

Araştırma Makalesi

SWARA Tabanlı WSM ve CODAS Yöntemleri ile Biyokimya Hormon Cihazı Seçimi

Aşkın ÖZDAĞOĞLU

*Dokuz Eylül Üniversitesi, İşletme Fakültesi, İşletme Bölümü,
askin.ozdagoglu@deu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-5299-0622*

Murat Kemal KELEŞ

*Sorumlu Yazar, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Keçiborlu Meslek Yüksekokulu,
muratkemalk@gmail.com, ORCID: 0000-0003-0374-6839*

Fatma YÖRÜK EREN

*Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Ana Bilim Dalı,
yoruk.fatma@hotmail.com, ORCID: 0000-0003-0687-8749*

Öz

Hastanelerde, gelişen teknolojinin de yardımı ile pek çok hastalığın teşhisi kolaylaşmıştır. Özellikle hastalıkların teşhisine yardımcı olan ve laboratuvarlarda kullanılan cihazların bu konudaki önemi tartışılmazdır. Hastalıkların, hormonlarla ilgisinin olduğu düşünüldüğü durumlarda, biyokimya hormon cihazı kullanılarak, çeşitli testler yapılmaktadır. Bu çalışmada, bir tıp laboratuvarında, biyokimya hormon cihazı alternatifleri, farklı kriterler üzerinden değerlendirilmiştir. Kriterlerin belirlenmesi için literatür araştırması yapılmış ve araştırma konusunda uzman olan kişilerle görüşülmüştür. Biyokimya hormon cihazı alternatiflerini belirlemek için piyasa araştırması yapılmış, tıbbi cihaz satan firmaların satın alma yetkilileri ile görüşülmüştür. Ardından bir form oluşturulmuş ve laboratuvar görevlileri ile yetkili kişilerden formu doldurmaları istenmiştir. Kriter ağırlıkları SWARA (Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis - Adım Adım Ağırlık Değerlendirme Oran Analizi) yöntemiyle bulunmuş, beş farklı alternatif cihaz, WSM (Weighted Sum Method - Ağırlıklı Toplam Yöntemi) yöntemi ile sıralanmıştır. SWARA yöntemine göre en önemli kriter %39.4182 ile güvenilir kan sonuçları olarak bulunmuştur. WSM yöntemine göre 5 alternatif arasındaki en iyi alternatif 0.970454 değeri ile 2 numaralı alternatif olarak belirlenmiştir. Daha sonra verilen kararın doğruluğunu test etmek amacıyla bir başka çok kriterli karar verme yöntemi olan CODAS (COmbinative DIstance-based Assessment - Birleştirilebilir Uzaklık Tabanlı Değerlendirme) ile de alternatifler değerlendirilmiş ve elde edilen sonuçların birbirleri ile uyumlu olduğu görülmüştür. Verilerin analizinde, Excel paket programı kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Biyokimya Hormon Cihazı, Çok Kriterli Karar Verme, SWARA, WSM, CODAS.

JEL Sınıflandırma Kodları: C44, C61, I10, H51.

Biochemistry Hormone Device Selection with SWARA Based WSM and CODAS Methods¹

Abstract

The diagnosis of many diseases has been facilitated in hospitals with the help of developing technology. In particular, the importance of the devices used in laboratories to assist in the diagnosis of diseases and their use in the laboratory is indisputable. When the diseases are thought to be related to hormones, various tests are carried out by using biochemistry hormone device. In this study, biochemistry hormone alternatives in a medical laboratory were evaluated on different criteria. A literature search was conducted to determine the criteria and interviews were conducted with experts. Market research was conducted to determine the alternatives of biochemical hormone devices and the purchasing authorities of the companies selling medical devices were interviewed. A form was then created and laboratory staff and authorized people were asked to complete the form. Criterion weights were determined by SWARA (Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis) method and five different alternative devices were listed by WSM (Weighted Sum Method) method. According to SWARA method, the most important criterion was found to be reliable blood results with 39.4182%. According to WSM method, the best alternative among 5 alternatives was determined as alternative number 2 with 0.970454 value. Then, alternatives were evaluated with another multi-criteria decision-making method, CODAS (COmbinative DIstance-based Assessment), in order to test the accuracy of the decision, and the results were found to be compatible with each other. In the analysis of the data, Excel package program was used.

Keywords: Biochemistry Hormone Device, Multi Criteria Decision Making, SWARA, WSM, CODAS.

JEL Classification Codes: C44, C61, I10, H51.

¹ Extended abstract is presented at the end of the article.

Geliş Tarihi (Received):09.05.2019 – Kabul Edilme Tarihi (Accepted): 27.06.2020

Atıfta bulunmak için/Cite this paper:

Özdağoğlu, A., Keleş, M. K. ve Yörük Eren, F. (2020) SWARA tabanlı WSM ve CODAS yöntemleri ile biyokimya hormon cihazı seçimi. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İİBF Dergisi*, 10 (1), 371-396. Doi: ckuiibfd.562267.

1.Giriş

İnsan vücudundaki hormonlar, dış çevreye uyumu sağlamaktadır. Vücut iç ortam dengesinin ve sürekliliğinin sağlanması, hücre içi yapım ve yıkım mekanizmalarının denetlenmesi, organların fonksiyonlarının ve işleyişlerinin düzenlenmesi, vücuttan salgılanan hormonlar sayesinde olmaktadır. Büyüme ve gelişmenin sağlanması, enerji tüketimi, üretimi ve depolanması hormonların gerçekleştirdiği düzenleyici fonksiyonlardır.

Hastanelerde, hastalık teşhislerinin doğru yapılabilmesi amacıyla pek çok tetkik ve tahlilin yapıldığı bilinmektedir. Bu nedenle de, laboratuvarlarda çeşitli cihazlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu cihazlardan biri de, biyokimya hormon cihazıdır. İnsan vücudundaki hormonal düzeyde gerçekleşen bozuklukların ve hastalıkların teşhisi amacıyla biyokimya hormon cihazı kullanılmaktadır. Bu cihaz kullanılarak hastadan alınan numune ile çeşitli hormonal testler yapılmaktadır. Test sonuçları, hekimler tarafından değerlendirilerek, hastalığa ait bulguların varlığı incelenmektedir. Yapılan testlerde hastalık bulgusuna göre tedavi planlanmaktadır. Tedavi süreci yine biyokimya hormon cihazı kullanılarak değerlendirilmektedir.

Yapılan tahlil ve tetkiklerin doğruluğu, kullanılacak cihazın doğru sonuç vermesi ile mümkün olmaktadır. Dolayısıyla, kullanılan cihazlarda yapılan analizlerin, tetkiklerin doğru sonuç vermesi, insan hayatının söz konusu olduğu sağlık sektöründe son derece önem arz etmektedir. Doğru cihaz seçimi, 1'den fazla alternatif arasından, çok sayıda kriterin bir arada değerlendirilerek tercih yapılmasını gerektirir. Bu alternatifler arasından en uygun tercihin yapılabilmesi amacıyla çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri geliştirilmiştir. Bu amaca yönelik olarak izleyen kısımda öncelikle sağlık alanındaki literatüre yer verilmiştir.

Taş, Bedir, Eren, Alağaç ve Çetin (2018) çalışmalarında, AHP (Analitik Hiyerarşi Süreci – Analytic Hierarchy Process) ve TOPSIS (İdeal Çözüme Benzerlik Bakımından Sıralama Performansı Tekniği-Technique For Order Preference By Similarity To An Ideal Solution) yöntemlerini kullanarak Ankara'daki hastanelerin kalp ve damar cerrahisi polikliniklerini değerlendirmişlerdir. Hastane değerlendirilmesinde; hastane hekim bilgisi, temizlik ve fiziki koşullar, genel hastane bilgisi ve hastane imajı olmak üzere dört adet kriter kullanılmıştır. Kriterlerin ağırlıkları AHP yöntemi ile belirlenmiş ve TOPSIS yöntemi ile beş hastanenin sıralaması yapılmıştır.

Cihan, Ayan, Eren, Topal ve Yıldırım (2017), ÇKKV yöntemlerini ekokardiyografi (EKG) cihazı seçiminde kullanmışlardır. Literatür araştırması ve uzman doktorlarla birlikte belirlemiş oldukları 7 değerlendirme kriterinin ağırlığını AHP yöntemiyle bulmuşlar, 3 adet EKG cihazını TOPSIS yöntemiyle sıralamışlardır.

Ağaç ve Baki (2016) çalışmalarında, sağlık alanında ÇKKV yöntemleri kullanımı ile ilgili kapsamlı bir literatür incelemesi yapmışlardır. Beş farklı uluslararası veri tabanı üzerinde konu ile ilgili belirlenen anahtar kelimeler vasıtasıyla yapılan literatür çalışması sonucunda AHP yönteminin en çok kullanılan yöntem olduğu görülmüştür. Bütünleşik olarak en çok kullanılan yöntemin ise ANP (Analitik Ağ Süreci – Analytic Network Process) olduğu görülmüştür. Buna ek olarak ÇKKV yöntemlerinin kullanımında da son yıllarda önemli bir artış gösterdiği tespit edilmiştir.

Ivlev, Kneppo ve Bartak (2014) yaptıkları çalışmada, tıbbi ekipman yönetimi konusunu ele almışlardır. Bu bağlamda proje ve ekipmanın değerlendirilmesi, proje ve ekipmanın seçimi ve tıbbi cihazların geliştirilmesi konularında 21 adet çalışma incelemişlerdir. ÇKKV yöntemleri algoritmalarının bu konularda avantaj ve dezavantajlarını karşılaştırmışlardır. AHP yöntemini tıbbi malzeme seçimi problemlerinde diğer yöntemlere göre daha uygun bulmuşlardır.

Chatburn ve Primiano (2001), bir yoğun bakım ünitesi için ventilatör cihazı satın alma konusunda çeşitli karar verme mekanizmalarını bir araya getirerek bir model önerisi geliştirmişlerdir. Amaç, hastane yöneticilerine ventilatör alımında doğru karar verebilmeleri için yardımcı olmaktır. Ventilatör alımında değerlendirme kriterleri tanımlamışlar ve üç farklı ventilatör alternatifini değerlendirmişlerdir.

Bu çalışmada, literatürdeki kriterlere ilave olarak “numune kapasitesi”, “inkübasyon süresi”, “numune atıklarının imhası”, “cihazdan alınan kan sonuçlarının güvenilirliği”, “cihazın ergonomik özellikleri” gibi biyokimya hormon cihazına özel ve cihazın yaptığı analizlerle alakalı kriterler baz alınarak cihaz alternatifleri değerlendirilmiştir. Bu yönüyle çalışmanın literatüre katkı yaptığı düşünülmektedir. Ayrıca yerli literatürde WSM ve CODAS yöntemlerinin bir tıbbi cihaz seçiminde kullanıldığı çalışmaya ve bu çalışmanın konusu olan biyokimya hormon cihazı seçiminde ÇKKV yöntemlerinin kullanıldığı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Yerli literatürde ilk kez bu çalışmayla WSM ve CODAS yöntemleri tıbbi cihaz seçimi uygulamasında kullanılmıştır. Bu çalışma bu yönleriyle literatürde ilk çalışma olacaktır.

Sağlık alanında yapılan literatür incelemesinin ardından çalışma kapsamında, bir tıp laboratuvarında kullanılacak biyokimya hormon cihazı alternatiflerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla çalışmanın yöntem bölümünde, uygulamada kullanılan çok kriterli karar verme tekniklerine ilişkin literatür özetlerine yer verilip, uygulama adımları tanıtılmıştır. Uzman görüşü ve literatür incelemesi ile belirlenen değerlendirme kriterleri SWARA (Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis - Adım Adım Ağırlık Değerlendirme Oran Analizi) yöntemi ile ağırlıklandırılarak WSM (Weighted Sum Method - Ağırlıklı Toplam Yöntemi) yöntemi ile piyasa araştırması sonucu tespit edilen biyokimya hormon cihazı alternatifleri sıralanmıştır. Ardından CODAS (COMbinative Distance-

based Assessment - Birleştirilebilir Uzaklık Tabanlı Değerlendirme) yöntemi ile de bir sıralama gerçekleştirilerek sonuçlar karşılaştırılmıştır

2. Yöntem

Literatürde kriter ağırlıklandırmada kullanılan AHP (Analytic Hierarchy Process) (Saaty, 1980), ANP (Analytic Network Process) (Saaty, 1996), DEMATEL (The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory) (Huang, Shyu ve Tzeng, 2007) yöntemleri kriterler arası ikili karşılaştırmalar yapılmasını gerektirdiği için kriter sayısı arttıkça karar vericileri zorlamaktadır. Diğer yandan Entropi, Gri Entropi ve CRITIC (Criteria Importance Through Intercriteria Correlation) gibi yöntemler de uzman görüşlerini dikkate almayan yöntemlerdir. Bu çalışma kapsamındaki biyokimya hormon cihazı seçiminde sağlık uzmanlarının görüşleri daha önemli olduğu gerekçesiyle Entropi (Shannon, 1948), Gri Entropi (Deng, 1982) ve CRITIC (Diakoulaki vd., 1995) yöntemleri de elenmiştir. Belirtilen sebeplerden dolayı bu çalışmada AHP, ANP, DEMATEL, Entropi, Gri Entropi ve CRITIC yöntemleri yerine SWARA yöntemi tercih edilmiştir.

Literatürde alternatif değerlendirilmesine ve sıralanmasına yönelik olarak geliştirilen TOPSIS (Hwang ve Yoon, 1981), VIKOR (Opricovic ve Tzeng, 2004) MABAC (Pamučar ve Čirović, 2015), COPRAS (Zavadskas ve Kaklauskas, 1996), EDAS (Keshavarz vd., 2015), WASPAS (Chakraborty ve Zavadskas, 2014), TODIM (Salminen, 1991), ARAS (Zavadskas ve Turskis, 2010), COPRAS-G (Zacardkas vd., 2008), WSM (Fishburn, 1967), CODAS (Ghorabae vd., 2016) gibi pek çok ÇKKV yöntemi mevcuttur. ÇKKV yöntemleri ölçüm birimleri farklı olan kriterlerin birlikte incelenmesine imkan tanımaktadır. Kriterlerdeki bu farklılıklar yöntemlerin farklı normalizasyon teknikleri ile giderilmeye çalışılmaktadır. Yöntemler arası farklılıklardan bir diğeri de alternatiflerin nihai performans puanlarının hesaplanmasından kaynaklanmaktadır. Bu çalışmada kullanılan WSM ile CODAS yöntemleri aynı normalizasyon yöntemlerini kullanan, performans puanlarının hesaplanmasında farklılaşan iki yöntemdir. WSM yöntemi Bu benzerlik ve farklılıktan dolayı alternatiflerin sıralanmasında Bu çalışmada, bahsi geçen çeşitli ÇKKV yöntemleri arasından WSM ve CODAS yöntemleri tercih edilmiştir.

Bu bölümde söz konusu üç yöntemin algoritması hakkında detaylı bilgi verilmiştir.

2.1. SWARA Yöntemi

SWARA problem çözümünde etkisi olan kriterlerin ağırlıklarını bulmak için kullanılan yöntemlerden birisidir.

2010 yılında Kersulienė, Zavadskas ve Turskis tarafından geliştirilen SWARA yönteminin literatürü incelendiğinde birçok çalışmada, farklı karar problemleri

için yöntemin kriter ağırlıklandırma amacıyla kullanıldığı görülmüştür. Söz konusu çalışmalardan bazılarına özetle değinilmiştir:

Bakır (2019) yapmış olduğu çalışmada, SWARA ve MABAC (Çok Nitelikli Sınır Yaklaşım Alanı Karşılaştırması - Multi-Attributive Border Approximation Area Comparison) yöntemlerini bütünleşik olarak kullanarak Avrupa'da faaliyet gösteren havayolu işletmelerinin hizmetlerinin memnuniyet düzeylerini değerlendirmiştir. 7 adet değerlendirme kriterinin ağırlığı SWARA yöntemi ile tespit edilmiş, 5 adet havayolu işletmesi MABAC yöntemiyle sıralanmıştır.

Ayçin (2018) yaptığı çalışmada, ÇKKV yöntemlerinden SWARA ve COPRAS (Karmaşık Oransal Değerlendirme - COMplex PROportional ASsessment) yöntemleri bütünleştirilerek en iyi veri tabanı yönetim sistemi yazılımının seçiminde kullanılmıştır. SWARA yöntemiyle kriter ağırlıkları hesaplanmış, COPRAS yöntemiyle ise yazılım alternatifleri değerlendirilmiştir. Analiz sonuçlarına göre en önemli kriterler güvenlik, yazılım dilleri ile uygunluk ve kullanım kolaylığı olarak belirlenirken; en iyi yazılım alternatifi ise MYSQL olarak tespit edilmiştir.

Çakır ve Kacır (2018) yaptıkları çalışmada, Altı Sigma sistemini uygulayan İzmir'de faaliyet gösteren bir üretim işletmesinde bütünleşik SWARA ve Gri İlişkisel analiz yöntemleri ile personel seçimi problemine çözüm aramışlardır. Yeşil kuşak unvanına sahip personelden kara kuşak eğitime gönderilecek personeli Gri ilişkisel analiz ile seçmişlerdir. Seçim kriterlerinin ağırlıklarını da SWARA yöntemiyle bulmuşlardır. Analizde 7 alternatif personel, 10 adet değerlendirme kriteri kapsamında değerlendirilmiştir.

Özbek ve Erol (2018) yapmış oldukları çalışmada, Kırıkkale Organize Sanayi Bölgesinde yem sektöründe faaliyet gösteren 3 işletmede iş sağlığı ve güvenliği konusunda dikkat edilmesi gereken 11 kriterin ağırlıklarını AHP ve SWARA yöntemleri ile ayrı ayrı bulmuş ve sonuçları karşılaştırmışlardır.

Çakır (2018) yapmış olduğu çalışmada, Aydın Nazilli'de faaliyet göstermekte olan altı adet fitness merkezi içinden en iyi olanını SWARA ve EDAS (Ortalama Çözüm Uzaklığına Dayalı Değerlendirme - Evaluation based on Distance from Average Solution) yöntemlerini bütünleşik olarak kullanarak belirlemiştir. Çalışmada, 11 adet değerlendirme kriterinin ağırlığı SWARA yöntemiyle bulunmuş, 6 adet fitness merkezi EDAS yöntemiyle sıralanmıştır.

Urosevic, Stanujkic, Karabasevic ve Maksimovic (2017), SWARA ve WASPAS (Ağırlıklandırılmış Bütünleşik Toplam Çarpım Değerlendirmesi - Weighted Aggregated Sum Product Assessment) yöntemlerini turizm sektöründe personel seçimi probleminde kullanmışlardır. Satış müdürü seçiminin yapıldığı çalışmada 4 alternatif aday, 7 kritere göre değerlendirilmiştir. Çalışmada, satış müdürü seçimine yönelik en önemli kriterin liderlik kriteri olduğu tespit edilmiştir.

Çakır ve Karabıyık (2017) yaptıkları çalışmada, ülkemizde tercih edilen 6 adet bulut depolama sağlayıcısını SWARA ve COPRAS yöntemleri ile değerlendirerek, en iyi bulut depolama sağlayıcısını tespit etmeye çalışmışlardır. 11 adet değerlendirme kriterinin ağırlığı SWARA yöntemi ile belirlenmiştir. COPRAS yöntemi ile de 6 adet bulut depolama hizmet sağlayıcısı alternatifi arasından seçim yapılmıştır.

Karabasevic, Paunkovic ve Stanujkic (2016), SWARA ve ARAS (Toplamsal Oran Değerlendirmesi - Additive Ratio ASsessment) bütünleşik çözüm önerisi ile sosyal sorumluluk alma düzeylerine göre işletmeleri sıralamışlardır. Sosyal, çevre ve ekonomik olmak üzere 3 adet ana kriter ve bu ana kriterlere bağlı olarak da 12 adet alt kriter kullanılmıştır. Kriter ağırlıkları SWARA yöntemiyle bulunmuş ve 3 işletme ARAS yöntemiyle sıralanmıştır.

Dehnavi, Aghdam, Pradhan ve Varzandeh (2015) yaptıkları çalışmada, İran'da heyelan tehlikesinin incelenmesinde, bölgesel toprak kayması alanlarını değerlendirmek ve bölgesel bir toprak kayması tehlikesi haritası oluşturmada, SWARA ve ANFIS (Uyarlamalı Sinirsel Bulanık Çıkarım Sistemi - Adaptive Neuro Fuzzy Inference Systems) hibrit yöntemini uygulamışlardır. Değerlendirmede 11 adet kriter kullanılmıştır. Çalışma sonucunda heyelan tehlikesi olan yerlerin haritası çıkarılmıştır.

Stanujkic, Karabasevic ve Zavadskas (2015) yaptıkları çalışmada, şarap paketlemek için uygun ambalaj tasarımı seçiminde SWARA yöntemini uygulamışlardır. Seçilecek şişenin, şekli, rengi, etiketi değerlendirilmiştir. Değerlendirmeyi 3 karar verici uzman yapmıştır.

Ruzgys, Volvačiovas, Ignatavičius ve Turskis (2014), konut dış duvar izolasyon alternatiflerinin seçimi probleminde SWARA ve TODIM (İnteraktif ve Çok Kriterli Karar Verme - Tomada de Decisão Iterativa Multicritério) yöntemlerini kullanmışlardır. Uygulama Litvanya'daki altı adet binada gerçekleştirilmiştir. Apartman dairelerinin duvarların ısı yalıtımı modernizasyonu için mevcut durum ve 2020 yılı için gereksinimler beş adet kriter (KDV'li fiyat, çalışma süresi, geri ödeme süresi, enerji kayıpları ve su buharı difüzyonu) baz alınarak analiz edilmiştir.

Zolfani ve Saparauskas (2013) çalışmalarında, enerji sektöründe sürdürülebilirlik göstergelerinin önceliklendirilmesini SWARA yöntemini kullanarak yapmışlardır. Bu bağlamda, dört gösterge değerlendirilmiş ve enerji sektöründe sürdürülebilirlik açısından sosyal göstergenin en önemli gösterge olduğu tespit edilmiştir.

Aghdaie, Zolfani ve Zavadskas (2013) yapmış oldukları çalışmada, İran'ın Karaj şehrindeki bir imalat işletmesi için makine seçim problemini ele almışlardır. Belirlenmiş olan sekiz adet değerlendirme kriterinin ağırlığı SWARA yöntemiyle bulunmuştur. Gri sistem uygulamalarına dayanan COPRAS-G (Gri Sayılı

Karmaşık Nisbi Değerlendirme Yöntemi - COmplex PROportional ASsessment of alternatives with Grey relations) bütünleşik yaklaşımıyla da üç makine alternatifi sıralanmıştır.

Keršulienė ve Turskis (2011) çalışmalarında, SWARA ve bulanık ARAS yöntemlerini bütünleşik olarak en uygun mimar seçimi probleminde kullanmışlardır. Değerlendirmede üç adet değerlendirme uzmanı puanlama yapmıştır. SWARA yöntemiyle sekiz adet kriterin ağırlıkları belirlenmiş, bulanık ARAS yöntemiyle de üç adet mimar adayından en iyisi seçilmiştir.

SWARA yönteminin kullanıldığı çalışmaların ardından işleyişi aşağıda matematiksel bir yapıda sunulmaktadır (Karabasevic, Stanujkic, Urosevic ve Maksimovic, 2015, ss. 118-119; Özbek, 2017, s. 46):

1.Adım: SWARA yönteminin ilk aşamasında problemin çözümünde dikkate alınması gereken kriterler bir uzman tarafından en önemli kriterden en önemsizine doğru sıralanır.

j: en önemliden en önemsizine doğru kriter; $j = 1, 2, 3, \dots, n$

2.Adım: Sıralama işleminin ardından her bir kriterin kendinden sonra gelen kriterine göre ne kadar daha önemli olduğu yine uzman görüşü ile saptanır.

s_j: j. kriterin (j + 1). kriterine göre önemi

3. Adım: Önceki aşamada uzman görüşleri olan s_j değerleri yardımı ile k_j değerleri Eşitlik 1'deki koşullu fonksiyon ile hesaplanır.

$$k_j = \begin{cases} j = 1 \Rightarrow 1 \\ j > 1 \Rightarrow s_j + 1 \end{cases} \quad (1)$$

4.Adım: Eşitlik 1'den elde edilen k_j değerleri yardımıyla Eşitlik 2'deki koşullu fonksiyon q_j değerlerini verir.

$$q_j = \begin{cases} j = 1 \Rightarrow 1 \\ j > 1 \Rightarrow \frac{q_{j-1}}{k_j} \end{cases} \quad (2)$$

w_j: j. kriterin önem düzeyi; $j = 1, 2, 3, \dots, n$

k: kriter; $k = 1, 2, 3, \dots, n$

5.Adım: Son aşamada Eşitlik 2'den elde edilen q_j değerleri yardımıyla her bir kriterin önem düzeyi Eşitlik 3'teki gibi hesaplanır.

$$w_j = \frac{q_j}{\sum_{k=1}^n q_k} \quad (3)$$

Bu değerler arasındaki en yüksek değer karar verme problemi üzerinde en çok etkisi olan değerlendirme kriterini göstermektedir.

2.2. WSM

WSM (Fishburn, 1967) ölçüm birimleri birbirinden farklı olan çok sayıdaki kriterin birlikte incelenerek alternatiflerin değerlendirilmesi için kullanılan ÇKKV yöntemlerinden birisidir.

Bu çalışma kapsamında tıbbi biyokimya cihazı alternatiflerini sıralamak için kullanılan WSM yönteminin de literatürde pek çok farklı amaçla seçim problemlerinde kullanıldığı görülmektedir. Bu bölümde yöntemle ilişkin literatürde yer alan çalışmalardan bazı örnekler verilmiştir:

Kim, Lee ve Lim (2019) çalışmalarında, yüksek binaların inşa edilmesi sürecinde gözönüne alınması gereken iki önemli amacı değerlendirmek için WSM yönteminden yararlanmışlardır.

Chakkarapani, Thangavelu, Dharmalingam ve Thandavarayan (2019) yaptıkları çalışmada, manyetik fırçasız doğru akım motorunun tasarım optimizasyonu için çeşitli genetik algoritmalar yanında WSM yöntemini de önermişlerdir.

Dhanisetty, Verhagen ve Curran (2018) yaptıkları çalışmada, operasyonel bakım süreçlerinde olası alternatifleri değerlendirmek için WSM yönteminden yararlanmışlar ve önerdikleri karar ağacı yaklaşımını Boeing 777 dış flap hasarı vakası ile ilgili gerçek veriler üzerinde tatbik etmişlerdir.

Cao ve Pui (2018) yaptıkları çalışmada, nanoparçacık yüzey alanı monitöründe elektrostatik çöktürücülerin farklı voltaj değerlerindeki hassasiyetlerini birleştirmek için WSM yönteminden yararlanmışlardır.

Markou, Koulinas, ve Vavatsikos (2017) yaptıkları çalışmada, bir güneş parkı inşaatı projesinin planlanmasında proje yöneticileri tarafından faaliyetlerin öncelik sırasını altı farklı ÇKKV yöntemini kullanarak değerlendirmişlerdir. Çalışmada, WSM, AHP, PROMETHEE (Zenginleştirilmiş Değerlendirmeler için Tercih Sıralama Organizasyon Yöntemi - Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations), TOPSIS, OWA (Sıralı Ağırlıklı Ortalama - Ordered Weighted Averaging) ve HWA (Hibrit Ağırlıklı Ortalama - Hybrid Weighted Averaging) yöntemleri uygulanarak analiz sonrası çıkan sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Fernandes, Greco ve Almeida (2017) yaptıkları çalışmada, optimizasyon sürecinde ÇKKV yöntemlerinden AHP ve WSM yöntemlerini birleştirmenin avantajlarını sayısal örneklerle açıklamışlardır.

Charikinya, Robertson, Platts, Becker, Lamberg ve Bradshaw (2017), manyetik ayırıcıların göstergelerini değerlendirmek üzere AHP ve WSM yöntemlerinden yararlanmışlardır.

Rey ve Zmeureanu (2016), Montreal Kanada'da güneş enerjisine dayalı ısıtma sistemlerinin optimizasyonu için WSM yöntemini de içeren melez algoritmalar denemişlerdir.

Grosan, Abraham ve Tigan (2008) yapmış oldukları çalışmada, bronş astımı için risk faktörlerini ve tedavi seçeneklerini sıralamak amacıyla WSM yöntemini kullanmışlardır.

WSM yönteminin kullanıldığı çalışmalara ilişkin kronolojik incelemenin ardından işleyişi aşağıda denklemler eşliğinde gösterilmiştir (Nezhad, Zolfani, Moztażadeh, Zavadskas ve Bahrami, 2015, ss. 1124-1125).

1.Adım: Öncelikle karar matrisinin oluşturulması gerekmektedir. Karar matrisi Eşitlik 4'te gösterilmiştir.

i: alternatif; $i = 1, 2, 3, \dots, m$

j: değerlendirme kriteri; $j = 1, 2, 3, \dots, n$

x_{ij} : i. alternatifin j. değerlendirme kriteri açısından değeri

X: karar matrisi

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{1m} & x_{2m} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (4)$$

2Adım: Karar matrisi hazırlandıktan sonra normalizasyon işlemi yapılarak karar matrisinin normalize karar matrisine dönüştürülmesi gereklidir. Değerin büyük olmasının daha iyi olma durumunu gösterdiği değerlendirme kriterleri için normalizasyon işlemi Eşitlik 5 kullanılarak, değer küçük olmasının daha iyi olma durumunu gösterdiği değerlendirme kriterleri için normalizasyon işlemi Eşitlik 6 kullanılarak gerçekleştirilir.

\hat{x}_{ij} : i. alternatifin j. değerlendirme kriteri açısından normalize edilmiş değeri

\hat{X} : normalize karar matrisi

$$\hat{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max_j x_{ij}}; \text{maksimizasyon yönlü } \forall i, j \text{ için} \quad (5)$$

$$\hat{x}_{ij} = \frac{\min_j x_{ij}}{x_{ij}}; \text{minimizasyon yönlü } \forall i, j \text{ için} \quad (6)$$

Eşitlik 5 ve 6'nın karar matrisindeki ilgili hücelere uygulanması sonucu normalize karar matrisi Eşitlik 7'deki gibi oluşur.

$$\hat{X} = \begin{bmatrix} \hat{x}_{11} & \hat{x}_{12} & \dots & \hat{x}_{1n} \\ \hat{x}_{21} & \hat{x}_{22} & \dots & \hat{x}_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \hat{x}_{1m} & \hat{x}_{2m} & \dots & \hat{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad (7)$$

3. Adım: Bu işlemin ardından her bir alternatif için ağırlıklı normalize karar matrisi oluşturulur. Bu işlem Eşitlik 8'de gösterilmiştir.

w_j : j . değerlendirme kriterinin ağırlığı

$$w_j \hat{x}_{ij}; \forall i, j \text{ için} \quad (8)$$

Eşitlik 8'in tüm hücelere uygulanması sonucu ağırlıklı normalize karar matrisi Eşitlik 9'daki gibi gösterilir.

$w\hat{X}$: normalize karar matrisi

$$w\hat{X} = \begin{bmatrix} w_1 \hat{x}_{11} & w_2 \hat{x}_{12} & \dots & w_m \hat{x}_{1n} \\ w_1 \hat{x}_{21} & w_2 \hat{x}_{22} & \dots & w_m \hat{x}_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_1 \hat{x}_{1m} & w_2 \hat{x}_{2m} & \dots & w_m \hat{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad (9)$$

4. Adım: Son aşamada her bir alternatif için performans değeri hesaplanır. Bu aşamada tüm kriterlerin bir bütün olarak incelenebilmesi mümkün olmaktadır. Performans değerinin hesaplanması Eşitlik 10'da gösterilmektedir.

WSM_i : i . alternatifi için WSM yöntemine göre performans değeri

$$WSM_i = \sum_{j=1}^n w_j \hat{x}_{ij} \quad (10)$$

Bu performans puanları arasındaki en yüksek değer WSM yöntemine göre en iyi alternatifi göstermektedir.

2.3. CODAS

CODAS (Ghorabae vd., 2016) yöntemi de WSM gibi ölçüm birimleri birbirinden farklı olan çok sayıdaki kriterin birlikte incelenerek alternatiflerin değerlendirilmesi için kullanılan ÇKKV yöntemlerinden birisidir.

Bu çalışmada tıbbi biyokimya cihazı alternatiflerini sıralamak için kullanılan diğer bir yöntem olan CODAS yöntemi yeni bir yöntem olduğu için bu yöntemle yapılan çalışma sayısı zamanla artmaktadır. CODAS yöntemine ilişkin literatürdeki bazı çalışmalardan örnekler şu şekildedir:

Ayçin ve Arsu (2019) yaptıkları çalışmada, Türkiye'deki Düzey 1 bölgelerinin yenilenebilir enerji kaynakları performanslarını değerlendirmede Entropi ve CODAS yöntemlerini kullanmışlardır. 9 adet kriterin ağırlığını Entropi yöntemiyle bulmuşlar, Düzey 1 bölgesindeki 12 adet yerin performans sıralamasını da CODAS yöntemiyle yapmışlardır.

Mathew ve Sahu (2018) çalışmalarında, konveyör seçimi problemini ele almışlardır. 6 adet değerlendirme kriteri ile 4 adet konveyör arasından seçim yapmışlardır. Çalışmada; CODAS, EDAS, WASPAS ve MOORA (Oran Analizi Temeline Dayalı Çok Amaçlı Optimizasyon Yöntemi - Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis) yöntemlerini kullanmışlardır.

Ayyıldız ve Yalçın (2018), Türkiye'deki lojistik dostu şehirleri belirlemek amacıyla Entropi ve CODAS yöntemlerini bütünleşik olarak kullanmışlardır. Şehirlerin lojistik durumunu değerlendirebilmek adına belirledikleri 6 adet kriterin ağırlığını Entropi yöntemiyle bulmuşlar, Türkiye'deki 81 şehri CODAS yöntemiyle sıralamışlardır.

Bakır ve Alptekin (2018), havayolu işletmelerinin hizmet kalitesini Entropi ve CODAS yöntemleri yardımıyla değerlendirmişlerdir. 7 adet kriterin ağırlığını Entropi yöntemiyle bulmuşlar, 11 havayolu işletmesinin performansını CODAS yöntemiyle değerlendirmişlerdir.

Boltürk ve Kahraman (2018), sezgisel bulanık kümeler yöntemi ile CODAS yöntemini entegre ederek rüzgar enerjisi santrali yer seçiminde kullanmışlardır. 10 kriteri baz alarak 4 kuruluş yeri alternatifini değerlendirmişlerdir.

CODAS yöntemi literatürüne ilişkin kronolojik açıklamaların ardından işleyişi aşağıda denklemler eşliğinde gösterilmiştir (Tuş ve Adalı, 2018, ss. 247-248).

1.Adım: Öncelikle karar matrisinin oluşturulması gerekmektedir. Karar matrisi WSM yönteminde gösterilen Eşitlik 4'teki karar matrisi ile aynıdır.

2.Adım: Karar matrisi hazırlandıktan sonra normalizasyon işlemi yapılarak karar matrisinin normalize karar matrisine dönüştürülmesi gereklidir. Normalizasyon işlemi de WSM yönteminde gösterilen Eşitlik 5 ve 6 ile aynı şekilde yapılmaktadır.

3.Adım: Normalizasyon işleminin ardından her bir alternatif için ağırlıklı normalize karar matrisi oluşturulabilir. Bu işlem de WSM yöntemi ile aynı olup Eşitlik 8’de gösterilmiştir.

4.Adım: Ağırlıklı normalize karar matrisinin hesaplanmasının ardından her bir kriter için negatif ideal çözüm değeri Eşitlik 11 kullanılarak belirlenir.

r_{ij} : *i. alternatifin j. kriter açısından sahip olduğu ağırlıklı normalize değer*

ns_j : *j. kriterin negatif ideal çözüm değeri*

$$ns_j = \min r_{ij}, \forall j \text{ için} \quad (11)$$

Daha sonra her bir alternatifin negatif ideal çözümden Öklid uzaklığı Eşitlik 12 kullanılarak hesaplanır.

E_i : *i. alternatifin negatif ideal çözümden Öklid uzaklığı*

$$E_i = \sqrt{\sum_{j=1}^n (r_{ij} - ns_j)^2}, \forall i \text{ için} \quad (12)$$

5.Adım: Bu işlemlerin ardından her bir alternatifin negatif ideal çözümden Taksicab uzaklığı Eşitlik 13 kullanılarak hesaplanır.

T_i : *i. alternatifin negatif ideal çözümden Taksicab uzaklığı*

$$T_i = \sum_{j=1}^n |r_{ij} - ns_j|, \forall i \text{ için} \quad (13)$$

6.Adım: Görelî değerler matrisi hesaplanır. Bunun için öncelikle negatif ideal çözüm değerlerine uzaklıkların hesaplanmasının eşik fonksiyonu Eşitlik 14’teki gibi tanımlanır.

τ : eşik parametresi; $0,01 \leq \tau \leq 0,05$

$\psi(E_i - E_k)$: eşik fonksiyonu

$$\psi(E_i - E_k) = \begin{cases} |E_i - E_k| < \tau \Rightarrow 0 \\ |E_i - E_k| \geq \tau \Rightarrow 1 \end{cases} \quad (14)$$

Eşik fonksiyonundan faydalanılarak Eşitlik 15 yardımıyla alternatiflerin birbirlerine göre görelî değerlendirilmesi yapılarak bir kare matris oluşturulur.

k : alternatif; $k = 1, 2, 3, \dots, m$

h_{ik} : i . alternatifin k . alternatif ile görelî değerlendirilmesi

$$h_{ik} = [E_i - E_k] + [\psi(E_i - E_k)][T_i - T_k] \quad (15)$$

7. Adım: Son olarak her bir alternatifin değerlendirme puanı Eşitlik 16 yardımıyla hesaplanır.

H_i : i . alternatifin değerlendirme puanı

$$H_i = \sum_{k=1}^m h_{ik}, \forall i \text{ için} \quad (16)$$

Bu genel değerlendirme puanları içinde en büyüğü tüm kriterler birarada incelendiğinde en iyi alternatifi göstermektedir.

CODAS yönteminin matematiksel işleyişi ve bu konuda yapılan çalışmalara ilişkin açıklamaların ardından izleyen bölümde öncelikle veri setinin nasıl hazırlandığı açıklanacaktır. Daha sonra tüm yöntemler için hesaplama süreci denklemler ile ilişkilendirilerek tablolar aracılığıyla gösterilecek ve bulunan sonuçlar değerlendirilecektir.

3. Veri Seti ve Bulgular

Laboratuvarın biyokimya hormon cihazı değerlendirme süreci için ilk olarak değerlendirmede dikkate alınması gereken kriterler ve olası alternatifler saptanmıştır.

Kriterlerin belirlenmesinde ilk aşamada literatür araştırmasından yararlanılmış (Cihan vd., 2017, s.45; Özüdođru, 2018, s.52; Dođan ve Akbal, 2019, s.445) ve daha sonra araştırma konusunda uzman olan kişilerle görüşülmüştür. Benzer şekilde satın alınabilecek biyokimya hormon cihazı alternatiflerini belirlemek için piyasa araştırması yapılmış, tıbbi cihaz satan firmaların satın alma yetkilileri ile görüşülmüştür.

Kriterler, alternatifler, kriterlerin sayısı ve ölçüm birimleri gibi unsurlar dikkate alınarak uygun yöntemlerin belirlenmesinin ardından bu kriter ve alternatifleri incelemek üzere form oluşturulmuş ve laboratuvar görevlileri ve yetkili kişiler tarafından doldurulması istenmiştir. Değerlendirme kriterleri için oluşturulan formları dolduran yetkili kişiler, laboratuvarda görevli dört adet laboranttır. Kriterlere göre alternatifleri puanlayan yetkili kişiler de, laboratuvardaki cihazlardan sorumlu teknisyen, laborant, tıbbi cihaz satış sorumlusu ve tıbbi cihaz teknik yetkilisinden oluşan dört kişilik ekiptir. Gerek kriterlerin

değerlendirilmesinde gerekse de nitel kriterlere göre alternatiflerin değerlendirilmesinde, değerlendirmeyi yapan ekip, ortak görüş bildirmiştir. İzleyen paragrafta kriterler ve ne anlam ifade ettikleri açıklanmıştır.

Güvenilir kan sonuçları; değerlendirilen kan numunelerinin, cihaz kalibrasyon ve değer aralıklarının kalite standartlarına uygun olarak doğru sonuç vermesi olarak açıklanmıştır. Satıcı firma eğitim desteği; satış sonrası, satılan cihazın tüm özelliklerini ve kullanma talimatlarını içeren eğitim ve uygulamalarının, tüm kullanıcılara öğretildiği eğitim programını içermektedir. Ergonomik özellikler; cihazla yapılacak eylemde kullanıcıyı yormayan ve kullanım kolaylığına sahip olma özelliği şeklinde açıklanmıştır. Maliyet; hasta başı bir test yani bir numune değerlendirme maliyeti olarak belirtilmiştir. Bakım onarım hizmeti; cihazın kurulumu ve montajından sonra, uygulama esnasında meydana gelebilecek teknik aksaklıklara en hızlı şekilde müdahale edilmesi ve cihazda meydana gelen arızanın giderilmesi olarak açıklanmıştır. Numune kapasitesi; cihazın değerlendirilmek üzere bünyesine alabildiği numune sayısıdır. İnkübasyon süresi; numuneleri değerlendirmeye başlamak için gerekli bekleme süresi olarak açıklanmıştır. Numune atıklarının imhası; numuneler değerlendirildikten sonra yönetmelikler çerçevesinde atıkların imha edilmesi gerekliliğini ifade etmektedir. Çevreye ve kullanıcıların sağlığına zarar vermeyecek şekilde kapalı sistem cihazlarla imha yöntemi tercih edilmektedir.

Cihazı kullanan laborantların kullanım deneyimlerine dayalı değerlendirmelerine göre SWARA yöntemi ile kriter ağırlıkları hesaplanmıştır. Eşitlik 1, 2 ve 3 kullanılarak bulunan değerler Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1: Kriter Ağırlıkları

Kriter Kodu	Kriter Adı	s_j	k_j	q_j	w_j
Kriter 1	Güvenilir Kan Sonuçları		1.000000	1.000000	0.394182
Kriter 2	Satıcı Firma Eğitim Desteği	0.800000	1.800000	0.555556	0.218990
Kriter 3	Ergonomik Özellikler	0.500000	1.500000	0.370370	0.145993
Kriter 5	Bakım Onarım Hizmeti	0.500000	1.500000	0.246914	0.097329
Kriter 6	Numune Kapasitesi	0.600000	1.600000	0.154321	0.060830
Kriter 7	İnkübasyon Süresi	0.400000	1.400000	0.110229	0.043450
Kriter 8	Numune Atıklarının İmhası	0.800000	1.800000	0.061238	0.024139
Kriter 4	Maliyet	0.600000	1.600000	0.038274	0.015087

Uzman görüşlerine dayanarak SWARA yöntemi ile hesaplanan değerlere göre biyokimya hormon cihazı seçimindeki en önemli kriter %39.4182 ile güvenilir kan sonuçlarının elde edilebilmesi iken, en önemsiz kriter %1.5087 ile cihazın maliyetidir. Sağlık konusunda yapılacak en ufak bir hatanın ölümcül sonuçları olacağından ve tazminat, itibar kaybı gibi uzun vadede daha büyük maliyetlere yol açabileceğinden ötürü cihazın kaç a mâl olacağı pek önemsenmemektedir.

Kriter ağırlıklarının bulunmasının ardından WSM yöntemi ile biyokimya hormon cihazı alternatifleri incelenmiştir. Bu aşamada ilk olarak Eşitlik 4'teki karar matrisi oluşturulmuştur. İnkübasyon süresi ve maliyet gibi nicel kriterler için biyokimya hormon cihazı alternatiflerinin teknik verileri alternatif cihazların kataloglarından elde edilmiştir. Ergonomik özellikler ve güvenilir kan sonuçları gibi nitel kriterler için ise bu cihazı kullanan uzmanların deneyimlerine dayanarak belirlediği puanlar kullanılmıştır. Bu bilgiler ışığında hazırlanan karar matrisi Tablo 2'de verilmiştir. Eşitlik 5 ve 6 ile hesaplanmış normalize karar matrisi de Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 2: Karar Matrisi

Kriter Kodu	Ölçüm Birimi	İdeal Durum	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4	Alternatif 5
Kriter 1	Performans Puanı	Maksimum	6	7	6	6	5
Kriter 2	Performans Puanı	Maksimum	6	7	7	7	6
Kriter 3	Performans Puanı	Maksimum	6	6	7	7	5
Kriter 4	TL / Biyokimya Hormon Testi	Minimum	5.00	3.50	4.00	4.00	5.00
Kriter 5	Performans Puanı	Maksimum	4	7	6	5	4
Kriter 6	Performans Puanı	Maksimum	7	6	7	7	5
Kriter 7	Dakika / Biyokimya Hormon Testi	Minimum	35	27	30	30	40
Kriter 8	Performans Puanı	Maksimum	6	7	5	5	5

Tablo 3: Normalize Karar Matrisi

Kriter Kodu	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4	Alternatif 5
Kriter 1	0.857143	1.000000	0.857143	0.857143	0.714286
Kriter 2	0.857143	1.000000	1.000000	1.000000	0.857143
Kriter 3	0.857143	0.857143	1.000000	1.000000	0.714286
Kriter 4	0.700000	1.000000	0.875000	0.875000	0.700000
Kriter 5	0.571429	1.000000	0.857143	0.714286	0.571429
Kriter 6	1.000000	0.857143	1.000000	1.000000	0.714286
Kriter 7	0.771429	1.000000	0.900000	0.900000	0.675000
Kriter 8	0.857143	1.000000	0.714286	0.714286	0.714286

SWARA yönteminden elde edilen kriter ağırlıkları ile normalize karar matrisinin ilgili hücreleri çarpılarak (Eşitlik 8) ağırlıklı normalize matrisi (Tablo 4) elde edilmiştir

Tablo 4: Ağırlıklı Normalize Karar Matrisi

Kriter Kodu	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4	Alternatif 5
Kriter 1	0.337870	0.394182	0.337870	0.337870	0.281558
Kriter 2	0.187705	0.218990	0.218990	0.218990	0.187705
Kriter 3	0.125137	0.125137	0.145993	0.145993	0.104281
Kriter 4	0.010561	0.015087	0.013201	0.013201	0.010561
Kriter 5	0.055616	0.097329	0.083425	0.069521	0.055616
Kriter 6	0.060830	0.052140	0.060830	0.060830	0.043450
Kriter 7	0.033519	0.043450	0.039105	0.039105	0.029329
Kriter 8	0.020691	0.024139	0.017242	0.017242	0.017242

Son olarak Eşitlik 10 ile her bir alternatifin performans puanı hesaplanmıştır. Adı geçen performans değerleri ile alternatiflerin sıralaması Tablo 5’te verilmiştir.

Tablo 5: Alternatiflerin Performans Değerleri

	Performans Değeri	Sıralama
Alternatif 1	0.831930	4
Alternatif 2	0.970454	1
Alternatif 3	0.916656	2
Alternatif 4	0.902752	3
Alternatif 5	0.729743	5

Tablo 5’teki değerlere göre 5 biyokimya hormon cihazı arasındaki en iyi alternatif 0.970454 performans skoru ile 2 numaralı biyokimya hormon cihazı alternatifi iken en kötü biyokimya hormon cihazı alternatifi 0.729743 performans değeri ile 5 numaralı alternatiftir.

WSM yöntemine göre yapılan sıralamanın ardından verilen kararın farklılaşp farklılaşmayacağını test etmek amacıyla aynı veri setine uygulanabilecek olan bir başka ÇKKV yöntemi olan CODAS ile de hesaplamalar yapılarak sonuçlar karşılaştırılmıştır.

CODAS yöntemi için Tablo 4’teki ağırlıklı normalize matris ve Eşitlik 11’den yararlanılarak kriterlere ilişkin negative ideal çözüm değerleri hesaplanmıştır (Tablo 6).

Tablo 6: Negatif İdeal Çözüm Değerleri

Kriter Kodu	ns_j
Kriter 1	0.281558
Kriter 2	0.187705
Kriter 3	0.104281
Kriter 4	0.010561
Kriter 5	0.055616
Kriter 6	0.043450
Kriter 7	0.029329
Kriter 8	0.017242

Her bir alternatifin negatif ideal çözümden Öklid uzaklığı Eşitlik 12 kullanılarak, her bir alternatifin negatif ideal çözümden Taksicab uzaklığı ise Eşitlik 13 kullanılarak hesaplanmıştır. Öklid ve Taksicab uzaklıkları Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7: Öklid ve Taksicab Uzaklıkları

	E_i	T_i
Alternatif 1	0.062749	0.102186
Alternatif 2	0.127203	0.240710
Alternatif 3	0.084069	0.186913
Alternatif 4	0.080545	0.173009
Alternatif 5	0.000000	0.000000

Eşitlik 14 kullanılarak bulunan eşik fonksiyonu sonuçları Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8: Eşik Fonksiyonu Sonuçları

$\psi(E_i - E_k)$	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4	Alternatif 5
Alternatif 1	0	1	1	0	1
Alternatif 2	1	0	1	1	1
Alternatif 3	1	1	0	0	1
Alternatif 4	0	1	0	0	1
Alternatif 5	1	1	1	1	0

Görelî değerlendirmeler Eşitlik 15 kullanılarak hesaplanmış ve Tablo 9’da gösterilmiştir.

Tablo 9: Görelî Değerlendirmeler

h_{ik}	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4	Alternatif 5
Alternatif 1	0.000000	-0.138524	-0.084727	0.000000	0.102186
Alternatif 2	0.138524	0.000000	0.053797	0.067701	0.240710
Alternatif 3	0.084727	-0.053797	0.000000	0.000000	0.186913
Alternatif 4	0.000000	-0.067701	0.000000	0.000000	0.173009
Alternatif 5	-0.102186	-0.240710	-0.186913	-0.173009	0.000000

Son olarak her bir alternatifin değerlendirme puanı Eşitlik 16 yardımıyla hesaplanır. Bulunan değerler ve buna bağlı sıralama sonuçları Tablo 10’da verilmiştir.

Tablo 10: Değerlendirme Puanları ve Sıralama

	H_i	Sıralama
Alternatif 1	-0.161884	4
Alternatif 2	0.782182	1
Alternatif 3	0.283619	2
Alternatif 4	0.153468	3
Alternatif 5	-1.057385	5

CODAS yöntemine göre de en iyi biyokimya hormon cihazı alternatifi 2 numaralı alternatif olarak bulunmuş ve sıralamanın WSM yöntemi ile birebir örtüştüğü görülerek iki farklı yöntemde verilen kararların birbirleri ile tutarlı olduğu anlaşılmıştır.

4. Sonuç ve Değerlendirme

Son yıllarda tıbbi cihazlarla ilgili teknolojilerde olumlu gelişmeler yaşanması, tedavi süreci devam eden ve potansiyeli olan hastalar için umut vaat etmektedir. Bu durumun varlığı tıp dünyasında da olumlu karşılanarak sağlık hizmet sürecinin pozitif yönde ilerlemesine olanak sağlamaktadır.

Hastalıkların varlığı, insan var oldukça devam edebileceği gibi, var olan bu hastalıkların da teşhis edilebilmelerini gerektirir. Hastalık teşhisleri hekimlerin tıbbi bilgilerinin yanında, yapılan tahlil ve tetkikler neticesinde şekillenmektedir. Tahlil ve tetkikler için tıp laboratuvarlarında ve hastanelerde farklı cihazlar kullanılmaktadır. Hormonlarla ilgili düşünülen hastalıkların teşhisine yardımcı olan biyokimya hormon cihazı da bu cihazlardan birisidir.

Tıbbi cihazlarda yapılan tahlil ve tetkikler, insan sağlığı ile alakalı olduğu için, seçilecek cihaz oldukça önem arz etmektedir. Doğru cihaz seçimi, alternatifler arasından, pek çok kriterin bir arada değerlendirilerek tercih yapılmasını gerektirir.

Çalışmada tıbbi cihazları değerlendirmede dikkate alınması gereken kriterler ve tıbbi cihaz alternatifleri belirlendikten sonra, SWARA yöntemi algoritmasına uygun olacak şekilde kriter değerlendirme formu oluşturulmuş ve uzmanlar tarafından doldurulması istenmiştir. SWARA yöntemi ile hesaplanan kriter ağırlıkları sonucunda, en önemli kriter %39.4182 değeri ile “güvenilir sonuç elde edilmesi” iken en düşük %1.5087 değeri ile, en önemsiz kriterin ise “cihazın maliyeti” olduğu görülmüştür.

Kriter ağırlıkları bulunduktan sonra, WSM yöntemi ile biyokimya hormon cihazı alternatifleri değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda, cihazlar en iyiden en kötüye sıralanmıştır. Sıralamada, “Alternatif 2” cihazı en iyi cihaz, son sırada yer alan “Alternatif 5” cihazı ise alternatifler içinde en kötü cihaz olarak belirlenmiştir.

Bulunan sonuçların doğruluğunu test etmek amacıyla bir başka ÇKKV yöntemi olan CODAS ile de hesaplamalar gerçekleştirilmiş ve WSM yönteminde elde edilen sıralamanın birebir aynısı bulunmuştur. Buna dayanarak seçim kararının doğru bir şekilde yapıldığı yargısına varılmıştır.

Bu çalışmada kullanılan yöntemlerin, farklı cihazlar ve laboratuvarlar üzerinde de yapılarak seçim konusunda yol gösterici olabilmesi mümkündür. Ayrıca, farklı ÇKKV yöntemleri de bu tür çalışmalarda uygulanabilir. Yapılan çalışma sonunda elde edilen bulguların, uygulama yapılan tıp laboratuvarı yönetici ve çalışanlara biyokimya hormon cihazı seçiminde faydalı olacağı düşünülmektedir.

Kaynakça

- Ağaç, G. ve Baki, B. (2016). Sağlık alanında çok kriterli karar verme teknikleri kullanımı: Literatür incelemesi, *Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi*, 19(3): 343-363.
- Aghdaie, M.H., Zolfani, S.H. ve Zavadskas, E.K. (2013). Decision making in machine tool selection: An integrated approach with SWARA and COPRAS-G methods, *Inzinerine Ekonomika Engineering Economics*, 24 (1) 5–17.
- Ayçin, E. (2018). Veri tabanı yönetim sistemi seçiminde SWARA ve COPRAS yöntemlerinin bütünleşik olarak kullanılması, *Journal of Business in The Digital Age*, 1 (2), 51-58.
- Ayçin, E. ve Arsu, T. (2019). CODAS ve entropi yöntemleri ile yenilenebilir enerji kaynaklarının düzey 1 bölgelerine göre incelenmesi. *Avrasya Uluslararası Araştırmalar Dergisi*, 7 (18), 425-447. DOI: 10.33692/avrasyad.595695.
- Ayyıldız, E. ve Yalçın, S. (2018). Türkiye’de yer alan lojistik dostu şehirlerin bütünleşik Entropi-CODAS kullanılarak belirlenmesi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 23 (4), 127-140. DOI: 10.17482/uumfd.448596
- Bakır, M. (2019). SWARA ve MABAC yöntemleri ile havayolu işletmelerinde ewom’ a dayalı memnuniyet düzeyinin analizi, *İzmir İktisat Dergisi*, 34 (1), 51-66.
- Bolturk, E. ve Kahraman, C. (2018). Interval-valued intuitionistic fuzzy CODAS method and its application to wave energy facility location selection problem. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 35(4), 4865-4877. DOI: 10.3233/JIFS-18979.

- Çakır, E. (2018). Bütünleşik SWARA ve EDAS yöntemi kullanarak fitness merkezlerinin değerlendirilmesi: Örnek Bir Uygulama, *Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 11 (3), 1907-1923. DOI: 10.17218/hititsosbil.408916.
- Çakır, E. ve Kacı, Ü. (2018). Altı sigma kara kuşak eğitimi alacak personelin bütünleşik SWARA ve GIA yöntemleri ile belirlenmesi, *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 9 (23), 142-166.
- Çakır, E. ve Karabıyık, B.K. (2017). Bütünleşik SWARA COPRAS yöntemi kullanarak bulut depolama hizmet sağlayıcılarının değerlendirilmesi, *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 10 (4), 417-434.
- Cao, L.N.Y. ve Pui, D.Y.H. (2018). A novel weighted sum method to measure particle geometric surface area in real-Time, *Journal of Aerosol Science*, 117, 11–23. DOI: 10.1016/j.jaerosci.2017.12.007.
- Chakkarapani, K., Thangavelu, T., Dharmalingam, K. ve Thandavarayan, P. (2019). Multiobjective design optimization and analysis of magnetic flux distribution for slotless permanent magnet brushless DC motor using evolutionary algorithms, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 476, 524–537. DOI: 10.1016/j.jmmm.2019.01.029.
- Chakraborty, S. ve Zavadskas, E. K. (2014). Applications of WASPAS method in manufacturing decision making. *Informatica*, 25(1), 1-20.
- Charikinya, E., Robertson, J., Platts, A., Becker, M., Lamberg, P. ve Bradshaw, D. (2017). Integration of mineralogical attributes in evaluating sustainability indicators of a magnetic separator, *Minerals Engineering*, 107, 53–62. DOI: 10.1016/j.mineng.2016.11.014.
- Chatburn RL ve Primiano F.P. (2001). Decision analysis for large capital purchases: how to buy a ventilator, *Respiratory Care*, 46 (10), 1038-1053.
- Cihan, Ş., Ayan, E., Eren, T., Topal, T. ve Yıldırım, E.K. (2017). Çok ölçütlü karar verme yöntemleri ile ekokardiyografi cihazı seçiminin yapılması, *Sağlık Bilimleri ve Meslekleri Dergisi (HSP)*, 4 (1), 41-49, DOI: 10.17681/hsp.285651.
- Dehnavi, A., Aghdam, I.N., Pradhan, B. ve Varzandeh, M.H.M. (2015). A new hybrid model using step-wise weight assessment ratio analysis (SWARA) technique and adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS) for regional landslide hazard assessment in Iran, *Catena*, 135, 122-148.

- Deng, J. L. (1982). Control problems of grey systems. *Systems and Control Letters*, 1(5), 288–294.
- Dhanisetty, V.S., Verhagen, W.J.C. ve Curran, R. (2018). Multi-criteria weighted decision making for operational maintenance processes, *Journal of Air Transport Management*, 68, 152-164. DOI: 10.1016/j.jairtraman.2017.09.005.
- Diakoulaki, D., Mavrotas, G., & Papayannakis, L. (1995). Determining objective weights in multiple criteria problems: The critic method. *Computers & Operations Research*, 22(7), 763-770.
- Dođan, N. Ö. ve Akbal, H. (2019). Sağlık sektöründe tedarikçi seçim kararının ahp yöntemi ile incelenmesi: bir üniversite hastanesi Örneđi. *Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 17(4), 440-456.
- Fernandes, W.S., Greco, M. ve Almeida, V.S. (2017). Application of the smooth evolutionary structural optimization method combined with a multi-criteria decision procedure, *Engineering Structures*, 143, 40–51. DOI: 10.1016/j.engstruct.2017.04.001.
- Fishburn, P.C. (1967). Additive utilities with incomplete product sets: application to priorities and assignments. *Operations Research*, 15 (3), 537-542. <https://doi.org/10.1287/opre.15.3.537>.
- Ghorabae, M. K., Zavadskas, E. K., Turskis, Z. ve Antucheviciene, J. (2016). A new combinative distance-based assessment (CODAS) Method for multi-criteria decision-making, *Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research, C. L, S. 3*, 25-44.
- Grosan, C., Abraham, A. ve Tigan, S. (2008). Multicriteria programming in medical diagnosis and treatments, *Applied Soft Computing*, 8, 1407–1417, DOI: 10.1016/j.asoc.2007.10.014.
- Huang, C.Y., Shyu, J.Z., Tzeng, G.H., (2007). Reconfiguring the innovation policy portfolios for Taiwan’s SIP Mall industry, *Technovation*, 27, 744–765.
- Hwang, C.L. and Yoon, K. (1981) *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. Springer-Verlag, New York.
- Ivlev I, Kneppo P. ve Bartak M. (2014). Multicriteria decision analysis: a multifaceted approach to medical equipment management, *Technological and Economic Development of Economy*, 20 (3), 576–589, doi:10.3846/20294913.2014.943333.

- Karabasevic, D., Paunkovic, H. ve Stanujkic, D. (2016). Ranking of companies according to the indicators of corporate social responsibility based on SWARA and ARAS methods, *Serbian Journal of Management*, 11 (1), 43–53. doi:10.5937/sjm11-7877.
- Karabasevic, D., Stanujkic, D., Urosevic, S. ve Maksimovic, M. (2015). Selection of candidates in the mining industry based on the application of the SWARA and the MULTIMOORA methods, *Acta Montanistica Slovaca*, 20 (2), 116-124.
- Keršulienė, V. ve Turskis, Z. (2011), Integrated fuzzy multiple criteria decision making model for architect selection, *Technological and Economic Development of Economy*, 17 (4), 645-666.
- Keshavarz Ghorabae, Zavasdkas, M. Olfat, E.K. ve Turskis, Z. (2015). Multi criteria inventory classification using a new method of evaluation based on distance from average solution (EDAS), *Informatica*, 26 (3), 435-451.
- Kim, H-S., Lee, H-L. ve Lim, Y-J. (2019). Multi-objective optimization of dual-purpose outriggers in tall buildings to reduce lateral displacement and differential axial shortening, *Engineering Structures*, 189, 296–308. DOI: 10.1016/j.engstruct.2019.03.098.
- Markou, Ch., Koulinas, G.K.ve Vavatsikos, A.P. (2017). Project resources scheduling and leveling using Multi-Attribute Decision Models: Models implementation and case study, *Expert Systems With Applications*, 77, 160–169.
- Mathew, M. ve Sahu, S. (2018). Comparison of new multi-criteria decision making methods for material handling equipment selection, *Management Science Letters*, 8(3), 139-150. Doi: 10.5267/j.msl.2018.1.004.
- Nezhad, M.R.G., Zolfani, S.H., Moztarzadeh, F., Zavadskas, E.K. ve Bahrami, M. (2015). Planning the priority of high tech industries based on SWARA-WASPAS methodology: The case of the nanotechnology industry in Iran, *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 28 (1), 1111-1137. DOI: 10.1080/1331677X.2015.1102404.
- Opricovic, S. ve Tzeng, G.-H. (2004), Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS, *European Journal of Operational Research*, 156(2), ss.445–455.
- Özbek, A. (2017). *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve Excel ile Problem Çözümü*, Seçkin Yayıncılık. Ankara.

- Özbek, A. ve Erol, E. (2018). AHS ve SWARA yöntemleri ile yem sektöründe iş sağlığı ve güvenliği kriterlerinin ağırlıklandırılması, *Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 20 (2), 51-66.
- Özüdođru, A. G. (2018). Biyomedikal cihaz seçiminde kriterlerin önem düzeylerinin belirlenmesi. *TIPTEKNO'18-Tıp Teknolojileri Kongresi*, 8-10 Kasım 2018, Gazi Magosa-KKTC, 50-53.
- Pamučar, D., & Ćirović, G. (2015). The selection of transport and handling resources in logistics centers using Multi-Attributive Border Approximation area Comparison (MABAC). *Expert Systems with Applications*, 42(6), 3016- 3028.
- Rey, A. ve Zmeureanu, R. (2016). Multi-objective optimization of a residential solar thermal combisystem, *Solar Energy*, 139, 622–632. DOI: 10.1016/j.solener.2016.10.008.
- Ruzgys, A., Volvačiovas, R., Ignatavičius, Č. ve Turskis, Z. (2014). Integrated evaluation of external wall insulation in residential buildings using SWARA-TODIM MCDM method, *Journal of Civil Engineering and Management*, 20 (1), 103-110.
- Saaty T.L. (1996). *Decision Making with Dependence and Feedback The Analytic Network Process*. Pittsburgh, Pennsylvania, RWS Publications.
- Saaty T.L., (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw - Hill, New York
- Salminen, P. (1991). Generalizing prospect theory to the multiple criteria decision-making context, Unpublished paper, University of Jyväskylä.
- Selvi, Y. (2009). Sağlık kuruluşlarında tıbbi cihaz yönetimi, *Yönetim Dergisi*, 20(63), 99-118.
- Shannon C. E. (1948), A mathematical theory of communication, *The Bell System Technical Journal*, 27, p.10-14.
- Stanujkic, D., Karabasevic, D. ve Zavadskas, E. K. (2015). A Framework for the Selection of a Packaging Design Based on the SWARA Method, *Inzinerine Ekonomika-Engineering Economics*, 26 (2), 181–187.
- Taş, C., Bedir, N., Eren, T., Alağaç, H.M., ve Çetin, S. (2018). AHP-TOPSIS yöntemleri entegrasyonu ile poliklinik değerlendirilmesi: Ankara’da bir uygulama, *Sağlık Yönetimi Dergisi*, 2 (1), 1-17.
- Tuş, A. ve Adalı, E. A. (2018). Personnel assessment with CODAS and PSI methods, *Alphanumeric Journal The Journal of Operations Research*,

Statistics, Econometrics and Management Information Systems, 6 (2), 243-256.

Urosevic S., Stanujkic, D., Karabasevic, D. ve Maksimovic, M. (2017). An approach to personnel selection in the tourism industry based on the SWARA and the WASPAS, *Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research*, Issue, 1 (51), 75-88.

Zavadskas, E. K. and Turskis, Z. 2010. A new additive ratio assessment (ARAS) method in multicriteria decision-making, *Ukio Technologinis ir Ekonominis Vystymas*, 16 (2), 159-172.

Zavadskas, E. K., Kaklauskas, A., Turskis, Z., & Tamosaitiene, J. (2008). Contractor selection multi-attribute model applying COPRAS method with grey interval numbers. *In 20th EURO Mini Conference "Continuous Optimization and Knowledge-Based Technologies"* 241–247

Zavadskas, E.K. ve Kaklauskas, A. (1996), *Pastatį Sistemotechninis Uvertinimas* [eng. Systemic-technical Assessment of Buildings], Vilnius: Technika.

Zolfani, S. H. ve Saparauskas, J. (2013). New application of SWARA method in prioritizing sustainability assessment indicators of energy system, *Inzinerine Ekonomika-Engineering Economics*, 24 (5), 408–414.

Biochemistry Hormone Device Selection with SWARA Based WSM and CODAS Methods

Extended Abstract

1. Introduction

The diagnosis of many diseases has been facilitated in hospitals with the help of developing technology. In particular, the importance of the devices used in laboratories to assist in the diagnosis of diseases and their use in the laboratory is indisputable. When the diseases are thought to be related to hormones, various tests are carried out by using biochemistry hormone device. In this study, biochemistry hormone alternatives in a medical laboratory were evaluated on different criteria.

2. Method

A literature search was conducted to determine the criteria and interviews were conducted with experts. Market research was conducted to determine the alternatives of biochemical hormone devices and the purchasing authorities of the companies selling medical devices were interviewed. A form was then created and laboratory staff and authorized people were asked to complete the form. Criterion weights were determined by SWARA (Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis) method and five different alternative devices were listed by WSM (Weighted Sum Method) method. Then, alternatives were evaluated with another multi-criteria decision-making method, CODAS (COmbinative Distance-based Assessment), in order to test the accuracy of the decision, and the results were found to be compatible with each other. In the analysis of the data, Excel package program was used.

3. Results

According to SWARA method, the most important criterion was found to be reliable blood results with 39.4182%. According to WSM method, the best alternative among 5 alternatives was determined as alternative number 2 with 0.970454 value. Then, alternatives were evaluated with another multi-criteria decision-making method, CODAS (COmbinative Distance-based Assessment), in order to test the accuracy of the decision. According to CODAS method, the best alternative among 5 alternatives was determined as alternative number 2 with 0.782182 value. These results are compatible with each other.

4. Conclusion

In recent years, positive developments in technologies related to medical devices promise hope for patients who continue their treatment process. The presence of this situation is also welcomed in the medical world.

The existence of diseases requires that diagnose for human life. Disease diagnoses are shaped by the medical information of the physicians as a result of the analyzes and examinations. Different devices are used in medical laboratories and hospitals for analyzes and examinations. The biochemistry hormone device, which helps in diagnosing diseases related to hormones, is one of these devices.

Public health is critical for struggling with infectious diseases. Many different devices have been used for diagnosis of diseases. Biochemistry hormone device is one of them. Choosing the appropriate biochemistry hormone device is a critical decision for health management and hospital laboratories. The aim of the study is to analyze biochemistry hormone device alternatives

according to many different criteria. Market research was conducted to determine the alternatives of biochemical hormone devices. The interviews with laboratory technicians, surveillance nurses and biochemistry hormone device salesman have been made for determining the criteria. There are five different biochemistry hormone device alternatives. There are eight different criteria in the multi criteria decision making problem. These criteria are reliable blood results, training support of vendor, ergonomic properties, maintenance and repair service, specimen capacity, incubation period, medical waste disposal and cost per test respectively. The most important criterion is reliable blood results with 39.4182%. The second most important criterion is training support of vendor with 21.8990%. Ergonomic properties is the third with 14.5993%. The least important criterion is cost per test with 1.5087% according to the results of SWARA method. Because wrong test has got fatal effects. Then the decision matrix has been constructed for evaluating the alternatives. The next step is to construct the normalized decision matrix. Then the weighted normalized decision matrix has been constructed. In this phase, SWARA method results have been integrated with WSM and CODAS methods. The results of WSM and CODAS methods are compatible with each other. The best alternative among 5 alternatives was determined as alternative number 2 according to WSM and CODAS methods.

It is possible that the methods used in this study can be guided in the selection by using different devices in the health laboratories. In addition, different MCDM methods can be applied in such studies. The findings obtained at the end of the study are thought to be beneficial in the selection of the biochemistry hormone device for administrators and employees in the medical laboratories.