using multi-criteria decision analysis: a review of the literature. *Pharmacoeconomics*, 32(4), 345-365.
- Miranda, D. R., Ryan, D. W., Schaufeli, W. B., & Fidler, V. (1998). *Organisation and Management of Intensive Care*. Griinstadt: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Moosivand, A., Rangchian, M., Zarei, L., Peiravian, F., Mehralian, G., & Sharifnia, H. (2021). An application of multi-criteria decision making approach to sustainable drug shortages management: evidence from a developing country. *J. Pharma. Health Care Sci.*, 7, 1-14.
- Motta, D., Amaral, L. T., Silva, B. D., Gomes, L. D., Barbosa, W. T., Coelho, R. S., & Machado, B. A. (2021). Collaborative and Structured Network for Maintenance of Mechanical Ventilators during the SARS-CoV-2 Pandemic. *In Healthcare*, 9(6), 754.
- Mutlu, M., Tuzkaya, G., & Sennaroğlu, B. (2017). Multi-criteria decision making techniques for healthcare service quality evaluation: A literature review. *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, 35(3), 501-512.
- Nimmo, G. R., & Singer, M. (2011). *ABC of Intensive Care*. West Sussex: Blackwell Publishing Ltd.
- Novák, V. (2006). Which logic is the real fuzzy logic? *Fuzzy Sets and Systems*, 157(5,1), 635-641.
- Opricovic, S. (2011). Fuzzy VIKOR with an application to water resources planning. *Expert Systems with Applications*, 38(10), 12983-12990.

- Ottardi, C., Damonti, A., Porazzi, E., Foglia, E., Ferrario, L., Villa, T., . . . Galbusera, F. (2017). A comparative analysis of a disposable and a reusable pedicle screw instrument kit for lumbar arthrodesis: integrating HTA and MCDA. *Health Research Policy and Systems*, 13, 1-11.
- Özçelik, G., & Nalkıran, M. (2021). An extension of EDAS method equipped with trapezoidal bipolar fuzzy information: An application from healthcare system. *Int. J. Fuzzy Syst.*, 23, 2348-2366.
- Özdağoğlu, A., Keleş, M. K., & Yörük, E. F. (2019). Sağlık İşletmelerinde Nefelometre Cihazı Alternatiflerinin Değerlendirilmesi – Dematel -Multimoora Bütünleşik Yaklaşımı. *Dokuz Eylül Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 20(2), 275-299.
- Özdağoğlu, A., Keleş, M. K., & Yörük, E. F. (2020). SWARA Tabanlı WSM ve CODAS Yöntemleri ile Biyokimya Hormon Cihazı Seçimi. *Çankırı Karatekin Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 10(1), 371-396.
- Papathanasiou, J., & Ploskas, N. (2018). TOPSIS. Cham: Springer.
- Ren, J., Ren, X., Liu, Y., Man, Y., & Toniolo, S. (2020). *Multi-Criteria Decision Analysis for Sustainability Assessment and Ranking*. London: Academic Press.
- Roy, B., & Hugonnard, J. C. (1982). Ranking of suburban line extension projects on the Paris metro system by a multicriteria method. *Transp. Res. A: Gen.*, 16(4), 301–312.
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw-Hill.
- Shamsan, A., & Aqlan, F. (2017). Selection of CT scanners using analytic hierarchy process and Monte Carlo simulation. *IIE Annual Conference. Proceedings (s. 1997-2002)*. Institute of Industrial and Systems Engineers (IISE).
- Shan, L. (2011). Research on Logistics Service Providers Selection Based on AHP and VIKOR. *International Conference on Intelligent Computing and Information Science (s. 93–98)*. Berlin: Springer.
- Shbool, M. A., Arabeyyat, O. S., Al-Bazi, A., & Al Alaween, W. H. (2021). An integrated multi-criteria decision-making framework for a medical device selection in the healthcare industry. *Cogent Eng.*, 8, 1-18.
- Shukla, K., & Muthal, S. (2017). Mishandling of Medical Devices in Hospital ICU: Analysis of Causes, Revenue Drains and Training Needs of ICU Staff. *Indian Journal of Public Health Research & Development*, 8(4), 751-755.
- 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.
- Stević, Ž., Pamučar, D., Puška, A., & Chatterjee, P. (2020). Sustainable supplier selection in healthcare industries using a new MCDM method: Measurement of alternatives and ranking according to COmpromise solution (MARCOS). *Computers & industrial engineering*, 140, 1-15.
- Sumrit, D. (2020). Supplier selection for vendor-managed inventory in healthcare using fuzzy multi-criteria decision-making approach. *Decision Science Letters*, 9(2), 233-256.
- Sumrit, D. (2021). Understanding critical success factors of vendor-managed inventory in healthcare sector: A case study in Thailand. *Int. J. Healthc. Manag.*, 14, 629-640.

- Suzumura, E. A., Zazula, A. D., Moriya, H. T., Fais, C. Q., Alvarado, A. L., Cavalcanti, A. B., & Rodrigues, R. G. (2020). Challenges for the development of alternative low-cost ventilators during COVID-19 pandemic in Brazil. *Revista Brasileira de Terapia Intensiva*, 12(32), 444-57.
- Tolga, A. C., Parlak, I. B., & Castillo, O. (2020). Finite-interval-valued type-2 Gaussian fuzzy numbers applied to fuzzy TODIM in a healthcare problem. *Eng. Appl. Artif. Intell.*, 87, 1-13.
- Torpy, J. M., Campbell, A. D., & Glass, R. M. (2010). Mechanical ventilation. *JAMA*, 303(9), 902-902.
- Varon, J., & Acosta, P. (2010). *Handbook of Critical and Intensive Care Medicine*. New York: Springer Science+Business Media.
- Wahlster, P., Goetghebeur, M., Schaller, S., Kriza, C., Kolominsky-Rabas, P., & National Leading-Edge Cluster Medical Technologies. (2015). Kolominsky-Rabas, P., & Exploring the perspectives and preferences for HTA across German healthcare stakeholders using a multi-criteria assessment of a pulmonary heart sensor as a case study. *Health Research Policy and Systems*, 13, 1-11.
- Walter, K. (2021). Mechanical ventilation. *JAMA*, 326(14), 1452-1452.
- Waydhas, C. (1999). Equipment review: Intrahospital transport of critically ill patients. *Christian Waydhas*, 3(5), 83-89.
- Yazdani, M., Torkayesh, A. E., & Chatterjee, P. (2020). An integrated decision-making model for supplier evaluation in public healthcare system: the case study of a Spanish hospital. *J. Enterp. Inf. Manag.*, 33, 965-989.
- Yürüyen, A. A., & Ulutaş, A. (2020). Bulanık AHP ve bulanık EDAS yöntemleri ile üçüncü parti lojistik firması seçimi. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 8(İktisadi ve İdari Bilimler), 283-294.
- Zadeh, L. A. (1975). Fuzzy logic and approximate reasoning. *Synthese*, 30, 407-428.
- Zadeh, L. A. (2008). Is there a need for fuzzy logic? *Information Sciences*, 178(13), 2751-2779.

EXTENDED SUMMARY

Research Problem:

The selection of medical equipment, particularly ventilators, for intensive care units (ICUs) poses a significant challenge for healthcare administrators due to the complex decision-making process involved. This process requires consideration of multiple criteria, including cost, performance, reliability, and support services, to ensure optimal resource utilization and enhance the quality of healthcare services.

Research Questions:

The research aims to address the following questions:

1. What are the key criteria influencing the selection of ventilation devices for ICUs?
2. How do fuzzy VIKOR and fuzzy EDAS methods compare in evaluating and ranking alternative supplier companies for ventilation devices in ICUs?
3. What insights can be gained from the application of these multi-criteria decision-making methods in healthcare settings, particularly in the procurement of medical equipment?

Methodology:

The aim of this study is to conduct a case study using multi-criteria decision-making methods in the selection process of mechanical ventilators in intensive care units. Fuzzy EDAS and fuzzy VIKOR methods were used to select the most suitable supplier company for the supply of mechanical ventilator devices needed in the intensive care unit of a university education and research hospital. This case study aims to provide a comprehensive evaluation for decision makers. The decision process of mechanical ventilator selection in intensive care units is analyzed in detail through a real application example and the fuzzy multi-criteria decision-making methods used in this process are evaluated. The study considers all intensive care units using mechanical ventilators as the population and was conducted in the intensive care unit of a university education and research hospital with 1005 beds. The results of the study can provide general information about the applicability and effectiveness of multi-criteria decision-making methods for mechanical ventilator selection. The methodology of the study includes the steps related to the evaluation of the criteria set by the decision makers and alternative supplier companies. The data obtained were analyzed in Excel format and the most suitable alternatives were identified using fuzzy VIKOR and fuzzy EDAS methods.

Literature Review:

The selection of complex capital equipment in healthcare services involves a critical decision-making process for hospital managers and health technology assessment experts. Various studies have addressed this process using different multi-criteria decision-making (MCDM) techniques. Sloane et al. (2003) used Analytic Hierarchy Process (AHP) for selecting neonatal ventilators, highlighting the need for decision support systems in healthcare capital equipment selection. Girginer et al. (2008) utilized AHP to determine priorities for medical equipment procurement in a university hospital. Shamsan & Aqlan (2017) showed the effectiveness of AHP and Monte Carlo simulation in selecting medical devices like CT scanners. Similarly, Ivlev et al. (2014) emphasized the efficiency of AHP in large medical equipment selection.

Other studies explored various MCDM techniques such as TOPSIS, NF-TOPSIS, DEMATEL, and BWM. Abdel-Basset et al. (2019) introduced a Neutrosophic TOPSIS model for selecting smart medical devices, while Keleş et al. (2019) compared SWARA, WPM, TODIM, and AHS for choosing the best hematology analyzer. These methods were also applied in specific cases like ventilator selection (Antmen & Miç, 2018), MRI machine selection (Tolga et al., 2020), and dental equipment selection (Deniz & Orhan, 2022).

Moreover, integrated approaches combining multiple techniques were proposed. Büyüközkan & Göçer (2019) used IF-Choquet interval method for smart medical device selection, while Özçelik & Nalkıran (2021) introduced an EDAS approach with trapezoidal bipolar fuzzy sets for image-based tests. Additionally, Stević et al. (2020) integrated MARCOS with sensitivity analysis for sustainable supplier selection.

In conclusion, the diverse range of MCDM methods applied in healthcare equipment selection contributes to understanding the complexity of decision-making in this field. These studies provide valuable guidance to healthcare professionals and managers in making informed and effective decisions, ultimately enhancing healthcare quality and resource utilization.

Results and Conclusions:

The study identified 45 criteria influencing the selection of ventilation devices for ICUs, encompassing user requirements, technical specifications, and cost factors. Four alternative supplier companies were preselected based on these criteria, and a knowledgeable expert group provided information relevant

to these factors. The study employed fuzzy VIKOR and fuzzy EDAS methods to evaluate and rank alternative supplier companies. Both methods consistently identified ALTERNATIVE 3 as the best supplier, indicating their reliability and effectiveness in similar decision-making contexts.

This research contributes to the existing literature on medical equipment selection and procurement processes in healthcare, particularly in specialized areas such as ICUs. It addresses a gap in the literature related to the selection of medical devices in critical care settings and complements existing research on capital equipment selection in healthcare services. The comparison of fuzzy VIKOR and fuzzy EDAS methods enhances understanding of their applicability in healthcare settings, demonstrating their potential in various domains, including medical imaging equipment and ultrasound device selection.

In conclusion, the study provides valuable insights into the selection process for ventilation devices in ICUs, contributing not only to practical decision-making processes for specific hospitals but also to the broader academic discourse on multi-criteria decision-making in healthcare. The consistent and complementary results obtained from fuzzy VIKOR and fuzzy EDAS methods highlight their effectiveness in supporting decision-makers in the healthcare sector, particularly in the context of medical equipment procurement.