



POLİTEKNİK DERGİSİ

JOURNAL of POLYTECHNIC

ISSN: 1302-0900 (PRINT), ISSN: 2147-9429 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.org.tr/politeknik>



Covid-19 takibinde giyilebilir sağlık teknolojilerinin çkkv yöntemleri ile değerlendirilmesi

Evaluation of wearable health technologies with mcdm methods in covid-19 monitoring

Yazar(lar) (Author(s)): Ayşegül DERİNGÖZ¹, Tuğba DANIŞAN², Tamer EREN³

ORCID¹: 0000-0001-9999-0531

ORCID²: 0000-0003-1998-6810

ORCID³: 0000-0001-5282-3138

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Deringöz A., Danışan T. ve Eren T., “Covid-19 takibinde giyilebilir sağlık teknolojilerinin çkkv yöntemleri ile değerlendirilmesi”, *Politeknik Dergisi*, 25(2): 533-543, (2022).

Erişim linki (To link to this article): <http://dergipark.org.tr/politeknik/archive>

DOI: 10.2339/politeknik.768219

Covid-19 Takibinde Giyilebilir Sağlık Teknolojilerinin ÇKKV Yöntemleri ile Değerlendirilmesi

Evaluation of Wearable Health Technologies with MCDM Methods in Covid-19 Monitoring

Önemli noktalar (Highlights)

- ❖ Covid-19 hastalarının giyilebilir sağlık teknolojileri ile uzaktan takibi. / Monitoring Covid-19 patients remotely with wearable health technologies.
- ❖ Uzaktan takip sonucu bulaşın azalması. /Reduction of transmission as a result of remote monitoring.
- ❖ Doktor-hasta temasının en aza indirgenmesi. /Minimization of doctor-patient contact.

Grafik Özet (Graphical Abstract)

Seçilen 6 farklı alternatif üzerinden ürünün vücut sıcaklığı takibi, kandaki oksijen miktarı takibi, temas takibi, pil ömrü, fiyat, tek/çok kullanımlık olması kriterleri ile giyilebilir sağlık teknolojilerinin değerlendirilmesi yapılmıştır. Yöntemler sonucunda elde edilen kıyaslama Çizelge A'da yer almaktadır.

Çizelge A. Elde edilen sonuçlar/ Table A. Obtained results

Sıralama/Ranking	PROMETHEE	TOPSIS
1	BioButton	BioButton
2	LifeSignals	Loop Signal
3	VivaLNK	LifeSignals
4	AARM	Cosinuss
5	Loop Signal	VivaLNK
6	Cosinuss	AARM

Amaç (Aim)

Covid-19 hastalarının uzaktan takibinde kullanılacak giyilebilir sağlık teknolojilerinin karşılaştırılması ve seçilmesi. / Comparison and selection of wearable health technologies to be used in remote monitoring of Covid-19 patients

Tasarım ve Yöntem (Design & Methodology)

Çözüm aşamasında AHP, PROMETHEE ve TOPSIS yöntemleri kullanılmıştır. / AHP, PROMETHEE and TOPSIS methods were used in the solution phase.

Özgünlük (Originality)

Bilindiği kadarıyla bu çalışmada, literatürde ilk kez giyilebilir sağlık teknolojilerinin seçimi ÇKKV yöntemleri ile yapılmış, Covid-19 hasta takibi için uygun ürünün seçimini sağlamıştır/ As far as it is known, in this study was the first time in the literature to select the wearable health technologies using MCDV methods, providing the most suitable product for Covid-19 patient follow-up.

Bulgular (Findings)

Giyilebilir sağlık teknolojilerinin değerlendirilmesinde kandaki oksijen miktarının, vücut sıcaklığının ve temas takibinin yapılabilmesi ürün seçiminde etkili kriterlerdir. / The ability to monitor the amount of oxygen in the blood, body temperature and contact in the evaluation of wearable health technologies are effective criteria in product selection.

Sonuç (Conclusion)

Yapılan çözüm sonucunda Covid-19 takibi için GST seçiminde birinci öncelikli ürün her iki yöntemde de BioButton ürünü olmuştur. / As a result of the solution, the first priority product in choosing GST for Covid-19 monitoring has been the BioButton product in both methods.

Etik Standartların Beyanı (Declaration of Ethical Standards)

Bu makalenin yazar(lar)ı çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler. / The author(s) of this article declare that the materials and methods used in this study do not require ethical committee permission and/or legal-special permission

Covid-19 Takibinde Giyilebilir Sağlık Teknolojilerinin ÇKKV Yöntemleri ile Değerlendirilmesi

Araştırma Makalesi / Research Article

Ayşegül DERİNGÖZ , Tuğba DANIŞAN, Tamer EREN*

Mühendislik Fakültesi, Endüstri Müh. Bölümü, Kırıkkale Üniversitesi, Türkiye

(Geliş/Received : 11.07.2020 ; Kabul/Accepted : 07.10.2020 ; Erken Görünüm/Early View : 08.10.2020)

ÖZ

İnsanlar tarih boyunca birçok bulaşıcı hastalıklarla mücadele etmiştir. Günümüzde ise Covid-19 adı verilen hastalığa neden olan korona virüs salgını ile mücadele edilmektedir. Covid-19 hastalığına yakalanmış veya yakalanma riski bulunan kişiler için en önemli faktörlerden biri sosyal izolasyondur. Sosyal izolasyonun sağlanması için birçok ülke farklı çözümler geliştirmiştir. Bu çözümlerden biri de çeşitli Giyilebilir Sağlık Teknolojileridir (GST). Yapılan bu çalışmada Covid-19 uzaktan hasta takibinin yapılması için GST seçimi problemi ele alınmıştır. Covid-19 hastalarının takibinde kullanılan önemli semptomların da yer aldığı toplamda 6 kriter ile 6 GST ürünü değerlendirilmiştir. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ile belirlenen 6 kriterin ağırlığı hesaplanmış ve bu ağırlıklar The Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation (PROMETHEE) ve Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solutions (TOPSIS) yöntemlerinin çözümünde kullanılarak GST ürünleri kıyaslanmıştır. Yapılan çözüm sonucunda Covid-19 takibi için GST seçiminde birinci öncelikli ürün her iki yöntemde de BioButton ürünü olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Covid-19, giyilebilir sağlık teknolojileri, AHP, PROMETHEE, TOPSIS, ÇKKV.

Evaluation of Wearable Health Technologies with MCDM Methods in Covid-19 Monitoring

ABSTRACT

Humans have struggled with many infectious diseases throughout history. Today, the coronavirus epidemic that causes the disease called Covid-19 is being fought. One of the most important factors for people with or at risk of contracting Covid-19 disease is social isolation. Many countries have developed different solutions to ensure social isolation. One of these solutions is various Wearable Health Technologies (WHT). In this study, the problem of GST selection for remote patient monitoring of Covid-19 was discussed. Six WHT products were evaluated with a total of 6 criteria, including important symptoms used in the follow-up of Covid-19 patients. Weights of 6 criteria determined by Analytical Hierarchy Process (AHP) were calculated and these weights were used in the solution of The Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation (PROMETHEE) and Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solutions (TOPSIS) methods and GST products were compared. As a result of the solution, the first priority product in choosing GST for Covid-19 monitoring has been the BioButton product in both methods.

Keywords: Covid-19, wearable health technology, AHP, PROMETHEE, TOPSIS, MCDM.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Bulaşıcı salgın hastalıklar yani epidemiler çok geniş alanlara bazen bir kıtaya, hatta tüm dünyaya yayılan, insanlar veya hayvanlarda hastalık ve ölümlere yol açan bulaşıcı hastalıklardır. Bütün bulaşıcı hastalıklar çeşitli yollarla insana veya hayvana geçebilme özelliği taşımaktadır [1]. Korona virüsler de insan ve hayvanlarda hastalık meydana getiren geniş bir virüs ailesidir [2]. 2019 yılının sonlarına doğru Çin'de ortaya çıkan korona virüs 4,5 ayda 170'ten daha fazla ülkeyi etkisi altına almıştır [3]. Covid-19 olarak da anılan korona virüsü salgını da insanlık için büyük tehlike oluşturmaktadır.

Teknolojinin gelişmesiyle kablosuz iletişim her alana yayılmıştır [4]. Uzaktan hasta takibi için sistemler hastaya doğrudan yerleştirilir ve yerleştirilen cihaz üzerinden hastanın ölçümleri yapılabilmektedir [5]. Covid-19 hastaları için geliştirilen hasta takip sistemleri

enfekte olmuş veya olma riski bulunan hastalar için yayılımı kontrol altında tutmaya ve enfekte kişilerin sağlık durumunu uzaktan takip etmeye yarar. Bu sistemlerin kullanılması doktor-hasta arasındaki mesafeyi artırarak doktorların ve tüm sağlık çalışanlarının da enfekte olma riskini düşürmektedir. Aynı zamanda enfekte kişinin evinde kalarak takip edilmesi hastanelerin doluluk oranını azaltmaya yardımcı olmaktadır. Salgının yayılmasında en etkili özelliklerden biri de temastır. Sosyal mesafenin artması, insanlarla kurulan temasların azaltılması salgını önleyen en iyi yöntemdir. Ancak salgına yakalanan ve yakalanma riski bulunan insanlar için izolasyon çok önemlidir [6]. Bunun için tasarlanan Giyilebilir Sağlık Teknolojileri (GST) uzaktan hasta takibi konusunda yardımcı olmaktadır.

Yapılan çalışmada Covid-19 hastaları için uzaktan takip yapılmasını sağlayacak GST ürünleri değerlendirilmiştir. Çözüm sürecinde Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden literatürde seçim problemlerinde sıklıkla

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)
e-posta : tamereren@gmail.com

kullanılan ve kolaylıkla uygulanabilir bir yöntem olan Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), The Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation (PROMETHEE) ve Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solutions (TOPSIS) yöntemleri kullanılmıştır.

Literatürde Covid-19 için giyilebilir cihazlar ile tedavi takip sistemleri ve tele tıp ile ilgili birden fazla çalışma yapılmış olmakla birlikte, Lakkireddy vd. [7] Covid-19'dan etkilenen hastalara yönelik stratejileri ve uzaktan tele-tıbbın rolünü anlatan çalışma yapmışlardır. Gorodeski vd. [8] kronik rahatsızlığı olan kişiler için sanal bakımın önemini anlatırken Sun vd. [9] Mobil sağlık platformu üzerinden Covid-19 un yayılımını sınırlandırmayı amaçlayarak hastaların takibini gerçekleştiren uygulamaların faydalarını giyilebilir cihazlar yardımı ile araştırmışlardır. Zhu vd. [10] ise farklı ülkelerde ve şehirlerde yaşayan kişilerdeki giyilebilir cihazlardan toplanan kalp atış hızı ve uyku verilerini kullanarak Covid-19'un salgın eğilimini geliştirdikleri tahmin modeli ile anlatmışlardır. Wosik vd. [11] Covid-19 salgınında başarılı bir tele sağlık dönüşümü için insanların, süreçlerin ve teknolojinin birlikte nasıl çalıştığını ve çalışabileceğini incelemiştir. Singh vd. [12] yaptıkları çalışmada Covid-19 tanısı pozitif olan kişilerin izlenmesi için IoT tabanlı bir karantina bandı geliştirerek hastalığın yayılımını kontrol altına alan çözümü anlatmışlardır. Tavakoli vd. [13] Covid-19 salgını sırasında akıllı giyilebilir cihazların sağlık hizmetlerine yararlarını ve sağlık personelinin nasıl desteklediğini anlatmıştır. Zhang vd. [14] Wuhan Huoshenshan Hastanesinde çalışan tıbbi yardım ekibinin sağlık durumunu uzaktan izleyerek dünya genelindeki sağlık çalışanlarının pandemi gibi acil durumlarda iş verimliliğinin artırılması ve iş gücünün sürdürülmesinde hassas izlemenin nasıl etkili olduğunu göstermiştir. Alwashmi [15] veri odaklı hastalık gözetimi, tarama, tanı ve izleme dahil olmak üzere Covid-19 salgınının farklı aşamalarında kullanılabilecek dijital teknolojilerin uygulama potansiyelini araştırmıştır. Ktori [16] kalp yetmezliği olan hastaların fizyolojik verilerini toplayan tek kullanımlık giyilebilir bir sensörün verilerini değerlendirmiş ve 10 gün öncesinden hastanın hastaneye yatırılıp yatırılmayacağını tahmin edilebileceğini göstermiştir. Öcal vd. [17] ise akıllı ve geleneksel giyilebilir sağlık cihazlarında nesnelere internetini değerlendirmiştir. Bu çalışmalar genellikle hastalık tanımı, teşhisi ve tedavisi üzerine yapılan çalışmalardır.

Literatürdeki karar problemlerinde ise etkin sonuçların bulunmasını sağlayan ÇKKV yöntemleri ile anti-kanser ajanı [18], insansız hava araçları [19], medikal cihaz [20], ekipman [21,22], makine [23] ve proje [24] seçimi gibi birçok probleme çözüm aranmıştır. Bu çalışmada literatürdeki çalışmalardan farklı olarak Covid-19 hastalarının takibinde kullanılmak üzere tasarlanan GST ürünleri kıyaslanmıştır. Öncelikle Covid-19 hasta takibinde etkili olan vücut sıcaklığı, kandaki oksijen miktarı, hasta veya taşıyıcı kişilerle temaslı olma durumu [6] gibi kriterlerin de yer aldığı 6 kriter belirlenmiştir.

Belirlenen bu kriterlerin ağırlıkları AHP yöntemi ile bulunmuş ve bu ağırlıklar GST seçiminin yapıldığı PROMETHEE ve TOPSIS yöntemlerinde kullanılmıştır.

Bu çalışma bilindiği kadarıyla literatürdeki diğer çalışmalardan;

- ❖ Covid-19 hastalarının uzaktan takibi için GST ürünlerinin değerlendirilmesi,
- ❖ GST ürünlerinin seçiminde ÇKKV yöntemlerinin kullanılması,
- ❖ AHP, PROMETHEE ve TOPSIS entegrasyonu ile Covid-19 için GST ürünlerinin değerlendirilmesi,
- ❖ GST ürünlerinin değerlendirilmesinde vücut sıcaklığı, kandaki oksijen miktarı, hasta veya taşıyıcı kişilerle temaslı olma durumu, ürünün pil ömrü, fiyatı ve tek veya çok kullanımlı olup olmaması kriterlerinin ele alınması,
- ❖ GST ürünlerinin seçimi için kıyaslamaların yapılması yönlerinden farklılık oluşturmaktadır.

Yapılan bu çalışmanın devamında ikinci bölümde Covid-19 hasta takibi için ele alınan GST ürünlerinin özelliklerine yer verilmiştir. Üçüncü bölümde çalışmada kullanılan yöntemlerin bilgisine yer verilmiş ve dördüncü bölümde Covid-19 hastaları için GST ürünü seçimi probleminin uygulaması sunulmuştur. Beşinci bölümde ise konunun sonuçları değerlendirilmiş ve öneriler sunulmuştur.

2. COVID-19 TAKİBİNDE KULLANILAN GST ÜRÜNLERİ (WHT PRODUCTS USED FOR FOLLOWING COVID-19)

Korona virüs insanların yaşamlarını etkileyen, şiddetli akut solunum yolu sendromu SARS-CoV-2'nin neden olduğu bulaşıcı bir hastalıktır. Vakalarda görülen semptomların benzer olması durumuna karşın hastalardan bazıları hafif semptomlara sahip olsa da bazılarında zatürre ve çoklu organ yetmezliği gibi şiddetli hastalıklara da yol açmaktadır [25]. Enfekte olan veya enfekte olma riski bulunan hastaların takibinin uzaktan yapılması için GST ürünlerinin kullanılması kişilerin izolasyonunu kolaylaştıracaktır. Böylece hasta-sağlık çalışanları arasındaki mesafe artacak ve hastanelerdeki doluluk oranı azalacaktır. Bu sebeplerle hasta takibinin uzaktan yapılması için birden fazla ülke çeşitli çözümler geliştirmiştir. Ülkeler geliştirdikleri GST ürünleri ile uzaktan hasta takibini yaparak yayılmayı ve bulaşıcılığı minimum seviyeye indirmeyi planlamaktadır [34-36]. Bu ürünlerden bazıları özellikleri ile Çizelge 1'de sunulmuştur.

Çizelge 1. Covid-19 takibinde kullanılan GST ürünleri ve özellikleri (WHT products and features used in Covid-19 monitoring)

	AARM Bileklik (A)	Temp Traq (B)	Cosinuss (C)	Whoop (D)	Viva LNK (E)	Life Signals (F)	Loop Signal (G)	Temp pal (H)	Bio Button (I)
Kalp atış hızı takibi	*		*	*	*	*	*		*
Anormal kalp ritim uyarısı	*								
Vücut sıcaklık takibi	*	*	*		*	*		*	*
Uzaklık takibi	*		*			*			*
Kandaki oksijen miktarının ölçümü			*			*	*		*
Kalori takibi	*		*	*		*			*
Suya dayanıklılık	*			*	*		*	*	
Aktivite takibi	*		*	*		*			*
Gerçek zamanlı veri iletimi	*	*	*		*	*	*	*	*
Solunum hızı takibi	*		*	*	*	*	*		*
Uyku takibi	*			*					*
Arama yapma veya mesaj atabilme	*						*		
Kan basıncı değişikliği	*								
Öksürük takibi									*
Kusma takibi									*
Temas takibi							*		*
Hapşırma takibi									*
Fiyat	99 \$	24 \$	303 \$	30 \$	90 \$	32 \$	41 \$	69\$	55 \$
Pil ömrü	168 saat	72 saat	8 saat	120 saat	168 saat	120 saat	72 saat	48 saat	2160 saat
Ağırlık	20 gr	5 gr	6.5 gr	22 gr	7.5 gr	2 gr	18 gr	3 gr	2.5 gr
Tek veya çok kullanımlık	çok	tek	çok	çok	çok	tek	çok	çok	tek

Çizelge 1’de sunulan GST ürünleri mevcutta onay almış ve çeşitli hastane ve üniversitelerde kullanımı devam eden ürünlerdir. Ürünlere ait bilgiler dikkate alınırken mevcut durumdaki veriler dikkate alınmış olup özellikle fiyat kriterinde temel fiyat baz alınmış ve firmanın diğer işlemler için sunduğu ek ücretler dikkate alınmamıştır. AARM Bileklik armtrackrCCM+ ile telefondaki özel bir uygulamayla eşleştirilip, gerçek zamanlı olarak verileri doktorlara iletmektedir. Anormallik tespit edilirse hastaya tıbbi yardım almasını söylemektedir [26]. TempTraq ürünündeki yama, doğrudan doktor temasına ihtiyaç duymadan hasta sıcaklıklarını izlemek için

geliştirilmiştir [27]. Yakın zamanda sertifika alan ve Alman şirketi tarafından sunulan Cosinuss, kulak içi giyilebilir sensör bir mobil cihaz uygulaması ve bir sunucu veri tabanından oluşmaktadır. Gelişmiş algoritmalar sağlık durumunu, kişinin konumundan bağımsız olarak önemli fizyolojik hayati parametrelerin sürekli ölçümüne dayanarak dijital olarak değerlendirmektedir [28]. Whoop akıllı bileklik solunum hızındaki değişiklikler ile Covid-19 arasındaki ilişkiyi dikkate alarak 7/24 toplanan fizyolojik verilerle bir çalışma sürdürmeyi hedeflemektedir [29]. VivaLNK ile hasta sıcaklığındaki değişikliklerin sürekli olarak

izlenmesini otomatikleştirmeyi amaçlayan sürekli bir izleme ve uyarı çözümü geliştirmiştir. IoT özellikli tıbbi giyilebilir sıcaklık sensörleri, verileri merkezi bir izleme sistemine uzaktan iletmektedir ve sağlık personeli, eğilimler ve eşik değerlere göre uyarılıp hastayı ve odayı tanımlamaktadır ve buna göre yanıt verebilmektedir [30]. Korona virüs semptomlarının erken tespiti ve izlenmesi için tek kullanımlık yama olan LifeSignal ürünü göğüs bölgesine basitçe yapıştırılmakta ve gerçek zamanlı olarak verileri kaydetmektedir [31,32]. Spry Health tarafından hastane ziyaretlerini azaltmak ve iyileştirmek için Loop Signal'i geliştirmiştir. Bu ürün Covid-19 için doğrulanmış, şüphelenilen veya risk altında olan hastaların evde izlenmesine yardımcı olmaktadır [33]. Tayvanlı sağlık şirketi iWEECARE'in akıllı termometresi Temp Pal'ın Covid-19 salgınıyla mücadeleye yardımcı olmak için kullanıldığını duyurması ile hastanelerde ve karantinalarda kullanılan bulut tabanlı sürekli sıcaklık izleme sistemi, hasta bakıcılar ve hastalar arasındaki fiziksel teması azaltarak enfeksiyon riskini düşürmektedir. Ürün şu anda Tayvan'daki bazı koronavirüs hastanelerinde ve Çin'in Nanjing Şehrinde karantina yönetiminde enfeksiyon sayısını azaltmak ve bakıcılar üzerindeki yükleri hafifletmek için kullanılmaktadır [34,35]. Bio Button ise evdeki hastalarda, yüksek riskli bireylerde, ön saflarda yer alan sağlık uzmanlarında 90 gün boyunca sürekli sıcaklığı ve diğer hayati belirtileri ölçen, işe ve okula güvenli bir şekilde dönmelerini sağlayan madeni para büyüklüğünde, tek kullanımlık bir tıbbi cihazdır [36,37].

3. YÖNTEMLER (METHODS)

Covid-19 hastaları için uzaktan hasta takibinin yapılmasını sağlayan GST seçim problemi ÇKKV yöntemlerinden AHP, PROMETHEE ve TOPSIS yöntemleri kullanılarak çözülmüştür.

3.1. AHP Yöntemi (AHP Method)

AHP yöntemi birden fazla kriterin değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. AHP karmaşık karar verme problemleri için etkili bir araçtır [38]. AHP yöntemi ile karmaşık içerikler hiyerarşik yapıyla basit bir şekilde ifade edilerek sezgisel ve mantıksal düşünceyle irdelenmektedir [39]. AHP yönteminin adımları şöyledir [21,40]:

Adım 1. Hiyerarşik yapının oluşturulması

AHP yönteminde ilk adım ele alınan problem için kriterler temelinde alternatiflerin hiyerarşik yapısının oluşturulmasıdır.

Adım 2. Kriterlerin karşılaştırılması

Hiyerarşik yapı oluşturulduktan sonra alternatiflerin birbiriyle karşılaştırılması ve her bir kriterin kendi arasında ikili karşılaştırılması sonucunda karar matrisleri oluşturulmaktadır. Karar matrisleri oluşturulurken, Çizelge 2'de [21] gösterilen ve Saaty [40] tarafından belirlenen önem skalası göz önünde bulundurularak değerler atanmaktadır.

Çizelge 2. Saaty önem skalası (Saaty scale of importance)

Önem Değerleri	Değer Tanımları
1	Eşit derecede önemli
3	Kısmen daha önemli
5	Çok daha önemli
7	Aşırı derece daha önemli
9	Kesinlikle daha önemli
2, 4, 6, 8	Ara değerler

Adım 3. Normleştirme ve göreceli önem ağırlıklarının hesaplanması

Normleştirme işlemi problemdeki her bir kriter için Eş.1'deki formül ile yapılmakta ve devamında Eş. 2 kullanılarak her bir kriterin ağırlığı hesaplanmaktadır.

$$b_{ij} = a_{ij} / \sum_{i=1}^n a_{ij} \quad (1)$$

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

Adım 4. CR' nin (Tutarlılık oranının) hesaplanması ve kontrolü

Eş.3 ve Eş.4 kullanılarak CR değerinin hesaplanabilmesi için öncelikle ikili karşılaştırma matrisinin en büyük λ_{max} (özvektör) değeri hesaplanmaktadır.

$$[a_{ij}]_{n \times m} * [w_i]_{m \times 1} = [d_i]_{n \times 1} \quad (3)$$

$$\lambda_{max} = \frac{(\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{w_i})}{n} \quad (4)$$

CR, tutarlılık indeksinin (CI) Eş. 6'ya göre Çizelge 3'te verilen rassal indekse oranlanması sonucunda hesaplanmakta ve Eş.5 ile tutarlılık indeksi hesaplanmaktadır.

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

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (6)$$

Çizelge 3. RI değerleri (RI values)

n	RI
1	0
2	0
3	0,58
4	0,9
5	1,12
6	1,24
8	1,41
9	1,45
10	1,49
11	1,51
12	1,48
13	1,56

Eğer CR <0,1 ise ikili karşılaştırma matrisinin problem için tutarlı olduğu anlamına gelmektedir. Bu şartın sağlanmaması durumunda, ikili karşılaştırmalar tekrar gözden geçirilmeli ve matristeki değerler yenilenerek hesaplamaların tekrar yapılması gerekmektedir [21].

Adım 5. Alternatiflerin sıralanması

En yüksek öncelik değerine sahip alternatif en iyi alternatif olarak seçilmektedir.

3.2. PROMETHEE Yöntemi (PROMETHEE Method)

PROMETHEE yöntemi, Brans tarafından geliştirilmiştir [41]. Diğer ÇKKV yöntemleri ile uygulama ve kapsam açısından karşılaştırıldığında gerçek değerler ile ifade edilebilen çok sayıda kriter için uyarlanabilir basit bir yöntemdir. PROMETHEE yöntemi karar noktalarının değerlendirme faktörlerine göre ikili kıyaslamalarına dayanmaktadır. Ancak diğer çoklu karar verme yöntemlerinden temel farkı, değerlendirme faktörlerinin birbirleri arasında ilişki düzeyini gösteren önem ağırlıklarının yanı sıra, her bir değerlendirme faktörünün kendi iç ilişkisini de dikkate almasıdır. Bu çalışmada bazı kriterlerin 0 ve 1 değerler alması ve farklı iç ilişkilere sahip olması nedeniyle bu yöntem tercih edilmiştir. PROMETHEE yöntemi 7 adımdan oluşmaktadır [42-44].

Adım 1. Veri Matrisinin Oluşturulması

Problemin çözümünde gerekli olan veri matrisi oluşturulmaktadır.

Adım 2. Kriterler için tercih fonksiyonların tanımlanması

Yöntemin uygulanmasında kullanılacak 6 farklı tercih fonksiyonu kriterlerin yapısına göre tercih edilmektedir [43,44]. Kullanılan fonksiyonlara Şekil 1 [44]'de yer verilmiştir.

Fonksiyon	Parametre	
Birinci Tip (Olağan)	$P(d) = \begin{cases} 0, & \forall x \leq 0 \\ 1, & \forall x \geq 0 \end{cases}$	---
İkinci Tip (U Tipi)	$P(d) = \begin{cases} 0, & x \leq l \\ 1, & x \geq l \end{cases}$	l
Üçüncü Tip (V Tipi)	$P(d) = \begin{cases} \frac{x}{m}, & x \leq m \\ 1, & x \geq m \end{cases}$	m
Dördüncü Tip (Seviyeli)	$P(d) = \begin{cases} \frac{1}{2}, & q < x \leq q + p \\ 1, & x > q + p \end{cases}$	q,p
Beşinci Tip (Doğrusal)	$P(d) = \begin{cases} 0, & x \leq s \\ \frac{(x-s)}{r}, & s < x \leq s+r \\ 1, & x > s+r \end{cases}$	s,r
Altıncı Tip (Gaussian)	$P(d) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ 1 - e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}, & x > 0 \end{cases}$	σ

Şekil 1. PROMETHEE yönteminde kullanılan fonksiyonlar (Functions used in the PROMETHEE method)

Adım 3. Ortak tercih fonksiyonlarından hareketle her alternatif çifti için tercih indekslerinin belirlenmesi

W_j (j=1,2,...k) ağırlıklarına sahip olan k kriter tarafından değerlendirilen a ve b alternatiflerinin tercih indeksi Eş. 7'deki formül ile hesaplanmaktadır.

$$\pi(a, b) = \sum_{j=1}^n w_j \cdot P_j(a, b) \quad (7)$$

Adım 4. Tercih indekslerinin belirlenmesi

Ortak tercih fonksiyonlarından hareketle her alternatif çifti için tercih indeksleri belirlenmektedir. W_j (j=1,2, ..., k) ağırlıklarına sahip olan k kriter tarafından değerlendirilen a ve b alternatiflerinin tercih indeksi Eş. 8 ile hesaplanmaktadır.

$$\pi(a, b) = \sum_{j=1}^n w_j \cdot P_j(a, b) / \sum_{j=1}^n w_j \quad (8)$$

Adım 5. Alternatifler için pozitif (Φ⁺) ve negatif (Φ⁻) üstünlükler belirlenmesi

a alternatifi için pozitif ve negatif üstünlük Eş. 9 ve Eş. 10 formülleri ile hesaplanır.

$$\Phi^+(a) = \sum \pi(a, b) \quad (9)$$

$$\Phi^-(a) = \sum \pi(b, a) \quad (10)$$

Adım 6. PROMETHEE I ile alternatifler için kısmi önceliklerin belirlenmesi

Kısmi öncelikler alternatiflerin birbirlerine göre tercih edilme durumlarının, birbirinden farksız olan alternatiflerin ve birbirleriyle karşılaştıramayacak olan alternatiflerin belirlenmesini sağlamaktadır [42].

Adım 7. PROMETHEE II ile alternatifler için tam önceliklerin belirlenmesi

Her bir alternatif için tam öncelikler hesaplanır. Hesaplanan tam öncelik değerleri ile bütün alternatifler aynı düzlemde değerlendirilerek tam sıralama belirlenmektedir.

3.3. TOPSIS Yöntemi (TOPSIS Method)

TOPSIS yöntemi Hwang ve Yoon [45] tarafından 1981 yılında geliştirilmiş olup, gerçek hayattaki çok kriterli karar problemlerinde sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem, karar vericilere alternatiflerin karşılaştırılması ve sıralanması imkanını sunar. TOPSIS alternatifleri, pozitif ideal çözüme en yakın ve negatif ideal çözüme en uzak mesafeyi temel alarak sıralar ve ideal çözüme en yakın alternatifi seçer. Çalışmada bu yöntem ÇKKV yöntemlerinden seçim yöntemlerinde sıklıkla kullanılması nedeniyle tercih edilmiştir. Yöntem 6 adımdan oluşmaktadır [45].

TOPSIS yönteminde Adım 1'de oluşturulan karar matrisi Eş. 11'deki gibi gösterilmektedir:

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

A_{ij} matrisinde m alternatif sayısını, n kriter sayısını vermektedir. Bu adımdan sonra Adım 2'de Eş. 12'deki formül ile standart karar matrisi oluşturulmaktadır.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}} \quad (12)$$

Adım 3'te ise kriterlerin değerlendirilebilmesi için öncelikle bu kriterlere ait ağırlık oranları (w_{ij})

belirlenmektedir. Daha sonra her ağırlık değeri standart karar matrisindeki ilgili kriterin değeri ile çarpılarak ağırlıklı standart karar matrisi olan V_{ij} elde edilmekte ve Eş. 13'teki gibi gösterilmektedir.

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \dots & w_n r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \dots & w_n r_{mn} \end{bmatrix} \quad (13)$$

Adım 4'te de kriterlerin monoton artan ve monoton azalan eğilim gösterdiği varsayımına göre ağırlıklı standart karar matrisindeki değerlerden Eş.14 ve Eş.15 kullanılarak maksimum ve minimum olanları tespit edilmektedir.

$$A^* = \{(max V_{ij} | j \in J), (min V_{ij} | j \in J')\} \quad (14)$$

$$A^- = \{(min V_{ij} | j \in J), (max V_{ij} | j \in J')\} \quad (15)$$

Eş.16 ve Eş.17 kullanılarak matristedeki her bir karar noktasının kriter değerlerinin ideal ve negatif ideal çözüme olan uzaklıkları hesaplanmaktadır.

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^*)^2} \quad (16)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^-)^2} \quad (17)$$

Eş.18 yardımıyla ayırım ölçütleri kullanılarak ideal çözüme göreli yakınlık hesaplanmaktadır.

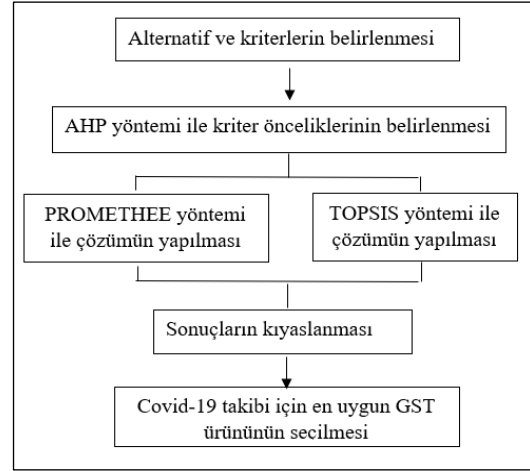
$$C_i^* = \frac{S_i^-}{(S_i^- + S_i^*)} \quad (18)$$

C_i^* değeri 0-1 aralığında değer almaktadır. Bu değer 1 değerini alması karar noktasının ideal çözüme, 0 değerini alması ise, negatif ideal çözüme mutlak yakınlığını ifade etmektedir [21].

4. UYGULAMA (CASE STUDY)

Covid-19 hastalığına yakalanmış veya yakalanma riski bulunan insanlar için en önemli faktörlerden biri sosyal izolasyonun sağlanmasıdır [6]. Sosyal izolasyonun sağlanması için birçok ülke farklı yollara başvurmuştur. Sosyal izolasyon için birçok çözüm geliştirilmiştir. Sosyal izolasyonun artması hastalığın yayılımının azalmasını sağlaması nedeniyle çeşitli hasta takip teknoloji ve sistemleri de hem izolasyonun artmasında hem de hastanelerdeki doluluk oranlarının azalmasında etkili bir yöntemdir. Aynı zamanda hastane çalışanlarını da bulaşa karşı korumaktadır [25]. Yapılan bu çalışmada Covid-19 hastalığına yakalanan ya da bir işletmede çalışan insanların uzaktan takibinin yapılması, hasta olan ve hastalık riski taşıyanların erkenden tespit edilebilmesi için GST ürünlerinden en uygun ürünün seçimi problemi ele alınmıştır. Problemdaki kriterlerin ağırlıklarının hesaplanması için AHP yöntemi kullanılırken ürünlerin seçiminin yapılması için ise bu ağırlıklar PROMETHEE ve TOPSIS yöntemlerinin

çözümünde kullanılmış ve çözüm yapılmıştır. Problem çözümü Şekil 2'de yer alan uygulama adımları izlenerek yapılmıştır.



Şekil 2. Problem uygulama adımları (Problem implementation steps)

4.1. Alternatif ve Kriterlerin Belirlenmesi

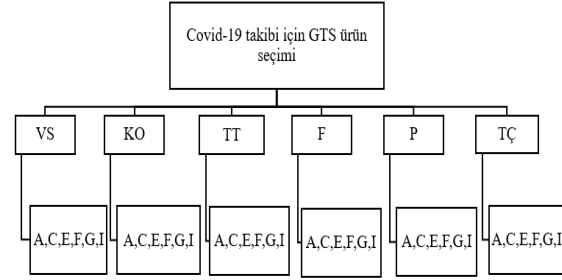
(Determination of Alternatives and Criteria)

Covid-19 kişiler üzerinde farklı semptomların izlendiği bir hastalıktır. T.C. Sağlık Bakanlığı tarafından yayımlanan Covid-19 hasta tedavi rehberinde [6] yer alan bilgilere göre öncelikle izlenmesi gereken bazı vital bulgular bulunmaktadır. Bu bulguların izlenmesi zorunlu olup bu izlem sonucunda hastanın durumuna göre hastanede ya da evde kendi kendine karantina gibi çeşitli takip ve tedavi süreci işletilmektedir. Özellikle ağır hastalık gelişme riskinin, hastalığın ikinci haftasında daha yüksek olması nedeniyle ev takibine alınan hastalarda nefes darlığı gelişmesi, ateşin düşmemesi gibi durumlarda hastanede tedavilerinin devam etmesinin önemli olması nedeniyle [6,25] hastaların gerçek zamanlı izlenmesi ve takip edilmesi kritik bir öneme sahiptir. Hastaların izlenmesinde kullanılan öncelikli bulgular:

- ❖ Kalp hızı ve ritmi
- ❖ Solunum sayısı
- ❖ Kan basıncı
- ❖ Vücut sıcaklığı
- ❖ Kandaki oksijen miktarıdır [6].

Hastanın bu bulgulardaki izlemine göre tedavide kullanılacak ilaçlara ve bu ilaçların kullanım periyoduna, hasta takibinin hangi ortamda yapılmasının etkin olduğuna dair kararlar verilmektedir. Ürünlerin değerlendirilmesinde T.C. Sağlık Bakanlığı Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü tarafından yayımlanan rehber [6] ve Dünya Sağlık Örgütü tarafından yayımlanan rapor [25] çerçevesinde, 3 akademisyen ve 2 halk sağlığı uzmanı tarafından yapılan değerlendirmeler ile Covid-19 hastalığının teşhisi ve tedavisinde öncelikli olarak izlenmesi gereken semptomlar olan kandaki oksijen miktarı, vücut sıcaklığı ve temas takibinin yapılması

kriterleri ile ürünün fiyatı, pil ömrü ve tek veya çok kullanımlık olması kriterlerinin dikkate alınması gerektiği belirlenmiştir. Bu doğrultuda yapılan bu çalışmada Çizelge 1’de yer alan 9 GST ürününden Covid-19 takibinin yapılabilmesi için önemli unsurlardan olan ürünün gerçek zamanlı veri aktarımını, kalp atış ve solunum hızının ölçümünü sağlamayan ürünler olan Whoop, TempTraq ve Tempal ürünleri (B,D,H) değerlendirmeye alınmamış ve geriye kalan 6 ürün incelenmiştir. Bu ürünler için Covid-19 takibinde etkili olan kriterler ise 3 akademisyen ve 2 halk sağlığı uzmanı tarafından belirlenmiştir. Özellikle solunum hızı, kalp ritmi ve kalp atış hızının takibinin bu 6 ürün



Şekil 3. Covid-19 takibi için GST ürün seçimi hiyerarşisi (WHT product selection hierarchy for Covid-19 tracking)

Çizelge 4. Çalışmada kullanılan kriterler (Criteria used in the study)

Kriterler	Açıklama
Vücut sıcaklık takibi (VS)	Vücut sıcaklığını ölçme özelliğinin olup olmasını gösteren kriterdir.
Kandaki oksijen miktarının ölçümü (KO)	GST ürünü ile kandaki oksijen miktarını ölçme özelliğinin olup olmasını gösteren kriterdir. Özellikle hastanın solunum sıkıntısı yaşayıp yaşamadığını izlemede etkilidir.
Temas takibi (TT)	Hastanın temas ettiği kişilerin belirlenmesi noktasında üründe temas takip özelliğinin bulunup bulunmadığını gösteren kriterdir.
Fiyat (F)	Ürünün satış fiyatını yansıtan kriterdir.
Pil ömrü (P)	Ürünü şarj ettikten sonra ya da tek kullanımlık olması durumunda pilinin kaç saat kullanılabileceğini gösteren kriterdir.
Tek veya çok kullanımlık (TÇ)	Ürünün tek veya çok kullanımlık olduğunu ifade eden kriterdir.

(A,C,E,F,G,I) ile yapılabilmesi ve bu ürünlerin gerçek zamanlı veri iletiminin olması nedeniyle bu özellikler değerlendirmede kullanılan kriterlere dahil edilmemiştir. Çalışmada ürünlerin değerlendirilmesinde kullanılan kriterlere ve açıklamalara Çizelge 4’te yer verilmiştir.

Çizelge 5’te kriter temelinde ikili karşılaştırma matrisine ve son sütunda çözüm sonucu elde edilen önem değerlerine yer verilmiştir.

Çizelge 5. Kriter temelinde oluşturulan ikili karşılaştırma matrisi ve önem değerleri (Binary comparison matrix and significance values generated on the basis of criteria)

	VS	KO	TT	F	P	TÇ	Önem değeri
VS	1,0	1,0	2,0	3,0	2,0	4,0	0,26
KO	1,0	1,0	2,0	4,0	3,0	5,0	0,30
TT	0,5	0,5	1,0	4,0	3,0	4,0	0,21
F	0,33	0,25	0,25	1,0	0,5	2,0	0,07
P	0,5	0,33	0,33	2,0	1,0	2,0	0,11
TÇ	0,25	0,2	0,25	0,5	0,5	1,0	0,05

4.2. AHP Yöntemi ile Kriter Önceliklerinin Belirlenmesi (Determination of Criteria Priorities with AHP Method)

İlk olarak problem için amaç belirlendikten sonra bu amaç doğrultusunda seçimi etkileyen kriterler ortaya konmaktadır. Belirlenen amaç doğrultusunda kriterler ve belirlendikten sonra da hiyerarşik yapı oluşturulmaktadır [21,40]. Covid-19 uzaktan hasta takibinin yapılması için kullanılan GST ürünleri için oluşturulan hiyerarşik yapı Şekil 3’te verilmiştir. AHP yöntemi ile sadece kriter ağırlıkları hesaplanmış olup değerlendirme 3 akademisyen ve 2 halk sağlığı uzmanı tarafından yapılmıştır.

AHP yöntem sonucunda matris tutarlılığı 0,041 olarak bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre birinci öncelikli kriter KO kriteri olup ikinci öncelikli kriter ise VS kriteri olmuştur. Covid-19 hastalarının izleminde bu bulguların kritik olması nedeniyle ulaşılan çözüm sonucunun tutarlı olduğu gözlemlenmiştir.

4.3. PROMETHEE Çözümü (PROMETHEE Solution)

Çalışmanın bu aşamasında AHP yöntemi ile elde edilen kriter ağırlıkları kullanılmıştır. Alternatif ürünlerin değerlendirilmesinde dikkate alınan kriterler, kriter temelinde belirlenen değerler ve her kritere atanan ağırlıklar Visual PROMETHEE [46] paket programına girilmiş ve sonuçlar elde edilmiştir. Karar matrisinin girildiği sayfaya Şekil 4’te verilmiştir.

The screenshot shows the PROMETHEE Academic software interface. The main window displays a table with columns for 'Unit', 'Vucut sıcaklık', 'SpO2', 'Temas', 'Fiyat', 'Pfi onnu', and 'Tek cok kulla...'. Below this, there are sections for 'Preferences', 'Statistics', and 'Evaluations'. The 'Evaluations' section shows a table with columns for 'ARM', 'Cosinus', 'VivaLNK', 'LifeSignal', 'LoopSignal', and 'BioButton', with values ranging from 0,00 to 1,00.

Şekil 4. PROMETHEE program ara yüzü (PROMETHEE program interface)

Her değerlendirme ölçütü gerçek değerdir (nitel ölçütler sayısal değerlerle ifade edilmiştir). VS, KO, TT, TÇ kriterlerini sağlayan ürünlere 1 değeri verilirken sağlamayanlara ise 0 değer verilerek işlemler gerçekleştirilmiştir. Her kriter için değişim fonksiyonları belirlenmiştir. Çalışmada 0 ve 1 değeri alan kriterler için U tipi ve sayısal değerler içeren kriterler için de lineer fonksiyonu kullanılmıştır. Çözüm sonucu elde edilen değerler Şekil 5'te yer almaktadır.

The screenshot shows the 'PROMETHEE Flow Table' window. It displays a table with columns for 'Rank', 'action', 'Phi', 'Phi+', and 'Phi-'. The data is as follows:

Rank	action	Phi	Phi+	Phi-
1	BioButton	0,1240	0,1520	0,0280
2	LifeSignal	0,0480	0,1140	0,0660
3	VivaLNK	0,0300	0,0940	0,0640
4	ARM	0,0020	0,0800	0,0780
5	LoopSignal	-0,0240	0,0780	0,1020
6	Cosinus	-0,1800	0,0000	0,1800

Şekil 5. PROMETHEE çözüm sonucu (PROMETHEE solution result)

Yöntem sonucunda seçilmesi gereken ürünün BioButton ürünü olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

4.4. TOPSIS Çözümü (TOPSIS Solution)

Çalışmanın bu aşamasında TOPSIS yöntemi için Çizelge 6'da yer alan matris kullanılmıştır. Aynı çizelgenin son sütununda yöntem sonucunda elde edilen öncelik değerleri de yer almaktadır. VS, KO, TT, TÇ kriterlerini

Çizelge 6. TOPSIS yönteminde kullanılan karar matrisi ve çözüm sonucu (Decision matrix and solution result used in TOPSIS method)

	VS	KO	TT	F	P	TÇ	Öncelik değeri
A	100	0	0	0,010	168	100	0,3378
C	100	100	0	0,003	8	100	0,5024
E	100	0	0	0,011	168	100	0,3383
F	100	100	0	0,031	120	0	0,5159
G	0	100	100	0,024	72	100	0,5791
I	100	100	100	0,018	2160	0	0,8875

sağlayan ürünlere 100 değeri verilirken sağlamayanlara ise 0 değeri verilerek işlemler gerçekleştirilmiştir.

TOPSIS yöntemi çözüm sonucunda da ilk sırada yer alan ve seçilmesi gerektiği sonucuna ulaşılan ürün BioButton ürünü olmuştur. Problem çözümleri sonucunda GST ürünleri için öncelik değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen çözüm sonuçları Çizelge 7'de kıyaslanmıştır.

Çizelge 7. Yöntemlere göre GST ürünlerinin sıralaması (Ranking of WHT products by methods)

Sıralama	PROMETHEE	TOPSIS
1	BioButton	BioButton
2	LifeSignals	Loop Signal
3	VivaLNK	LifeSignals
4	AARM	Cosinuss
5	Loop Signal	VivaLNK
6	Cosinuss	AARM

Her iki yöntem sonucunda da BioButton ürünü ilk sırada yer almıştır. BioButton ürününün Covid-19 için önemli olan kandaki oksijen miktarının, vücut sıcaklığının ve temas takibinin yapılmasını sağlaması da ulaşılan sonucun gerçekle tutarlı olduğunu kanıtlamaktadır. Özellikle hastalığın hızlı yayılması ve hastaların zaman içerisinde ağırlaşması olasılığının yüksek olması ve hastaların kimlerle temas ettiğinin takibinin yapılarak güncel olarak hastanın uzaktan izlenmesine olanak sağlaması nedeniyle en uygun GST ürününün seçimi kritik bir karardır. Bu karar için en uygun ürünün seçilmesi problemine bu çalışma ile getirilen yaklaşımın etkin sonuçların alınmasında fayda sağladığı da gözlemlenmiştir.

5. SONUÇ (CONCLUSION)

Covid-19 hastalığının bulaşıcılığını azaltmak, doktor-hasta temasını en aza indirmek ve hastanelerdeki doluluk oranlarının azaltılması için geliştirilen GST ürünleri, uzaktan hasta takibinin yapılarak hastalığın yayılmasını önlemede büyük katkı sağlamaktadır. Yapılan bu çalışmada günümüzde hastalığın takibinin yapılması ve gerek hastaların gerek risk taşıyanların gerekse bir işletme ya da kurumdaki çalışanların takibinin güncel olarak yapılması amacıyla halihazırda onaylanmış ve çeşitli kuruluşlarda kullanılan 6 GST ürünü dikkate alınmıştır.

Ürünlerin değerlendirilmesinde T.C. Sağlık Bakanlığı Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü tarafından yayınlanan rehber [6] ve Dünya Sağlık Örgütü tarafından yayınlanan rapor [25] çerçevesinde, 3 akademisyen ve 2 halk sağlığı uzmanı tarafından yapılan değerlendirmeler ile Covid-19 hastalığının teşhisi ve tedavisinde öncelikli olarak izlenmesi gereken semptomlar olan kandaki oksijen miktarı, vücut sıcaklığı ve temas takibinin yapılması kriterleri ile ürünün fiyatı, pil ömrü ve tek veya çok kullanımlık olması kriterlerinin dikkate alınması gerektiği belirlenmiştir. Çözüm aşamasında öncelikle 3 akademisyen ve 2 halk sağlığı uzmanı tarafından değerlendirmeler yapılarak ÇKKV yöntemleri için gerekli olan bilgiler belirlenmiştir. Çalışmanın ilk aşamasında kriter ağırlıkları literatürde sıklıkla kullanılan ve etkin sonuçlar elde edilmesini sağlayan AHP yöntemi [21] kullanılarak elde edilmiştir. Kriter ağırlıklarının bulunmasından sonra problem yapısında 0 ve 1 değerleri alan kriterlerin olması ve bu yapıyı uygun bir şekilde çözmek için içerisinde çeşitli fonksiyonların bulunması nedeniyle PROMETHEE yöntemi tercih edilerek GST ürünü seçimi için ilk değerlendirme yapılmıştır. Bu yöntemler birlikte elde edilen sonucun kıyaslanması için literatürde sıralama algoritmaları arasında kolay çözüm sürecine sahip olması ve etkin sonuçlara ulaşılmasını sağlayan TOPSIS yöntemi [22] ile de çözüm yapılmıştır. Bu iki yöntem sonucunda elde edilen ürün öncelikleri kıyaslanmış ve Covid-19 takibinde kullanılması en uygun ürünün BioButton ürünü olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Yapılan çalışma bilindiği kadarıyla literatürde Covid-19 hastalarının uzaktan takibi için GST ürünlerinin değerlendirilmesi, GST ürünlerinin seçiminde ÇKKV yöntemlerinin kullanılması, AHP, PROMETHEE ve TOPSIS entegrasyonunun kullanılması, GST ürünlerinin değerlendirilmesinde vücut sıcaklığı, kandaki oksijen miktarı, hasta veya taşıyıcı kişilerle teması olma durumu, ürünün pil ömrü, fiyatı ve tek veya çok kullanımlı olup olmaması kriterlerinin ele alınması ve GST ürünlerinin seçimi için kıyaslamaların yapılması yönlerinden ilk olma özelliği taşımaktadır.

Bu alandaki gelecek çalışmalarda Covid-19 için geliştirilmekte olan GTS ürünleri ile geliştirilen diğer sağlık teknolojileri, ayrıca Covid-19 için kullanılacak ürün ya da sistemlerin bu süreçte uygulamaya alınmasındaki zorluklar değerlendirilebilir.

ETİK STANDARTLARIN BEYANI (DECLARATION OF ETHICAL STANDARDS)

Bu makalenin yazar(lar)ı çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler.

YAZARLARIN KATKILARI (AUTHORS' CONTRIBUTIONS)

Tamer EREN: Bilimsel yayın araştırması yeterliliğinin incelenmesi, yöntem uygunluk incelemesi, uygulama

süreç incelemesi, sonuçların incelenmesi ve genel makale incelemesinde katkı sağlamıştır.

Ayşegül DERİNGÖZ: Bilimsel yayın araştırması, yöntem uygunluk araştırması, yöntemin uygulanması ve yorumlanması, makalenin oluşturulmasında katkı sağlamıştır.

Tuğba DANIŞAN: Bilimsel yayın araştırması, yöntem uygulaması ve sonuçların yorumlanması, makalenin oluşturulması ve düzenlenmesinde katkı sağlamıştır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI (CONFLICT OF INTEREST)

Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Aslan R., "Tarihten Günümüze Epidemiler, Pandemiler ve Covid-19", *Göller Bölgesi Aylık Ekonomi ve Kültür Dergisi*, 85(8):35, (2020)
- [2] Dikmen A., Kına H., Özkan S., İlhan M., "COVID-19 Epidemiyolojisi: Pandemiden Ne Öğrendik", *Journal of Biotechnology and Strategic Health Research*, 4: 29-36, (2020)
- [3] Ankaralı H., Ankaralı S., Eraslan N., "COVID-19, SARS-CoV2, Enfeksiyonu: Güncel Epidemiyolojik Analiz ve Hastalık Seyrinin Modellemesi", *Anadolu Kliniği Tıp Bilimleri Dergisi*, 25(1): 1-22, (2020)
- [4] Yılmaz A., Güven A., "Wireless Patient Monitoring System", *Electronic Letters on Science and Engineering*, 13 (1): 16-30, (2017)
- [5] Groff C.P., Mulvaney P.L., U.S. Patent No. 6,102,856. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office, (2000)
- [6] T.C. Sağlık Bakanlığı Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü, Covid-19 Hasta Tedavisi Bilimsel Danışma Kurulu Çıktısı, Türkiye, (2020)
- [7] Lakkireddy D.R., Chung M.K., Gopinathannair R., Patton K.K., Gluckman T.J., Turagam M., Han J. K., Guidance for Cardiac Electrophysiology During the COVID-19 Pandemic from the Heart Rhythm Society COVID-19 Task Force; Electrophysiology Section of the American College of Cardiology; and the Electrocardiography and Arrhythmias Committee of the Council on Clinical Cardiology, American Heart Association. *Circulation*, 141(21): 823-831, (2020)
- [8] Gorodeski E.Z., Goyal P., Cox Z.L., Thibodeau J.T., Reay R.E., Rasmusson K., Starling R.C., "Virtual visits for care of patients with heart failure in the era of COVID-19: a statement from the Heart Failure Society of America", *Journal of Cardiac Failure*, 26(6): 428-456, (2020)
- [9] Sun S., Folarin A., Ranjan Y., Rashid Z., Conde P., Cummins N., Buron M., et al., "Using smartphones and wearable devices to monitor behavioural changes during COVID-19", arXiv preprint arXiv:2004.14331, (2020)
- [10] Zhu G., Li J., Meng Z., Yu Y., Li Y., Tang X., Wang K., et al., "Learning from Large-Scale Wearable Device Data for Predicting Epidemics Trend of COVID-19", *Discrete Dynamics in Nature and Society*, (2020)
- [11] Wosik J., Fudim M., Cameron B., Gellad Z.F., Cho A., Phinney D., Katz J.N., et al. "Telehealth Transformation: COVID-19 and the rise of Virtual Care", *Journal of the American Medical Informatics Association*, 27(6): 957-962, (2020)

- [12] Singh V.K., Chandna H., Kumar A., Kumar S., Upadhyay N., Utkarsh K., "IoT-Q-Band: A low cost internet of things based wearable band to detect and track absconding COVID-19 quarantine subjects", *EAI Endorsed Transactions on Internet of Things*, (2020)
- [13] Tavakoli M., Carriere J., Torabi A., "Robotics, smart wearable technologies, and autonomous intelligent systems for healthcare during the COVID-19 pandemic: An analysis of the state of the art and future vision", *Advanced Intelligent Systems*, (2020)
- [14] Zhang F., Wang H., Chen R., Hu W., Zhong Y., Wang X., "Remote monitoring contributes to preventing overwork-related events in health workers on the COVID-19 frontlines", *Precision Clinical Medicine*, (2020)
- [15] Alwashmi M.F., "The use of digital health in the detection and management of COVID-19", *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(8): 2906, (2020)
- [16] Ktori S., "Wearable tech fuels ai research: sophia ktori discusses the convergence of clinical ai and wearable technology with physiq chairman and ceo gary conkright". *Scientific Computing World*, 171:18-20, (2020)
- [17] Öcal H., Doğru İ.A., Barışçı N., "Akıllı ve geleneksel giyilebilir sağlık cihazlarında nesnelerin interneti", *Politeknik Dergisi*, 22(3): 695-714, (2019)
- [18] Özcan E., Ökten S., Eren T., "Decision making for promising quinoline-based anticancer agents through combined methodology", *Journal of Biochemical and Molecular Toxicology*, (2020)
- [19] Hamurcu M., Eren T., "Selection of Unmanned Aerial Vehicles by Using Multicriteria Decision-Making for Defence", *Journal of Mathematics*, (2020)
- [20] Eren T., Cihan Ş., Ayan E., Topal T., Yıldırım E. K., "Çok ölçütlü karar verme yöntemleri ile ekokardiyografi cihazı seçiminin yapılması" *Sağlık Bilimleri ve Meslekleri Dergisi*, 4(1): 41-49, (2017)
- [21] Özcan E.C., Danişan T., Eren T., "A mathematical model proposal for maintenance strategies optimization of the most critical electrical equipment groups of hydroelectric power plants", *Pamukkale Univ. J. Eng. Sci.*, 25: 498-506, (2019)
- [22] Özcan E.C., Danişan T., Yumuşak R., Eren T., "An artificial neural network model supported with multi criteria decision making approaches for maintenance planning in hydroelectric power plants", *Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability*, 22 (3): 400-418, (2020)
- [23] Uğur L.O., "Yapı Makinesi Satın Alımında VIKOR Çok Kriterli Karar Verme Yönteminin Uygulanması", *Politeknik Dergisi*, 20(4): 879-885, (2017)
- [24] Hamurcu M., Alağaç H.M., Eren T., "Selection of rail system projects with analytic hierarchy process and goal programming", *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, 8(2): 291-302, (2017)
- [25] World Health Organization. Coronavirus disease 2019 (COVID-19): situation report, 72, (2020)
- [26] Advanced Remote Monitoring Partners with Wearable Maker KaHa for Continuous COVID-19 Monitoring <https://www.wearable-technologies.com/2020/04/advanced-remote-monitoring-partners-with-wearable-maker-kaha-for-continuous-covid-19-monitoring/>
- [27] TempTraq Single-Use Disposable Patch Ideal for Remote Monitoring of Coronavirus Patient <https://www.wearable-technologies.com/2020/03/temptraq-single-use-disposable-patch-ideal-for-remote-monitoring-of-coronavirus-patients/>
- [28] Cosinuss Proposes Remote Monitoring Solution for Covid-19 Patients in Home Isolation <https://www.wearable-technologies.com/2020/04/cosinuss-proposes-remote-monitoring-solution-for-covid-19-patients-in-home-isolation/>
- [29] WHOOP Partners with CQUniversity and Cleveland Clinic to Study Whether its Wearable Could Identify Hidden COVID-19 Cases <https://www.wearable-technologies.com/2020/04/whoop-partners-with-cquniversity-and-cleveland-clinic-to-study-whether-its-wearable-could-identify-hidden-covid-19-cases/>
- [30] VivaLNKproduct. <https://www.vivalnk.com/covid-19>
- [31] LifeSignalproduct. <https://lifesignals.com/covid19/>
- [32] LifeSignal https://www.st.com/content/ccc/resource/sales_and_marketing/presentation/application_presentation/group0/57/9a/ce/4b/11/cc/4e/0c/Vital_sign_wireless_monitoring/fil es/Vital_sign_wireless_monitoring.pdf/jcr:content/translat ions/en.Vital_sign_wireless_monitoring.pdf
- [33] Spryhealthproduct. <https://spryhealth.com/the-loop-monitoring-solution/>
- [34] Wearable technologies. <https://www.wearable-technologies.com/2020/04/temp-pal-allows-remote-monitoring-of-covid-19-patients-in-hospitals-and-in-self-quarantine/>
- [35] TempPal product. <https://www.iweecare.com/EN/>
- [36] BioButton product. <https://biointellisense.com/biobutton>
- [37] Biointellisense. <https://biointellisense.com/assets/biobutton-press-release.pdf>
- [38] Aydın Y., Eren T., "Savunma Sanayiinde Stratejik Ürün İçin Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Tedarikçi Seçimi", *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7(1): 129-148, (2018)
- [39] Toksarı M., Toksarı D., "Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) Yaklaşımı Kullanılarak Hedef Pazarın Belirlenmesi", *ODTÜ Gelişme Dergisi*, 38: 57-70, (2011)
- [40] Saaty T., *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*, McGraw-Hill, Hawthorne, (1980)
- [41] Brans J. P., Vincke P., Mareschal B., "How to select and how to rank projects: The PROMETHEE method", *European Journal of Operational Research*, 24(2): 228-238, (1986)
- [42] Organ A., "Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden Bulanık Promethee Yönteminin Konteynır Seçiminde Uygulanması." *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 12(45): 252-269, (2013)
- [43] Bedir N., Eren T., "AHP-PROMETHEE yöntemleri entegrasyonu ile personel seçim problemi: perakende sektöründe bir uygulama", *Sosyal Bilimler Araştırma Dergisi*, 4(4): 46-58, (2015)
- [44] Taş M., Özlemiş Ş. N., Hamurcu M., Eren T., "Ankara'da AHP ve PROMETHEE yaklaşımıyla monoray hat tipinin belirlenmesi". *Ekonomi İşletme Siyaset ve Uluslararası İlişkiler Dergisi*, 3(1): 65-89, (2017)
- [45] Hwang CL, Yoon K., "Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications." Springer-Verlag. (1981)
- [46] Visual PROMETHEE, (2020). <http://www.promethee-gaia.net/visual-promethee.html?deviceLock=desktop>