

Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri ile Ekokardiyografi Cihazı Seçiminin Yapılması

Echocardiography Device Selection with Multicriteria Decision Making Methods

Şeyma CİHAN,^a Enes AYAN,^b Tamer EREN^c, Taner TOPAL,^d Erdem Kamil YILDIRIM^e

ÖZET Amaç: Medikal cihazlar hastanelerde en çok bütçe ayrılan kalemlerdendir. Bu nedenle medikal cihaz alım kararı kritik kararlardan biridir. Bu çalışmada, bir devlet hastanesinde Kardiyoloji Servisine alınması planlanan ekokardiyografi cihazı seçim problemi ele alınmıştır. **Gereç ve Yöntem:** Ekokardiyografi cihazı seçimini etkileyen kriterler ve mevcut alternatif cihazlar konuyla ilgili literatür taranarak ve kardiyoloji alanında uzman üç hekimin görüşleri alınarak belirlenmiştir. Seçim kriterleri belirlendikten sonra Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemi ile kriterler ağırlıklandırılmış ve İdeal Çözüme Dayalı Sıralama Tekniği (TOPSIS) yöntemi ile alternatifler sıralanarak en iyi alternatif belirlenmiştir. **Bulgular:** Ekokardiyografi cihazının seçim problemi için belirlenen alternatiflerin öncelikleri AHP yöntemine göre, B cihazı için %48, ikinci sırada yer alan A cihazı için %29, C cihazı için ise %23 olarak bulunmuştur. TOPSIS yöntemi ile İdeal Uzaklık (S_i^*), Negatif İdeal Uzaklık (S_i^-) ve her bir karar noktasının ideal çözüme göreli yakınlık (C_i^*) değerleri B cihazı için sırasıyla 0, 0.124287 ve 1 olarak bulunmuştur. **Sonuç:** AHP ve TOPSIS yöntemine göre B cihazı birinci alternatif olarak öne çıkmıştır. **Anahtar kelimeler:** AHP, çok ölçütlü karar verme, medikal cihaz seçimi, TOPSIS

ABSTRACT Purpose: Medical devices are the most budgeted items in hospitals. For this reason, the decision to buy a medical device is one of the critical decisions. In this study, the selection problem of echocardiography device planned to be taken to a cardiology department in a public hospital was discussed. **Methods:** Criteria affecting echocardiography device selection and available alternative devices were determined by reviewing the relevant literature and taking the opinions of three physicians specializing in cardiology. After the selection criteria were determined, the criteria were weighted by the Analytic Hierarchy Process (AHP) method and the best alternative was determined by sorting the alternatives by TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) method. **Results:** The priorities of the alternatives determined for the selection problem of the echocardiography device were found to be %48 for B, %29 for A, and %23 for C, according to the AHP method. With the TOPSIS method, the ideal distance (S_i^*), negative ideal distance (S_i^-) and the ideal solution relative (C_i^*) values of each decision point were found to be 0, 0.124287 and 1 for B, respectively. **Conclusion:** According to the method of AHP and TOPSIS, device B is the first alternative.

Key words: AHP, medical machine selection, multicriteria decision making, TOPSIS

GİRİŞ

Günümüzde hastanelerin sağlık hizmeti verebilmek için medikal teknolojiye olan bağımlılıkları giderek artmaktadır. Sağlık kuruluşlarında hastalar için yüksek kalitede hizmetin sağlanması, alanında doğru eğitim almış ve yeterli becerilerle donatılmış uzman personelin varlığıyla mümkündür. Ancak, söz konusu yüksek standartlara ulaşmak ve devam ettirmek için kişisel bilgi ve beceri yeterli değildir. Bunun için uygun alt yapı ve donanım da gerekmektedir. Bu donanım içinde yer alan yenilikçi medikal cihazlar, tanı, tedavi ve rehabilitasyon alanlarında verilen sağlık hizmetinin sonuçlarını olumlu bir şekilde etkilemektedir.¹ Medikal teknolojilerin temini sağlık harcamaları içinde en önemli gider

kalemlerinden biridir.² Dünya sağlık örgütünün 2010 raporuna göre diğer bütün gider kalemleri arasında sağlık bakım sistemi giderleri gelişmekte olan ülke ekonomileri için büyük yük oluşturmaktadır.³ Medikal ekipman seçim kararı, hizmet verilen hasta grubunun sağlık bakımı ve daha sonrasında da yaşam kalitesi üzerindeki önemli etkilerinden dolayı kritik öneme sahiptir.²

Medikal cihaz seçme kurum ve kuruluş için zaman alıcı ve ileri düzeyde bilgi ve deneyim gerektiren problemlerle kritik bir süreçtir. Makine-ekipman seçimi için standart bir katalog sisteminin olmaması, çok sayıda kriterin değerlendirilmesi ve yeni bir ekipmanın teknolojik gelişmelerle birlikte tanıtılması, problemi daha da komplike bir hale

Geliş Tarihi/Received: 15-06-2016 / Kabul Tarihi/Accepted: 11-12-2016

^aArş. Gör. Kırıkkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü cihanseyma@gmail.com,

^b Arş. Gör. Kırıkkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü enesayan@kku.edu.tr,

^c Doç. Dr. Kırıkkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü tamereren@gmail.com,

^d Yrd. Doç. Dr. Kırıkkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü ttopal@kku.edu.tr,

^e Prof. Dr. Kırıkkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü ekylildirim@gmail.com,

Sorumlu yazar /correspondence: Tamer Eren

getirebilmektedir. Uygun ve etkili bir değerlendirme için, karar vericilerin çok fazla miktarda veriyi analiz etmesi ve birçok faktörü göz önünde bulundurması gerekmektedir.⁴ Ayrıca, uygun olmayan ekipman seçimi bir sisteminin üretkenliğini ve toplam performansını negatif yönde etkileyeceğinden sistemler için oldukça önemli bir eylemdir.⁵ Gerektiğinden daha nitelikli ekipman seçimi ise şirketin nakit akışını aksatabilir, ayrıca atıl ekipman ve aşırı stok gibi problemlere yol açabilir.⁶ Ele alınan problemlerde ulaşılmak istenen hedefin birçok parametre tarafından belirlendiği ve değerlendirilecek alternatiflerin her birinin kendine has avantajları bulunmaktadır. Bu sebeple çok ölçütlü karar verme problemi ortaya çıkmakta ve karar verme işi oldukça güçleşmektedir.⁷ Kararlar üzerine etki eden tüm kriterlerin değerlendirilmesi ve analizi amacıyla çok ölçütlü karar verme yöntemleri geliştirilmeye başlanmıştır.⁸ Çok ölçütlü karar verme yöntemleri, elde ki mevcut alternatifleri deterministik kriter değerlerine göre inceleyerek, en iyi uzlaşıcı çözüme ulaşır.

Literatürde çok ölçütlü karar verme yöntemlerinin makine seçim problemine uygulanması ile ilgili çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Chatburn ve Primiano⁹ yaptıkları çalışmada yoğun bakım ünitesine ventilatör alımı için çeşitli karar verici mekanizmaların bir araya getirildiği bir model oluşturmuşlardır. Çalışmada, karar verme sürecindeki önemli kriterler tanımlanmıştır. Arslan ve ark⁴, çalışmalarında makine ekipman seçimi sırasında yaşanan problemleri tanımlamışlar ve kriterleri belirleyerek çok ölçütlü bir karar verme modeli geliştirmişlerdir. Çimren ve ark¹⁰, yaptıkları çalışmada Analitik Hiyerarşi Süreci (Analytic Hierarchy Process -AHP) yöntemini kullanarak makine seçim problemi için bir karar destek sistemi yazılımı geliştirmişlerdir. Seçim sürecinde makine özellikleriyle ilgili kalitatif kriterler belirlenmiştir. Kaya ve ark⁸, insan yargı ve değerlendirmelerini de içeren çok kriterli karar verme probleminin uygulanmasını ele almışlardır. Bu süreçte bulanık İdeal Çözüme Dayalı Sıralama Tekniği (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution-TOPSIS) yöntemi kullanılmış ve bir işletmeye alınacak uygun Bilgisayar Sayımlı Yönetim (Computer Numerical Control-CNC) cihazı seçim problemine uygulanmıştır. Dağdeviren⁵, AHP ve Tercih Sıralaması Zenginleştirme Değerlendirmelerinin Organizasyonu Metodu

(The Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation-PROMETHEE) yöntemlerini birlikte kullanarak bir ekipman seçim problemini ele almıştır. Balaji ve ark¹¹, Hindistan'da otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın CNC makinası seçim sürecine destek olmak için Gerçeği Tercüme Eden Eleme ve Seçim (The Elimination and Choice Translating Reality-ELECTRE) yöntemini kullanarak bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Ayrıca verilen kararın güvenilirliğini test etmek için duyarlılık analizi de yapmışlardır. Yılmaz ve Dağdeviren⁶, çalışmalarında, bir işletmenin kaynak makinesi seçimi problemini, çok kriterli bir karar verme problemi temelinde incelemişlerdir. Bazzazi ve ark¹², çalışmalarında maden ocağı açma makine seçimi problemini ele alarak, AHP yöntemi ve Çok Kriterli Optimizasyon ve Uzlaşık Çözüm (Vise Kriterijumska Optimizacija I Kopromisno Resenje-VIKOR) yöntemi uygulamışlardır. Özgen ve ark¹³, makine seçim problemi ile ilgili yaptıkları çalışmada, bulanık AHP-PROMETHEE yaklaşımı ile İstanbul'da faaliyet gösteren bir firmanın presleme makinası seçim problemini ele almışlar ve çıkan sonuçları bulanık AHP-TOPSIS yöntemiyle karşılaştırmışlardır. Çalışkan ve ark¹⁴, çalışmalarında 19 adet alternatif kesici takım malzemesi ve 10 adet seçim kriterinden oluşan bir karar matrisini ele alarak, kesici takım malzemesi seçimi problemini çözmek amacıyla TOPSIS metodunu uygulamışlardır. Perçin¹⁵, çalışmasında makine-teçhizat seçimi için bulanık çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden AHP ve TOPSIS yöntemlerini kullanmışlardır. Literatür taraması ve uzman görüşleri doğrultusunda CNC tezgâhlarının seçimini etkileyen karar kriterlerini belirlemiştir. Taha ve Rostam¹⁶, CNC makinesi seçimi için AHP-PROMETHEE yöntemlerini kullanmışlardır. Ertuğrul ve Özçil¹⁷ klima seçim kararını etkileyen faktörleri belirlemek ve tercih sıralama önerisi sunmak amacıyla yaptıkları çalışmada, TOPSIS ve VIKOR yöntemlerini kullanılmışlardır. Özdağoğlu¹⁸ çalışmasında üretim faaliyetleri için gereken CNC torna tezgâhının seçiminde VIKOR ve TOPSIS yöntemlerini kullanarak karar vermişlerdir. Rahimdel ve Ataei¹⁹ yapmış oldukları çalışmada İran'da Golegozar Demir Madeninde kullanılmak üzere kırıcı seçimi için AHP yöntemini kullanmışlardır. İvlev ve ark² yılında yaptıkları bir çalışmada belirsizlik altında medikal cihaz seçiminin desteklenmesi

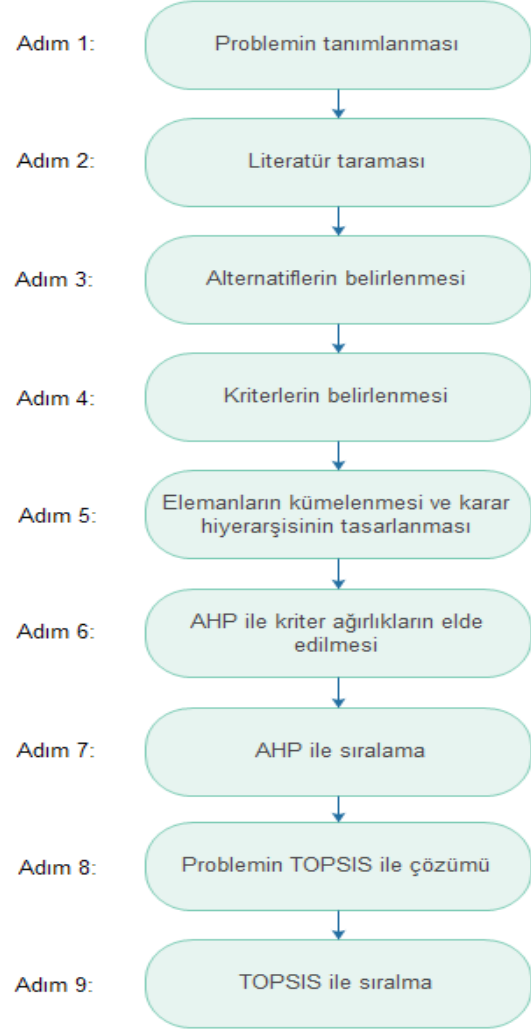
amacıyla çok ölçütlü karar analizi ile MR cihazı seçimi için bir karar destek mekanizması geliştirilmişlerdir. Kursunoglu ve Onder²⁰ AHP yöntemi kullanarak maden havalandırma sisteminde kullanılmak üzere uygun fan seçim işlemi gerçekleştirmişlerdir. Martelli ve ark¹ Fransa'daki üniversite hastanelerinde yenilikçi medikal ekipmanların değerlendirilmesi ile ilgili yaklaşımların saptanması amacıyla yaptıkları çalışmada medikal cihaz alımını etkileyen kriterleri saptamışlardır. Martelli ve ark²¹ yılında yaptıkları bir çalışmada Fransa'daki üniversite hastanelerinde medikal cihazların seçim sürecinde ele alınan değerlendirme kriterleri belirlenmiştir ve çok ölçütlü karar verme yöntemlerine dayan bir karar destek aracı geliştirmişlerdir. Wu ve ark²² makine seçim problemini incelemişlerdir. CNC seçim probleminin çözümü için bulanık VIKOR yöntemine dayanan iki farklı algoritma geliştirilmiş ve sonuçları karşılaştırılmıştır. Karim ve Karmaker²³ çalışmalarında AHP ve TOPSIS yöntemini kullanarak makine seçimi için bir karar destek sistemi geliştirmişler ve Bangladeş' te bir firmada uygulama yapmışlardır.

Bu çalışmada, bir devlet hastanesinin kardiyoloji servisine alınacak ekokardiyografi cihazı seçim problemi çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden AHP ve TOPSIS yöntemleri kullanılarak en iyi alternatif belirlenmiştir.

Gereç ve Yöntem

Kardiyoloji Servisine alınması planlanan ekokardiyografi cihazı seçim problemine, çok ölçütlü karar verme yöntemlerinin uygulanma adımları Şekil 1'de gösterilmiştir.

Kardiyoloji Servisinde kullanılan mevcut ekokardiyografi cihazının uzun süredir kullanılıyor olması bazı sorunlara yol açmıştır. Bunlar; daha sık arızalanması, arızalanmalardan kaynaklanan bakım-onarım masraflarının artması, bakım ve onarım için gerekli zamanın ve bekleme süresinin uzaması, mevcut ekokardiyografi cihazının eski jenerasyon bir cihaz olması nedeniyle bazı tanı prosedürlerinin yapılabilmesine imkan tanımaması ve geliştirme ve işletim giderlerinin fazla olmasıdır.



Şekil 1. Çok ölçütlü karar verme sürecinin şematik gösterimi

Sonuç olarak Kardiyoloji kliniğine alınması planlanan yeni jenerasyon bir ekokardiyografi cihazı ile aşağıdaki hedeflere ulaşılması beklenmektedir.

- Hasta bakım kalitesinin artırılması
- Uzman personelin yeterli altyapı-donanım yoluyla yeterliliklerinin artırılması
- Gelecek güncellemeler için uygun teknik altyapı sağlanması
- Bakım onarım maliyetlerinin azaltılması

Bu çalışmada, hastanenin Kardiyoloji Servisine alınması planlanan ekokardiyografi cihazının seçimi için çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden AHP ve TOPSIS yöntemi kullanılmıştır.

Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri

Karar verme, seçenek kümesi içinden en az bir amaç doğrultusunda ve bir ölçüte dayanarak en uygun bir yâda birden fazla seçeneği değerlendirme sürecidir. Doğru kararları

verebilmek için çok ölçütlü karar verme yöntemleri karşımıza çıkmaktadır.²⁴

Analitik Hiyerarşi Prosesi

AHP, Thomas L. Saaty tarafından 1980 yılında, karmaşık problemlerin çözümü için geliştirilen, ekonomik sosyal ve teknik alanlardaki birçok problemin çözümü için kullanılan bir yöntemidir.²⁵ AHP, öğeleri arasında karmaşık ilişkiler sergileyen karar problemlerinde; öğeler arasında hiyerarşik bir yapıda ilişki barındıran, sezgisel ve mantıksal düşünceyle irdeleyebilen bir yaklaşımdır.²⁶ AHP yönteminin uygulama adımları aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır:

Adım 1: Karar probleminin tanımlanması: İlk adımda karar verme problemi net bir şekilde tanımlanmalıdır.

Adım 2: Hiyerarşinin oluşturulması: Amaç, ana ölçütler ve varsa alt ölçütlerden oluşan en az üç seviyede ile temsil edilen bir yapıdır.

Adım 3: İkili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması: Bu matrisler oluşturulurken Saaty tarafından önerilen 1-9 skalası kullanılmaktadır.

Adım 4: Öncelik vektörün (W) hesaplanması: İlgili matristeki her bir öğenin bir değerine göre önemini gösteren öncelik vektörünün hesaplanması aşamasıdır.

Adım 5: Tutarlılık oranının hesaplanması: Sabit sayılardan meydana gelen ve n değerine göre oluşturulan RI değerleri kullanılarak formüle edilir ve tutarlılık oranı $\leq 0,10$ olması istenir.

TOPSIS Yöntemi

TOPSIS yöntemi Hwang ve Yoon tarafından geliştirilen, ideal çözüme en yakın uzaklıkta ve negatif ideal çözüme en uzak bir çözüm belirleyen bir yöntemdir.²⁷ TOPSIS yöntemi rasyonelliği ve kolay kavranabilirliği, hesaplamadaki basitliği ve değerlendirme kriterlerinin ağırlıklandırılmasına imkân vermesi gibi avantajları nedeniyle literatürde en çok kullanılan tekniklerden biridir.²⁸

TOPSIS yönteminin uygulama adımları aşağıdaki gösterilmektedir:

Adım 1: Karar matrisinin oluşturulması: Oluşturulacak olan karar matrisinde satırlar karar vermede kullanılacak alternatifleri,

sütunlar ise belirlenen kriterleri kapsamaktadır.¹⁷

Adım 2: Standart karar matrisinin oluşturulması: Standart karar matrisi A matrisine aşağıdaki formülün uygulanması ile elde edilen bir matristir.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^n a_{ij}^2}} \quad R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1j} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2j} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{i1} & r_{i2} & \dots & r_{ij} \end{bmatrix}$$

Adım 3: Ağırlıklı standart karar matrisinin oluşturulması: Değerlendirme kriterlerine ilişkin belirlenen ağırlık değerleri (w_i) ile standart karar matrisi çarpılarak bulunan matristir.

Adım 4: Pozitif ideal (A^+) ve negatif ideal (A^-) değerlerinin hesaplanması: Pozitif ideal çözüm seti V matrisindeki ağırlıklandırılmış değerlendirme faktörlerinin yani sütun değerlerinin en büyükleri seçilerek ve Negatif ideal çözüm seti ise, V matrisindeki ağırlıklandırılmış değerlendirme faktörlerinin yani sütun değerlerinin en küçükleri seçilerek oluşturulur.

Adım 5: Ayırım Ölçülerinin Hesaplanması: Her bir alternatife ilişkin karşılaştırma kriteri değerlendirmesinin bulunurken pozitif ve negatif ideal çözüm kümesinden uzaklıkların hesaplanmasıdır.

Adım 6: İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması: Burada kullanılan ölçüt, negatif ideal ayırım ölçüsünün toplam ayırım ölçüsü içindeki payıdır. Yakınlık katsayısı değerinin hesaplanmasını gösteren formül aşağıda gösterilmiştir.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*}$$

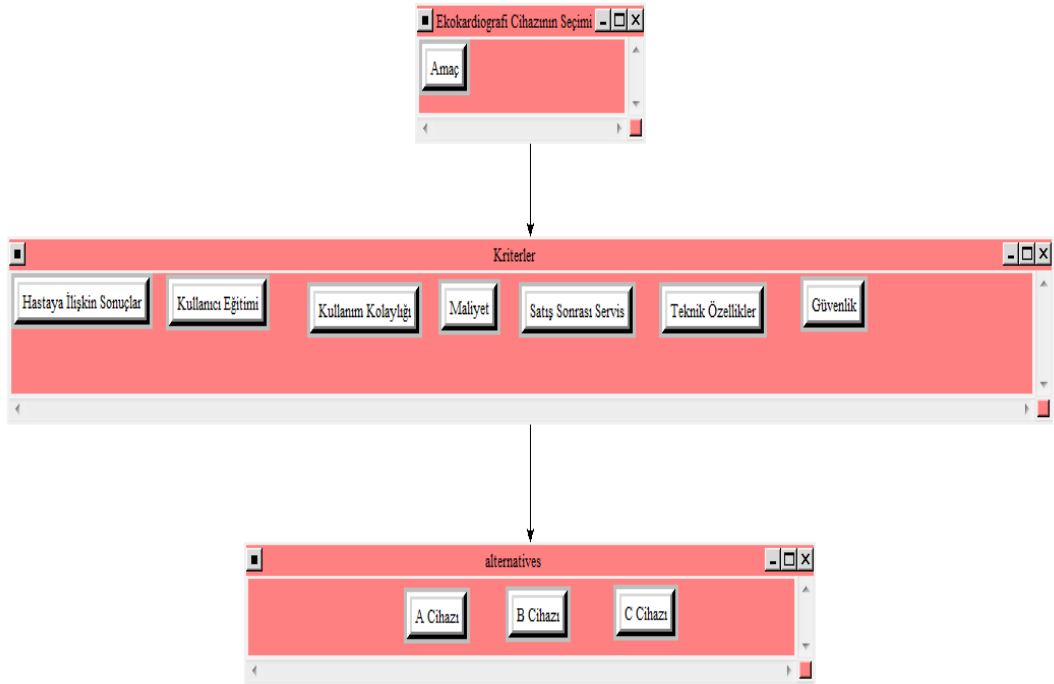
Formülde gösterilen C_i^* değeri $0 \leq C_i^* \leq 1$ aralığında yer alır ve C_i^* değerinin 1'e yakın olması ideal çözüme olan yakınlığını ve 0'a yakın olması ideal çözüme olan uzaklığını gösterir.¹⁷

Ekokardiyografi cihazının seçim problemi için alternatiflerin belirlenmesi amacıyla Türkiye pazarında faaliyet gösteren medikal cihaz firmaları değerlendirilmiştir. Kardiyoloji alanında uzman üç hekimin görüşü

ve kardiyoloji alanında önemli bir otorite olan Avrupa Kardiyovasküler Görüntüleme Derneğinin standartları²⁹ göz önünde bulundurularak aynı segmentte olduğuna karar verilen 3 ayrı medikal cihaz firmasının ekokardiyografi cihazı firma gizliliğini korumak amacıyla isimleri verilmeyerek A, B, C lternatifi olarak değerlendirilmiştir. Alternatiflerin belirlenmesinden sonra, literatürde medikal cihaz seçimi ile ilgili yapılmış çalışmalar incelenerek ve kardiyoloji uzmanlarından görüş alınarak kriterler belirlenmiştir. Buna göre maliyet (M), hastaya

ilişkin sonuçlar (HİS), medikal cihazın teknik özellikleri (TÖ), satış sonrası servis hizmetleri (SSS), kullanım kolaylığı (KK), güvenlik (G) ve kullanıcı eğitimi (KE) kriterler olarak belirlenmiştir.

Kriterler ve alternatifler arasında hiyerarşik yapının oluşturulmasında, ikili karşılaştırmaların yapılması ve ağırlıkların hesaplamalarda SUPER DECISIONS 1.6.0 yazılımı kullanılmıştır.³⁰ Ekokardiyografi cihazının seçim problemi için belirlenen kriter ve alternatifler arasında tanımlanan hiyerarşik yapı oluşturulmuştur (Şekil 2).



Şekil 2. Çok ölçütlü karar vermede AHP hiyerarşik yapısı

Kriterler arasındaki etkileşimi değerlendirmek amacıyla ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuş ve kriterlerin ağırlıkları belirlenmiştir. Sonrasında, Super decisions paket programıyla AHP yöntemine göre ekokardiyografi cihazının seçim problemi için belirlenen alternatiflerin öncelikleri bulunmuştur. İkinci aşamada, AHP yöntemi ile elde edilen ağırlıklar TOPSIS yönteminde kullanılmış ve belirlenen 3 alternatif arasında en iyi olanın seçimi yapılmıştır.

Bulgular

AHP yöntemine göre Kriterler arasında etkileşim değerlendirilerek ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuş ve kriterlerin ağırlıkları belirlenmiştir (Tablo 1).

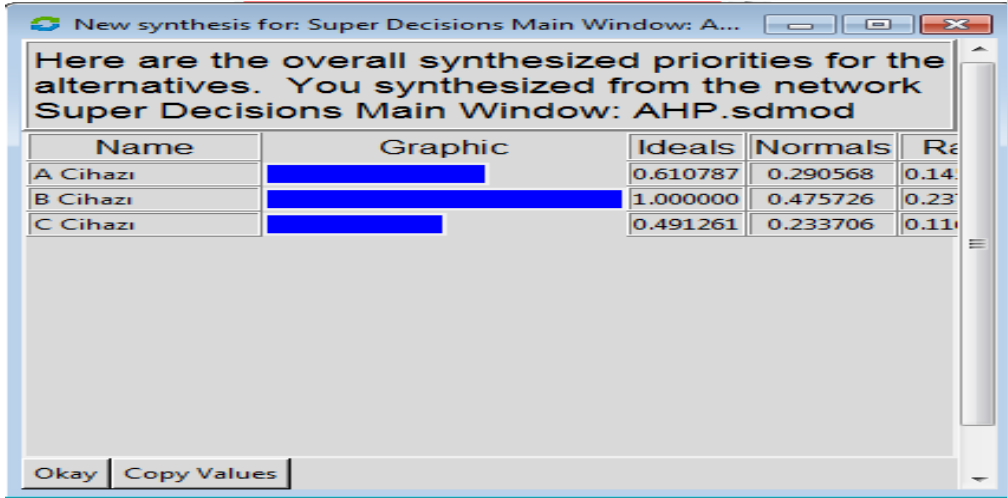
Tablo 1. AHP sonucunda belirlenen kriterlerin öncelikleri

Kriterlerin Öncelikleri	Normalize Edilmiş Değerler
Güvenlik (G)	0.02172
Hastaya İlişkin Sonuçlar (HİS)	0.11772
Kullanıcı Eğitimi (KE)	0.02439
Kullanım Kolaylığı (KK)	0.08752
Maliyet (M)	0.24830
Satış Sonrası Servis (SSS)	0.05671
Teknik Özellikler (TÖ)	0.44364

Super decisions paket programıyla oluşturulan karar matrisi sonucunda kriterlerin ağırlıkları elde edilmiştir. Normalize edilmiş analiz sonuçlarında görüldüğü üzere teknik özellikler kriteri en fazla ağırlığa sahiptir %44. Teknik

özellikler kriterini maliyet ve hastaya ilişkin sonuçlar kriterleri izlemektedir %12. Ayrıca, ekokardiyografi cihazının seçim problemi için

belirlenen alternatiflerin öncelikleri bulunmuştur (Şekil 3).



Şekil 3. Super decision programıyla bulunan alternatiflerin öncelikleri

Elde edilen bu sonuçlara göre B marka cihazın öncelik değeri %48 ile ilk sırada yer almaktadır. A alternatifi ise %29 normalize değeri ile ikinci sırada yer almıştır. AHP yöntemi ile elde edilen ağırlıklar TOPSIS yönteminde kullanılmış ve belirlenen 3 alternatif arasından en iyi olanın seçimi yapılmıştır. TOPSIS yöntemi ile çözümün ilk aşaması olan karar matrisi oluşturulmuştur (Tablo 2). Karar matrisi oluşturulurken satırlarda üstünlükleri sıralanmak istenen karar noktaları, sütunlarda ise karar vermede kullanılacak değerlendirme faktörleri yer alır. Karar matrisindeki ölçütlere

ait puan veya özelliklerin kareleri toplamının karekökü alınarak matris normalize edilir. Daha sonra AHP yönteminde bulunan ağırlıklar kullanılarak ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi hesaplanır (Tablo 3)

Tablo 2. Karar Matrisi

Alternatifler	Kriterler						
	M	HİS	TÖ	KK	G	KE	SSS
A Cihazı	90	8	6	8	7	7	6
B Cihazı	10	8	8	9	7	8	7
C Cihazı	80	7	5	7	6	7	6

Tablo 3. Ağırlıklandırılmış Karar Matrisi

Ağırlıklar	0,2483	0,11772	0,44364	0,08752	0,02172	0,02439	0,05671
Alternatifler	Kriterler						
	M	HİS	TÖ	KK	G	KE	SSS
A Cihazı	0,142769	0,070787	0,238082	0,050268	0,013134	0,013413	0,030932
B Cihazı	0,158633	0,070787	0,317442	0,056552	0,013134	0,015330	0,036088
C Cihazı	0,126906	0,061938	0,198400	0,043984	0,011257	0,013413	0,030932

İdeal çözümün oluşturulabilmesi için ağırlıklı standart matristeki değerlendirme faktörlerinin yani sütun değerlerinin en büyükleri seçilmesi gerekmektedir.

Negatif ideal çözüm seti ise, ağırlıklı standart matristeki değerlendirme faktörlerinin yani sütun değerlerinin en küçükleri seçilerek oluşturulur (Tablo 4).

Tablo 4. İdeal ve negatif ideal çözüm

İdeal Çözüm	0,158633	0,070787	0,317442	0,056552	0,013134	0,015330	0,036088
Negatif İdeal Çözüm	0,126906	0,061938	0,198400	0,043984	0,011257	0,013413	0,030932

Her bir karar noktasına ilişkin değerlendirme faktörü değerinin İdeal ve negatif ideal çözümlerden sapmalarının bulunabilmesi için Euclidian Uzaklık Yaklaşımından yararlanılmaktadır. İdeal Uzaklık (S_i^*) ve

Negatif İdeal Uzaklık (S_i^-) hesaplandıktan sonra TOPSIS yönteminde son adım olarak her bir karar noktasının ideal çözüme göreli yakınlığı (C_i^*) ya da diğer bir ifadeyle Pozitif-ideal çözüme olan benzerlikler hesaplanır (Tablo 5).

Tablo 5. S_i^+ , S_i^- , C_i değerleri

	S_i^+	S_i^-	C_i^*
A Cihazı	0,081360	0,044130	0,351661
B Cihazı	0	0,124287	1
C Cihazı	0,124287	0	0
Sonuç	1	B	

Bu sonuçlara göre tercih edilecek ekokardiyografi cihazı ilk sırada yer alan B marka cihazdır.

Tartışma

Literatürde, makine-ekipman seçimi ile ilgili bir çok yöntem geliştirilmiştir. Ancak makine-ekipman seçim problemi tipik olarak çeşitli kriterlerin ve bir dizi alternatifin olduğu çok ölçütlü karar verme problemidir³¹. Çok ölçütlü karar verme yöntemleri, elde ki mevcut alternatifleri deterministik kriter değerlerine göre inceleyerek, en iyi uzlaşıcı çözüme ulaştırır ve sonucunda karar verici eldeki mevcut alternatifleri sıralayabilir, gruplandırabilir veya aralarından seçim yapabilir³². Bu çalışma kapsamında, medikal cihaz seçim problemi çok ölçütlü karar verme problemi olarak ele alınmış ve problemin çözümünde sistematik bir yaklaşım izlenmiştir. Medikal cihaz seçimini etkileyen kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesinde AHP yöntemi kullanılmıştır. Çok ölçütlü karar verme yöntemlerinin analizi, AHP yönteminin medikal ekipman seçiminde majör kriterlerin tanımlanması açısından oldukça etkili olduğunu göstermektedir³³. AHP yöntemi, sağlık bakımı ve medikal karar verme sürecinde; tanılama, hasta katılımı, tedavi, organ transplantasyonu, proje-teknoloji değerlendirme ve seçme, insan kaynakları planlama, sağlık bakımını ve politikalarını değerlendirme gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Bununla birlikte, yapılan literatür incelemelerinde AHP yönteminin en fazla proje ve sağlık teknolojisi değerlendirme ve seçme sürecinde kullanıldığını göstermektedir. AHP yönteminin bu kullanım alanları, yöntemin bir değerlendirme aracı olarak gücünü göstermektedir³⁴.

Yapılan çalışmada, ekokardiyografi cihazı seçimini etkileyen kriterlerden teknik özellikler, maliyet ve hastaya ilişkin sonuçların karar verme sürecinde daha fazla ağırlığa sahip olduğu görülmektedir. Kriter ağırlıkları ile ilgili çalışma bulgularının, literatürde medikal cihaz seçimi ile ilgili çalışmalarla benzerlik gösterdiği^{2,1,9}. Bu sonuçlar, belirlenen kriterlerin farklı medikal cihaz seçim problemlerinde de kullanılabileceğini göstermektedir.

Hastaneler, kaynaklarının önemli bir kısmını yeni medikal cihazların temini için kullanmaktadırlar. Ancak medikal teknolojinin seçim süreci birçok hastanede iyi yönetilmemektedir³⁵. Kliniklerde büyük maliyetleri olan hasta bakım ekipmanlarının alımı genellikle kısa süreli deneme süresince kazanılan sübjektif izlenimlere dayanmaktadır. Bu yaklaşım teknik özellikleri açık olan ve maliyeti birkaç bin doların altında olan ekipmanlar için uygun olabilmektedir. Ancak ileri teknoloji gerektiren yenilikçi medikal ekipmanların durumu diğer ekipmanlardan farklıdır⁹. Bu nedenle, bu çalışma ile oluşturulan kavramsal çerçevenin ve sistematik yaklaşımın, bir çok sağlık kuruluşu için zaman alıcı ve kritik bir süreç olan medikal ekipman seçim sürecinde kullanılabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, çok ölçütlü karar verme yöntemlerinin uygun bir şekilde kullanılması ile birlikte, medikal teknoloji ile ilgili uzman kişilerin de sürece dahil edilmesi ile edinilen teknoloji hasta bakımının iyileştirilmesine, maliyet ve risklerin kontrol altına alınmasına katkıda bulunmaktadır³⁶. Bu nedenle çalışmada, çok ölçütlü karar verme yöntemleri uygulanırken, medikal teknoloji ile ilgili uzmanlar sürece dahil edilmiştir.

Sonuç

Bu çalışmada, bir devlet hastanesinin Kardiyoloji Servisine alınması planlanan ekokardiyografi cihazı seçim problemi ele alınmıştır. Ekokardiyografi cihazı seçimini etkileyen 7 adet kriter konuyla ilgili literatür taranarak ve kardiyoloji alanında uzman üç hekimin görüşleri alınarak; maliyet, güvenlik, hastaya ilişkin sonuçlar, kullanıcı eğitimi, kullanım kolaylığı, satış sonrası servis ve teknik özellikler olarak belirlenmiştir. Ayrıca, yine uzman hekimin değerlendirmeleri ve Avrupa Kardiyovasküler Görüntüleme Derneği tarafından belirlenen ekokardiyografi cihazı standartları da göz önünde bulundurularak 3 adet alternatif cihaz; A, B ve C olarak temsili belirlenmiştir. Ekokardiyografi cihazının seçim problemi çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden olan; AHP ve TOPSIS yöntemleri ile değerlendirilmiştir.

Değerlendirme sonuçlarına bakıldığında B cihazı birinci alternatif olarak öne çıkmıştır. B ekokardiyografi cihazını sırasıyla A ve C markalı cihazlar izlemiştir.

Kaynaklar

- Martelli N, Hansen P, Van Den Brink H, Boudard A, Cordonnier AL, Devaux C, et al. Combining Multi-Criteria Decision Analysis And Mini-Health Technology Assessment: A Funding Decision-Support Tool for Medical Devices in A University Hospital Setting. *Journal of Biomedical Informatics* 2016; 59: 201-208.
- Ivlev I, Vacek J, Kneppo P. Multi-Criteria Decision Analysis For Supporting The Selection Of Medical Devices Under Uncertainty. *European Journal of Operational Research*, 2015; 247(1): 216-228.
- World Health Organization. World Health Report 2010: Health Systems Financing, The Path To Universal Coverage. Geneva, Switzerland Available from http://www.who.int/whr/2010/10_summary_en.pdf. Erişim Tarihi: 7.6.2016.
- Arslan Ç, Catay M, Budak E. A Decision Support System for Machine Tool Selection. *Journal of Manufacturing Technology Management* 2004; 15(1): 101-109.
- Dağdeviren M. Decision Making in Equipment Selection: An Integrated Approach with AHP and PROMETHEE. *Journal of Intelligent Manufacturing* 2008; 19(4): 397-406.
- Yılmaz B, Dağdeviren M. Ekipman Seçimi Probleminde PROMETHEE ve Bulanık PROMETHEE Yöntemlerinin Karşılaştırmalı Analizi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi* 2010; 25(4): 811-826.
- Santos FA, Garcia R. Decision Process Model To The Health Technology Incorporation. *In Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2010 Annual International Conference of the IEEE* 2010; 414-417.
- Kaya İ, Kılınç MS, Çevikcan E. Makine Teçhizat Seçim Probleminde Bulanık Karar Verme Süreci. *Mühendis ve Makine* 2007; 49(576): 8-14.
- Chatburn RL, Primiano JFP. Decision Analysis For Large Capital Purchases: How To Buy A Ventilator. *Respiratory care* 2001; 46(10): 1038-1053.
- Çimren E, Çatay B, Budak E. Development of a Machine Tool Selection System Using AHP. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 2007; 35(3-4): 363-376.
- Balaji CM, Gurumurthy A, Kodali R. Selection Of A Machine Tool For FMS Using ELECTRE III—A Case Study. *IEEE International Conference on Automation Science and Engineering* 2009; 171-176.
- Bazzazi, AA, Osanloo M, Karimi B. Deriving Preference Order of Open Pit Mines Equipment through MADM Methods: Application of Modified VIKOR Method. *Expert Systems with Applications* 2011; 38(3): 2550-2556.
- Özgen A, Tuzkaya G, Tuzkaya UR, Özgen D. A Multi-Criteria Decision Making Approach For Machine Tool Selection Problem In A Fuzzy Environment. *International Journal of Computational Intelligence Systems* 2011; 4(4): 431-445.
- Çalışkan H, Kurşuncu B, Kurbanoglu C, Güven ŞY. TOPSIS Metodu Kullanılarak Kesici Takım Malzemesi Seçimi. *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi* 2012; 9(3): 35-42.
- Perçin S. Bulanık AHS Ve TOPSIS Yaklaşımının Makine teçhizat Seçimine Uygulanması. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* 2012; 21(1): 169-184.
- Taha Z, Rostam S. A Hybrid Fuzzy Ahp-Promethee Decision Support System for Machine Tool Selection in Flexible

- Manufacturing Cell. *Journal of Intelligent Manufacturing* 2012; 23(6): 2137-2149.
17. Ertuğrul İ, Özçil A. Çok Kriterli Karar Vermede TOPSIS ve VIKOR Yöntemleriyle Klima Seçimi. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler* 2014; 4(1): 267-282.
 18. Özdağoğlu A. Üretim Faaliyetinde Bulunan İşletmeler İçin CNC Torna Tezgâhı Alternatiflerinin VIKOR ve TOPSIS Yöntemleri İle Karşılaştırılması. *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* 2014; 14(2): 37-57.
 19. Rahimdel MJ, Ataei M. Application of Analytical Hierarchy Process to Selection of Primary Crusher. *International Journal of Mining Science and Technology* 2014; 24(4): 519-523.
 20. Kursunoglu N, Onder M. Selection of An Appropriate Fan For An Underground Coal Mine Using The Analytic Hierarchy Process. *Tunnelling And Underground Space Technology* 2015; 48: 101-109.
 21. Martelli N, Billaux M, Borget I, Pineau J, Prognon, P, Van Den Brink H. Introduction of Innovative Medical Devices at French University Hospitals: An Overview Of Hospital-Based Health Technology Assessment Initiatives. *International Journal Of Technology Assessment In Health Care* 2015; 31(1-2): 12-18.
 22. Wu Z, Ahmad J, Xu J. A Group Decision Making Framework Based On Fuzzy VIKOR Approach For Machine Tool Selection With Linguistic Information. *Applied Soft Computing* 2016; 42: 314-324.
 23. Karim R, Karmaker CL. Machine Selection by AHP and TOPSIS Methods. *American Journal of Industrial Engineering* 2016; 4(1): 7-13.
 24. Dağdeviren M, Eren T. Tedarikçi Firma Seçiminde Analitik Hiyerarşi Prosesi Ve 0-1 Hedef Programlama Yöntemlerinin Kullanılması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi* 2001; 16(1-2): 41-52.
 25. Saaty TL. The Analytic Hierarchy Process. New York: McGraw-Hill; 1980.
 26. Felek S, Yuluğkural Y, Aladağ Z. Mobil İletişim Sektöründe Pazar Paylaşımının Tahmininde AHP ve ANP Yöntemlerinin Kıyaslaması. *Makine Mühendisleri Odası Endüstri Mühendisleri Dergisi* 2007; 18(1): 6-22.
 27. Cristóbal JRS. Contractor Selection Using Multicriteria Decision Making Methods. *Journal of Construction Engineering and Management* 2012; 138(6): 751-758.
 28. Çakır S, Perçin S. Çok Kriterli Karar Verme Teknikleriyle Lojistik Firmalarında Performans Ölçümü. *Ege Akademik Bakış* 2013; 13(4): 449-459.
 29. Popescu BA, Stefanidis A, Nihoyannopoulos P, Fox KF, Ray S, Cardim N, et al. Ekokardiyografi Laboratuvarlarının Akreditasyonu İçin Avrupa Kardiyovasküler Görüntüleme Derneği Tarafından Belirlenmiş Güncel Standartlar Ve İşlemler. *Türk Kardiyol Dern Arş - Arch Turk Soc Cardiol* 2014; 42(3): 17-31.
 30. Super Decisions version 1.6.0 by Creative Decisions Foundation, Pittsburgh, USA, website:www.superdecisions.com. 2016.
 31. Ayağ Z, Özdemir RG. A Fuzzy AHP Approach To Evaluating Machine Tool Alternatives. *Journal of intelligent manufacturing* 2006; 17(2): 179-190.
 32. Genç T, Masca M. TOPSIS ve PROMETHEE Yöntemleri ile Elde Edilen Üstünlük Sıralamalarının Bir Uygulama Üzerinden Karşılaştırılması. *Afyon Kocatepe Üniversitesi İİBF Dergisi* 2013;.15(2): 539-566.
 33. İvlev I, Kneppo P, Bartak M. Multicriteria Decision Analysis: A Multifaceted Approach To Medical Equipment Management. *Technological and Economic Development of Economy*. 2014; 20 (3): 576-589.
 34. Liberatore MJ, Nydick RL. The Analytic Hierarchy Process In Medical And Health Care Decision Making: A Literature Review. *European Journal of Operational Research* 2008; 189(1): 194-207.
 35. David Y, Jahnke EG. Medical Technology Management: From Planning To Application. *In Proceedings of the 2005 IEEE engineering in medicine and biology 27th annual conference, Shanghai, China* 2005; 186-189.
 36. Sloane, EB, Liberatore MJ, Nydick RL, Luo W, Chung QB. Using The Analytic Hierarchy Process As A Clinical Engineering Tool To Facilitate An İterative, Multidisciplinary, Microeconomic Health Technology Assessment. *Computers & Operations Research* 2003; 30(10): 1447-1465.